

# Kennisprogramma Circulair Terreinbeheer Jaarrapportage 2021

Bokashi, lokale organische bodemverbetersaars en compost: chemische kwaliteit en effecten op micro-organismen in landbouwbodems

J.H. Spijker (red.), G.W. Korthals, R.P.J.J. Rietra, P.F.A.M. Römken, L. Timmermans en J.H.M. Visser



**WAGENINGEN**  
UNIVERSITY & RESEARCH





# Kennisprogramma Circulair Terreinbeheer Jaarrapportage 2021

Bokashi, lokale organische bodemverbetersaars en compost: chemische kwaliteit en effecten op micro-organismen in landbouwbodems

J.H. Spijker<sup>1</sup> (red.), G.W. Korthals<sup>2</sup>, R.P.J.J. Rietra<sup>1</sup>, P.F.A.M. Römkens<sup>1</sup>, L. Timmermans<sup>1</sup> en J.H.M. Visser<sup>2</sup>

1 Wageningen Environmental Research

2 Plant Sciences Group, Wageningen University & Research

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Environmental Research en gesubsidieerd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoekthema 'Duurzame voedselvoorziening en -productieketens & Natuur' (projectnummer BO-43-101-013).

Wageningen Environmental Research  
Wageningen, juni 2022

---

Akkoord voor publicatie:  
G.J. Reinds, teamleider van team Duurzaam Bodemgebruik

Rapport 3163  
ISSN 1566-7197

---

J.H. Spijker (red.), G.W. Korthals, R.P.J.J. Rietra, P.F.A.M. Römken, L. Timmermans, J.H.M. Visser, 2022. *Kennisprogramma Circulair Terreinbeheer Jaarrapportage 2021; Bokashi, lokale organische bodemverbeteraars en compost: chemische kwaliteit en effecten op micro-organismen in landbouwbodems*. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3163. 122 blz.; 58 fig.; 32 tab.; 30 ref.

De samenstelling van 41 organische bodemverbeteraars zoals bokashi en verschillende vormen van bewerkt en onbewerkt maaisel en/of blad uit het groenbeheer in de stad zijn gemeten in pilots aangesloten bij de stichting Circulair Terreinbeheer. In 2021 ligt daarbij de nadruk op het bepalen van de gehalten aan macro- en micronutriënten, organische stof en relevante contaminanten zoals metalen, fysieke verontreinigingen, PAK's, dioxines, PFAS en residuen van bestrijdingsmiddelen. Deze data zijn nodig om een oordeel te kunnen vormen over de landbouwkundige en milieukundige geschiktheid van deze producten. Om de langjarige effecten op onder meer organische stof te kunnen schatten, is onder laboratoriumcondities de humificatiecoëfficiënt bepaald in een selectie van deze producten. Deze geselecteerde producten zijn ook in een drietal proefbedrijven van WUR (Lelystad, Vredepeel en De Marke) aangewend in een regulier landbouwkundig systeem met mais als productiegewas. In een randomized block design (72 plots per proefbedrijf) is daarbij onderzocht in welke mate de bodemverbeteraars invloed hebben op o.a. de microbiologische activiteit, de gehalten aan macrochemische parameters van de bodem (o.a. organische stof en pH) en op de gewasproductie.

The chemical composition of 41 organic soil improvers including bokashi and various forms of treated and untreated clippings and/or leaves collected from green spaces in cities has been determined. The samples originate from pilots associated with the 'Stichting Circulair Terreinbeheer'. In 2021 the focus was on the determination of macro- and micronutrients, organic matter and relevant contaminants including heavy metals, PAH's, dioxins, various PFC's and residues from plant protection chemicals. These data are needed to evaluate the agricultural and environmental impact of such organic soil improvers. To estimate long term effects on soil organic matter, the stability (humification coefficients) has been measured on a selection of these products. These selected products also have been used in a large-scale field experiment at three experimental farms of WUR (Lelystad, de Marke and Vredepeel). Here these products have been applied in a regular agricultural production system (2021: mais) in a randomized block design. In 2021 effects of these products on microbiological parameters as well as organic matter and the soil nutrient content and crop production have been determined.

Trefwoorden: circulaire economie, bodem, organische-stof, bodembiodiversiteit, groenbeheer, bokashi, maaisel, compost, broeikasgassen

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/571399> of op [www.wur.nl/environmental-research](http://www.wur.nl/environmental-research) (ga naar 'Wageningen Environmental Research' in de grijze balk onderaan). Wageningen Environmental Research verstrekt geen gedrukte exemplaren van rapporten.

---

© 2022 Wageningen Environmental Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, [www.wur.nl/environmental-research](http://www.wur.nl/environmental-research).  
Wageningen Environmental Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Wageningen Environmental Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.



Wageningen Environmental Research werkt sinds 2003 met een ISO 9001 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem. In 2006 heeft Wageningen Environmental Research een milieuzorgsysteem geïmplementeerd, gecertificeerd volgens de norm ISO 14001.

Wageningen Environmental Research geeft via ISO 26000 invulling aan haar maatschappelijke verantwoordelijkheid.

Wageningen Environmental Research Rapport 3163 | ISSN 1566-7197

Foto omslag: Onderzoeklocatie Lelystad, Wageningen University & Research



---

# Inhoud

<b>Verantwoording</b>	<b>7</b>
<b>Samenvatting</b>	<b>9</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>13</b>
1.1 Achtergrond	13
1.2 Het programma Circulair Terreinbeheer	14
1.3 Probleemstelling	15
1.4 Doelstelling	15
1.5 Begrippenlijst	17
1.6 Verantwoording	18
<b>2 Veldonderzoek Pilots</b>	<b>19</b>
2.1 Overzicht deelnemende pilots 2021	19
2.2 Inventarisatie bodemkwaliteit	22
2.2.1 Methoden	22
2.2.2 Resultaten Bodemonderzoek voorjaar 2021.	23
2.2.3 Effecten van gebruik van lokale organische bodemverbeteraars op de bodemkwaliteit (data 2021)	26
2.2.4 Conclusies – samenvatting	28
2.3 Kwaliteit lokale organische bodemverbeteraars	29
2.3.1 Overzicht van metingen in onderzochte lokale organische bodemverbeteraars	29
2.3.2 Bemonstering en analytische methoden	30
2.3.3 Beoordeling productkwaliteit	30
2.3.4 Resultaten	31
2.3.5 Residuen bestrijdingsmiddelen en overige contaminanten	39
2.3.6 Niet-genormeerde stoffen: Chloor	43
2.3.7 Conclusies – samenvatting	44
<b>3 Veldproeven</b>	<b>48</b>
3.1 Inleiding	48
3.2 Opzet en methoden onderzoek 2021	48
3.2.1 De behandelingen	48
3.2.2 Bemesting	49
3.2.3 Bodemmetingen en gewaswaarnemingen	50
3.3 Uitvoering	52
3.4 Resultaten Lelystad	52
3.4.1 PLFA	52
3.4.2 Milieuaaltjes	58
3.4.3 Bodemvruchtbaarheid	63
3.4.4 Gewasontwikkeling en -productie	67
3.5 Hengelo (De Marke)	69
3.5.1 PLFA	69
3.5.2 Milieuaaltjes	73
3.5.3 Bodemvruchtbaarheid	78
3.5.4 Gewasontwikkeling en -productie	79
3.6 Resultaten Vredepeel	81
3.6.1 PLFA Vredepeel	81
3.6.2 Plant-parasitaire nematoden	84
3.6.3 Bodemvruchtbaarheid	84

---

3.6.4	Gewasontwikkeling en -productie	85
3.7	Discussie en conclusies	87
<b>4</b>	<b>Resultaten incubatieproeven</b>	<b>90</b>
4.1	Humificatiecoëfficiënt als maat voor de stabiliteit van organische stof in organische bodemverbeteraars	90
4.2	Doelstelling	90
4.3	Materiaal en Methodes	91
4.3.1	Grond en bodemverbeteraars	91
4.3.1	Proefopzet	92
4.3.2	Fluxkamer methode en gasmetingen	94
4.3.3	Berekeningen en analyse	95
4.4	Resultaten en discussie	96
4.4.1	CO <sub>2</sub> - en N <sub>2</sub> O-metingen	96
4.4.2	Humificatiecoëfficiënt	99
4.5	Conclusies	101
<b>5</b>	<b>Conclusies en Aanbevelingen</b>	<b>102</b>
<b>Literatuur</b>		<b>104</b>
<b>Bijlage 1</b>	<b>Maximale waarden voor zware metalen en organische microverontreinigingen</b>	<b>106</b>
<b>Bijlage 2</b>	<b>Analytische methoden Eurofins AGRO</b>	<b>108</b>
<b>Bijlage 3</b>	<b>Overzicht van gehalten aan overige verontreinigingen</b>	<b>110</b>
<b>Bijlage 4</b>	<b>Toetsing normen Meststoffenwet</b>	<b>113</b>
<b>Bijlage 5</b>	<b>Aanvullende informatie incubatieproeven</b>	<b>115</b>
<b>Bijlage 6</b>	<b>Fluxen en cumulatieve emissies</b>	<b>116</b>
<b>Bijlage 7</b>	<b>Modelparameters HC voor individuele monsters</b>	<b>120</b>



---

# Verantwoording

Rapport: 3163

Projectnummer: 5200046885

Wageningen Environmental Research (WENR) hecht grote waarde aan de kwaliteit van zijn eindproducten. Een review van de rapporten op wetenschappelijke kwaliteit door een referent maakt standaard onderdeel uit van ons kwaliteitsbeleid.

Akkoord teamleider voor de inhoud,

naam: dr. ir. G.J. Reinds

datum: 26 april 2022



---

# Samenvatting

Bij het beheer van stedelijk groen, infrastructuur, watergangen en natuur komt veel maaisel en blad vrij. Deze stromen kunnen in potentie lokaal toegepast worden als bodemverbeteraar om bij te dragen aan de instandhouding van de bodemkwaliteit. Daarbij is vooral de aanvoer van organische stof naar de bodem relevant die van invloed kan zijn op onder meer het bodemleven, de bodemstructuur, het waterbergend vermogen en de levering van (micro)nutriënten. Op dit moment is lokale verwerking van deze materialen en het toepassen daarvan in de landbouw nog niet toegestaan. Om na te gaan welke mogelijkheden er in de toekomst zijn om dit mogelijk wettelijk te reguleren, is in opdracht van het Ministerie van LNV en in samenwerking met het Ministerie van I&W in 2021 een onderzoek gestart naar de samenstelling en werking van een aantal organische bodemverbeteraars gemaakt van maaisel en/of blad uit het landelijk en stedelijk gebied. Doel daarbij is het vaststellen van korte- en langetermijneffecten van gebruik van deze producten op de landbouwkundige bodemkwaliteit, gewasproductie, microbiel bodemleven en milieu en kennis te vergaren over de kwaliteit van de lokaal geproduceerde bodemverbeteraars.

Dit onderzoek wordt uitgevoerd in samenwerking met Circulair Terreinbeheer en zestig pilots verspreid over Nederland. De producten die daarbij centraal staan, zijn bokashi (gefermenteerd maaisel en/of blad), onbewerkt maaisel of maaisel met een lichte bewerking (anders dan bokashi) en, als referentie, compost. Het project kent in 2021 een drietal speerpunten, namelijk *i.* het karakteriseren van deze producten van de deelnemende pilots middels een aantal chemische, biologische en fysische methoden, *ii.* het vaststellen van het effect van een aantal geselecteerde producten op de bodemvruchtbaarheid, micro-organismen, aaltjes en maisproductie en *iii.* het bepalen van een aantal eigenschappen die relevant zijn voor het schatten van de langetermijnveranderingen van organische stof in de bodem. Dit laatste is in 2021 vooral gericht op het meten van de humificatiecoëfficiënt (HC: de fractie van de organische stof die een jaar na toediening aan de bodem nog over is). Daarnaast is gewerkt aan het versterken van de informatie-uitwisseling tussen pilots door middel van het opzetten van een netwerk waarin pilots resultaten kunnen inzien en hun eigen bevindingen kunnen rapporteren.

Voor de beoordeling van de kwaliteit van producten als bokashi of bewerkt maaisel is op dit moment geen specifiek normkader van toepassing. Een feitelijke wettelijk toetsing is dus niet mogelijk en daarom vergelijken we in dit rapport de kwaliteit van deze producten in eerste instantie met normen geldend voor Keurcompost.

## *Samenstelling en kwaliteit materialen geproduceerd door pilots*

De karakterisering van de producten in voor- en najaar van 2021 toont aan dat de chemische kwaliteit in de vrijwel alle gevallen voldoet aan de eisen voor compost (voor zware metalen en gehalte aan organische stof). De producten bevatten vergelijkbare gehalten aan macronutriënten (N, P, K) als groencompost. De verhoogde gehalten aan metalen in een klein (2) aantal monsters zijn te herleiden tot de herkomst van het materiaal uit gebieden waar sprake is van regionaal verhoogde gehalten in de bodem. Organische microverontreinigingen worden in een beperkt aantal gevallen aangetroffen in bokashi uit het stedelijk gebied of van percelen in of nabij een industrieterrein. Deze zijn niet aangetroffen in producten uit het landelijk gebied. Residuen van bestrijdingsmiddelen worden in meerderheid niet of in zeer lage gehalten (rond de detectiegrens) aangetroffen. Onkruidkiemkracht is in 70% van de monsters niet aanwezig, wat duidt op een voldoende mate van afdoding in deze monsters. In een aantal monsters is echter juist sprake van sterk verhoogde onkruidkiemkracht. De reden hiervoor is nog onbekend; factoren die een rol spelen, zijn onder meer de hoeveelheid onkruid in het bronmateriaal, maar ook de condities gedurende de fermentatie. Dit zal in 2022 in een aantal geselecteerde pilots nader onderzocht worden. De aanwezigheid van fysieke verontreiniging is beperkt, maar ook hiervoor geldt dat een aantal monsters een te hoog gehalte bevat aan stenen en, beperkt, glas. De aanwezigheid van plastic, zowel de hoeveelheid microplastics als grotere delen, wordt in 2022 bepaald.

---

### *Veldonderzoek proefterreinen WUR en deelnemende pilots*

Onderzoek naar de werking van de producten is in 2021 vooral gedaan op drie proefterreinen van de WUR waar een achttal producten in dosering van 10 en 50 ton per hectare zijn opgebracht. Onderzochte producten zijn bokashi (5, waarvan 3 gemaakt van maaisel, en 2 van blad), onbewerkt maaisel (1), bewerkt maaisel (1) en groencompost (1), waarbij elke behandeling in elke locatie in viervoud is aangelegd. Daarnaast is een referentiebehandeling met drijfmest uitgevoerd, evenals een viertal behandelingen met alleen mineraal stikstof (tussen 0 en 100% van de gewasbehoefte). Het onderzoek is uitgevoerd in Lelystad (kalkrijke klei), De Marke (zand) en Vredepeel (zand) waarbij mais als gewas is geteeld. Daarbij zijn vooraf aan het onderzoek, vier weken na toediening en na de oogst van het gewas, bodem- en gewasmonsters genomen. De bemonstering na vier weken diende vooral om de effecten op de aantallen en functioneren van belangrijke bodemmicro-organismen en aaltjes te testen. Na de oogst zijn ook effecten op productie en gewaskwaliteit (met name stikstofgehalte in de plant) bepaald. Na de oogst zijn ook van alle veldjes (72 per locatie) bodemmonsters genomen om te bepalen of er binnen één jaar meetbare veranderingen in relevante bodemeigenschappen zijn waar te nemen.

Het veldonderzoek op de drie proefterreinen toont dat de microbiologie positief reageert op het aanbod van organische stof in bokashi. De PLFA-scores in de met bokashi behandelde velden zijn hoger dan die van de velden met mineraal N (laagste score) of maaisel en compost (intermediair). Ook is er een effect op de soortensamenstelling van aaltjes waarbij vooral de bacterie-etende aaltjes met een korte generatietijd toenemen als gevolg van het gestegen voedselaanbod. Dat maakt ook dat daardoor organische stof makkelijker verteerd kan worden, wat weer kan leiden tot een versneld vrijkomen van nutriënten uit organische stof. Dit laatste is overigens nog niet experimenteel vastgesteld.

Ook is er deels een sterker effect op aantallen micro-organismen waarneembaar in de hoge dosering, ofschoon dit niet bij alle producten en locaties waarneembaar is. De verschillen in effect tussen de drie proefterreinlocaties zijn groot. De sterkste en meest uitgesproken effecten (o.a. voor PLFA en saprofytische schimmels) traden op in de kalkrijke klei (Lelystad), terwijl de verschillen in effect en tussen producten in de zandgronden van De Marke en Vredepeel veel minder significant waren. Dit laatste hangt deels samen met de uitgangssituatie van de bodem, waarbij de twee zandlocaties een veel hogere bodemvruchtbaarheid (met name N en organische stof) hebben dan de kleilocatie. Voor kortetermijneffecten zoals hier waargenomen, geldt dus dat deze sterker lijken te zijn in bodems die meer nutriënt-gelimiteerd zijn dan wel een laag organischestofgehalte hebben. Bodems die bij aanvang van het seizoen al een hoge bodemvruchtbaarheid hebben, lijken minder voordeel te hebben van de aanwending van deze organische materialen als het gaat om effecten op microbiologisch functioneren. Een deel van het onderzoek beoogt echter ook specifiek vast te stellen wat langetermijneffecten zijn. Deze zijn op basis van de data in één jaar nog niet vast te stellen.

Het verschil in bodemvruchtbaarheid leidde ook tot grote verschillen in de gewasgroei op de onderzochte locaties. Met name in de kalkrijke klei bleken de onderzochte organische producten niet in staat voldoende stikstof te leveren. De groei en opbrengst in de velden met 10 en 50 ton organische producten bleef daarom ook ver achter in de locatie Lelystad ten opzichte van het veld met een reguliere N-bemesting. Daarbij nam de opbrengst bij de 50 ton-dosering als gevolg van immobilisatie van stikstof nog sterker af dan bij de dosering met 10 ton.

De eerste inventariserende metingen van de effecten op bodemkwaliteit bij de pilots laten zien dat deze gekenmerkt worden door een grote variatie in bodemtype, bodemvruchtbaarheid, teeltsysteem en management. De verschillen in de bodemmetingen voorafgaand aan het aanwenden van de lokaal geproduceerde producten (maart, T0) en die aan het einde van het seizoen (oktober, T1) laten mede daarom ook geen algemene (d.w.z. voor alle pilots geldend) effecten zien op bijvoorbeeld gehalten aan organische stof, micronutriënten of zuurgraad. De verschillen tussen de pilots onderling zijn zo groot, dat verschillen tussen de T0 en T1 globaal gezien niet tot algemene effecten leiden voor alle pilots. Dit suggereert dat aan het gebruik van deze producten niet zozeer een overal te verwachten werking toe te kennen is, maar dat deze werking afhankelijk is van de bodem waar het product wordt opgebracht. De screening wordt in 2022 voortgezet om te zien of meerjarige resultaten een duidelijker beeld laten zien.

---

### *Bepaling humificatiecoëfficiënt (HC) organische producten*

Onder laboratoriumomstandigheden zijn de humificatiecoëfficiënten van de producten die in de veldproef zijn gebruikt, bepaald. De gemiddelde humificatiecoëfficiënt per onderzocht product varieert van 55% voor de maaisels met bewerkingen tot 86% voor de Keurcompost. Voor bokashi van maaisel en onbewerkt maaisel varieert de HC tussen 65 en 70%, terwijl die van bokashi van blad 82% bedraagt. Voor bokashi zijn deze waarden voor HC lager dan voor een aantal andere organische mestsoorten zoals runder- of varkensdrijfmest, ofschoon de variatie in verschillende studies groot is.

De relatief lage HC-waarden voor bokashi gemaakt van maaisel bevestigen dat bokashi geen stabiel eindproduct is. Gedurende de fermentatie wordt (een deel) van de organische stof omgezet in relatief labiele vormen van organische stof. Deze zullen in een incubatie, of na aanwenden in de bodem, snel afgebroken worden door de aanwezige micro-organismen en leiden dan tot een verandering van de bodembiodiversiteit. Bokashi van blad lijkt daarbij stabiel te zijn, met een vergelijkbare HC als die van groencompost.





---

# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond

De productie van lokale organische bodemverbeteraars, zoals bokashi en lokale compost, maar daarnaast ook het rechtstreeks opbrengen van vers maaisel, kan worden gezien als een circulaire manier om biomassa (met name maaisels van bermen, (droge) sloten, natuurterreinen en bladmateriaal) lokaal te verwerken tot een product dat lokaal ook weer aangewend kan worden. Dat past in het streven naar het circulair gebruiken van grondstoffen waardoor nutriënten en koolstof minder dan nu het geval is, verloren gaan dan wel er veel energie gaat zitten in transport van het materiaal. Daarbij kan bodemverbetering bijdragen aan beleidsdoelstellingen als klimaatadaptatie, kringlooplandbouw, biodiversiteit en een gezonde bodem.

Effecten van het gebruik van dergelijke lokale organische bodemverbeteraars op de bodem- en gewaskwaliteit worden sinds enkele jaren onderzocht in verschillende experimentele studies. Een overzicht van gerapporteerde effecten van bokashi en compost staat in WENR-rapport 3006 (Römkens et al., 2020).

Daar waar de samenstelling en werking van gft- en groencompost sinds enige jaren stabiel is en gedocumenteerd, ontbreekt dit nog grotendeels voor bokashi, lokale compost en het rechtstreeks opbrengen van vers maaisel. Door de grote variatie in gebruikte bronmaterialen en variatie in productieprocessen bestaat er geen eenduidig beeld van zowel de kwaliteit van de producten zelf als van de effecten op de bodem en de andere milieucompartimenten (water, biodiversiteit, broeikasgassen).

Hoewel er in verschillende studies positieve effecten van het rechtstreeks opbrengen van maaisel, bokashi en lokale compost op specifieke aspecten van bodemkwaliteit gerapporteerd worden, zijn de aard en opzet van veel studies zodanig verschillend (dosering, bodemtype, gewas, metingen in de bodem, gebruikt uitgangsmateriaal voor bokashi etc.) dat er geen eenduidig beeld is van de positieve werking van deze producten. Daarnaast zijn er nog onbeantwoorde vragen over onder andere gehalten aan contaminanten in geval van maaisel van wegbermen (incl. fysieke verontreiniging zoals glas, plastic en blik), onkruiddruk die kan ontstaan in lokale organische bodemverbeteraars van met name sloot- en bermmaaisel en de mogelijke aanwezigheid van ziekteverwekkers.

Mede daarom bestaan er op dit moment vragen over de kwaliteit (samenstelling) van bokashi en andere lokaal geproduceerde bodemverbeteraars. Verder is het nog onduidelijk wat de langetermijneffecten in de bodem zijn en de effecten op het functioneren van het gewas. Op dit moment wordt het bronmateriaal volgens de huidige wet- en regelgeving vaak gezien als afval en hebben de meeste lokaal geproduceerde bodemverbeteraars geen Einde Afval Status. Daarom worden lokale groenreststromen nu nog niet erkend als grondstof voor bodemverbeteraars (en staan dus niet op de lijst in Bijlage Aa van de Meststoffenwet). Rechtstreeks opbrengen van (onbewerkt) maaisel is wel toegestaan, mits dit valt onder de voorwaarden van de Vrijstellingsregeling Plantenresten.

Om de toepassingsmogelijkheden van lokaal geproduceerde bodemverbeteraars te vergroten, is het dus noodzakelijk om meer inzicht te krijgen in zowel de samenstelling als werking (na toediening in de bodem) van onder meer rechtstreeks opbrengen van maaisel, bokashi, CMC- en vermicompost en andere vormen van lokaal geproduceerde bodemverbeteraars. Juist om de kwaliteit van deze bodemverbeteraars te borgen, is de Checklist Zorgplicht Maaisel en Blad opgesteld door SMK (Stichting Milieukeur) in opdracht van het Ministerie van I&W, Deltaplan Agrarisch Waterbeheer en de Provincie Gelderland, in samenwerking met het programma Circulair Terreinbeheer.

---

## 1.2 Het programma Circulair Terreinbeheer

In het Kennisprogramma Circulair Terreinbeheer wordt samengewerkt met het programma Circulair Terreinbeheer (CT), opgezet door de Biomassa Alliantie, een samenwerking van achttien organisaties: <https://circulairterreinbeheer.nl/biomassa-alliantie>. In het programma CT is een checklist ontwikkeld voor de procesgang van blad en maaisel (vanaf het bermbeheer tot en met het toepassen van de bodemverbeteraar) en zijn pilots geselecteerd voor deelname aan het onderzoek van het kennisprogramma.

In dit rapport wordt het programma Circulair Terreinbeheer aangeduid met CT. Dit ter onderscheid van het lopende Kennisprogramma Circulair Terreinbeheer, dat wordt aangeduid met de volledige naam of kortweg kennisprogramma.

### **CT Checklist Zorgplicht Maaisel en Blad**

Het Ministerie van Infrastructuur & Waterstaat, het Deltaplan Agrarisch Waterbeheer (DAW) en de provincie Gelderland hebben gezamenlijk opdracht gegeven voor het ontwikkelen van de CT Checklist Zorgplicht Maaisel en Blad (zie [www.circulairterreinbeheer.nl](http://www.circulairterreinbeheer.nl)). Door het invullen van deze Checklist maken de ketenpartners van een pilotproject gezamenlijk, onder begeleiding van het programma CT, afspraken over de kwaliteit in het hele proces en de borging daarvan. Op die manier geeft de ingevulde Checklist ook informatie voor onder andere bevoegde gezagen en Omgevingsdiensten. Voor pilots die participeren in het kennisprogramma is het werken conform deze checklist verplicht. In 2021 hebben ca. 45 pilotprojecten de Checklist ingevuld; ongeveer 15 projecten starten later en hebben aangegeven dit in 2022 te gaan doen.

Voor de pilots van het kennisprogramma is een toetsingsmethode opgezet en zullen jaarlijks de ingevulde checklists van een steekproef van vijftien pilots getoetst worden. Daarbij zal CT in de komende jaren de Checklist regelmatig monitoren, evalueren en verbeteren. Hierbij zal Circulair Terreinbeheer het landelijke coördinatiepunt zijn om dit op gang te brengen en te houden, in afstemming met de betrokken kennisinstellingen, overheden en regio's waarin de pilots draaien.

### **Deelname pilots**

Om de pilots die bodemverbeteraars maken van gras en blad te werven voor deelname aan het CT Kennisprogramma, is in de tweede helft van 2020 tweemaal het netwerk van Circulair Terreinbeheer benaderd. In de eerste ronde waren er bijna 25 geschikte aanmeldingen en in de tweede ronde ruim 35. In november 2020 en januari 2021 zijn met deze aangemelde pilots intakegesprekken gehouden door de coördinatie van CT en onderzoekers van de WUR.

De pilots die zich hebben aangemeld, hebben gemeen dat ze allemaal maaisel en/of blad als bodemverbeteraar gebruiken, maar ook verder zijn zij verschillend van aard:

- Soort bodemverbeteraar: bokashi, maaisel met overige bewerkingen en maaisel zonder bewerkingen. Bij maaisel met overige bewerkingen gaat het om producten die bijvoorbeeld ook wel CMC-compost, vermicompost of compost-O worden genoemd;
- Gewassen waar de soort lokale organische bodemverbeteraar wordt toegepast: akkerbouw, veeteelt (op gras en mais), boomkwekers en in groenvoorzieningen;
- Bodemsoorten;
- Bij maaisel is er verschil tussen voorjaars- en najaarsmaaisel.

Pilots die in 2021 zijn gestart, kregen ondersteuning van CT om in de praktijk bijvoorbeeld bokashi of lokale compost toe te kunnen passen in samenwerking met de ketenpartners. Hiervoor was afstemming nodig tussen o.a. de terreinbeheerders (gemeente, waterschap, etc.), handhaving (omgevingsdiensten) en bevoegd gezag (gemeente, provincie).

Vanuit CT is hierbij expertise en ondersteuning ingezet om alle deelnemende pilots een stap verder te helpen, ook bijvoorbeeld in het begeleiden van het gezamenlijk invullen van de CT Checklist met de ketenpartijen van de pilots en hulp indien de aanvraag van een vergunning of ontheffing stroef liep.

---

## CT Sharepoint omgeving

Om de zestig deelnemende pilots goed te kunnen coördineren en faciliteren, is een online Sharepoint-omgeving ingericht. Via deze Sharepoint worden voor elke pilot de volgende documenten gedeeld:

- De resultaten van de metingen van de producten en de bodem bij de deelnemende pilots;
- Het logboek waarin de pilot waarnemingen van bijvoorbeeld gewasgroei, onkruiddruk, droogteverschijnselen en wateroverlast bij kan houden;
- Foto's ter ondersteuning van de waarnemingen;
- De ingevulde CT Checklists.

Daarnaast biedt de Sharepoint overzichten van de pilots die zowel door de onderzoekers van de WUR als de coördinatie CT gebruikt worden. Het is daarvoor wel noodzakelijk dat de verschillende onderdelen goed ingevuld en up-to-date gehouden worden.

## 1.3 Probleemstelling

Eind 2019 is er door Wageningen Environmental Research binnen het programma Circulair Terreinbeheer (CT) een deskstudie uitgevoerd naar de huidige stand van kennis rondom maaisel en daarvan geproduceerde producten als bokashi die worden toegepast als bodemverbeteraar. Dit heeft geresulteerd in het rapport Aanzet Kennisprogramma Circulair Terreinbeheer (<https://edepot.wur.nl/520312>). In dit rapport is aangegeven dat er nog veel onbekend is over de effecten van toepassing van bewerkte producten uit het groenbeheer (maaisels, bladresten) op de kwaliteit van de (landbouw)bodem. Dit betreft zowel korte- als langetermijneffecten. Verder ontbreekt voldoende kennis – om een goed inschatting te kunnen maken voor het milieukundig verantwoord kunnen toepassen – over de effecten van toepassing van deze producten en dan onder meer gehalten aan metalen in de bodem, onkruiddruk en aanwezigheid van bijvoorbeeld plastic. Vanuit het oogpunt van circulaire economie en bodemgebruik (landbouw, groenvoorziening) ontbreekt ook een goede onderbouwing van de baten van toepassing van deze producten, zoals effecten op vochtvasthoudend vermogen van de bodem, bodembiodiversiteit, organischestofgehalte en reductie van de emissie van broeikasgassen.

## 1.4 Doelstelling

Op basis van de resultaten van het deskstudie Aanzet Kennisprogramma Circulair Terreinbeheer en vanuit eerdere kennisvragensessies met het netwerk van CT is in overleg met de Ministeries van I&W en LNV, het programma Circulair Terreinbeheer en onderzoekers van WENR en PSG een overzicht gemaakt van relevante, openstaande kennisvragen. Deze zijn vervolgens met behulp van een risicoanalyse (RISMAN-methode) gezamenlijk geprioriteerd voor de urgentie die de beantwoording van deze vragen heeft voor het te ontwikkelen beleid bij zowel I&W en LNV.

De geprioriteerde kennisvragen zijn:

1. Wat is het aandeel labiele organische stof in de verschillende producten en wat is hier de betekenis van voor zowel de fysisch-chemische kwaliteit van de bodem (invloed op onder meer watervasthoudend vermogen of infiltratie) als de biodiversiteit (in de bodem)? Deze vraag richt zich vooral op het kortetermijneffect.
2. Wat is de werkingscoëfficiënt voor P (fosfaat) en stikstof (N) van maaisel, compost en bokashi dat direct op het land gebracht wordt?
3. Welke landbouwkundige, ecologische of milieukundige baten kunnen worden toegerekend aan het toepassen van de verschillende producten binnen een kleine kringloop (ecosysteemdiensten)?
4. Wat zijn langetermijneffecten op de bodem van het direct aanwenden van maaisel op het land of in de vorm van producten als bokashi en (CMC) compost? Ook daarbij staan fysische, chemische en biologische aspecten centraal.
5. Zijn er verschillen in de hoeveelheid koolstof die wordt vastgelegd als gevolg van de bewerkingmethode van de geselecteerde materialen (onbewerkt onderbrengen van maaisel, composteren of fermenteren)?
6. Wat is het effect op de nutriëntenbalans van de bodem (N, P, K, Mg, Ca)?

- 
7. Wat is het effect op de aanwezigheid van zware metalen en arseen in de bodem (Cd, Cu, Pb, Ni, Cr, Hg, Zn en As), afhankelijk van de bewerkings- of toepassingsmethode?
  8. Wat zijn de emissies van broeikasgassen (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O) naar de lucht? Hoe groot is emissie van de verschillende broeikasgassen van de verschillende bewerkingsmethoden?
  9. Zijn er met betrekking tot de onderzochte producten en hun bronmaterialen nog aanvullende zorgen, met name gericht op de aanwezigheid van chemische bestrijdingsmiddelen (bijv. azolen), microplastics, en PFAS-verbindingen?

Om deze vragen te kunnen beantwoorden, is bij de opzet van het onderzoek gekozen voor een drietal vormen van onderzoek, te weten inventariserend veldonderzoek bij deelnemende pilots (Hoofdstuk 2), gecontroleerde procesgerichte veldproeven bij proefboerderijen (Hoofdstuk 3) en experimenteel onderzoek in het laboratorium (de incubatieproef) (Hoofdstuk 4). Daarnaast worden de ervaringen van deelnemende pilots geëvalueerd met behulp van logboeken waarin de betreffende agrariërs hun bevindingen rapporteren (Hoofdstuk 5).

In meer detail betreft het onderzoek in 2021 de volgende aspecten:

1. Onderzoek in een zestigtal pilots verspreid over Nederland die lokale organische bodemverbeteraars van maaisel en blad maken en toepassen. Dit onderzoek betreft vooral het bepalen van de bodemkwaliteit voor en na toediening van de lokale organische bodemverbeteraar. Daarbij werd ook de kwaliteit van lokale organische bodemverbeteraar zelf gemeten, zowel wat betreft nutriëntensamenstelling alsook een breed pallet aan contaminanten. Omdat de lokale organische bodemverbeteraars in twee perioden van het jaar gemaakt wordt met voorjaars- en najaarsmaaisels (deels ook met blad), is ook de monitoring verdeeld over twee rondes. Dit deel van het onderzoek is erop gericht een goed en representatief beeld te leveren van de variatie in de kwaliteit van de lokale organische bodemverbeteraars die geproduceerd worden. Daarnaast is aan de hand van de metingen in de bodem vastgesteld of en zo ja in welke mate er veranderingen optreden in onder meer gehalten aan nutriënten, organische stof en bodemleven. Voor meer details over de deelnemende pilots en de daar uitgevoerde metingen verwijzen we naar Hoofdstuk 2.
2. Experimenteel veldonderzoek op drie proefbedrijven van Wageningen University & Research. Omdat er tussen de pilots grote verschillen in bodemtype, landgebruik en bemesting bestaan hebben zijn op drie proefstations proeven uitgevoerd waarbij de werking van een viertal typen bokashi en één type maaisel met bewerkingen getest wordt onder gecontroleerde omstandigheden. Binnen elk van deze drie proefstations zijn de behandelingen in viervoud uitgevoerd. Als referentie heeft daarbij een behandeling met dierlijke mest en kunstmest gediend. In 2021 lag daarbij de nadruk op het bepalen van effecten van de lokale organische bodemverbeteraars op biodiversiteit (m.n. bacteriële en schimmelactiviteit en aaltjes), stikstoflevering en effecten op gewasproductie en kwaliteit. Evenals bij de pilots is voorafgaand en na afloop van de veldproeven de bodemkwaliteit bepaald (middels dezelfde metingen als in de pilots). Een samenvatting van de beschikbare data uit 2021 en een uitgebreidere beschrijving van de proefopzet staan in Hoofdstuk 3.
3. Aanvullende experimenteel laboratoriumonderzoek  
Voor organische bodemverbeteraars geldt dat ze na opbrengen in de bodem voor een deel omgezet worden in CO<sub>2</sub> (mineralisatie). Het deel van de opgebrachte hoeveelheid dat na een jaar nog in de bodem aanwezig is, wordt bepaald met de humificatiecoëfficiënt. Met name voor bokashi, maar ook voor de maaisels met andere bewerkingen, is nog onduidelijk hoeveel van de organische stof die opgebracht wordt in het eerste jaar mineraliseert. Dit is uiteraard van belang om uitspraken te kunnen doen over de potentiële lange-termijnopbouw van de koolstofvoorraad in de bodem. Resultaten van de incubatieproeven die in 2021 zijn uitgevoerd, staan samengevat in Hoofdstuk 4.
4. Evaluatie van ervaringen van deelnemende agrariërs in de pilots  
Het produceren en op correcte manier gebruiken van lokale organische bodemverbeteraars kan leiden tot verschillen in kwaliteit en effecten in de bodem. Hiertoe is onder meer een protocol opgesteld dat agrariërs richtlijnen geeft over hoe lokale organische bodemverbeteraars te maken en te gebruiken. Middels logboeken is agrariërs gevraagd hun ervaringen met het maken van lokale organische bodemverbeteraars en de effecten na aanwending op bijvoorbeeld onkruiddruk te documenteren. Dit kan helpen om te komen tot meer praktische richtlijnen die enerzijds goed aansluiten bij de reguliere landbouwpraktijk en anderzijds leiden tot een product van voldoende kwaliteit dat niet leidt tot ongewenste effecten (bijvoorbeeld doordat er te veel plastic of ander afval in de lokale organische bodemverbeteraars zit). Dit deel van het onderzoek wordt in 2022 uitgevoerd.

---

## 1.5 Begrippenlijst

Kennisprogramma circulair terreinbeheer	Het lopende onderzoeksprogramma dat is geïnitieerd na de publicatie van de 'Aanzet Kennisprogramma Circulair Terreinbeheer: Landbouwkundig relevante eigenschappen van maaisel, bokashi en compost' (Romkens et al., 2021). Het voorliggende rapport is de eerste jaarrapportage van dit onderzoeksprogramma.
Programma Circulair Terreinbeheer (CT)	Het programma Circulair Terreinbeheer (CT) is opgezet om te bevorderen dat grondstoffen die vrijkomen bij terrein- en waterbeheer hoogwaardig worden benut. Het programma is een initiatief van de Biomassa Alliantie. Deze heeft tot doel om de transitie naar het circulair benutten van groene reststromen te versnellen. Zie <a href="http://www.circulairterreinbeheer.nl">www.circulairterreinbeheer.nl</a> .
Bokashi (BOK)	Lokaal gemaakte organische bodemverbeteraar door fermentatie van verschillende organische bronmaterialen. In dit project zijn deze bronmaterialen: maaisels vrijkomend uit natuur, infrastructuur, (openbare) groenvoorzieningen en watergangen alsmede blad uit het stedelijk gebied. <i>Noot:</i> de term 'organische bodemverbeteraar' wordt als zodanig ook in de FPR (EU2019/1009) benoemd als een PFC (PFC 3A, Organic Soil Improver). De hier als 'organische bodemverbeteraar' aangeduide producten vallen daar niet noodzakelijk onder en voldoen ook niet noodzakelijk aan de in de FPR opgenomen criteria t.a.v. kwaliteit of productievoorwaarden.
Maaisel met overige bewerkingen (MRT)	Lokaal gemaakte organische bodemverbeteraar door andere bewerkingen dan compostering cf. Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet en fermentatie (bokashi): in de praktijk worden verschillende productnamen gehanteerd. Bij de deelnemende pilots zijn dit CMC-compost, Compost-O of compost light.
Lokale organische bodemverbeteraars	In dit rapport vallen hieronder alle beschouwde producten die <i>lokaal</i> zijn geproduceerd in de aan het onderzoeksprogramma deelnemende pilots: <ul style="list-style-type: none"><li>• bokashi (BOK);</li><li>• maaisel met overige bewerkingen (MRT);</li><li>• maaisel zonder bewerkingen (MAAI).</li></ul>
Maaisel zonder bewerkingen (MAAI)	Product waarbij na de verzameling van het bronmateriaal (maaisel) geen bewerkingen zijn uitgevoerd, behalve het op een hoop leggen.
Compost	Volgens de definitie Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet (2021): 'product afkomstig uit een aerob proces, dat bestaat uit één of meer organische afvalstoffen die al dan niet met bodembestanddelen zijn gemengd en die met behulp van micro-organismen zijn afgebroken en omgezet tot een homogeen en zodanig stabiel eindproduct dat daarin alleen nog een langzame afbraak van humeuze verbindingen plaatsvindt en dat niet mede bestaat uit dierlijke meststoffen en niet verpompbaar is.' In dit project worden alleen producten die aan deze definitie voldoen en afkomstig zijn van grotere erkende composteers als compost aangeduid.

---

## 1.6 Verantwoording

Het onderzoek is in 2021 uitgevoerd in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoek van het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit (BO-43-101-013).

Het onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Research, onderdeel van Wageningen University & Research. Betrokkenen bij het onderzoek zijn werkzaam bij Wageningen Environmental Research en de Plant Sciences Group.

Bij het onderzoek is samengewerkt met Circulair Terreinbeheer (CT). CT heeft zo veel mogelijk de regie gevoerd in de contacten met de deelnemende pilots.



---

## 2 Veldonderzoek Pilots

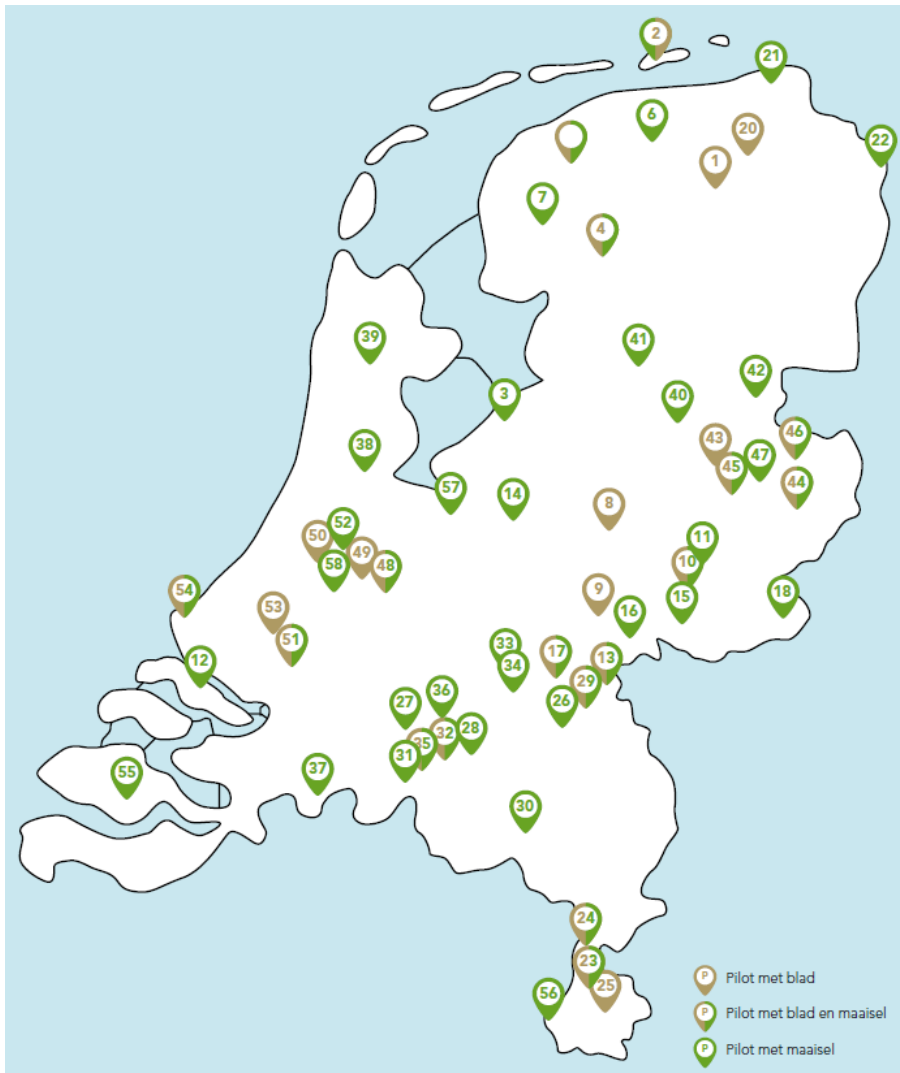
### 2.1 Overzicht deelnemende pilots 2021

In 2021 hebben zich in totaal ca. zestig pilots aangemeld voor deelname in het bodem- en productonderzoek. In Figuur 2.1 zijn de locaties van deze pilots weergegeven, waarbij met kleur is aangeduid welk bronmateriaal is gebruikt voor de bereiding van de lokale organische bodemverbeteraar. In het voorjaar (maart-mei) zijn monsters van bodem (26) en lokale organische bodemverbeteraars (41) genomen. Het aantal monsters van de lokale organische bodemverbeteraars waarover hier gerapporteerd wordt, is groter dan het aantal bodems, omdat sommige pilots meerdere typen lokale organische bodemverbeteraar produceren.

Het onderzoek in 2021 richtte zich op een aantal verschillende typen lokale organische bodemverbeteraar. Binnen deze typen maken we hier in de samenvattende tabellen en figuren onderscheid tussen bokashi (alle producten gemaakt volgens het daarvoor geldende procedé; gemaakt van maaisel, blad of een mengsel daarvan, aangeduid als 'bokashi': BOK), onbewerkt maaisel (aangeduid als 'maaisel': MAAI) en overige lokaal geproduceerde organische bodemverbeteraars (aangeduid als 'maaisel met overige bewerkingen': MRT). Gezien het relatief kleine aantal pilots dat in 2021 via verschillende procesgangen (CMC-compost, compost-O, Compost light) produceerde, worden de data van de analyses van deze producten samen onder het kopje 'maaisel met overige bewerkingen' (MRT) weergegeven.

In het najaar van 2021 (september-december) zijn aanvullend dertig pilots bezocht, deels nieuwe pilots, deels herhaalde (bodem)metingen bij pilots uit het voorjaar. Daarbij zijn op dit moment (december 2021) veertien monsters van bodemverbeteraars beschikbaar.

Uit de ligging van de pilots blijkt dat er een goede ruimtelijke verdeling is over heel Nederland.



**Figuur 2.1** Overzicht van deelnemende pilots<sup>1</sup> in het onderzoek in 2021.

Voor de productie van de lokale organische bodemverbeteraars gebruiken alle pilots maaisel, blad of mengsel van maaisel en blad als grondstof.

Het merendeel van de pilots (voorjaar 2021) maakt lokale organische bodemverbeteraars van maaisel. Een klein aantal pilots (7) in het stedelijk gebied gebruikt daarnaast ook blad als grondstof. Meer informatie over de verschillende producten die door de pilots gemaakt worden, staat in paragraaf 2.3.

Uitgangspunt voor de deelnemende pilots was dat de pilots zelf bepalen hoe ze de lokale organische bodemverbeteraars in hun pilot toepassen. Tussen de pilots is sprake van een grote variatie in landgebruik (akkerbouw, grasland, boomteelt, stedelijke groenvoorziening) en dosering. Het veldonderzoek in het kader van het CT-programma richt zich daarom ook niet zozeer op het vaststellen van generieke effecten in alle pilots, maar op het karakteriseren van de individuele pilots en – wellicht – op veranderingen in bodemkwaliteit die in de loop van het project meetbaar kunnen worden door gebruik van de in dit onderzoek opgenomen vormen van organische bodemverbeteraars. Daartoe bestaat het veldonderzoek bij de pilots uit (herhaald) bodemonderzoek en onderzoek naar de productkwaliteit van de lokale organische bodemverbeteraar zelf. Het meten van productkwaliteit wordt ook gedaan om een breed beeld te krijgen van de samenstelling van lokale organische bodemverbeteraars zoals die geproduceerd en gebruikt worden in de pilots.

<sup>1</sup> Niet alle pilots hebben in 2021 daadwerkelijk materiaal voor het onderzoek aangeleverd.

### Bodemonderzoek

Het bodemonderzoek wordt bij alle pilots vóór de aanwending van de lokale organische bodemverbeteraar uitgevoerd. Dit bodemonderzoek is een bemonstering op perceelniveau, waarbij een groot aantal bodemkundige (chemische/fysische en biologische) parameters bepaald wordt van de 0-20cm-laag (voor meer details zie paragraaf 2.2). Deze nulmeting van de bodemkwaliteit dient als een referentie voor toekomstige metingen. Bij 20 (van de in totaal 26) pilots die in de voorjaarsronde van 2021 al deelgenomen hebben, is in de periode september-oktober een herhaalde meting van de bodemkwaliteit uitgevoerd op hetzelfde perceel waar de bodemverbeteraars zijn gebruikt. Het doel van deze herhaalde bemonstering is om vast te stellen of er op basis van dezelfde set aan metingen veranderingen in de bodemkwaliteit vast te stellen zijn.

Ook in de jaren 2022-2024 is voorzien dat deze bemonstering gedaan wordt (een keer per jaar).

Daarnaast zijn in dezelfde periode (najaar) ook nog 10 nieuwe pilots onderzocht die in het voorjaar niet deelnamen. Voor elke pilot wordt de eerste meting aangeduid als T0 en de herhaalde metingen in datzelfde jaar als T1.

Voor de bodem geldt dat er in de meeste gevallen één monster is genomen van het perceel waar de betreffende bodemverbeteraar daarna is opgebracht. Bij een klein aantal pilots (< 5) is daarnaast een tweede monster genomen van een referentieplek waar geen bodemverbeteraar zal worden aangewend.

In Tabel 2.1 staat een overzicht van de aantallen monsters die in 2021 verzameld zijn. In deze rapportage zijn vooralsnog alleen de resultaten van de voorjaarsbemonstering opgenomen, omdat de data van de najaarsbemonstering nog in bewerking zijn.

### Productonderzoek

Tegelijkertijd met het nemen van het bodemonsters is een representatief monster genomen van de lokale organische bodemverbeteraar. Voor bokashi geldt dat het monster is genomen bij het openen van de kuil of kort daarna (binnen een week). Maaisel en de maaisels met overige bewerkingen lagen in de meeste gevallen opgeslagen en deze voorraden zijn bemonsterd (zie paragraaf 2.3).

Evenals voor de bodem, is in 2021 onderscheid gemaakt tussen een voorjaarsbemonstering (aangeduid met T0<sub>2021</sub> en een najaarsbemonstering (aangeduid met T1<sub>2021</sub>). De lokale organische bodemverbeteraars die in de periode maart-juli 2021 zijn onderzocht, zijn gemaakt van opgeslagen maaisel (en/of blad) uit het najaar van 2020. De monsters genomen in het najaar van 2021 zijn gemaakt van voorjaar- en zomermaaisels. In het voorjaar zijn 41 monsters (lokale organische bodemverbeteraars) onderzocht en in het najaar 14 (op het moment van schrijven). Deze rapportage bevat de data van de 41 monsters uit het voorjaar.

**Tabel 2.1** Overzicht van aantallen en typen monsters genomen bij de pilots in 2021.

Producten	Voorjaar (maart – mei 2021)	Najaar (september – oktober 2021)
Maaisel	4	-
Lokale bodemverbeteraars	8	-
Bokashi-maaisel	22	14 (10 pilots, deels herhalingen)
Bokashi-blad	7	-
Bokashi-mengsel	-	-
Bodem	26	30 (20 T1 en 10 T0 metingen)

## 2.2 Inventarisatie bodemkwaliteit

### 2.2.1 Methoden

Doel van het bodemonderzoek bij de deelnemende pilots is om een breed palet van landbouwkundig relevante bodemeigenschappen te bepalen die mogelijk beïnvloed worden door het gebruik van bodemverbeteraars. Daarbij ligt de nadruk op bodemchemische parameters, zoals organische stof en nutriënten, maar wordt ook een beperkt aantal bodemfysische parameters en biologische parameters bepaald.

Gedurende de periode maart 2021-juli 2021 zijn in totaal 26 bodemmonsters genomen. In de najaarsronde zijn op het moment van schrijven opnieuw bodemmonsters genomen; in totaal 30, waarvan 20 een herhaalde meting (T1) betreffen en 10 aanvullende nieuwe (T0) metingen bij niet eerder bezochte pilots.

Om de vergelijkbaarheid van de resultaten tussen de pilots te vergroten, is gekozen voor de metingen zoals die horen bij een standaardpakket voor de landbouwkundige bodemkwaliteit. In 2021 is daarvoor het pakket 'Bemestingswijzer Compleet' van Eurofins-Agro gekozen. Voor details over dit pakket verwijzen we naar de website van Eurofins-Agro.

Ook de bemonstering is uitgevoerd door Eurofins-Agro volgens het voorschrift dat hoort bij het uitvoeren van bemestingsonderzoek. De resultaten van elke pilot zijn aan de deelnemende beheerders of agrariërs ter beschikking gesteld en staan in de CT Sharepoint waar de pilots toegang toe hebben. Op die manier kunnen alle pilots de resultaten van hun eigen monster inzien. Vanwege de privacy zijn in het in onderhavige rapport data alleen geanonimiseerd weergegeven zonder expliciete vermelding van locatie of eigenaar.

In Tabel 2.2 staat een overzicht van de gemeten parameters en methoden op basis waarvan de gerapporteerde parameters (deels) zijn afgeleid. Voor meer details verwijzen we naar de website van Eurofins Agro.

**Tabel 2.2** Overzicht van gerapporteerde bodemparameters (voor een overzicht van de methoden, zie 0).

<b>Parameter</b>	<b>Gerapporteerde eenheid</b>
<b>Bodemchemische parameters</b>	
Stikstof	N-totaal, C/N ratio, N-leverend vermogen (kg/ha)
Zwavel	plantbeschikbaar, totale voorraad, S-leverend vermogen (kg/ha), C/S ratio
Fosfaat, Kalium, Calcium, Magnesium, Natrium	plantbeschikbaar, bodemvoorraad (kg/ha) in aanvulling voor P: P-Al (mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100 gram), P-CaCl <sub>2</sub> (mg P/kg) en Pw (mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /L)
Silicium, ijzer, zink, mangaan, koper, kobalt, borium, molybdeen, seleen	Plantbeschikbaar (g/ha)
Zuurgraad	pH CaCl <sub>2</sub>
Koolstof	Organisch C, organische stof (in %) C/OS ratio
Kalk	
Kationuitwisselcapaciteit (CEC)	Totaal (mmol/kg), Ca, Mg, K, Na, H, Al bezetting (% van totaal)
<b>Bodemfysische parameters</b>	
Textuur	Klei (< 2µm), silt (2-50 µm), zand (> 50 µm)
Verkruimelbaarheid	Score (0 – 10)
Verslemping	Score (0 – 10)
Stuifgevoeligheid	Score (0 – 10)
Vochthoudend vermogen	Waterbergend vermogen pF2 – 4.2 (mm)
<b>Microbiologische parameters</b>	
Microbiële biomassa	Bacteriële en schimmel biomassa (mg C/kg)
Microbiële activiteit	Totale microbiële activiteit (mg N/kg)
Schimmel/bacterie-ratio	Verhouding (-)

## 2.2.2 Resultaten Bodemonderzoek voorjaar 2021.

In Tabel 2.3 staan de samenvattende gegevens van de voorjaarsmetingen (bodem). Daarbij is steeds het minimum, de 25-, 50- (mediaan) en 75-percentielwaarde en het maximum van de gemeten waarden gegeven.

**Tabel 2.3** Overzicht van bodemparameters van de 26 pilots (T0 meting voorjaar 2021).

Macronutriënten									
	N-Totaal- BVR <sup>1</sup>	CN- Verhouding	N-leverend vermogen	P- PAE <sup>2</sup>	AdviesPw (n=20)	P- BVR (PAL)	K-PAE	K-BVR	K-getal (n=24)
	mg N/kg	-	kg N/ha	mg P/kg	mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /L	mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / 100gr	mg K/kg	mmol/kg	
Minimum	100	10	15	0.3	12	6	24	0.6	10
P25	1140	11	50	1.3	30	33	71	2.4	18
P50	1455	14	78	2.5	44	43	103	2.9	21
P75	2103	15	95	4.6	61	60	136	4.6	28
Maximum	8060	19	260	15.5	126	120	494	23.3	68

	S-totaal	S-PAE	S-leverend vermogen	Mg-BVR	Mg-PAE	Ca-BVR	Ca-PAE	Na-BVR	Na-PAE
	mg S/kg	mg/kg	kg/ha	mmol/kg	mg/kg	mmol/kg	mmol/L	mmol/kg	Mg Na/kg
Minimum	75	2.6	5	2.6	37	21	0.1	0.3	3
P25	213	3.4	9	7	72	40	0.4	0.5	7
P50	260	4.8	13	8	90	55	0.6	0.6	11.5
P75	535	7.9	24	13	109	160	0.88	0.9	18.3
Maximum	1250	77	45	75	590	315	3	3.7	61

Micronutriënten									
	B-PAE	Cu-PAE	Mn-PAE	Co-PAE	Zn-PAE	Se-PAE	Si-PAE	Mo-PAE	Fe-PAE
	ugB/kg	ug/kg	ug/kg	ug/kg	ug/kg	ug/kg	ug/kg	ug/kg	ug/kg
Minimum	38	11	125	1.3	50	1.1	4700	2	1005
P25	118.25	24	373	2.7	63	2.9	8818	2	1010
P50	153	34	1225	4.9	630	3.5	15010	2	2260
P75	292	48	3630	12	1978	4.2	29700	7	3818
Maximum	573	97	11290	574	5800	10.0	74200	14	6570

Algemene Bodemeigenschappen							
	pH-CaCl <sup>2</sup>	kalk	Org. Stof	C-Organisch	Klei	Silt	Zand
	-	%	%	%	%	%	%
Minimum	4.2	0.1	0.5	0.3	0.5	6	17
P25	5.2	0.3	2.8	1.5	2.0	11	57
P50	5.9	0.5	3.5	1.9	4.0	18	73
P75	7.1	1.4	5.6	2.9	13.3	21	83
maximum	7.5	10.7	14.8	8.4	39.0	39	88

<sup>1</sup> Bodemvoorraad, <sup>2</sup> Plantbeschikbaar

**Tabel 2.3** Vervolg Overzicht van bodemparameters van de 26 pilots (T0 meting voorjaar 2021).

Kationenuitwisselcapaciteit en basenbezetting								
	CEC	Ca-bez <sup>3</sup>	Mg-bez	K-bez	Na-bez	H-bez	Al-bez	CEC-Bez.
	mmol/kg	%	%	%	%	%	%	%
Minimum	32	59	5	2	1	0.05	0.05	80
P25	51	74	8	3	1	0.05	0.05	94
P50	65	82	13	4	1	0.05	0.05	100
P75	162	88	15	5	1	0.05	0.05	100
maximum	384	91	20	11	3	1.5	18	100

Microbiële parameters					Bodemfysische parameters				
	microb.bm <sup>4</sup>	bact.bm	schimmel. bm	Microb.act. <sup>5</sup>	schim./bact	Vocht bij pF 2.0 (n=25)	Vocht bij pF 4.2 (n=25)	Verkruimelbaarheid	Slemp Gevoeligheid
	mgC/kg	mgC/kg	mgC/kg	mgN/kg	-	%	%	-	-
Minimum	93	26	23	0.5	0.4	16.5	2.5	5.1	4.5
P25	187	69	48	22	0.6	24.4	4.3	8.4	6.5
P50	283	125	86	28	0.7	27	5.5	10	7.6
P75	399	151	116	62	0.8	35	13.6	10	7.8
maximum	2072	895	646	256	1.7	49.3	33.8	10	8.6

<sup>3</sup> Bezetting;

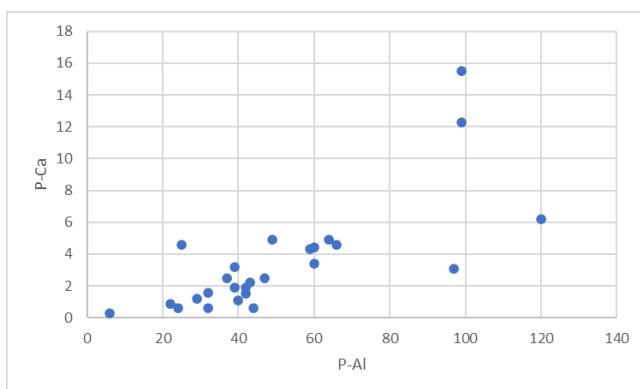
<sup>4</sup> Biomassa;

<sup>5</sup> Activiteit.

Uit de data blijkt dat de onderzochte percelen in het voorjaar van 2021 gemiddeld vooral zandbodems zijn (P50 lutum = 4%) met een normaal gehalte aan organische stof (3,5%). Het aantal kleibodems (definitie: meer dan 20% fractie < 2µm) bedraagt vier en het aantal lemige gronden (>10% klei < 20%) drie. De range aan organische stof is beperkt (maximum 14%) wat niet vreemd is, want het is bekend dat het gebruik van organische bodemverbeteraars nuttig is in gronden met lagere organischestofgehalten. Toch is het aantal pilots met echt lage organische stof gehalten klein; drie pilots hebben een organische stof gehalte van minder dan 2% waarbij slechts één pilot onder de 1% zit.

Gemiddeld genomen hebben de onderzochte bodems een normale pH (P50 5.9) waarbij een aantal bodems duidelijk kalkhoudend zijn (pH > 7, n=7) en acht bodems een pH van minder of gelijk aan 5.5. Omdat bokashi een kalkhoudend product is (door de toevoeging van kalk), is dat vooral in bodems met een pH lager dan 5.5 van belang; voor de overige onderzochte bodems heeft dit daarmee weinig meerwaarde.

De nutriëntenstatus van de bodems loopt sterk uiteen. Zo varieert de plantbeschikbare hoeveelheid fosfaat van zeer laag (P-PAE < 0.8) tot zeer hoog (P-PAE > 3.4). Ook de bodemvoorraad (P-Al) varieert op eenzelfde wijze en in veel gevallen zijn P-Al en P-PAE aan elkaar gecorreleerd (zie Figuur 2.2).



**Figuur 2.2** Relaties tussen P-Al en P-Ca (data voorjaar 2021).

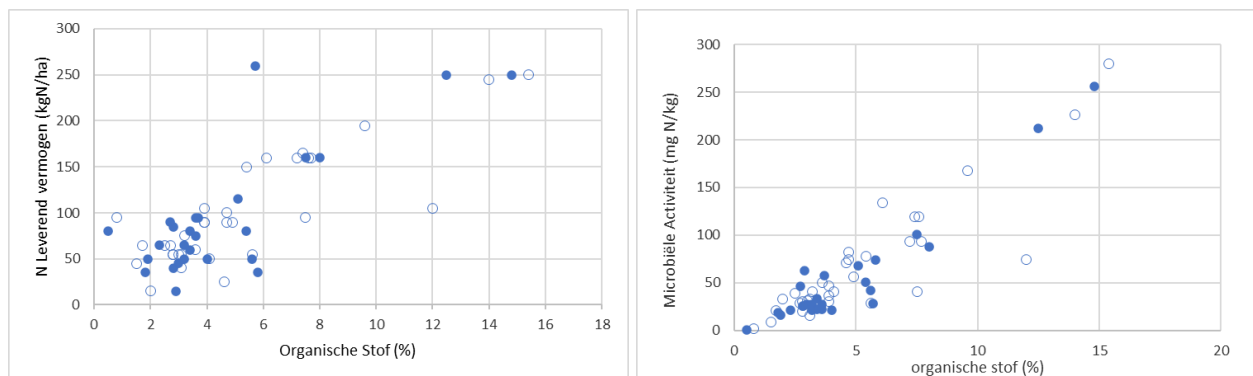


Voor grasland en akkerbouw geldt dat de uiteindelijk P-status bepaald wordt door de combinatie van P-Al en P-Ca, en voor de hier onderzochte percelen geldt dat alle klassen (laag-hoog) aanwezig zijn. Dat betekent dat voor gronden in de klasse 'laag' de aanvoer van P via bodemverbeteraars nuttig kan zijn, terwijl die in gronden in de klasse 'hoog' niet veel betekent voor de gewasgroei.

Datzelfde geldt voor het N- en K-leverend vermogen in de bodem, dat varieert van laag tot hoog. Deels wordt de voorraad aan nutriënten bepaald door de hoeveelheid organische stof. Zo neemt het N-leverend vermogen toe met het percentage organische stof (zie Figuur 2.3).

Voor de microbiële activiteit, zowel die van schimmels als bacteriën, is er een sterke relatie met organische stof (Figuur 2.3). Ofschoon er nog veel discussie is over wat een lage of voldoende activiteit in de bodem zou moeten zijn, ligt een deel van de onderzochte gronden in het 'lage' traject voor de microbiële activiteit (< 60 mg N /kg grond, rechter deel Figuur 2.3).

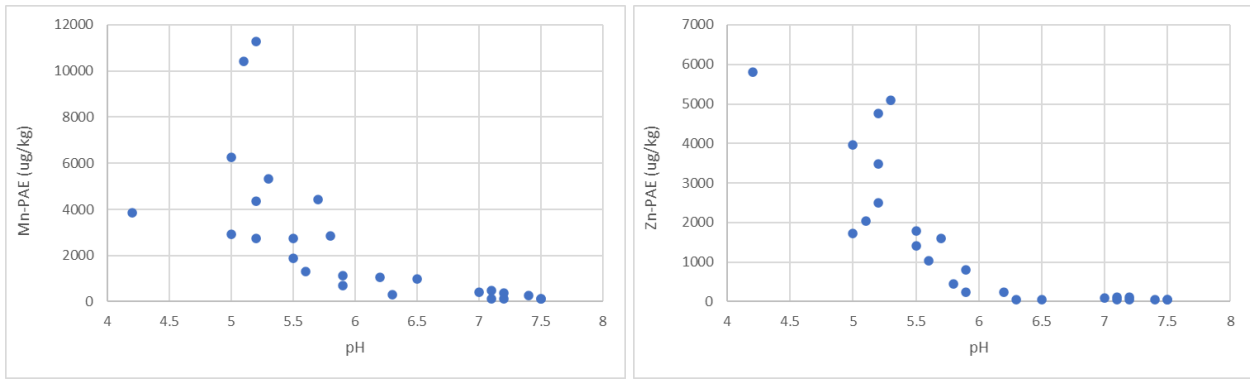
Dergelijke waarden worden vooral aangetroffen in gronden met minder dan 4% organische stof. Of dit verband tussen organische stof en microbiële activiteit causaal is, d.w.z. dat een laag organischestofgehalte altijd leidt tot een lagere microbiële activiteit kan niet geconcludeerd worden. Zeer waarschijnlijk spelen meerdere bodemfactoren daarbij een rol.



**Figuur 2.3** Relatie tussen organische stof en N-leverend vermogen (links) en microbiële activiteit (rechts). Gesloten cirkels = data voorjaar, open cirkels = data najaar.

Ten tijde van het maken van deze rapportage zijn nog niet alle data uit de najaarsronde beschikbaar, maar voor een aantal parameters kan al een vergelijking gemaakt worden. Zo blijkt dat de relatie tussen organische stof enerzijds en N-leverend vermogen of de microbiële activiteit anderzijds in de voor- en najaarsdata eenzelfde trend oplevert (zie ook paragraaf 2.2.3).

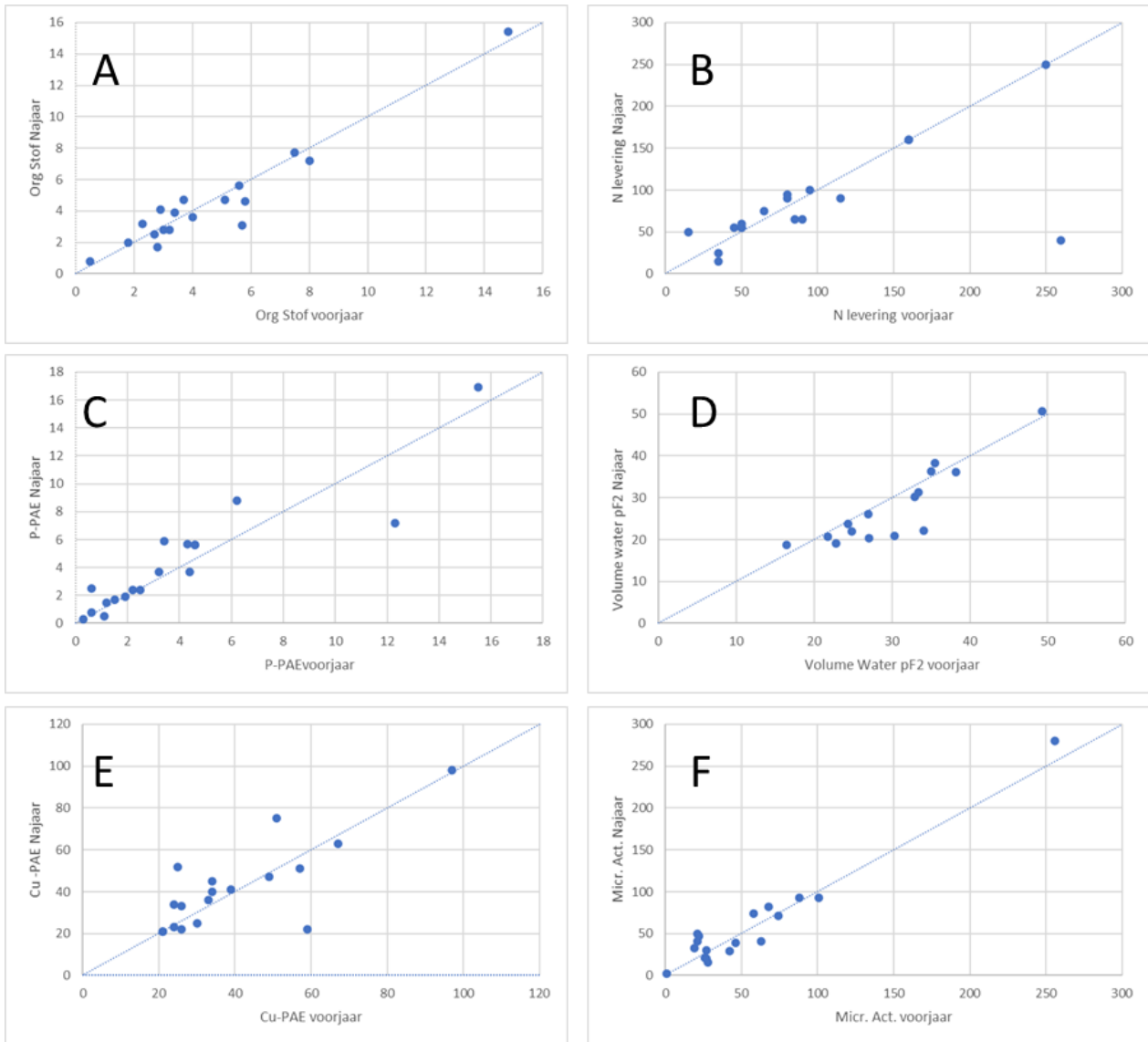
Vanwege de lichtzure pH van de grond is de beschikbaarheid van micronutriënten in een groot deel van de bodems voldoende tot goed. Voor de kalkrijke gronden met hogere pH-waarden geldt echter dat door de hoge pH (pH >6.5) er vaker sprake is van lage tot zeer lage hoeveelheden aan plantbeschikbare voorraden voor micronutriënten als zink en mangaan. Dat is geïllustreerd in Figuur 2.4, waarin op de x-as de pH staat en op de y-as de plantbeschikbare hoeveelheid. Duidelijk is te zien dat de plantbeschikbare nutriënten afnemen met een stijging van de pH. Dat geldt met name voor die elementen (Mn en Zn) die sterk bepaald worden door de pH. Dit effect is bijvoorbeeld voor koper of kobalt veel minder of niet te zien (niet getoond).



**Figuur 2.4** Effect van pH op beschikbaarheid Mn (links) en Zn (rechts; data voorjaar 2021).

### 2.2.3 Effecten van gebruik van lokale organische bodemverbetersaars op de bodemkwaliteit (data 2021)

In het najaar van 2021 is bij 26 pilots een tweede bemonstering gedaan van de eerder bemonsterde percelen. Het doel van deze jaarlijks uit te voeren herhaalde meting is om na te gaan of het gebruik van de lokale organische bodemverbetersaars leidt tot veranderingen in de bodemkwaliteit. Speciale aandacht gaat daarbij uit naar een aantal parameters die relevant zijn voor belangrijke bodemfuncties. Dit betreft onder meer het organischestofgehalte, het watervasthoudend vermogen en de microbiële activiteit. Hierna vergelijken we voor 18 percelen waar de lokale organische bodemverbetersaars zijn aangewend, de data uit het voorjaar en die uit het najaar. Hier beperken we ons tot het weergeven van de data van het gemeten organischestofgehalte, watergehalte bij pF 2 (veldcapaciteit), microbiële activiteit, N-levering en plantbeschikbaar P en Cu. Deze staan samengevat in Figuur 2.5.



**Figuur 2.5** Vergelijking van organischestofgehalte (A), N-levering (B), P-PAE (C), vochtgehalte bij pF 2 (D), plantbeschikbaar gehalte aan koper (E) en microbiële activiteit (F) in de voorjaars- (x-as) en najaarsmeting (y-as) bij 18 pilots. De stippellijn is de 1:1-lijn.

Voor geen van deze parameters was er sprake van een significant verschil tussen de voor- en najaarsmeting. Voor een aantal parameters, onder andere organische stof, geldt dat dergelijke veranderingen in het gehalte langzaam gaan, áls er al sprake is van een toename bij de aangewende hoeveelheden; dergelijke veranderingen werden dus ook niet verwacht in jaar 1.

Bij het vergelijken van data van verschillende pilots moet daarnaast ook bedacht worden dat het landgebruik en de bemesting sterk kunnen verschillen. De kans dat een parameter daarom in alle pilots op eenzelfde manier reageert en dat alle waarnemingen in het voorjaar dus significant afwijken van die in het najaar is klein, ook bij herhaalde metingen.

De kans dat een effect zichtbaar is of wordt, neemt bovendien toe naarmate het gehalte of de hoeveelheid kleiner is. Bij een laag organischestofgehalte, bijv. minder dan 2%, voegt een dosering van 10 ton aan bodemverbeteraar relatief meer toe aan de voorraad bodemkoolstof dan bij een organischestofgehalte van 6%. Toch zien we ook bij de lage gehalten aan organische stof, of plantbeschikbaar P en Cu, binnen één jaar geen duidelijk effecten of trends. Voor nutriënten als N en P geldt daarnaast ook dat een agrariër daar sterk op stuurt middels dosering van meststoffen, en de bijdrage van bodemverbeteraars aan mogelijke wijzigingen in de gehalten van N of P zijn in de meest gevallen klein.

---

Het feit dat de T0- en T1-metingen voor meerdere parameters zeer vergelijkbare waarden opleveren, betekent dat de data van de mengmonsters als representatief voor het onderzochte perceel beschouwd mogen worden. Dat betekent ook dat als er in de loop van de tijd een meetbare verandering optreedt, deze door middel van de herhaalde bemonstering wel te kwantificeren zou moeten zijn. Daarbij is het niet de verwachting dat een verandering in bijvoorbeeld het organischestofgehalte of de beschikbare zinkgehalten voor alle pilots in dezelfde mate meetbaar zal zijn, maar dat veranderingen in bodemkwaliteit pilot-specifiek zullen zijn. Bij de analyse van de data gaat dan vooral aandacht uit naar die parameters waar de bijdrage van bodemverbeteraars, anders dan voor macronutriënten, naar verwachting wel tot effecten leidt. Dat betreft dan onder meer de voorraad organische stof, watervasthoudend vermogen, micronutriënten en microbiële parameters (hoeveelheid en activiteit). Voor een aantal pilots blijkt uit de T0- (en T1-)meting bijvoorbeeld al dat het organischestofgehalte of beschikbaar zink (of andere parameters) al zo hoog is dat niet te verwachten is dat bodemverbeteraars daar een meetbare invloed op hebben binnen een termijn van 2 à 4 jaar.

Mede daarom moet de data-analyse te zijner tijd deels op pilotniveau gebeuren, omdat de trends voor alle pilots samen zeer waarschijnlijk geen identiek beeld (van de veranderingen) zullen laten zien.

#### 2.2.4 Conclusies – samenvatting

Gemiddeld gezien zijn de onderzochte percelen landbouwkundig gezien van voldoende tot goede kwaliteit.

Een aantal pilots laat zien dat enkele aspecten van de bodemkwaliteit soms onvoldoende zijn.

Dat betreft met name:

- Een klein aantal pilots heeft een zeer laag tot laag organischestofgehalte (< 1 of < 2%). Dit zouden interessante pilots kunnen zijn om effecten van gebruik van organische bodemverbeteraars op het organischestofgehalte te volgen. Het is niet de verwachting dat dit effect al na één jaar meetbaar is.
- Een aantal pilots heeft lage gehalten aan micronutriënten, met name zink en ijzer. In veel gevallen is dat gekoppeld aan een hoge (pH > 7) bodem-pH en de aanwezigheid van kalk in de bodem. Dit is dus deels natuurlijk.
- Een aantal pilots heeft een relatief laag N-leverend vermogen, dit is echter normaal indien de grond nog niet bemest is voordat het gewas gaat groeien. Het is niet de verwachting dat gebruik van lokale organische bodemverbeteraars leidt tot een structureel hoger N-leverend vermogen. Ook is daarvoor de C/N-ratio van het product van belang, want in geval van een hoge C/N-ratio in lokale organische bodemverbeteraars kan er zelfs N-immobilisatie optreden.
- De P-status van de bodems is in een aantal gevallen laag tot zeer laag. Het merendeel van de bodems valt echter in de klasse normaal tot hoog. In welke mate lokale organische bodemverbeteraars aan de verhoging van de P-status bijdragen, is nog onduidelijk gezien de relatief lage gehalten aan P in deze producten. Ook is nog onbekend in welke mate (met name) P in de lokale organische bodemverbeteraars beschikbaar is of komt gedurende het groeiseizoen.
- De microbiële activiteit varieert van laag tot normaal/hoog en lijkt gekoppeld aan het organischestofgehalte. De gronden met een lage score hebben alle een organischestofgehalte van minder dan 4%. Een van de onderzoeksvragen richt zich op de relatie tussen aanvoer van organische stof en microbiële activiteit. In 2021 is dit met name in de veldproeven onderzocht (zie Hoofdstuk 3).

Tot slot tonen de eerste resultaten van de herhaalde metingen in het najaar in zestien pilots dat er binnen een termijn van een jaar geen significante wijzigingen in de onderzochte bodemparameters optreden. Dat bevestigt voor een deel ook de hypothese (geen verschil T1 en T0), omdat voor een deel van de onderzochte nutriënten (N, P, K) gestuurd wordt door de agrariër middels bemesting of bekalking (pH). De verschillen in bodemsamenstelling (bijv. organische stof, P-status) tussen de pilots zijn bovendien erg groot, wat betekent dat effecten zeker niet in alle pilots op dezelfde manier meetbaar zullen zijn. Met name pilots met lage organischestof- en/of nutriëntgehalten zijn daarom interessant om te volgen middels monitoring.

---

## 2.3 Kwaliteit lokale organische bodemverbeteraars

### 2.3.1 Overzicht van metingen in onderzochte lokale organische bodemverbeteraars

Het screeningsonderzoek aan de producten uit de deelnemende pilots in 2022 heeft een aantal specifieke doelen:

1. Vaststellen wat de variatie is in de landbouwkundig relevante eigenschappen en eventuele aanwezigheid van ongewenste stoffen. De nadruk ligt daarbij op:
  - a. Landbouwkundig relevante eigenschappen, zoals organische stof en gehalte aan nutriënten;
  - b. Fysieke verontreinigingen, met name glas en steen;
  - c. Gehalten aan potentieel schadelijke stoffen; dit omvat zware metalen, residuen van bestrijdingsmiddelen, PCB's, PAK's, minerale oliën en PFAS;
  - d. Kiemkrachtige onkruidzaden.
2. Beoordelen van de kwaliteit van deze producten voor zover er al normkaders zijn. Voor een deel van de gemeten parameters bestaan er, voor compost, normen (Meststoffenwet, onder andere voor metalen) of kwaliteitseisen waarbij met name die voor Keurcompost hier gebruikt worden. Deze laatste eisen gelden onder andere voor overige verontreinigingen en kiemkracht van onkruid. Deze normen en kwaliteitseisen zullen hier als referentie gehanteerd worden om de kwaliteit van de bodemverbeteraars te beoordelen (zie ook par. 2.3.2). Daarbij zij opgemerkt dat bepaalde eisen, met name voor Keurcompost, specifiek ontworpen zijn voor compost, terwijl vooral bokashi als product een andere samenstelling en fysieke eigenschappen heeft. Omdat op dit moment echter geen specifieke eisen ten aanzien van bokashi gelden, gebruiken we de eisen voor compost als eerste generieke benadering. Voor een aantal andere metingen, onder andere zoutsterkte, zijn er geen specifieke normen, maar kunnen eisen t.a.v. bijvoorbeeld zouttolerantie van gewassen gebruikt worden om een indicatie van de kwaliteit te geven.

Voor de landbouwkundig relevante stoffen en eigenschappen, de fysieke verontreinigingen, residuen en zware metalen (deel van onderdeel 3) zijn alle bemonsterde producten onderzocht door Eurofins Agro. Daarbij zijn de volgende pakketten bepaald:

1. RVO-pakket (droge stof, fosfaat, stikstof)
2. Overige nutriënten (organische stof, K, Mg, S, kalk, EC, pH en chloor)
3. C/N-verhouding
4. Zware metalen (As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn)
5. Stabiliteit (respiratiemeting met oxitop methode)
6. Onkruidkiemtoets
7. Overige verontreinigingen (steen, glas)
8. Residuen van bestrijdingsmiddelen

Dit is grotendeels overeenkomstig de metingen die standaard in compost bepaald worden. In aanvulling daarop is hier ook de C/N-ratio bepaald, omdat die van invloed is op de stikstofmineralisatie dan wel immobilisatie (bij hoge C/N-ratio's).

In totaal zijn in de voorjaarsronde van 2021 41 monsters op deze manier onderzocht. Dat betreft 29 monsters van bokashi, 8 maaisels met overige bewerkingen en 4 monsters van onbewerkt maaisel. Het merendeel (34) betreft producten gemaakt van maaisel en 7 gemaakt van blad. In het najaar van 2021 zijn in totaal 14 monsters onderzocht, afkomstig van 10 verschillende pilots (deels herhalingen om de variatie binnen een hoop te kwantificeren).

In voorgaande studies is bovendien vrijwel geen aandacht besteed aan het vóórkomen van andere relevante organische microverontreinigingen in organische bodemverbeteraars. Daarom is in twaalf geselecteerde monsters een aantal groepen van contaminanten gemeten (Eurofins Analytico). Dit betreft de bepaling van:

1. PCB's (7 componenten)
2. PAK's (PAK-10 cf VROM)
3. PFAS verbindingen (30 componenten)
4. Minerale oliën (6 groottefracties en totaal C10 – C40)
5. Dioxines (21 verbindingen)

---

Daarbij is voor twaalf monsters een submonster gemaakt van het mengmonster dat is geanalyseerd door Eurofins Agro. De selectie van de twaalf monsters is voor de bemonstering gedaan en vooral gebaseerd op de variatie in producten (bokashi van blad vs. maaisel, maaisels met overige bewerkingen en onbewerkt maaisel).

### 2.3.2 Bemonstering en analytische methoden

Alle in dit rapport opgenomen data zijn van monsters genomen door Eurofins Agro volgens standaard MIN 1500 Q. Voor details over deze bemonsteringsmethode verwijzen we naar Eurofins Agro. Op hoofdlijnen bestaat deze methode eruit dat van drie plekken in de hoop (bokashi of compost) dan wel voorraad maaisel een steek met een boor genomen wordt. Deze aparte steken worden gemengd en als één monster verwerkt.

Omdat er twijfels zijn over de homogeniteit van het materiaal in de hoop zelf, is er op een aantal pilots een aanvullende bemonstering verricht volgens het zgn. vaste mest-protocol (Staatscourant 2019, 5166). Daarbij wordt het monster niet uit de hoop genomen, maar tijdens het verplaatsen (laden dan wel lossen) van het materiaal. De aanname is dat deze manier van bemonsteren leidt tot een meer homogeen monster.

In 2021 is voornamelijk echter maar bij één pilot een dergelijk monster genomen. De resultaten daarvan worden vergeleken met de drie apart genomen monsters volgens het standaardprotocol. In 2022 is voorzien dat dit bij minimaal vijf pilots herhaald wordt om ze te kunnen beoordelen in hoeverre de metingen volgens het standaardprotocol (drie mengmonsters van drie plekken in de hoop) homogeen van aard is.

De in deze rapportage opgenomen resultaten zijn door drie laboratoria onderzocht volgens de daar gehanteerde methoden:

1. Residuen bestrijdingsmiddelen door Eurofins Lab Zeeuws-Vlaanderen (LZV) B.V. Alle residuen zijn bepaald middels GC-MSMS of LC-MSMS volgens eigen methoden (WVS-040, -060, -092).
2. PCB's, PAK's, PFAS, minerale olie en dioxines door Eurofins-Analytico Barneveld conform eigen procedures dan wel uitbestedingen aan derden. Een overzicht van de samenvattende rapportage met daarin de analyserapporten en methoden die zijn gebruikt staat in de aparte bijlage die bij deze jaarrapportage hoort.
3. Overige metingen door Eurofins Agro Wageningen. In 0 staat een overzicht van de door Eurofins Agro gehanteerde methoden.

### 2.3.3 Beoordeling productkwaliteit

De analyseresultaten van de producten en de beoordeling daarvan dient in eerste instantie als onderbouwing voor de verwachte productkwaliteit en de mogelijke variatie daarin. Eerder onderzoek heeft uitgewezen dat de kwaliteit van het uiteindelijke product afhangt van het bronmateriaal en het procedé, waarbij de mogelijke variatie groot is. Daarbij is er nu vooral behoefte aan inzicht in de mate van aanwezigheid van ongewenste stoffen, met name om milieu- en landbouwkundige risico's uit te kunnen sluiten.

Milieurisico's zoals accumulatie van stoffen zijn uiteindelijk niet alleen afhankelijk van de (totale) gehalten aan stoffen in bijvoorbeeld bokashi of maaisel met overige bewerkingen, maar ook van het gedrag in de ontvangende bodem en, bij herhaalde toediening, de mate van accumulatie in de bodem.

In deze fase van het project komen deze laatste aspecten (gedrag, accumulatie) niet aan de orde en worden de producten puur op basis van gemeten productkwaliteit beoordeeld voor zover er normen zijn. Deze zullen daar waar relevant in de resultaten (zie par. 2.3.4) benoemd worden. In het vervolg van het project (2022 en verder) zal ook aandacht besteed worden aan het inschatten van milieurisico's op basis van gedrag en accumulatie (indien aan de orde).

Voor de beoordeling van meststoffen en organische bodemverbeteraars zijn er op dit moment een drietal beoordelingscriteria, twee in Nederland en één op EU niveau.

Nederland kent op dit moment beoordelingscriteria voor compost en voor overige meststoffen. Voor compost gelden maximale waarden voor metalen zoals gegeven in Tabel 3 uit Bijlage II in Uitvoeringsbesluit. Dit zijn



---

totaalgehalten zoals gegeven op droge stof. Deze zijn specifiek voor compost afgeleid. Daarnaast hanteert de wetgeving voor overige meststoffen de zogenaamde maximale waarden per waarde gevend bestanddeel zoals omschreven in Tabel 1 en Tabel IV uit Bijlage II in Uitvoeringsbesluit. Daarbij wordt een maximaal gehalte aan metalen (Tabel 1) en organische microverontreinigingen uitgedrukt per kilo waarde gevend bestanddeel (N, P, K, zuurbindende waarde of organische stof). Dit systeem is bedoeld voor alle meststoffen die niet via Europese wetgeving geregeld zijn, of compost of zuiveringsslib, en is bedoeld voor 'Overige Meststoffen'. De Overige Meststoffen zijn divers: van producten zoals verenmeel, bloedmeel die ook veel in de biologische landbouw gebruik worden, tot reststoffen die in de lijst Aa staat van de Meststoffenwet en daardoor gebruikt mogen worden als meststof. Compost wijkt af van die meststoffen, doordat het vaak een aandeel grond bevat. Het heeft daardoor andere normen dan alle andere meststoffen.

Op dit moment zijn producten als bokashi en andere lokaal gemaakte organische bodemverbeteraars nog niet ingedeeld in specifieke productklassen en is er dus ook geen wettelijk beoordelingskader. Omdat bokashi en andere lokaal gemaakte producten echter qua samenstelling (m.n. organische stof) en aanwendingsdoel (aanvoer organische stof) sterk lijken op compost, hanteren we in deze fase van het project in eerste instantie de maximale waarden voor compost als criterium voor de beoordeling van de kwaliteit. Ook voor compost geldt namelijk dat indien de maximale waarden op basis van waarde gevende stoffen gehanteerd zouden worden, compost deels niet voldoet aan de eisen t.a.v. nutriënten.

Tot slot kent ook de nieuwe EU-wetgeving m.b.t. meststoffen eisen voor onder meer compost (PFC 3A in EU2019/1009). Veelal zijn de eisen voor compost in NL (Uitvoeringsbesluit) echter strenger dan die in EU2019/1009 en hanteren we in deze studie op dit moment de huidige Nederlandse eisen t.a.v. compost en de organische producten die hier onderzocht worden. Alleen voor PAK's kent deze wetgeving aanvullende eisen voor compost en andere organische meststoffen. Deze zullen we hier dan ook gebruiken.

Samenvattend: voor de vergelijking van de kwaliteit van organische producten in deze studie gebruiken we de volgende kwaliteitscriteria:

1. Eisen voor organische stof (minimaal 10%, MW);
2. Eisen aan zware metalen (maximumgehalten cf. Uitvoeringsbesluit MW);
3. Eisen aan organische microverontreinigingen (op basis van waarde gevende bestanddelen, cf. Uitvoeringsbesluit MW of generieke eisen zoals opgenomen in EU2019/1009);
4. Eisen aan aanwezigheid kiemkrachtige onkruidzaden en respiratie: Keurcompost.

Een volledig overzicht van de gehanteerde normen voor metalen en organische microverontreinigingen is gegeven in Bijlage 1.

#### *Hoe om te gaan met niet-genormeerde stoffen?*

Anders dan voor reguliere compost, hebben bokashi en de maaisels met overige bewerkingen voor de wet geen Einde Afval Status. Dat betekent onder meer dat bij de beoordeling van de productkwaliteit voor niet-genormeerde stoffen (o.a. chloor) bokashi onder de Wet Bodembescherming valt. In dat geval kunnen normen voor bodem gehanteerd worden als aanvullende beoordelingscriteria. Een van de oogpunten van de Wet Bodembescherming is bijvoorbeeld dat het gebruik van niet-genormeerde producten niet tot accumulatie in de bodem mag leiden. Indien een product dus een hoger gehalte bevat dan de relevante bodemnorm, dan kan dat een criterium zijn om een product niet toe te staan. Voor bokashi en maaisels met overige bewerkingen speelt in dit kader vooral het gehalte aan chloor een rol. Bij de uitwerking zal daarom aandacht besteed worden aan de betekenis van de verhoogde chloorgehalten in bokashi en maaisels met overige bewerkingen voor de ontwikkeling van de bodemkwaliteit.

### 2.3.4 Resultaten

In Tabel 2-4 staat een samenvatting van de ranges aan gemeten eigenschappen van de monsters uit het voorjaar. Daarnaast wordt ook het gemiddelde van de drie producttypen gegeven (bokashi, maaisels met overige bewerkingen en maaisel), waarbij opgemerkt moet worden dat de aantallen per producttype uiteenlopen van 29 voor bokashi en 4 voor maaisel. Bij deze getallen is verder geen onderscheid gemaakt naar gebruikt materiaal (maaisel of blad).

**Tabel 2.4** Overzicht van gehalten aan nutriënten en organische stof (op basis van droge stof, tenzij anders vermeld; data voorjaar 2021).

Spreiding in alle onderzochte producten								
	Droge stof	Org. stof	N-tot	Fosfaat	Kali	S-tot	Magn.	Chloor
	g/kg	%	gN/kg	g P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /kg	g K <sub>2</sub> O/kg	gS/kg	g MgO/kg	g Cl/kg
	product							
Minimum	138	9 <sup>1</sup>	3.0	1.4	2.0	0.7	1.0	0.3
P5	206	16	5.5	1.8	3.5	0.7	1.2	0.3
P50	340	42	8.6	3.4	6.1	1.5	3.6	1.1
P95	575	72	22.2	7.8	20.0	4.2	7.3	8.2
Maximum	601	83	34.3	13.7	36.0	5.2	9.1	12.0
Aantal	41	41	41	40	41	41	41	40
Norm	-	10	-	-	-	-	-	-
Gemiddelde waarden per productgroep								
	Droge stof	Org. stof	N-tot	Fosfaat	Kali	S-tot	Magn.	Chloor
	g/kg	%	gN/kg	g P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /kg	g K <sub>2</sub> O/kg	gS/kg	g MgO/kg	g Cl/kg
	product							
Bokashi BOK (29)	364	46	9.9	3.8	8.9	1.7	3.7	2.1
Bokashi blad (7)	351	50	8.0	2.3	4.8	1.0	3.6	0.9
Bokashi maaisel (22)	368	45	10.4	4.2	10.2	2.0	3.8	2.4
Maaisels met ov.bew. <sup>2</sup>	404	32	13.3	5.8	12.5	2.0	3.7	3.4
MRT (8)								
Maaisel MAAI (4)	344	46	13.4	4.6	8.2	1.9	4.1	2.7

<sup>1</sup> Maaisel waarbij visueel is vastgesteld dat dit geen normaal maaisel is (veel grond aanwezig);

<sup>2</sup> Maaisels met overige bewerkingen (MRT)

**Tabel 2.5** Overzicht van pH, EC, koolstof, C/N-verhouding en respiratie (op basis van droge stof, tenzij anders vermeld, data voorjaar 2021).

Spreiding in alle onderzochte producten					
	pH-KCl	EC	C	C/N	Respiratie
	-	mS/cm	gC/kg	-	mmol O <sub>2</sub> /kgOS/uur
Minimum	4.9	0.5	51	10	9.6
P5	5.2	1.0	93	14	11.3
P50	6.8	2.3	236	25	21.6
P95	7.6	5.7	416	40	39.8
Maximum	7.8	10.7	456	42	47.1
Aantal	40	36	35	33	32
Gemiddelde waarden per productgroep					
Bokashi BOK (29)	6.6	2.5	257	27	26.1
Bokashi blad (7)	6.2	2.0	286	34	25.7
Bokashi maaisel (22)	6.7	2.7	247	25	26.2
Maaisels met ov.bew. MRT (8)	6.9	4.1	178	17	16.4
Maaisel MAAI (4)	6.9	0.5	297	21	-

**Tabel 2.6** Overzicht van gehalten aan zware metalen en arseen (in mg/kg ds; data voorjaar 2021).

Spreiding in alle onderzochte producten								
	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	As
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Minimum	0.11	1.6	7.6	0.02	1.3	3.2	40	0.55
P5	0.11	5.4	8.1	0.02	1.3	3.2	47	1.1
P50	0.24	14	15	0.04	7.1	13	83	2.5
P95	0.79	31	25	0.09	16	27	162	11
Maximum	1.1 <sup>1</sup>	44	29	0.14	35 <sup>2</sup>	45	250	14
Aantal	38	38	38	38	38	38	38	38
Norm MW	1	50	90	0.3	20	100	290	15

Gemiddelde waarden per productgroep								
	Cd	Cr	Cu	Hg	Ni	Pb	Zn	As
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
Bokashi BOK (29)	0.34	18	16	0.05	9.9	17	98	4.0
Bokashi blad (7)	0.30	16	16	0.06	8.7	17	89	2.3
Bokashi maaisel (22)	0.36	18	17	0.05	10	16	102	4.6
Maaisels met ov.bew. MRT (8)	0.21	9.2	13	0.04	4.5	9.4	76	2.1
Maaisel MAAI (4)	0.20	7.2	9.8	0.03	4.3	8.0	68	3.8

<sup>1</sup>: 1 normoverschrijding voor Cd en Ni in 2 verschillende monsters

**Tabel 2.7** Overzicht van gehalten aan fysieke verontreinigingen (op basis van droge stof, tenzij anders vermeld) en onkruidkiemkracht (data voorjaar 2021).

Spreiding in alle onderzochte producten							
	Glas > 2mm	Glas > 20 mm	Steen > 5mm	Overige Verontr. > 2mm	Tot.verontr.	Tot. Bodemvreemd	Onkruidkiemkracht
	%	%	%	%	%	% product	zaden/L
Minimum	0	0	0	0	0	0.0	0
P5	0	0	0	0	0	0.0	0
P50	0	0	0.4	0	0	0.0	0
P95	0.03	0	2.7	0.17	0.72	0.25	50
Maximum	0.26	1	3.4	0.32	12	4	63
Aantal	34	34	34	34	34	34	29
Norm UBM			-	-	-	< 0.5 <sup>3</sup>	-
Bovenwettelijke eis Keurcompost 2021 <sup>1</sup>	< 0.05	0	< 1.0	<0.05	-	-	0

Gemiddelde waarden per productgroep							
	Glas > 2mm	Glas > 20 mm	Steen > 5mm	Overige Verontr. > 2mm	Tot.verontr.	Tot. Bodemvreemd	Onkruidkiemkracht
	%	%	%	%	%	% product	zaden/L
Bokashi BOK (29)	0.02	0.042	0.84	0.04	0.57	0.19	9
Bokashi blad (7)	0.01	0	1.40	0.01	1.74	0.58	1
Bokashi maaisel (22)	0.02	0.062	0.62	0.05	0.12	0.04	12
Maaisels met ov.bew. MRT (8)	0.00	0	0.99	0.02	0.02	0.01	1
Maaisel MAAI (4)	0.00	0	0.26	0.00	0.00	0.00	Na

<sup>1</sup> Beoordelingsrichtlijn Keurcompost versie 7.1 dd April 2021.

<sup>2</sup> Gemiddelde op basis van 1 score van meer dan 0 (bokashi maaisel).

<sup>3</sup> Artikel 17 Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet.

---

Hieronder vatten we een aantal resultaten samen.

### *Nutriënten*

Er is sprake van een grote spreiding in de gehalten aan nutriënten wanneer we de verschillende productgroepen (bokashi, maaisel, maaisels met overige bewerkingen) met elkaar vergelijken. Voor N, P en K kan dit oplopen tot een factor 4 op basis van P5/P95. Zo bevat bokashi (maaisel en blad samen) gemiddeld lagere gehalten aan nutriënten dan de maaisels met overige bewerkingen. Voor veel nutriënten lopen de gehalten op in de volgorde bokashi blad < bokashi maaisel ≈ maaisels met overige bewerkingen.

### *Organische stof, C/N verhouding en respiratiesnelheid*

Het gehalte aan organische stof (en organisch C) is in bokashi hoger dan in de maaisels met overige bewerkingen, waarbij de hoogste gehalten aan organische stof in bokashi van blad gevonden worden. Het verschil tussen organische stof in bokashi en dat in de maaisels met overige bewerkingen is significant op 95%-niveau.

Het hogere C-gehalte in bokashi vergeleken met dat in de maaisels met overige bewerkingen leidt ook tot duidelijk hogere C/N-ratio's in bokashi (gemiddeld 27) t.o.v. maaisels met overige bewerkingen (gemiddeld 17). Daarbij is de C/N-verhouding in blad-bokashi (34) hoger dan die in bokashi van maaisel (25). De variatie in C/N valt samen met die in de respiratiesnelheid. Deze is voor bokashi (26) hoger dan voor de maaisels met overige bewerkingen (16). Er is echte geen verschil in de respiratiesnelheid tussen bokashi van maaisel en die van blad, ondanks de hoger C/N-ratio in blad bokashi.

### *Zuurgraad (pH) en zoutgehalte*

Omdat bij de productie van bokashi kalk gebruikt wordt, zou de pH rond neutrale waarden moeten liggen (6 tot 7.5). In een aantal bokashi monsters is deze echter duidelijk lager dan deze range, waarbij in vier monsters bokashi (maaisel) een pH tussen 4.9 en 5.5 gemeten is. De reden hiervoor is niet duidelijk, de meest voor de hand liggende reden is dat er (te) weinig kalk is toegediend bij de productie.

Het zoutgehalte varieert overeenkomstig het procedé en neemt af in de volgorde maaisels met overige bewerkingen (4) > bokashi (2.5) > maaisel (0.5). Dit geeft aan dat de zoutsterkte (gehalte) toeneemt naarmate de materialen langer verwerkt worden, ofwel er meer waterverlies optreedt (concentratie).

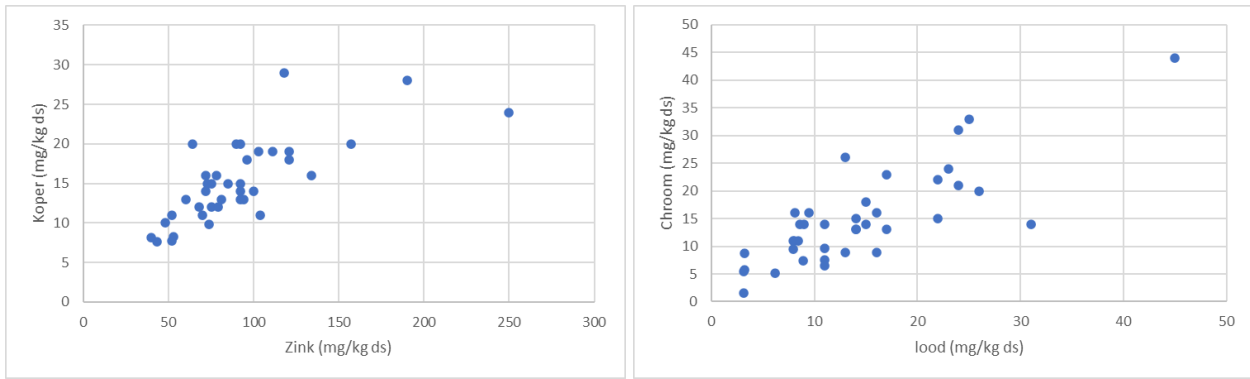
### *Zware metalen en arseen*

Voor zware metalen en arseen geldt dat er net als voor nutriënten een grote variatie bestaat, maar dat m.u.v. Cd en Ni (in één monster) de gehalten voor de rest (ruim) onder de normen voor compost liggen. De P95-waarde is altijd lager dan deze norm.

De spreiding in de gehalten aan zware metalen is wel groter dan die in nutriënten (factor 10 voor de ratio P5/P95). Deels is deze variatie te wijten aan regionale verschillen in de gehalten in de bodem. Dat geldt vooral voor metalen die door gewassen opgenomen worden, zoals zink, koper en cadmium. Voor deze metalen geldt dat het gehalte in het maaisel deels bepaald wordt door het gehalte in de bodem. In gebieden met hogere gehalten in de bodem stijgt daarom ook het gemiddelde gehalte in het maaisel. Dit is ook voor compost in Nederland relevant en de Meststoffenwet stelt dan ook dat het uitsluitend is toegestaan om bij de bereiding van compost bodembestanddelen te gebruiken, indien dit schone grond betreft<sup>2</sup> (artikel 17 Uitvoeringsbesluit MW). Metalen als chroom, lood en kwik worden echter nauwelijks via de wortels opgenomen en hier zijn verschillen in het gehalte in maaisel vooral bepaald door de aanwezigheid van wisselende hoeveelheden aanhangende grond. Dit blijkt ook – deels – uit de onderlinge correlatie tussen gehalten aan metalen in de onderzochte producten. Daarbij is er sprake van een goede correlatie tussen gehalten aan koper en zink (beide bepaald door opname) enerzijds en lood en chroom (vooral bepaald door aanhangende grond) anderzijds (zie Figuur 2.6). De gehalten aan lood, chroom en nikkel in bokashi (blad en maaisel) zijn licht verhoogd ten opzichte van die in de maaisels met overige bewerkingen (P < 1-5%). Voor zink, cadmium, arseen, koper en kwik zijn de verschillen niet significant. In welke mate de toevoegingen die tijdens de productie van de lokale organische bodemverbeteraars nog van invloed zijn op het uiteindelijke gehalte aan metalen in de producten, is in 2021 niet onderzocht.

---

<sup>2</sup> Betreft grond als bedoeld in artikel 1 van het Besluit bodemkwaliteit, waarvan de kwaliteit de krachtens artikel 40 van dat besluit vastgestelde achtergrondwaarden niet overschrijdt.



**Figuur 2.6** Correlatie tussen het gehalte aan zink en koper (links) en lood en chroom (rechts) in de onderzochte lokale organische bodemverbeteraars.

### Glas, steen en overige verontreinigingen

Voor de fysieke verontreinigingen (glas en steen) en overige verontreinigingen geldt dat de mediaan (P50) nul is, maar de spreiding groot. Met name in bokashi bevat een aantal monsters grotere hoeveelheden aan overige verontreinigingen, meer dan in de maaisels met overige bewerkingen. Daarbij bevat vooral blad-bokashi soms grotere hoeveelheden dan bokashi van maaisel.

Voor glas overschrijdt één monster de norm voor glas < 2 mm en één (ander) monster de norm voor glas > 20 mm. Voor steen groter dan 5 mm (norm 1% op droge stof) geldt dat de normwaarde in 9 van de 34 onderzochte monsters overschreden wordt (26% van alle monsters). Hiervan zijn er 8 in bokashi en 1 in de maaisels met overige bewerkingen. Daarbij moet wel bedacht worden dat het totaal aantal monsters voor bokashi (n=29) ruim driemaal groter is dan dat van de maaisels met overige bewerkingen (n=8).

Desalniettemin lijkt de kans dat een product niet aan de norm voor steen > 5 mm voldoet groter in bokashi dan in de andere onderzochte bodemverbeteraars. Voor bokashi geldt daarbij dat er zowel in bokashi van maaisel als van blad normoverschrijdingen aangetroffen zijn. Het voorkomen van steen in de producten wordt zeer waarschijnlijk bepaald door de aanwezigheid in het bronmateriaal.

De norm voor overige verontreinigingen (norm 0,05% delen > 2mm) wordt in zes monsters overschreden, ook hier zien we dat dat voornamelijk in monsters bokashi gebeurt (n=5) en minder in de maaisels met overige bewerkingen (n=1). Er is daarbij geen correlatie met de normoverschrijdingen voor steen. Het is aannemelijk dat een groot deel van het materiaal dat in deze categorie aangetroffen wordt plastic is, ofschoon dit niet specifiek gerapporteerd is. Wel is er een opvallende correlatie met de gehalten aan zink en in mindere mate koper (die beide uit plastic kunnen uitloggen) en de hoeveelheden overige verontreinigingen. Zo bevatten de drie monsters met duidelijk verhoogde zinkgehalten (Zn > 150 mg/kg) elk meer dan 0,05% aan overige verontreinigingen. Deze correlatie is voor de andere metalen niet aangetoond, wat een indicatie kan zijn dat een deel van deze zink- en of kopergehalten in de monsters met verhoogde gehalten verklaard kunnen worden door de hoeveelheid plastic. Overigens overschrijdt geen monster van welk product dan ook de norm voor Cu of Zn.

De aanwezigheid van plastic is overigens een vaker terugkerend issue bij gebruik van onder meer bokashi en het verdient aanbeveling om in het vervolg specifiekere analyses van de hoeveelheid plastic in de verschillende producten te bepalen.

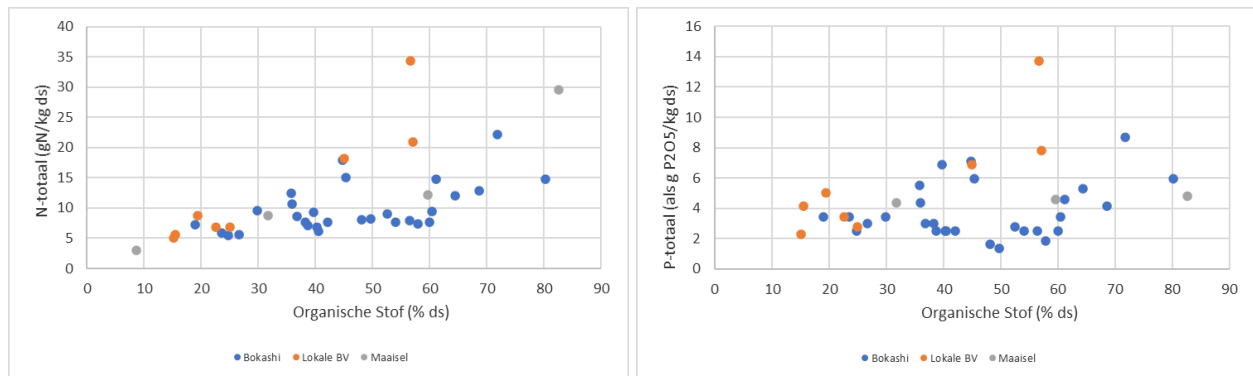
### Onkruidkiemkracht

Voor onkruidkiemkracht (bovenwettelijke eis voor Keurcompost is 0) geldt dat in 12 van 31 monsters die geanalyseerd zijn een waarde van meer dan 0 is gemeten. Een aantoonbare onkruidkiemkracht (score > 0) is daarbij vooral gemeten in bokashi van maaisel (n=8) en minder in de monsters van de maaisels met overige bewerkingen (n=2) en bokashi van blad (n=2), ofschoon de aantallen monsters per product niet gelijk zijn (meer monsters van blad-bokashi). Wel is de gemiddelde waarde van de kiemkracht in bokashi van maaisel (gem. 12) duidelijk hoger dan die van de maaisels met overige bewerkingen (gem. 2,5) of bokashi van blad (gem. 1).

### Betekenis van organische stof in de onderzochte producten

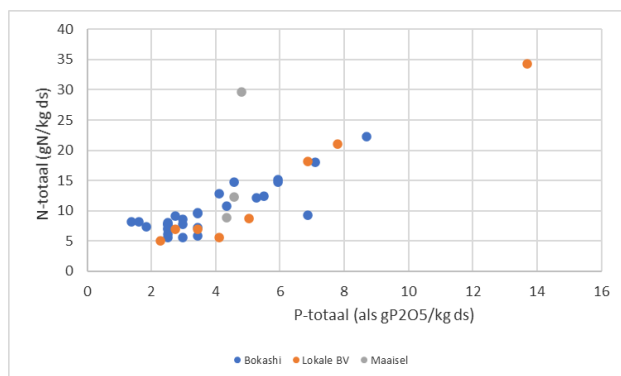
Het aanwenden van organische bodemverbetersaars is vooral bedoeld voor de aanvoer van organische stof naar de bodem, juist omdat organische stof belangrijk is voor een groot aantal bodemfuncties. Zo kan organische stof onder andere nutriënten leveren die vrijkomen bij mineralisatie en dient het als voedingsbron voor micro-organismen. Ook draagt organische stof bij aan het verbeteren van een aantal bodem-fysische eigenschappen, zoals het watervasthoudend vermogen.

Voor stikstof lijkt er inderdaad een verband te bestaan tussen het gehalte aan organische stof en de hoeveelheid N per kg product (Figuur 2-7). Voor P is dit echter niet of nauwelijks aantoonbaar en is het gehalte aan P in de onderzochte producten redelijk stabiel (gemiddeld 4.2 g P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>/kg ds), ongeacht het organischestofgehalte.



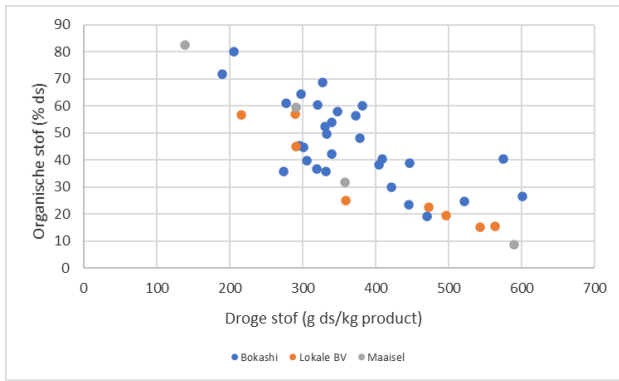
**Figuur 2.7** Relatie tussen het organischestofgehalte en de gehalten aan N (links) en P (rechts).

Anders dan de relatie tussen organische stof en N of P, zijn de gehalten aan N en P onderling wel sterk gecorreleerd (Figuur 2-8). In een aantal monsters is daarbij sprake van duidelijk verhoogde gehalten aan zowel N als P die niet verklaard kunnen worden door de variatie in de gehalten aan beide elementen in het uitgangsmateriaal. Dit zou erop kunnen wijzen dat er in een enkel geval ook (dierlijke) mest als bronmateriaal is gebruikt.



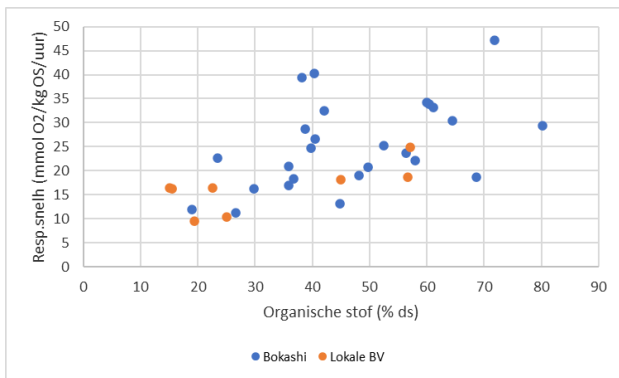
**Figuur 2.8** Relatie tussen totaal P en N in de onderzochte producten met onderscheid tussen bokashi, maaisels met overige bewerkingen en maaisel.

Zoals in Figuur 2-7 te zien is, varieert het organischestofgehalte sterk van minder dan 10% tot 80% op basis van droge stof. Daarbij ligt het gehalte in één monster zelfs lager dan de norm voor compost (10%). Hierbij moet vermeld worden dat bij een herhaling van de meting het gehalte duidelijk hoger lag. De variatie in het organischestofgehalte resulteert ook in een grote variatie in het drogestofgehalte (Figuur 2-9). Bij hoge organischestofgehalten (> 40%) is het drogestofgehalte lager dan 300 g ds kg<sup>-1</sup> product, terwijl dit oploopt tot meer dan 500 g ds kg<sup>-1</sup> product bij lage organischestofgehalten.



**Figuur 2.9** Relatie tussen drogestofgehalte en organischestofgehalte.

De invloed van organische stof op de respiratie (Figuur 2.10) vertoont enige variatie, maar er lijkt wel een positief verband tussen beide. In welke mate het toedienen van bokashi aan de bodem ook leidt tot een stijging van de microbiële activiteit als maat voor de biodiversiteit is nog onduidelijk (zie ook Figuur 2.5) en kan in één jaar niet vastgesteld worden. De respiratiesnelheid is een maat voor de stabiliteit en de mate waarin organische stof onder gestandaardiseerde omstandigheden door microbiële werking afgebroken kan worden (Veeken et al., 2003). Uit de data in Figuur 2.10 blijkt dat de respiratiesnelheid voor een groot deel van de bokashi-monsters als hoog geïndiceerd kan worden. Voor stabiele compost geldt een waarde van 5 tot 15 mmol O<sub>2</sub>/kg OS/uur, terwijl (voor compost) een waarde van meer dan 30 als onstabiel geldt. Het feit dat de respiratie voor bokashi hoger is dan voor compost reflecteert een niet-stabiele eindsituatie wat betreft organische stof in bokashi. De labiele organische stof wordt tijdens het productieproces niet afgebroken zoals bij compost wel gebeurt, maar blijft aanwezig of wordt omgezet in andere vormen van labiele organische stof. Deze zal na aanwending in de bodem alsnog versneld mineraliseren. Dit is overeenkomstig de bepaling van de humificatiecoëfficiënt (zie Hoofdstuk 4). Een hoge waarde van de respiratie in bokashi is daarom geen kwaliteitscriterium als zodanig, maar toont aan dat de omzetting van organische stof in het uitgangsmateriaal naar die in het product anders verloopt dan voor compost. Of en zo ja deze hogere respiratiesnelheid in met name bokashi ook van invloed is op de microbiële activiteit in de bodem, wordt in de veldexperimenten nader onderzocht (zie Hoofdstuk 3).



**Figuur 2.10** Relatie tussen het organischestofgehalte en de respiratiesnelheid.

Op dit moment is compost, zowel gft als groencompost de belangrijkste organische bodemverbeteraar die in de landbouw wordt toegepast. En ofschoon compost een ander product is gemaakt via een ander (aeroob) procedé ligt het voor de hand om een vergelijking te maken voor de belangrijkste eigenschappen van de hier onderzochte lokale organische bodemverbeteraars en gft- en/of groencompost. Voor beide geldt dat het bronmateriaal verschilt van dat van bokashi. Zo bevat gft wat meer sneller afbreekbaar organisch materiaal zoals groente en fruit afval terwijl groencompost juist een groter aandeel ruw organische materiaal kent. Voor deze vergelijking baseren we ons op landelijke data. Dit betreft jaargemiddelde data van de samenstelling van alle in NL geproduceerde gft- en groencompost.

In onderstaande tabel staan daarom de data voor de verschillende producten (voorjaar 2021) met daarbij de gemiddelde data voor gft- en groencompost (data periode 2012-2018).

Hierbij moet bedacht worden dat de data van compost gebaseerd zijn op jarenlange meetreeksen bij duizenden monsters, terwijl de data voor bokashi en de maaisels met overige bewerkingen gebaseerd zijn op een beperkt aantal monsters in 2021. De vergelijking is daarom als indicatief te beschouwen.

**Tabel 2.8** Gemiddelde waarden voor de onderzochte producten in 2021 en voor gft- en groencompost.

		Alle producten	Bokashi Blad	Bokashi Maaisel	Maaisels met overige bewerkingen	Maaisel	Gft	Groencompost
Droge stof	g/kg product	370	351	368	404	344	662	628
Org. stof	% DS	44	50	45	32	46	34	26
N-tot	g kg <sup>-1</sup> DS	10.9	8.0	10.4	13.3	13.4	12.0	7.6
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	g kg <sup>-1</sup> DS	4.2	2.3	4.2	5.8	4.6	6.6	3.7
K <sub>2</sub> O	g kg <sup>-1</sup> DS	9.5	4.8	10.2	12.5	8.2	10.4	7.0
MgO	g kg <sup>-1</sup> DS	3.8	3.6	3.8	3.7	4.1	5.5	3.4
S-tot	g kg <sup>-1</sup> DS	1.8	1.0	1.9	2.0	1.9	2.3	1.6
Chloor	g kg <sup>-1</sup> DS	2.3	0.8	2.4	3.4	2.6	2.9	1.4
EC	mS cm <sup>-1</sup>	2.8	2.0	2.7	4.1	0.5	3.4	2.2
CaCO <sub>3</sub>	%	1.8	0.9	2.6	1.0	0.1	2.3	3.4
Cd	mg/kg DS	0.30	0.30	0.36	0.21	0.20	0.38	0.39
Cr	mg/kg DS	15	16	18	9	7	23	17
Cu	mg/kg DS	15	16	17	13	10	40	22
Hg	mg/kg DS	0.04	0.06	0.05	0.04	0.03	0.08	0.09
Ni	mg/kg DS	8	9	10	5	4	11	9
Pb	mg/kg DS	14	17	16	9	8	50	33
Zn	mg/kg DS	91	89	102	76	68	176	114
As	mg/kg DS	3.6	2.3	4.6	2.1	3.8	4.4	4.8
pH-KCl	-	6.7	6.2	6.7	6.9	6.9	7.2	7.4
Resp.snelh	mmol O <sub>2</sub> /kgOS/uur	23.3	25.7	25.3	16.4		18.1	9.5
Onkruidkiem	zaden/L	8 <sup>1</sup>	0	12 <sup>1</sup>	1	-	0.03	0
Tot.verontr.	%	0.42	1.74	0.12	0.02	0.00	0.10	0.04
Verontr>2	%	0.03	0.01	0.05	0.02	0.00	0.04	0.02
Steen>5	%	0.79	1.40	0.62	0.99	0.26	0.44	0.89
Glas>2	%	0.01	0.01	0.02	0.00	0.00	0.06	0.02
Glas>20	%	0.03 <sup>1</sup>	0.00	0.06 <sup>1</sup>	0.00	0.00	-	0

<sup>1</sup> Gemiddelde vertekend door zeer grote spreiding, de mediaan voor deze metingen is 0.

Uit de data in Tabel 2-8 blijkt dat de verschillen tussen de meeste producten en compost klein zijn en verklaarbaar door het verschil in materiaal en proces.

Zo is het organischestofgehalte in de producten van de pilots hoger dan die van gft- en groencompost en het drogestofgehalte juist lager. Omdat compost een langere productieperiode heeft, wordt onder de zuurstofhoudende omstandigheden meer organische stof afgebroken. Daardoor, en door het verlies aan vocht gedurende het proces, neemt ook het drogestofgehalte in compost meer toe dan in bokashi of de maaisels met overige bewerkingen. Uiteindelijk is compost daardoor ook stabiel en zal er na inbreng in de bodem minder organische stof afgebroken worden in een jaar. Dat blijkt ook uit de hogere respiratiesnelheid van de producten uit de pilots t.o.v. die in compost. Met name die in bokashi en maaisel (23-26 mmol O<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> OS uur<sup>-1</sup>) zijn hoger dan die in groencompost (9.5 mmol O<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> OS uur<sup>-1</sup>) of GFT (18 mmol O<sub>2</sub> kg<sup>-1</sup> OS uur<sup>-1</sup>). Voor de maaisels met overige bewerkingen die deels lijken op groencompost is het verschil kleiner en lijken ook het organischestofgehalte en de respiratiesnelheid meer op die van groencompost. De respiratiesnelheid voor bokashi lijkt daarbij meer op die van de minder stabiele champost (gemiddelde waarde 28.1, Veeken et al., 2003).



---

Na correctie voor de verschillen in droge stof leveren de lokale organische bodemverbeteraars (gemiddeld 161 kg organische stof per ton product) ongeveer evenveel organische stof per kilo product als groencompost (163 kg organische stof per ton product) en iets minder dan gft-compost (225 kg/ton product).

De bepaling van de humificatiecoëfficiënt (HC, zie Hoofdstuk 4) toont dat deze toeneemt van 0.6 voor bokashi van maaisel tot 0.8-0.9 voor bokashi van blad en de onderzochte groencompost die in de veldstudie als referentie is gebruikt. De HC kan overigens sterk variëren voor de hier onderzochte producten; in de literatuur worden voor bokashi waarden tussen 0.3 en 0.6 gerapporteerd.

Rekenend met deze waarden levert een ton bokashi na een jaar derhalve ongeveer 100 kg organische stof op die in de bodem achterblijft. Voor groencompost is dit ca. 140 kilo en voor gft ca. 200 kilo per ton product. Deze hoeveelheid (berekend na één jaar) wordt ook de Effectieve Organische Stof (EOS) genoemd. Deze schattingen komen goed overeen met die van Termorshuizen en Postma (2021).

Wat samenstelling (macronutriënten) betreft, lijken de producten sterk op groencompost. Wel bevatten sommige maaisels met overige bewerkingen iets hogere gehalten aan nutriënten en lijken daarmee ook iets meer op gft-compost. Over de beschikbaarheid van met name N en P in de onderzochte producten kan momenteel nog geen uitspraak gedaan worden.

Voor zware metalen geldt dat de gehalten in compost hoger zijn dan die in bokashi of de maaisels met overige bewerkingen. Het verschil is daarbij voor gft groter dan voor groencompost. Dit is vooral het gevolg van hogere gehalten in het bronmateriaal. Per kilogram organisch materiaal in het product liggen de metaalgehalten in bokashi ruwweg een factor 2 à 3 lager dan in groencompost (factor 3 à 4 voor gft). Zoals eerder besproken, zijn de gehalten aan metalen in de onderzochte lokale organische bodemverbeteraars laag, maar ook voor gft- en groencompost geldt dat de gemiddelde gehalten zoals hier weergegeven voor alle metalen onder de norm volgens de mestwetgeving liggen.

Een duidelijk verschil ten slotte is ook te zien voor de onkruidkiemkracht die met name in bokashi van maaisel (12 zaden L<sup>-1</sup>) duidelijk verhoogd is ten opzichte van die in compost (0 zaden L<sup>-1</sup>) maar ook –gemiddeld – hoger is dan in bokashi van blad (0 zaden L<sup>-1</sup>) of de maaisels met overige bewerkingen (1 zaad L<sup>-1</sup>). Hierbij moet wel worden opgemerkt dat de spreiding in de metingen voor bokashi van maaisel groot is. Zo is het gemiddelde van 12 voor bokashi in maaisel veroorzaakt door 5 metingen van de in totaal 19 waar de metingen zijn uitgevoerd. In 11 producten (bokashi maaisel) werd een waarde van 0 zaden L<sup>-1</sup> gemeten, in 3 producten waarden van 1 tot 3 zaden L<sup>-1</sup>. In de resterende 5 monsters was inderdaad sprake van hoge waarden voor de kiemkracht, variërend van 29 tot 63 zaden L<sup>-1</sup>.

### 2.3.5 Residuen bestrijdingsmiddelen en overige contaminanten

Een belangrijk doel van de screening was ook om vast te stellen wat de gehalten aan verontreinigingen zijn van stoffen die tot nu toe niet of zeer beperkt gemeten zijn in lokale organische bodemverbeteraars. Dat betreft in deze studie de metingen aan PCB's, PAK's, residuen van bestrijdingsmiddelen, dioxines en een pallet aan PFC-verbindingen (o.a. PFOS en PFOA als meest relevante). Voor de Overige Organische Meststoffen in de Meststoffenwet (Uitvoeringsregeling Meststoffenwet) zijn er normen voor zware metalen, minerale olie, PCB's, dioxines, PAK's en residuen. Voor compost zijn er geen normen voor minerale olie, PCB's, dioxines, PAK's en residuen. Voor de beoordeling van PFC's geldt dat er op dit moment slechts voor PFOA en PFOS wettelijke normen zijn voor de kwaliteit voor grond.

De Europese Meststoffenverordening wordt van toepassing met ingang van 16 juli 2022. De wetgeving is facultatief, als een Nederlandse producent ervoor kiest om een product op de Europese markt (CE-label) aan te bieden, dan moet het voldoen aan de Europese verordening. De Europese Meststoffenverordening (EU 2019/1009) kent voor enkele bestanddeelcategorieën (CMC) normen voor organische contaminanten.

Bokashi is nog geen bestanddeelcategorie (CMC) in de Europese meststoffenverordening. Compost en bepaalde andere afval- en reststoffen zijn wel CMC's: CMC 3 is compost en CMC 5 is digestaat, anders dan digestaat van verse gewassen. CMC 11 en 15 zijn bestanddeelcategorieën uit respectievelijk bijproducten en

---

afvalstoffen, CMC 12 zijn geprecipiteerd fosfaten uit afvalwater, CMC 12 zijn verbrandingsassen en CMC 13 zijn pyrolyseproducten ('biochar'). Voor compost en digestaat anders dan van verse gewassen (CMC 3 en 5), is er een norm voor PAK van 6 mg kg<sup>-1</sup> som 16PAK<sup>3</sup> (voor het bioafval dat vergist wordt, geldt ook die norm). Voor CMC 11, 12, 13 en 15 is er een norm voor dioxine en dioxine-achtige stoffen (PCDD/F) van 20 ng kg<sup>-1</sup> WHO TEQ (Van den Berg et al., 2006)<sup>3</sup> en een norm van 6 mg kg<sup>-1</sup> som 16PAK.<sup>4</sup> Voor CMC 13 is er ook een specifieke norm voor niet-dioxineachtige PCB's (ndl-PCB's) van 0,8 mg kg<sup>-1</sup>.<sup>5</sup> Deze CMC's worden in 2022 toegevoegd aan de Europese Meststoffenverordening.

#### *Residuen bestrijdingsmiddelen*

In alle monsters die in het voorjaar onderzocht zijn, is ook een analyse gemaakt van de aanwezigheid van residuen van bestrijdingsmiddelen.

In totaal zijn daarbij in 7 van de 29 onderzochte monsters stoffen boven de detectiegrens aangetoond (24% van alle monsters). In drie monsters is de stof Anthrachinon aangetroffen met gehalten tussen 0,013 tot 0,021 mg/kg. Deze stof is in Nederland niet toegestaan voor gebruik, maar kan ook van nature in planten voorkomen. De stof Prosulfocarb is tweemaal aangetroffen (0,013 en 0,014 mg/kg). Stoffen die verder aangetroffen zijn, zijn Difenoconazol (0,012 mg/kg), Imazalil (0,014 mg/kg) en Thiabendazol (0,020 mg/kg). Deze laatste twee zijn overigens in één monster gemeten, het enige monster waarbij het gehalte van meer dan één stof boven de detectiegrens lag. Thiabendazol en Difenoconazol zijn overigens wel 'aandachts'stoffen in verband met resistentie van de schimmel *Aspergillus fumigatus* (AF). Dit aspect, resistentie van AF en de aanwezigheid van azolen, staat in 2022 als onderzoeksaspect op de agenda in aanpalend onderzoek.

Er is verder geen eenduidige link tussen de monsters met aantoonbare gehalten en herkomst of product. In absolute zin zijn de aangetroffen gehalten zeer laag, zonder uitzondering net boven de detectielimiet.

#### *Overige microverontreinigingen*

In totaal zijn twaalf monsters geanalyseerd op alle genoemde stofgroepen. Er is daarbij een selectie gemaakt waarbij zowel bokashi (n=7 waarvan vijf gemaakt van maaisel en twee van blad), onbewerkt maaisel (n=3) en lokale bodemverbeteraars (n=2, beide van maaisel) als producten zijn meegenomen. Daarbij zijn ook die producten meegenomen die in de veldproef zijn toegepast. In 0 staat een compleet overzicht van alle data van de onderzochte stoffen in de individuele monsters.

Daar waar beschikbaar vergelijken we de hier gevonden gehalten met waarden uit de literatuur. Specifiek voor Nederland is door Rood (1994) een vergelijkend onderzoek gedaan naar de gehalten aan microverontreinigingen in een beperkt aantal compostsoorten. Daarnaast zijn er enkele buitenlandse screeningstudies bekend.

#### *Minerale olie*

Gehalten aan minerale olie in bokashi van materiaal in een aantal monsters uit of rondom stedelijk gebied zijn hoog (3000-3500 mg/kg), zowel in de bokashi van blad als die van maaisel. De waarden van bokashi van maaisel uit het landelijk gebied zijn veelal laag (0-500 mg/kg). In een van de twee maaisels met overige bewerkingen en in een monster van bokashi van maaisel uit het landelijk gebied lag de totale minerale olieconcentratie ruwweg tussen deze beide extremen (1600-1900 mg/kg). Voor minerale olie geldt overigens dat de bepaling in deze organische matrices niet altijd daadwerkelijk het gehalte aan olieverbindingen weergeeft, omdat een deel van de organische stof ook meebepaald kan worden, wat soms leidt tot foutieve waarden. De sterker verhoogde hoge gehalten in monsters afkomstig uit het stedelijk gebied komen overigens overeen met de verhoogde gehalten van de andere onderzochte microverontreinigingen. De huidige achtergrondwaarde in bodem voor minerale olie in Nederland bedraagt 190 mg/kg, hieraan voldoen

---

<sup>3</sup> Van den Berg M., L.S. Birnbaum, M. Denison, M. De Vito, W. Farland, et al. (2006) The 2005 World Health Organization Re-evaluation of Human and Mammalian Toxic Equivalency Factors for Dioxins and Dioxin-like Compounds. *Toxicological sciences: an official journal of the Society of Toxicology* 93:223-241. doi:10.1093/toxsci/kfl055. Sum of 2,3,7,8-TCDD; 1,2,3,7,8-PeCDD; 1,2,3,4,7,8-HxCDD; 1,2,3,6,7,8-HxCDD; 1,2,3,7,8,9-HxCDD; 1,2,3,4,6,7,8-HpCDD; OCDD; 2,3,7,8-TCDF; 1,2,3,7,8-PeCDF; 2,3,4,7,8-PeCDF; 1,2,3,4,7,8-HxCDF; 1,2,3,6,7,8-HxCDF; 1,2,3,7,8,9-HxCDF; 2,3,4,6,7,8-HxCDF; 1,2,3,4,6,7,8-HpCDF; 1,2,3,4,7,8,9-HpCDF; and OCDF."

<sup>4</sup> Som 16 PAK's: naphthalene, acenaphthylene, acenaphthene, fluorene, phenanthrene, anthracene, fluoranthene, pyrene, benzo[a]anthracene, chrysene, benzo[b]fluoranthene, benzo[k]fluoranthene, benzo[a]pyrene, indeno[1,2,3-cd]pyrene, dibenzo[a,h]anthracene and benzo[ghi]perylene.

<sup>5</sup> Som van PCB 28, 52, 101, 138, 153, 180.

---

acht van de elf onderzochte monsters niet. De interventiewaarde bedraagt 5000 mg/kg. Deze laatste waarde geeft aan dat de gehalten tussen 3000 en 3500 mg/kg als hoog te beschouwen zijn. Overigens worden in een blad-bokashi uit de stad ook lage waarden voor minerale olie gerapporteerd. Het is dus niet zo dat bokashi uit de stad altijd verhoogde gehalten kent. De variatie in herkomst van het bronmateriaal zal daarbij van grote invloed zijn. Gebruik van blad uit een stadspark kan in dat geval duidelijk afwijken van blad verzameld langs of van wegen.

#### *PCB's*

PCB's zijn vrijwel niet aantoonbaar in elf van de twaalf onderzochte monsters. Slechts in één monster lag de concentratie van zes van de zeven PCB's boven de detectiegrens en is de som van PCB-7 84 µg/kg. Dit betreft een monster van bokashi uit een industriële omgeving waardoor er – waarschijnlijk – een verband is met de omgevingskwaliteit van de lucht en/of bodem. Of de gehalten in het product, indien lokaal gebruikt, tot ophoping leiden, is op dit moment niet onderzocht; gehalten aan dioxines in de bodem zijn niet gemeten.

Voor PCB's zijn er geen normen voor organische bodemverbeteraars. De aangetroffen waarden van de PCB's in het monster uit de industrieel beïnvloede zone liggen ook een factor 2 tot 5 boven die van de door Rood (1994) aangetroffen gehalten in compost. Op dit moment bedraagt de streefwaarde voor grond 20 µg/kg. Dit geeft aan dat een gehalte van 84 µg/kg duidelijk verhoogd is en langdurig gebruik van een dergelijk product leidt tot accumulatie. De huidige interventiewaarde voor bodem bedraagt 1000 µg/kg. Dit monster vormt wat betreft gehalten aan PCB's een uitzondering, want in de overige elf producten worden geen PCB's aangetoond of slechts voor een van de zeven geteste verbindingen waarbij de meting net boven de detectielimiet van 1 µg/kg lag. De kwaliteit van de onderzochte producten, met uitzondering van die in het industriële gebied, is daarom wat betreft PCB's goed te noemen.

De norm voor PCB's voor Overige Meststoffen (Bijlage II in Uitvoeringsbesluit Meststoffen) is niet op basis van TEQ, toxiciteit, maar op basis van totaalgehalte, en is op basis van het relevantst waarde gevende bestanddeel, in het geval van compost of bokashi is dat organische stof, stikstof of neutraliserende waarde. Deze normen worden niet overschreden.

#### *PFC's*

In totaal zijn dertig PFC-verbindingen geanalyseerd. Het merendeel daarvan is niet meetbaar in elf van de twaalf producten. Alleen in bokashi uit het stedelijk gebied of industriële zone ligt een groot aantal componenten boven de rapportagegrens (deze varieert van 0.1 tot 0.6 µg/kg ds). De belangrijkste component die veelal wel aantoonbaar is, betreft PFOS lineair (variërend van < 0.1 tot 2.8 µg/kg ds) en PFOA lineair (variërend van < 0.2 tot 1.3 µg/kg ds). Voor PFAS gelden op dit moment alleen normen voor de som van PFOS- en PFOA-verbindingen. De gehalten in de monsters variëren voor PFOS van < 0.2 tot 13 µg/kg ds (in acht monsters aantoonbaar, norm = 1.4 µg/kg ds) en voor PFOA van < 0.2 tot 1.3 µg/kg ds (in 7 monsters aantoonbaar; norm-PFOA = 1.9 µg/kg ds).

Voor PFOA liggen alle metingen dus onder de norm, terwijl voor PFOS in twee monsters deze norm overschreden wordt. De hoogste concentratie (13 µg/kg ds som PFOS) wordt ook nu aangetroffen in het monster uit het industrieel beïnvloede gebied. Ook voor PFC's geldt dat er geen eenduidig verband is tussen gehalten in bokashi uit het landelijk gebied versus het stedelijk gebied: ook monsters uit het stedelijk gebied hebben deels vergelijkbare gehalten aan PFC's met die uit het landelijk gebied. De hier aangetroffen gehalten liggen in dezelfde orde grootte of iets lager dan die in compost uit Zwitserland (Brändli et al., 2007, gemiddelde 6.3 TEQ µg/kg ds) en Canada (Groeneveld en Hébert, 2004; gemiddelde 9.3 TEQ µg/kg ds).

#### *Dioxines*

In drie van de in totaal elf onderzochte monsters (van één monster zijn geen resultaten aangeleverd door een storing) liggen vrijwel alle dioxines onder de detectiegrens. Dit zijn monsters van bokashi, maaisel en één lokale bodemverbeteraar uit het landelijke gebied. In de overige acht monsters zijn dioxines wel aantoonbaar (boven de detectiegrens), maar zijn de gerapporteerde waarden laag. Een uitzondering daarop is OctaCDD, die in een aantal monsters duidelijk meetbaar is (waarden variëren van 10 tot 4500 ngram/kg ds; dit laatste in een monster van blad-bokashi uit het stedelijk gebied). Deze verbinding wordt echter in veel studies in vergelijkbare of hogere concentraties gevonden (o.a. Brändli et al., 2007).

---

Omdat de toxiciteit van dioxines onderling sterk verschilt, wordt het gehalte vaak uitgedrukt in toxische equivalenteenheden (als ngI-TEQ per kg). Deze waarde varieert in de hier onderzochte monsters tussen 0.9 en 11.3 TEQ (WHO ('05) PCDD/F). Dergelijke waarden liggen in dezelfde orde grootte als die in compost (Rood, 1994, Brändli et al., 2007). De metingen met de hoogste gehalten (6.6-11.3 TEQ, n=3) zijn aangetroffen in bokashi van blad en maaisel uit het stedelijk of industrieel beïnvloede gebied. Er is daarmee een duidelijke link met de omgevingskwaliteit. Wellicht is hier een relatie met de (gemiddelde) luchtkwaliteit en de hogere depositie in het stedelijke gebied. De studie van Brändli (2007) toont overigens ook aan dat de depositie uit de lucht verreweg het belangrijkste aandeel vormt in de totale depositie en het aandeel via compost en mest samen minder dan 10% hiervan bedraagt.

De metingen liggen in alle monsters overigens beneden de in andere landen gehanteerde norm voor compost. Deze variëren van 17 TEQ µg/kg ds in Duitsland en Canada tot 300 in de USA. In de nieuwe regelgeving voor EU-meststoffen (EU2019/1009) is voor een aantal CMC's waar soms dioxines in voorkomen, een norm voor dioxine en dioxine-achtige stoffen opgenomen van 20 ng kg<sup>-1</sup> WHO TEQ. De hoogste metingen (6,6-11,3 ng kg<sup>-1</sup> WHO TEQ) zitten onder die norm. De norm voor Overige Meststoffen (Bijlage II in Uitvoeringsbesluit Meststoffen) is niet op basis van TEQ, toxiciteit, maar op basis van totaalgehalte en is op basis van het relevantste waarde gevende bestanddeel, in het geval van compost of bokashi is dat meestal organische stof of stikstof. De helft van de monsters, zes van de twaalf, voldoen niet aan deze norm.

Op dit moment zijn er nog weinig vergelijkbare data beschikbaar, maar vormen de aangetroffen gehalten in bodemverbeteraars uit het landelijk gebied geen risico voor gebruik op basis van de huidige normen.

#### PAK's

In tegenstelling tot de meeste PCB's of dioxines worden PAK's in meerdere monsters boven de detectiegrens (0.05 mg/kg ds) aangetoond. Met name Fenanthreen en Fluorantheen worden daarbij in zeven en tien monsters respectievelijk aangetoond. Toch ligt de som-PAK (EU-norm (EU2019/1009) waarde van 6 mg/kg ds voor som 16PAK)<sup>6</sup> in acht van de tien monsters onder 0.5 mg/kg, in drie daar net boven (0.5-1.0 mg/kg). In één monster van blad-bokashi uit het stedelijk gebied wordt de norm voor som-16PAK (6 mg/kg) overschreden (meetwaarde 7.2 mg/kg voor som 10-PAK). Opvallend is dat het monster uit het industriële gebied, met hoge gehalten aan minerale olie, PCB's en dioxines, een laag gehalte aan PAK's heeft (som-10PAK 0.54 mg/kg).

De norm voor Overige Organische Meststoffen<sup>7</sup> (Bijlage II in Uitvoeringsbesluit Meststoffen, Tabel 1 en 4 daarin) is op basis van het meest relevant waardegevend bestanddeel, in het geval van compost of bokashi is dat organische stof, stikstof of neutraliserende waarde, afhankelijk van de gehalten (zie Bijlage 1).

Voor deze screening geldt dat alle twaalf monsters ruim voldoen aan de eisen voor PAK's voor organische bodemverbeteraars. De in deze studie gemeten waarden komen goed overeen met die in een veertiental compostmonsters gemaakt van huishoudelijk en stedelijk groenafval (Groeneveld en Hébert, 2004) en zijn veel lager dan in compost uit de jaren negentig in Nederland (Rood, 1994). Ook liggen de waarden lager dan die in Zwitserse compost (Brändli et al., 2007), waar een mediane waarde voor PAK van 3 mg/kg is gerapporteerd. Wel is er bij compost sprake van een grotere concentratiefactor van stoffen doordat er meer koolstof in CO<sub>2</sub> omgezet wordt. Dat leidt daarmee per definitie tot hogere gehalten aan niet-afbreekbare stoffen dan in bokashi, waar geen of minder verlies van massa optreedt. In deze studie bleek er ook een correlatie te zijn met factoren als proces (gehalten in digestaat zijn hoger dan in compost) en jaargetijde (gehalten in voorjaar-zomer zijn hoger dan in de winter). Voor PAK lijkt de belangrijkste bron de nabijheid van wegen te zijn (verbranding van benzine, olie, het slijten van asfalt, banden en remvoeringen). Op basis van deze screening vormt de aanwezigheid van PAK's geen risico voor gebruik in bokashi gemaakt van maaisel of blad buiten het stedelijk gebied.

---

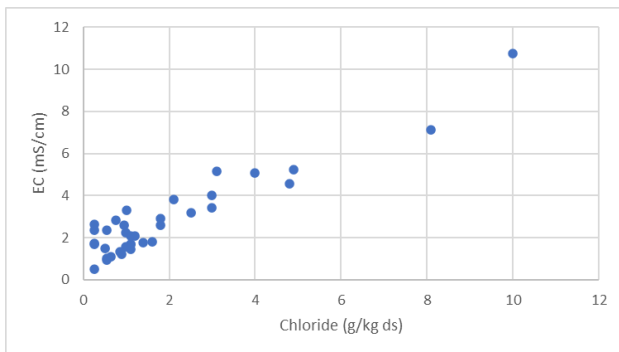
<sup>6</sup> (Noot: de EU-norm voor meststoffen (EU2019/1009) is gebaseerd op de som van 16 PAK-verbindingen, terwijl die in NL (voor bodem) berekend wordt voor 10 PAK-verbindingen. De getallen zoals hier genoemd, zijn gebaseerd op de 10 genummerde verbindingen.)

<sup>7</sup> Overige Organische Meststoffen: organische meststoffen niet zijnde dierlijke meststoffen, zuiveringsslib, compost of herwonnen fosfaten (artikel 1, item m, Uitvoeringsbesluit MW).

### 2.3.6 Niet-genormeerde stoffen: Chloor

Een van de stoffen die voor compost niet genormeerd is, is chloride. Chloride wordt door gewassen opgenomen via wateropname en concentreert zich daardoor in de biomassa. Chloride is een nutriënt voor mens en dier. In Nederland is de aanvoer van chloride via regen ruim voldoende. Veel meststoffen bevatten ook chloride. Het bemestingsadvies voor gras op zand varieert van 0-60 kg Na<sub>2</sub>O per ha en bij bieten van 0-200 kg Na<sub>2</sub>O per ha, afhankelijk van met name het natriumgehalte van de grond, en zorgt bij gebruik van NaCl als meststof voor chloride. Bij een dergelijk gebruik van chloride-houdende meststoffen wordt de streefwaarde niet overschreden. Voor bodem en water zijn er voor chloride normen afgeleid, veelal op basis van ecologische effecten. De streefwaarde voor water varieert van 100 (grondwater) tot 200 (oppervlaktewater) mg Cl L<sup>-1</sup>, terwijl voor akkerbouw de advieswaarde voor de waterkwaliteit varieert van 300 (groente en fruit) tot 600 (akkerbouw en grasland) mg Cl L<sup>-1</sup>. Binnen het Besluit Bodemkwaliteit zijn er voor het toepassen van grond en bagger geen generieke normwaarden anders dan voor zeezand (normwaarde 200 mg kg<sup>-1</sup>). Wel zijn er milieurisicogrenzen afgeleid waarbij voor chloride ecologische effectgrenzen variëren van 39 mg kg<sup>-1</sup> voor het MTR-niveau tot 390 mg kg<sup>-1</sup> voor een ernstig risiconiveau (ER, Verbruggen et al., 2008). De corresponderende gehalten in bodemwater zijn dan 94 en 570 mg L<sup>-1</sup>, deze waarden liggen daarmee in dezelfde orde grootte als die voor water. In het project Achtergrondwaarden 2000 zijn voor chloride mediane waarden van 17 (ondergrond) tot 20 (bovengrond) mg kg<sup>-1</sup> in de bodem vastgesteld (Lamé et al., 2004).

Omdat bokashi op dit moment nog steeds de status afval heeft én er geen norm voor chloride als zodanig bestaat, kan gebruikgemaakt worden van de bodemnorm van 390 mg kg<sup>-1</sup> als acceptabele grens voor het gehalte aan chloor. Voor niet-mobiele stoffen is de redenering dat gebruik van stoffen met gehalten lager dan een norm niet snel tot normoverschrijding leidt (ofschoon dat niet geheel correct is bij langdurig gebruik). Voor chloor blijken de gehalten in een groot deel van alle onderzochte lokale organische bodemverbeteraar boven deze ecologische bodemnorm te liggen. Zo variëren de Cl-gehalten van 255 mg kg<sup>-1</sup> (minimum) tot 10.000 mg kg<sup>-1</sup> (maximum) met een mediane waarde van 1100 mg kg<sup>-1</sup> op droge stof. Chloride vormt daarmee een belangrijk bestanddeel van de zouten die in de lokale organische bodemverbeteraars aanwezig zijn. Er is dan ook sterke correlatie met de totale zoutsterkte (EC) zoals te zien is in Figuur 2.11.



**Figuur 2.11** Relatie tussen chloride in de onderzochte producten (voorjaar 2021) en de EC (totale zoutsterkte).

Ondanks de aanvoer naar de bodem via mest, bodemverbeteraars of andere producten, hoopt chloride zich echter niet noodzakelijk op in de bodem. Gehalten in producten boven een (bodem)norm betekenen immers niet automatisch dat het gehalte in de bodem na een of meerdere jaren de norm voor chloride zullen overschrijden. Als gevolg van het jaarlijkse neerslagoverschot zal er in de meeste bodems geen sprake zijn van accumulatie op jaarbasis. Voorbeelden van ongewenste zoutaccumulatie zijn tot nu toe beperkt tot situaties waar zout of brak water is ingelaten in zeer droge perioden of brak (grond)water is gebruikt voor irrigatie.

#### Andere bronnen van chloride

Chloride is een stof die ook in andere veel toegepaste meststoffen en bodemverbeteraars zit. Zo bevat met name dierlijke mest grotere hoeveelheden chloride. STORA (1988) rapporteert dat chloridegehalten in

---

dierlijke mest kunnen variëren tussen 1000 mg L<sup>-1</sup> in fokzeugendrijfmest en 3000 mg L<sup>-1</sup> in rundveedrijfmest. Deze concentratie ligt in dezelfde orde grootte als de waarde van 910 mg Cl L<sup>-1</sup> in de dunne fractie in een studie door CLM (CLM, 2002). Gebruikmakend van een drogestofgehalte van 3% (varkens) tot 10% (rund) levert dit chloridegehaltes op basis van droge stof op van 30.000 mg kg<sup>-1</sup> in beide mesttypen.

Compost bevat ook chloride en de gemiddelde zoutsterkte in gft-compost is hoger dan die in de lokale organische bodemverbeteraars die hier onderzocht zijn. Een recente studie van Gondek et al. (2020) laat zien dat de EC in compost van verschillende bronmaterialen sterk varieert: van 1.1 tot 20 mS cm<sup>-1</sup>, afhankelijk van het bronmateriaal. Voor compost in NL geeft Attero voor gft-compost een gemiddelde EC van 3.4 mS cm<sup>-1</sup> en een chloride gehalte van 1900 g kg<sup>-1</sup> (data Attero, pers. Comm. T. Brethouwer). In groencompost, die qua uitgangsmateriaal beter vergelijkbaar is met de lokale organische bodemverbeteraars die hier onderzocht worden, zit gemiddeld 1400 mg Cl kg<sup>-1</sup> en is de EC gemiddeld 2.1 mS cm<sup>-1</sup> (data BVOR 2020, pers comm. A. Rotering) Deze data zijn daarmee zeer vergelijkbaar met die van de onderzochte lokale organische bodemverbeteraars in deze studie.

Recent werk van De Boer (2020) geeft een range in EC in mest van 13 tot 24 mS cm<sup>-1</sup>, deze waarden zijn daarmee direct vergelijkbaar met die in Figuur 2.10. Dit toont aan dat de mediane waarde van de EC in de onderzochte lokale organische bodemverbeteraars (2.3 mS/cm) 6 tot 10 keer *lager* is dan die in mest. Nu is de samenstelling van mest niet gelijk aan die van bokashi en zullen Cl-gehalten daarmee niet evenredig veel hoger zijn in mest, maar deze data tonen aan dat de jaarlijkse mestgift tot substantiële zoutvrachten kan leiden.

#### *Aanvoer van chloride naar de bodem en de bijdrage van bodemverbeteraars daarin*

In de studie van CLM (CLM, 2002) schat men dat via onbewerkte dierlijke mest 30 à 40 kg Chloride per hectare aangevoerd kan worden (akkerbouw; voor grasland is 10 à 20 kg/ha). Een dosering van 10 ton bokashi op basis van vers product levert, bij het mediane gehalte van 1.1 gram Cl kg<sup>-1</sup> (droge stof, data deze studie) en een drogestofgehalte van 370 gram kg<sup>-1</sup>, een vracht van 4 kg Chloride (0.37 kg ds kg<sup>-1</sup> product \* 1.1 kg Cl ton<sup>-1</sup> ds \* 10 ton ha<sup>-1</sup>). Dat suggereert dat alleen in geval van de zoutste bokashi uit deze studie met een chloridegehalte van 10 g kg<sup>-1</sup> op basis van droge stof, er een vergelijkbare vracht aan Cl ontstaat. De vracht via bokashi op basis van de mediane chloridegehalten komt overeen met 10% van de vracht via mest.

#### *Kans op overschrijding ecologische effectwaarden als gevolg van aanvoer van chloride*

Omdat de bodemnormen voor chloride feitelijk gebaseerd zijn op normen en effecten in water is ook een berekening gemaakt van de geschatte gift aan chloride aan de bodem die zou kunnen leiden tot overschrijding van de norm in het water (CLM, 2002). Daaruit blijkt dat om de generieke normen van 100 of 200 mg Cl L<sup>-1</sup> in belendend grond- of oppervlaktewater te overschrijden, er tussen 300 en 600 kg Cl ha<sup>-1</sup> aangevoerd zou mogen worden. In geval van het gevoeligste natuurdoeltype (oppervlaktewater) met een norm van 10 mg Cl L<sup>-1</sup> daalt dit uiteraard fors, naar ongeveer 30 kg Cl ha<sup>-1</sup>.

Deze analyse toont aan dat er sprake is van een additionele belasting van de bodem met chloride bij een dosering van 10 ton ha<sup>-1</sup> bokashi. Deze is echter veel lager dan de huidige vracht via dierlijke mest. De kans dat dit leidt tot overschrijding van bodem- of waternormen of (additionele) ecologische effecten in de bodem achten we daarom zeer klein.

## 2.3.7 Conclusies – samenvatting

### *Organische stof en stabiliteit*

Het gemiddelde organischestofgehalte van de bodemverbeteraars varieert tussen 32% (maaisels met overige bewerkingen) en 50% (bokashi maaisel) en is daarmee, voor bokashi, iets hoger dan in compost (26-34%). De stabiliteit van organische stof in met name bokashi van maaisel (gem. respiratiesnelheid 25) is echter lager dan die in maaisels met overige bewerkingen (gem respiratiesnelheid 16). Uiteindelijk levert 1 ton product voor bokashi van maaisel ongeveer 100 kg effectief organisch materiaal.

---

### *Nutriënten*

Gehalten aan macronutriënten (N, P, K) in bokashi liggen in dezelfde orde grootte als die in groencompost (data Nederland). Daarbij zijn de gehalten in bokashi van maaisel iets hoger dan die in bokashi van blad.

### *Zware metalen en arseen*

Zware metaalgehalten en arseen voldoen (m.u.v. één monster) aan de eisen van Keurcompost en liggen veelal ruim beneden de normen die momenteel gelden.

### *Residuen bestrijdingsmiddelen*

Gehalten aan residuen zijn laag en in de meeste monsters niet aantoonbaar. In zeven monsters is een vijftal stoffen aangetroffen in waarden net boven de detectiegrens. In twee gevallen betreft dit verbindingen van azolen. Deze spelen mogelijk een rol bij de resistentie van de schimmel *Aspergillus Fumigatus*. In 2022 zal hier verder aandacht aan besteed worden (zie aanbevelingen).

### *Overige organische microverontreinigingen*

Gehalten aan PAK's, minerale olie, PFC's (PFAS) en dioxines zijn laag en in een groot aantal monsters niet detecteerbaar. Uitzonderingen vormen bokashi gemaakt van blad in één monster uit het stedelijk gebied en in één monster uit een industrieel gebied. Eén monster voldoet daarbij niet aan de EU-norm voor PAK zoals die gelden voor compost en beide monsters niet aan de – voorlopige – norm voor PFAS. Hierbij is de kwaliteit van de omgeving bepalend voor de kwaliteit van het uitgangsmateriaal. Alle monsters uit het landelijk gebied zijn schoon en onverdacht wat betreft deze groep van stoffen.

### *Zout*

Gehalten aan met name chloride zijn verhoogd ten opzichte van normale gehalten in de bodem. Dit wordt vooral veroorzaakt door het concentreren van biomassa. Deze gehalten zijn mede daarom het laagst in maaisel en nemen toe in bokashi en de maaisels met overige bewerkingen. Deze laatste ondergaan de sterkste omzetting en laten daarom de hoogste gehalten aan chloride (of totale zoutsterkte zien). Chloride is niet genormeerd en het is niet de verwachting dat de aangetroffen gehalten van grote invloed zijn op de zoutniveaus in de bodem. Er is overigens in elke productgroep (bokashi en maaisels met overige bewerkingen) sprake van grote spreiding. In hoeverre deze spreiding het gevolg is van verschillen in productie is niet duidelijk.

### *Overige fysieke verontreinigingen*

In een aantal monsters van met name bokashi van maaisel worden de eisen t.a.v. het percentage stenen > 5mm (negen monsters) en overige verontreinigingen (zes monsters) overschreden. Voor glas geldt dit slechts voor één monster (norm voor glas < 2 mm) en één monster waar glas > 20 mm is aangetroffen.

Dit geeft aan dat hoewel het merendeel van de monsters wel aan de eisen voor Keurcompost voldoet, er bij een relatief groot aantal sprake is van (te) hoge gehalten aan stenen of overige verontreinigingen. Dit laatste kan plastic zijn, maar dit is in 2021 niet specifiek gemeten. De aanwezigheid van grovere verontreinigingen heeft ofwel te maken met de hoeveelheid grond die eventueel in het bronmateriaal zit of, in geval van plastic, met het verwerken van het product. Dit vereist nadere aandacht om te bepalen wat precies de oorzaak is van het voorkomen van plastic in de verschillende producten.

### *Onkruiddruk*

Met name in bokashi van maaisel is in een vijftal monsters sprake van een hoge onkruiddruk. Ook hier geldt dat het merendeel van de monsters geen onkruiddruk laat zien (0 zaden/L), maar dat er blijkbaar sprake is van wisselende omstandigheden tijdens het productieproces waardoor in een aantal gevallen er wel sprake is van een hoge onkruiddruk. Dit heeft uiteraard ook te maken met de aard van het bronmateriaal. Ook dit vergt nadere aandacht, omdat een lage onkruiddruk een van de gewenste eigenschappen is van dit type bodemverbeteraars.

---

## Aanbevelingen voor 2022 en andere aandachtspunten

### *Voortzetten screening: voor- en najaar*

De data uit 2021 geven een redelijk goed beeld van de te verwachten gehalten aan nutriënten en organische stof in bokashi, maaisel en de maaisels met overige bewerkingen. Er is echter ook sprake van grote spreiding in een aantal relevante parameters, zoals fysieke verontreinigingen, zout, organische stof en stabiliteit.

Mede daarom is het belangrijk na te gaan of deze variatie inderdaad kenmerkend is voor een serie monsters en of er een koppeling gemaakt kan worden met de uitgangsmaterialen en/of productie. Dit zal in 2022 middels het evalueren van de logboeken en de gemaakte afspraken in de pilots in hun ingevulde CT Checklists verder uitgezocht moeten worden.

### *Opnamen van andere specifieke analyses*

De aanwezigheid van met name plastic in bokashi kan een rol spelen bij de acceptatie van agrariërs om het te gebruiken. Daarom is het nuttig om in de monsters van 2022 aanvullend een bepaling te laten doen van het aandeel plastic in de aanwezige verontreinigingen. Deze meting is sinds 2021 operationeel.

### *Bepalen kwaliteit toevoegingen gebruikt bij de productie van bokashi*

Op dit moment is onbekend in welke mate de toevoegingen die gebruikt worden bij de productie van bokashi en/of maaisels met overige bewerkingen bijdragen aan de gehalten aan onder andere metalen in de producten. Naar verwachting is deze bijdrage klein, maar dient wel gekwantificeerd te worden om deze onzekerheid weg te nemen. Het verdient daarom aanbeveling om een analyse van metalen te doen in de producten die door Agriton en Bij de Oorsprong gebruikt worden.

### *Herhaling HC-experiment*

Voor de opbouw van de bodemkoolstofvoorraad, een van de belangrijke doelen van het gebruik van deze lokale organische bodemverbeteraars, is het cruciaal goede data te hebben van de stabiliteit van bokashi en de maaisels met overige bewerkingen. De metingen in 2021 tonen aan dat er sprake is van spreiding, zeker ook in combinatie met de data van de respiratie. Het verdient daarom aanbeveling om de humificatiecoëfficiënt ook in 2022 in een aantal monsters te bepalen.

## Overige aandachtspunten

### *Bemonstering en procescondities*

Bokashi, maaisels en maaisels met overige bewerkingen zijn veelal relatief grof van structuur. Ook kan er binnen een hoop sprake zijn van heterogeniteit in samenstelling of aard van het bronmateriaal. Anders dan bij compost vindt er gedurende het proces geen (bokashi) of een beperkte (maaisels met overige bewerkingen) menging plaats. Het protocol voor de bemonstering van compost is gebaseerd op de specifieke eigenschappen van compost (relatief homogeen). Ofschoon elk monster bestaat uit minimaal drie aparte monsters genomen uit de verschillende delen van de hoop, kan deze heterogeniteit ook invloed hebben op de uiteindelijke meting van het mengmonster. Dit is in 2021 in één monster onderzocht en de data tonen dat de variabiliteit binnen de hoop relatief klein is. Omdat dit een meting aan één hoop betreft, is dit niet representatief en dient dit in 2022 in meerdere monsters gevalideerd te worden.

Tevens geldt dat voor de hier onderzochte producten er, in vergelijking met compost, sprake kan zijn van sterk wisselende omstandigheden en controle daarop tijdens de productie. Dit kan mogelijk een verklaring zijn voor de relatief grote spreiding voor een aantal parameters. In 2022 zal daarom, meer dan in 2021, aandacht nodig zijn voor het monitoren van de productieomstandigheden. Dit kan wellicht helpen om variatie in deze eigenschappen te verklaren.

### *Nutriënten in lokale organische bodemverbeteraars*

Aanvoer van nutriënten via lokale organische bodemverbeteraars kan van invloed zijn op de gehalten aan met name N en P in de bodem. Zo zijn er aanwijzingen dat in geval van hoge dosering van bokashi er mineralisatie kan optreden terwijl de plant geen extra stikstof meer opneemt, wat kan leiden tot uitspoeling. Voor 2022 bevelen we aan om de beschikbaarheid van N en P in een aantal monsters te bepalen om hierover afspraken te kunnen doen.



---

*Aspergillus Fumigatus (AF) in bokashi: aanwezigheid en resistentie*

De aanwezigheid van AF in bokashi zoals aangetoond door CLM (Leendertse et al., 2021; CLM, 2021) heeft geleid tot vragen met betrekking tot resistentie en mogelijke gezondheidseffecten. In combinatie met de aanwezigheid van azolen in het uitgangsmateriaal kan AF resistentie ontwikkelen, wat nadelig kan zijn voor de behandeling van longpatiënten die met AF in aanraking komen en daar gevoelig voor zijn. Azolen worden vooral in de bloembollenteelt gebruikt, maar daarnaast ook onder andere bij de teelt van uien en aardappelen. Dit gebruik kan mogelijk leiden tot verhoogde belasting in nabijgelegen grasland dat als bronmateriaal voor bokashi dient. In samenwerking met de vakgroep Genetica van WU zal in 2022 een aantal - aangelegd worden onder beheer van WUR. In samenwerking met de bekende producenten (Agriton en Bij de Oorsprong) zullen onder gecontroleerde omstandigheden de ontwikkeling van AF en de mogelijke resistentie onderzocht worden. In deze hopen, die naar verwachting op het terrein van de WUR aangelegd worden, zal tegelijk onderzoek gedaan worden naar de emissie van broeikasgassen tijdens en vlak na de productie van bokashi.

---

## 3 Veldproeven

### 3.1 Inleiding

De aandacht voor circulair terreinbeheer neemt ook toe in de landbouw. Agrariërs weten dat ze na moeten denken hoe ze de bodemgezondheid op orde kunnen houden ondanks hun intensieve management. Aandacht voor de bodembiologie en hoe je dit moet voeden of herstellen, zijn belangrijke thema's. Een van de mogelijkheden is het toevoegen van lokale organische bodemverbeteraars, zoals bokashi. Binnen dit project willen we in veldproeven nagaan hoe dit moet en wat de gevolgen zijn op onder andere de bodemmicrobiologie, aaltjes, bodemvruchtbaarheid en de gewasproductie van mais.

In 2021 zijn op drie locaties (Lelystad, Hengelo (De Marke) en Vredepeel) verschillende lokale organische bodemverbeteraars (bokashi, onbewerkt maaisel, maaisel met overige bewerkingen en compost) aan de grond toegevoegd in twee doseringen (10 ton/ha en 50 ton/ha). Deze behandelingen zijn vergeleken met enkele controleplots. Om extra inzicht te krijgen in de bemestende waarde van de organische bodemverbeteraars zijn er ook objecten met verschillende stikstofgiften in de veldproeven aangelegd. Per locatie is dit uitgevoerd in een random block design met achttien verschillende behandelingen in vier herhalingen. Gedurende het teeltseizoen 2021 is er op alle veldjes mais geteeld en zijn metingen gedaan in de bodembiologie (PLFA/NLFA, aaltjes), bodemvruchtbaarheid en de gewasgroei en gewasopbrengst.

### 3.2 Opzet en methoden onderzoek 2021

#### 3.2.1 De behandelingen

In de proeven zijn achttien objecten aangelegd in vier herhalingen. Daarbij is bokashi van maaisel gebruikt (drie producten), bokashi van blad (twee producten)<sup>8</sup>, maaisel met overige bewerkingen (één product) en onbewerkt maaisel (twee producten).<sup>9</sup> Deze zijn, met uitzondering van onbewerkt maaisel, alle in twee doseringen toegediend (10 en 50 ton/ha). Als referentie voor organische bodemverbeteraars is één behandeling met Keurcompost (groencompost) opgenomen, ook in dezelfde twee doseringen. Daarnaast zijn vijf referentieobjecten opgenomen in de proef. Dit betreft een met voor de regio gangbare bemesting met runderdrijfmest, aangevuld met kunstmest (GBRORG). Daarnaast zijn vier referentieobjecten met een stikstofreeks aangelegd. Dit omvat een behandeling als controle – zonder stikstofbemesting, maar met P- en K-bemesting – en drie objecten met een oplopende stikstofgift van respectievelijk 33, 66 en 100% van de stikstofgebruiksnorm. Doel van deze laatste vier behandelingen is om inzicht te krijgen in het stikstofleverend vermogen van de bodem en de producten. De fosfaat en kali (bij)bemesting is in alle objecten uitgevoerd volgens fosfaat- en kali-bemestingsadvies (zie uitvoering, Tabel 2).

In Tabel 3.1 zijn de verschillende producten, doseringen en objectcodes weergegeven. Alle bokashi-producten en maaisel met overige bewerkingen zijn in een dosering van 10 ton (Laag: L) en 50 ton (Hoog: H) per hectare toegepast. Het verse, onbewerkte maaisel is om praktische redenen alleen toegepast in de dosering van 10 ton per ha. Het cijfer in de objectcode geeft de herkomst van de bokashi aan. Van Bokashi 8 en Maaisel 14 bleek uiteindelijk onvoldoende product beschikbaar te zijn om op alle locaties te kunnen gebruiken. Deze bokashi's zijn alleen op de locatie Vredepeel toegepast. Op de locaties Lelystad en Hengelo zijn deze vervangen door respectievelijk Bokashi 1 en Maaisel 41. De proeven zijn aangelegd als gewarde blokkenproef in vier herhalingen. Proefveldschema's zijn opgenomen in Bijlage 1.

---

<sup>8</sup> Feitelijk is er per locatie één behandeling met blad-bokashi, maar er bleek onvoldoende materiaal te zijn waardoor de blad-bokashi die is aangewend in Vredepeel een andere is (bron = Apeldoorn) dan die is gebruikt in De Marke en Lelystad (bron = Noordenveld).

<sup>9</sup> In Vredepeel is maaisel uit Putten gebruikt, dit bleek echter veel kweek te bevatten en daarom is in Lelystad en de Marke maaisel uit St. Jans klooster gebruikt.

**Tabel 3.1** Overzicht van de verschillende behandelingen met bokashi, maaisel, maaisel met toevoegingen, Keurcompost en controlebehandelingen met gangbare praktijk en vier niveaus van stikstofbemesting op drie proefveldlocaties.

Objectcode	Product/omschrijving	Type <sup>†</sup>	Dosering (ton/ha)	Herkomst	Proefvelden <sup>#</sup>
<b>GBRORG</b>	Gangbaar	RDM + kunstmest			Ls – HI – Vp
<b>0%N</b>	Geen N bemesting				Ls – HI – Vp
<b>33%N</b>	33% N bemesting	KAS			Ls – HI – Vp
<b>66%N</b>	66% N bemesting	KAS			Ls – HI – Vp
<b>100%N</b>	100% N bemesting	KAS			Ls – HI – Vp
<b>BOK3-L</b>	Bokashi	Maaisel	10	Zuiderzeeland	Ls – HI – Vp
<b>BOK3-H</b>			50		Ls – HI – Vp
<b>BOK5a-L</b>	Bokashi	Maaisel	10	Leeuwarden	Ls – HI – Vp
<b>BOK5a-H</b>			50		Ls – HI – Vp
<b>BOK51-L</b>	Bokashi	Maaisel	10	Barendrecht	Ls – HI – Vp
<b>BOK51-H</b>			50		Ls – HI – Vp
<b>BOK1-L</b>	Bokashi	Blad	10	Noordenveld	Ls – HI
<b>BOK1-H</b>			50		Ls – HI
<b>BOK8-L</b>	Bokashi	Blad	10	Apeldoorn	Vp
<b>BOK8-H</b>			50		Vp
<b>MRT5b-L</b>	Maaisel met overige bewerkingen	Maaisel met Compost-O	10	Leeuwarden	Ls – HI – Vp
<b>MRT5b-H</b>			50		Ls – HI – Vp
<b>MAAI14-L</b>	Onbewerkt Maaisel	Maaisel	10	Putten	Vp
<b>MAAI41-L</b>	Onbewerkt Maaisel	Maaisel	10	St Jans Klooster	Ls – HI
<b>CMP-L</b>	Keurcompost	Groencompost	10	Schijndel	Ls – HI – Vp
<b>CMP-H</b>			50		Ls – HI – Vp

<sup>†</sup> RDM = Runderdrijfmest, KAS = Kalkammonsalpeter.

<sup>#</sup> Ls=Lelystad, HI=De Marke, Vp=Vredepeel.

### 3.2.2 Bemesting

In Tabel 3.2 is de bemesting met stikstof, fosfaat en kali per object per proeflocatie weergegeven. De bemesting is uitgevoerd volgens de stikstofgebruiksnorm en de fosfaat- en kaligift volgens het bemestingsadvies voor mais (zie object 100%N in Tabel 3.2). Deze bemestingsadviezen verschillen per regio (grondsoort). In de objecten behandeld met bokashi, Keurcompost en maaisel met overige bewerkingen is geen extra stikstofbemesting uitgevoerd. De fosfaat- en kaligift is gecorrigeerd voor de geschatte nalevering van fosfaat en kali vanuit de toegepaste producten. Voor fosfaat is gerekend met een werkingscoëfficiënt van 60% en voor kali met 100%.

In de proef in Lelystad is in het praktijk-object (GBRORG) 40 kuub rundveedrijfmest (RDM) toegepast. In Vredepeel en Hengelo is 35 kuub RDM gegeven.

**Tabel 3.2** Overzicht van de kunstmestgiften N, P en K per locatie.

Objectcode	Lelystad		Hengelo		Vredepeel		P		K	
	N (kg/ha)	(kg/ha)	(kg/ha)	N (kg/ha)	(kg/ha)	N (kg/ha)	(kg/ha)	(kg/ha)	(kg/ha)	(kg/ha)
GBRORG	90	55	60	60	40	60	27	0	68	
0%N		70	200		60	200		40	200	
33%N	53	70	200	46	60	200	37	40	200	
66%N	106	70	200	92	60	200	74	40	200	
100%N	160	70	200	140	60	200	112	40	200	
BOK3-L	-	66	192	-	56	192	-	36	192	
BOK3-H	-	48	161	-	38	161	-	18	161	
BOK5a-L	-	66	192	-	56	192	-	36	192	
BOK5a-H	-	48	161	-	38	161	-	18	161	
.	-	67	194	-	57	194	-	37	194	
BOK51-H	-	53	172	-	43	172	-	23	172	
BOK1-L	-	66	167	-	56	167				
BOK1-H	-	52	37	-	42	37				
BOK8-L							-	36	167	
BOK8-H							-	22	37	
MRT5b-L	-	62	135	-	52	135	-	32	135	
MRT5b-H	-	31	0	-	21	0	-	1	0	
MAAI14-L							-	33	190	
MAAI41-L	-	63	190	-	53	190				
CMP-L	-	65	166	-	55	166	-	35	166	
CMP-H	-	43	29	-	33	29	-	13	29	

### 3.2.3 Bodemmetingen en gewaswaarnemingen

Voorafgaand aan het toedienen van de producten (T-0), circa vijf weken nadat de producten zijn toegepast (T-1) en na de oogst van de mais (T-2), zijn grondmonsters genomen om het effect van de producten op bodembiologie en bodemvruchtbaarheid te bepalen. De T-0-bemonstering is uitgevoerd per herhaling (blok, vier monsters per perceel). De T-0 is alleen bedoeld om te beoordelen hoe de beginsituatie in het veld eruitziet. Voor de verdere statistische verwerking en dit verslag zijn deze resultaten niet opgenomen. Bij de T-1- en T-2-bemonstering is in elk veldje een grondmonster gestoken (72 veldjes per proeflocatie). Bij elke monsternaam is per blok of veld met een 13 mm gutsboor circa 3L grond verzameld uit de bovenste 20 cm van de bouwvoor. De grond is gemengd en vervolgens zijn er submonsters genomen voor de verschillende analyses (PLFA, nematoden en bodemvruchtbaarheid).

#### 3.2.3.1 PLFA's

PLFA is de afkorting voor Phospholipid derived Fatty Acids. Dit zijn vetzuren die de membranen vormen van alle levende cellen. Verschillende groepen organismen hebben verschillende PLFA's. Een dertigtal PLFA's wordt gebruikt als biomarkers voor de samenstelling van de microbiële gemeenschap (community structure), waarmee effecten van beheer zichtbaar worden gemaakt. Deze methode geeft informatie over relatieve hoeveelheden schimmels, bacteriën en actinomyceten. Bovendien wordt onderscheid gemaakt tussen saprotrofe schimmels en mycorrhizaschimmels, en tussen zogenaamde grampositieve en gramnegatieve bacteriën die kunnen worden beschouwd als respectievelijk langzame en snelle groeiers. Voor PLFA-analyses is ook een submonster van het veldverse grondmonster gedroogd (bij 40°C), geklapperd (om grovere stukken grond te homogeniseren), gemalen, zonder dat de textuurdelen intact blijven) en gezeefd door een zeef van 2 mm (NPR-CEN-ISO/TS 29843-1 en CEN ISO/TS 29843-2). De extractie is uitgevoerd met vaste fase-extractie, een extractiemethode waarmee op basis van fysische en chemische eigenschappen opgeloste stoffen vanuit de grond kunnen worden gescheiden. Daarna zijn de extracties doorgemeten met een GC-MS (Christie, 1989; Zelles, 1997). De kalibratie van de data is gebeurd met retentieoplossingen in drie concentraties. Specifieke fragmenten zijn gebruikt voor de bepaling van het type en hoeveelheid van de verschillende vetzuren (voor meer info zie Frostegård et al., 2011).

### 3.2.3.2 Aaltjesgemeenschappen

Een submonster van 100 mL (120 g) verse grond werd gebruikt voor het bepalen van de samenstelling van de aaltjesgemeenschap (Lelystad en Hengelo) en de plant-parasitaire nematoden (Vredepeel). Dit submonster is over een 180 µm zeef gespoeld. Het op de zeef achtergebleven organisch materiaal (> 180 µm) is vier weken geïncubeerd bij 20°C om aanwezige eieren af te laten rijpen en uit te laten komen (incubatiemonster). De nematoden in de opgevangen suspensie (met deeltjes <180 µm) zijn vervolgens opgespoeld met een Oosterbrink-trechter en opgevangen op drie gestapelde 45 µm zeven. Het materiaal dat is opgevangen op deze zeven is drie dagen op een Tork-filter geïncubeerd bij 20°C, waarna de nematoden zijn afgetapt in 100 mL water (spoelmonster). De plant-parasitaire nematoden zijn zowel in het speel- als in het incubatiemonster geteld, de milieuaaltjes alleen in het spoelmonster.

Het totale aantal nematoden in het spoelmonster is bepaald door uit de suspensie van 100 mL twee submonsters van 10 mL te tellen. De plant-parasitaire nematoden in deze twee submonsters zijn gedetermineerd tot op geslacht. In een op de vijf monsters is een determinatie tot op soort uitgevoerd voor de families Meloidogyne, Pratylenchidae en Trichodoridae.

Na het tellen van het totale aantal en de plant-parasitaire nematoden werd de rest van het spoelmonster (80 mL) gefixeerd met TAF om de milieuaaltjes te kunnen determineren. TAF is een oplossing van 7,6 mL formaline (37% formaldehyde), 2,0 mL triethylamine en 90,4 mL gedestilleerd water (Van Bezooijen en Ettema, 1996). Hiertoe werden de nematoden in de watersuspensie eerst overgebracht in glazen potjes van 25-30 mL, 24 uur te bezinken gezet waarna de bovenstaande vloeistof werd afgezogen tot 2 mL. Er werd 4 mL TAF van 90°C bij gepipetteerd en meteen daarna 4 mL TAF van 20°C. Bij een vergroting van 400-1000× werden willekeurig ca. 150 nematoden gedetermineerd tot op familie, geslacht of soort (Bongers, 1988). Dauerlarven werden wel geteld, maar niet meegerekend in het aantal te determineren nematoden.

### 3.2.3.3 Bodemvruchtbaarheid

Op T-0 en T-2 is een bemonstering op bodemvruchtbaarheid uitgevoerd. De bodemvruchtbaarheidsanalyse is uitgevoerd door Eurofins-Agro. Gekozen is voor het pakket Bemestingswijzer. In Hoofdstuk 2 is dit nader beschreven bij de bemonsteringen van de bodemvruchtbaarheid in de pilots die op dezelfde wijze zijn uitgevoerd.

### 3.2.3.4 Gewasontwikkeling en opbrengst

Een aantal weken na opkomst van de mais is een opkomst-beoordeling uitgevoerd en is het aantal planten per netto veld geteld. Gedurende het groeiseizoen is de gewasontwikkeling gevolgd door een aantal keer de gewashoogte te meten. Begin oktober is de mais geoogst en is de opbrengst bepaald. Per netto veld zijn het versgewicht en het drogestofgewicht gemeten. Van een selectie van objecten is de gewasinhoud (nutriëntensamenstelling) van het geogste product bepaald. De gewasanalyse is uitgevoerd door Eurofins-Agro. In Tabel 3.3 zijn de elementen die gemeten zijn en de eenheden weergegeven. Op basis van gewasinhoud en drogestofproductie is de afvoer van nutriënten berekend.

**Tabel 3.3** *Overzicht van de elementen en de door Eurofins gebruikte analysemethoden, gewasanalyse mais.*

Element	eenheid	Methode	Element	eenheid	Methode
Droge stof	gr/kg	Em: GEWAS.OVB	Zink	mg/gr DS	Em: SPZ2:(Gw NEN 6966)
N-totaal	gram/kg DS	Em: NIRS	IJzer	mg/gr DS	Em: SPZ2:(Gw NEN 6966)
Nitraat	gram/kg DS	Em: WTR1	Koper	mg/gr DS	Em: SPZ2:(Gw NEN 6966)
Fosfor	gram/kg DS	Em: SPZ2:(Gw NEN 6966)	Cobalt	µg/kg DS	Em: SPZ2:(Cf NEN 17294-2)
Kalium	gram/kg DS	Em: SPZ2:(Gw NEN 6966)	Molybdeen	mg/gr DS	Em: SPZ2:(Cf NEN 17294-2)
Zwavel	gram/kg DS	Em: SPZ2:(Gw NEN 6966)	Borium	mg/gr DS	Em: SPZ2:(Gw NEN 6966)
Magnesium	gram/kg DS	Em: SPZ2:(Gw NEN 6966)	Natrium	gram/kg DS	Em: SPZ2:(Gw NEN 6966)
Calcium	gram/kg DS	Em: SPZ2:(Gw NEN 6966)	Chloor	gram/kg DS	Em: WTR1
Mangaan	mg/gr DS	Em: SPZ2:(Gw NEN 6966)	Kation verschil	meq	Berekende waarde

Em: Eigen methode, Gw: Gelijkwaardig aan.

### 3.3 Uitvoering

De proeven zijn aangelegd op een zavelperceel te Lelystad en op zandpercelen te Hengelo (De Marke) en Vredepeel. Eind maart, voorafgaand aan het inwerken van de organische producten, is per herhaling (vier per locatie) een grondmonster gestoken in de laag 0-20 cm voor het vaststellen van de uitgangssituatie. In Vredepeel zijn de producten op 31 maart opgebracht. In Lelystad en Hengelo was dit op 15 april. Direct na het opbrengen zijn de producten licht ingewerkt in de bovenste 15 cm van de bouwvoor. Circa vijf weken na het inwerken van de producten is de T-1 grondbemonstering uitgevoerd. Per netto veldje is met een gutsboor circa 3 L grond verzameld uit de bovenste 20 cm van de bouwvoor. Kort voorafgaand aan het zaaien van de mais is de (bij) bemesting met stikstof, fosfaat en kali uitgevoerd. De mais is eind april-begin mei gezaaid en begin/half oktober geoogst. Bij de drie veldproeven is een- à tweemaal chemische onkruidbestrijding toegepast en de velden zijn niet beregend. Details van de uitvoering van de veldproeven zijn weergegeven in Tabel 3.4.

**Tabel 3.4** Details bij het uitvoeren van de veldproeven CT/bokashi op drie locaties, 2021.

	<b>Lelystad</b>	<b>Hengelo</b>	<b>Vredepeel</b>
Grondsoort	zavel	zand	zand
Bruto veld	6 x 18m	6 x 12m	6 x 12m
Netto veld	1.5 x 12m	1.5 x 8m	1.5 x 9m
Inwerken producten	15 april	15 april	31 maart
Zaaimoment	3 juni	28 april	7 mei
Ras	Benedictio	Benedictio	Benedictio
Oogstmoment	8 oktober	18 oktober	7 oktober
<b>Bemonsteringen</b>			
T0	29 maart	30 maart	17 maart
T1	18 mei	20 mei	4 mei
T2	14 oktober	19 oktober	12 oktober

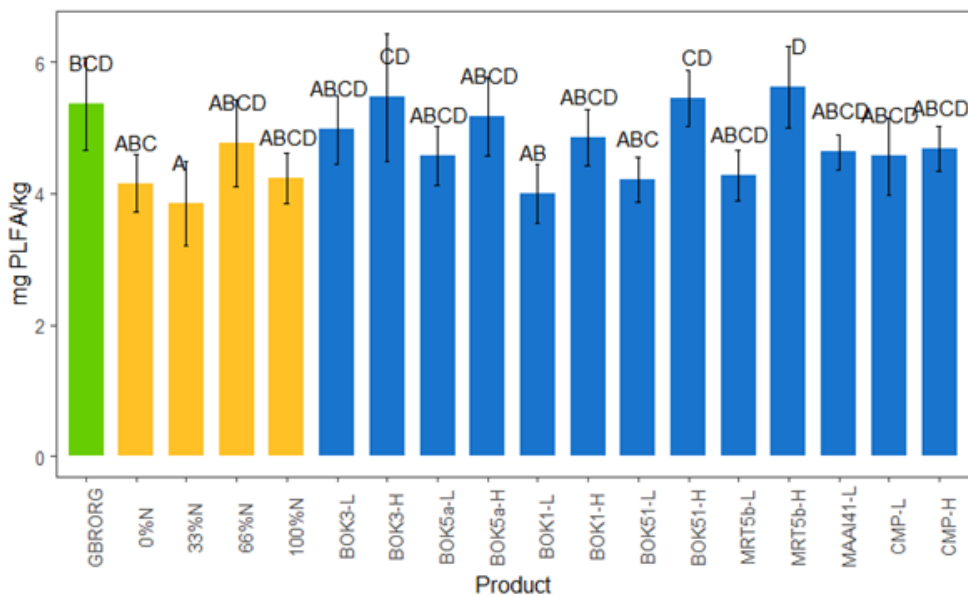
### 3.4 Resultaten Lelystad

#### 3.4.1 PLFA

Op de locatie Lelystad werd bij twaalf van de negentien verschillende PLFA-parameters een significant verschil gevonden tussen een of enkele van de behandelingen (Tabel 3.5). Hieronder bespreken we de meeste parameters die een significant verschil te zien gaven.

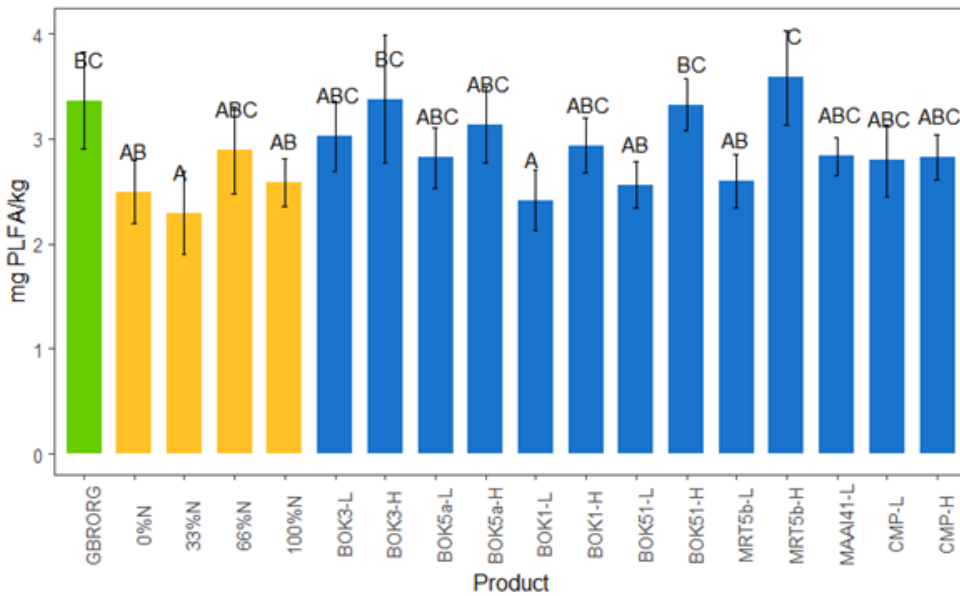
**Tabel 3.5** Resultaten van de statistische analyse van het effect van producttoediening op PLFA-parameters. Significante effecten zijn vetgedrukt.

Variabele	Parameter	Chisq	Df	P
Actinobacteria (mg PLFA/kg grond)	Product	13.91	17	0.67
Bacteriële biomassa C (mg C/ kg grond)	Product	33.66	17	<b>0.01</b>
Bacteriën totaal (mg PLFA/kg grond)	Product	33.66	17	<b>0.01</b>
C/organische stof	Product	17.97	17	0.39
Diversiteit	Product	7.77	17	0.97
Gramnegatieve bacteriën (mg PLFA/kg grond)	Product	37.81	17	<b>&lt;0.01</b>
Grampositieve bacteriën (mg PLFA/kg grond)	Product	26.55	17	0.07
Grampositieve/Gramnegatieve bacteriën	Product	30.21	17	<b>0.02</b>
Microbiële biomassa (mg PLFA/kg grond)	Product	38.13	17	<b>&lt;0.01</b>
Microbiële biomassa C (mg C/ kg grond)	Product	38.12	17	<b>&lt;0.01</b>
Mycorrhiza (mg PLFA/kg grond)	Product	28.64	17	<b>0.04</b>
Organische koolstof (%)	Product	33.29	17	<b>0.01</b>
Organische stof (%)	Product	11.47	17	0.83
pH	Product	22.74	17	0.16
Protozoa (mg PLFA/kg grond)	Product	19.91	17	0.28
Saprophyten (mg PLFA/kg grond)	Product	44.67	17	<b>&lt;0.01</b>
Schimmel biomassa C (mg C/ kg grond)	Product	38.63	17	<b>&lt;0.01</b>
Schimmels totaal (mg PLFA/kg grond)	Product	41.69	17	<b>&lt;0.01</b>
Schimmels/Bacteriën	Product	37.35	17	<b>&lt;0.01</b>



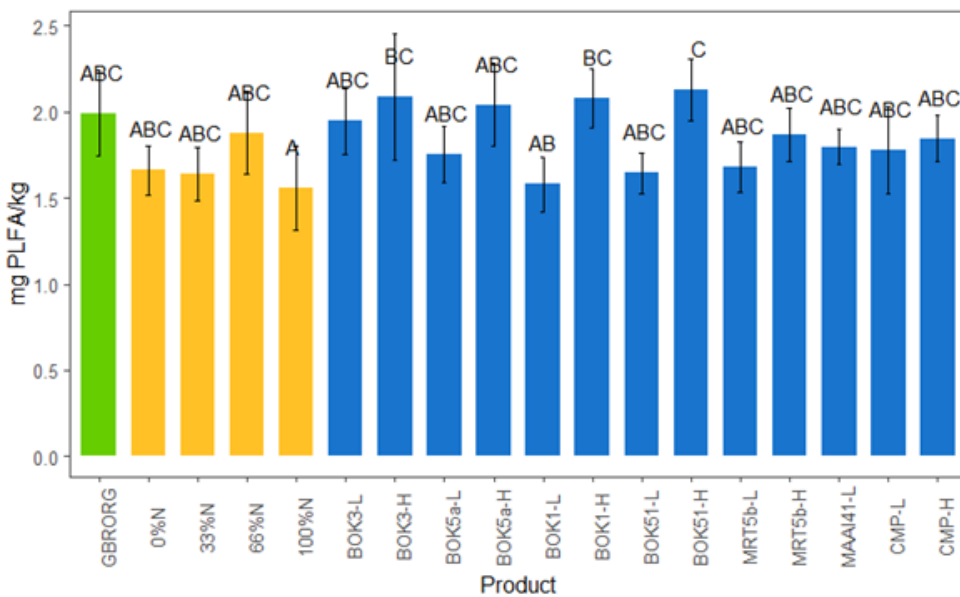
**Figuur 3.1** Gemiddelde hoeveelheid PLFA afkomstig van het totale aantal bacteriën na toedienen van de verschillende producten (T1).

De gemiddelde hoeveelheid PLFA afkomstig van het totale aantal bacteriën was bij de meeste OS-toevoegingen iets hoger dan in de N-controles, met name ook bij de hogere doseringen. In vergelijking met de 33%N werden er significant hogere waarden gevonden voor GBRORG, BOK3-H, BOK51-H en MRT5b-H (Figuur 3.1).



**Figuur 3.2** Gemiddelde hoeveelheid PLFA afkomstig van gramnegatieve bacteriën na toedienen van de verschillende producten (T1).

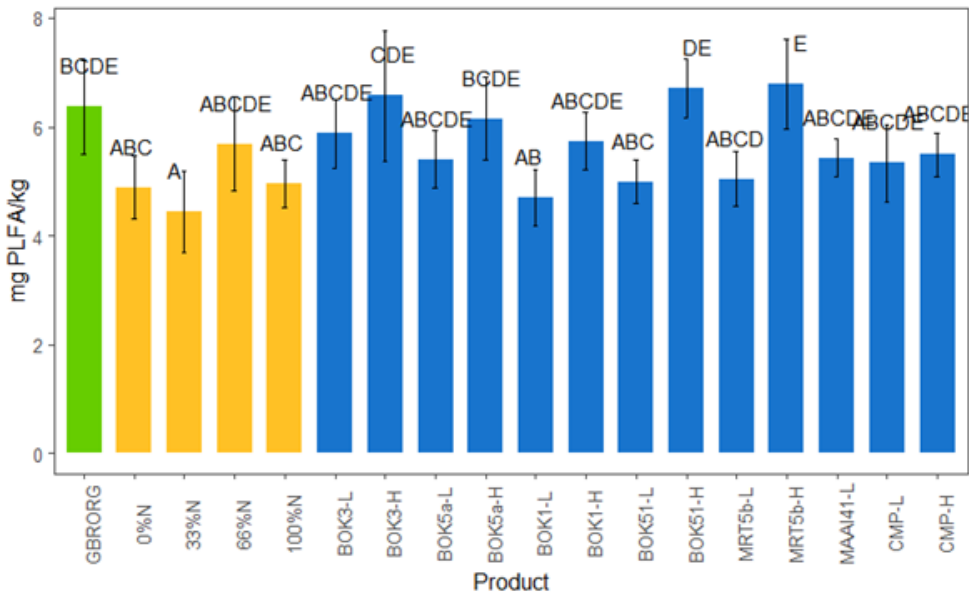
De gemiddelde hoeveelheid PLFA afkomstig van gramnegatieve bacteriën gaven een vergelijkbaar beeld als dat van het totale aantal bacteriën: de waarden waren bij de meeste OS-toevoegingen iets hoger dan in de N-controles, met name ook bij de hogere doseringen. In vergelijking met de 33% N werden er significant hogere waarden gevonden voor GBRORG, BOK3-H, BOK51-H en MRT5b-H (Figuur 3.2).



**Figuur 3.3** Gemiddelde hoeveelheid PLFA afkomstig van grampositieve bacteriën na toedienen van de verschillende producten.

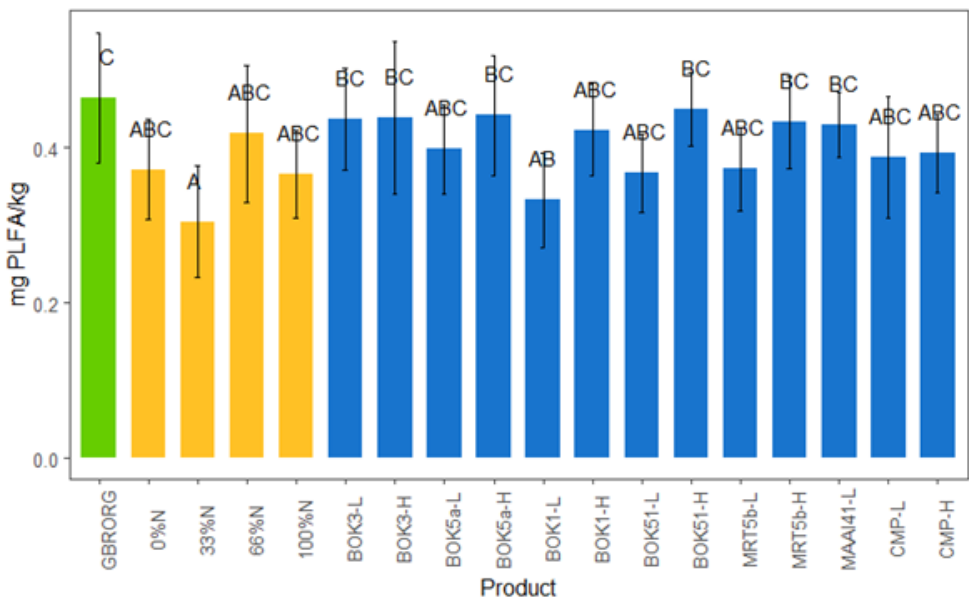
De hoeveelheid PLFA afkomstig van grampositieve bacteriën was gemiddeld genomen lager dan die van gramnegatieve bacteriën. De resultaten gaven een vergelijkbaar beeld als dat van het totale aantal bacteriën: de waarden waren bij de meeste OS-toevoegingen iets hoger dan in de N-controles, met name ook bij de hogere doseringen. In vergelijking met de 100%N werden er significant hogere waarden gevonden voor BOK3-H, BOK1-H en BOK51-H (Figuur 3.3).





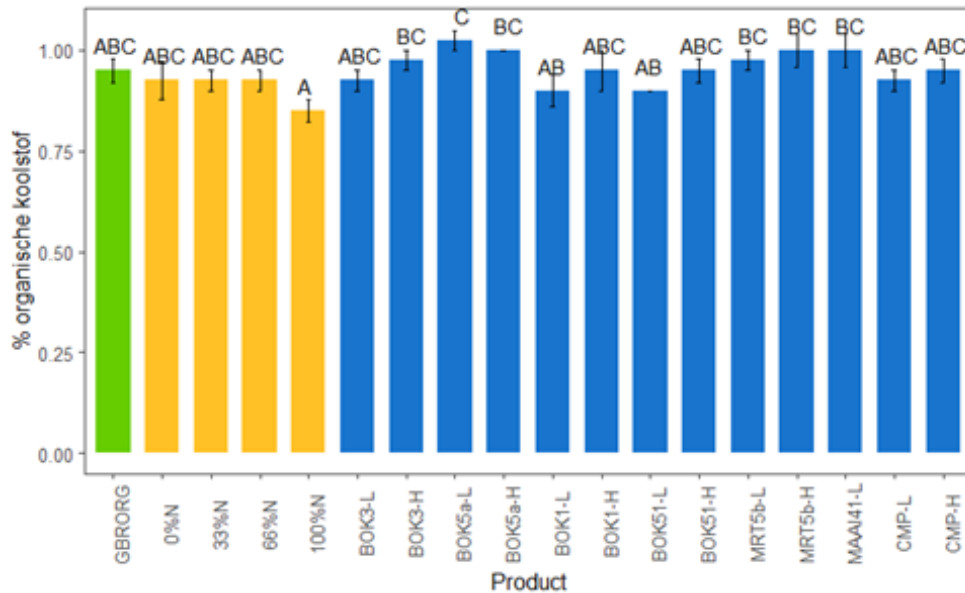
**Figuur 3.4** Gemiddelde hoeveelheid PLFA afkomstig van de microbiële biomassa na toedienen van de verschillende producten (T1).

De gemiddelde hoeveelheid PLFA afkomstig van de microbiële biomassa was bij de meeste OS-toevoegingen hoger dan in de N-controles, met name bij de hogere doseringen. In vergelijking met de 33%N werden er significant hogere waarden gevonden voor BOK3-H, BOK5a-H, BOK51-H en MRT5b-H (Figuur 3.4).



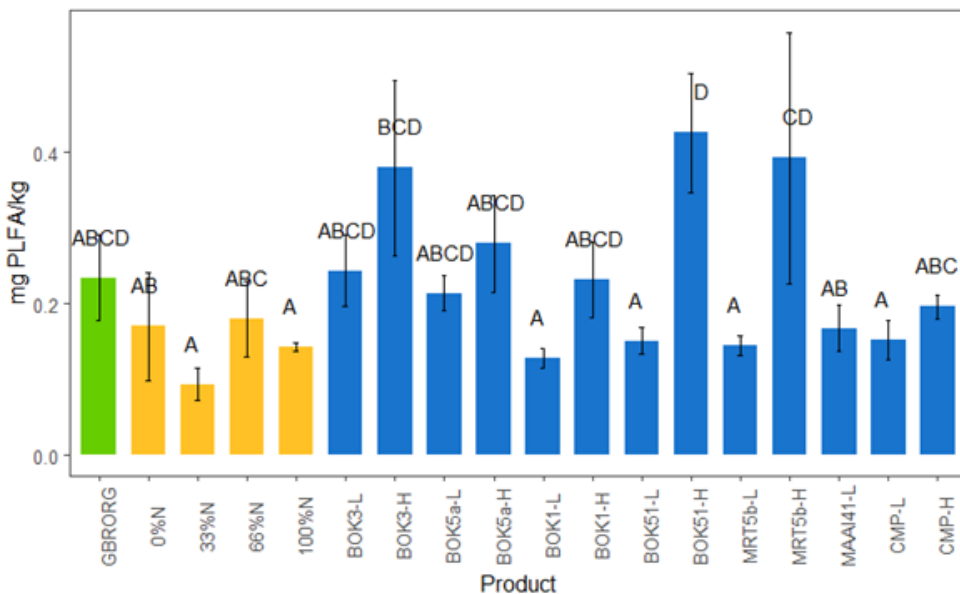
**Figuur 3.5** Gemiddelde hoeveelheid PLFA afkomstig van mycorrhizaschimmels na toedienen van de verschillende producten (T1).

De gemiddelde hoeveelheid PLFA afkomstig van mycorrhizaschimmels lag aanmerkelijk lager dan die voor bacteriën, maar was ook hier bij de meeste OS-toevoegingen hoger dan in de N-controles, met name ook bij de hogere doseringen. In vergelijking met de 33%N werden er significant hogere waarden gevonden voor BOK3-L, BOK3-H, BOK5a-H, BOK51-H, MRT5b-H en MAAI41-L (Figuur 3.5).



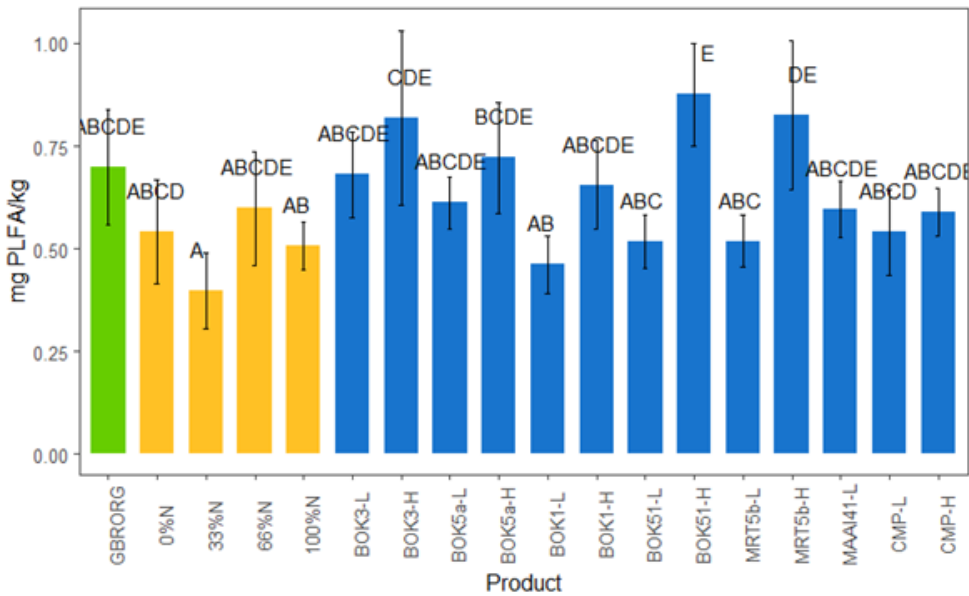
**Figuur 3.6** Gemiddelde hoeveelheid organische koolstof na toedienen van de verschillende producten (T1).

Er werden relatief kleine verschillen gevonden in gemiddelde hoeveelheid organische koolstof. Alleen in vergelijking met de 100%N werden er significant hogere waarden gevonden voor BOK3-H, BOK5a-L, BOK5a-H, BOK51-H, MRT5b-L, MRT5b-H en MAA141-L (Figuur 3.6).



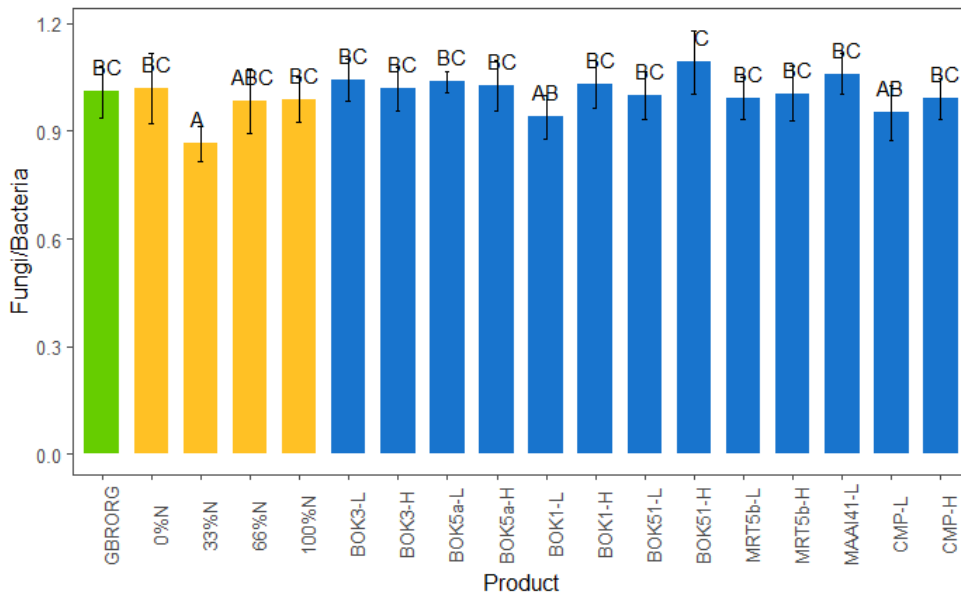
**Figuur 3.7** Gemiddelde hoeveelheid PLFA afkomstig van saprophytische schimmels na toedienen van de verschillende producten (T1).

De gemiddelde hoeveelheid PLFA afkomstig van saprophytische schimmels was bij de meeste OS-toevoegingen hoger dan in de N-controles, met name ook bij de hogere doseringen. In vergelijking met de 33%N en 100%N werden er significante verhogingen gevonden voor BOK3-H, BOK51-H en MRT5b-H (Figuur 3.7).



**Figuur 3.8** Gemiddelde hoeveelheid PLFA afkomstig van het totale aantal schimmels na toedienen van de verschillende producten (T1).

Het totale aantal schimmels (en de schimmelbiomassa) was in de meeste gevallen hoger na toedienen van OS dan in de N-controles en nam ook toe bij hogere doseringen. In vergelijking met de 33%N werden er significante verhogingen gevonden voor BOK3-H, BOK51-H en MRT5b-H (Figuur 3.8).



**Figuur 3.9** Gemiddelde schimmel/bacterie PLFA verhouding na toedienen van de verschillende producten (T1).

Bij de gemiddelde schimmel/bacterie PLFA-verhouding werden relatief kleine verschillen gevonden. Alleen de 33%N had een significant lagere verhouding dan het merendeel van de andere behandelingen, behalve die van 66%N, BOK1-L en CMP-L (Figuur 3.9).

### 3.4.2 Milieuaaltjes

Op de locatie Lelystad werd bij 7 van de 26 verschillende parameters van milieuaaltjes een significant effect gevonden van de behandelingen (Tabel 3.6). Toedienen van de producten had een significant effect op de Maturity Index (MI), Basal Index (BI), Enrichment Index (EI), de biomassa en op het aantal dauer larven, bacterie-eters en aaltjes uit de klasse CP-1. Deze parameters zijn in de figuren 10 tot en met 17 opgenomen. Van de parameter waarbij geen significant verschil tussen de behandelingen werd gevonden, wordt het gemiddelde en het 95%-betrouwbaarheidsinterval getoond in Tabel 3.7.

**Tabel 3.6** Resultaten van de statistische analyse (Anova; Chi-kwadraat met 17 vrijheidsgraden, de overschrijdingskans Pr en de significantie van de toets) van verschillende parameters van milieuaaltjes die zijn bepaald in de veldproef Circulair Terreinbeheer/bokashi in Lelystad, 2021.

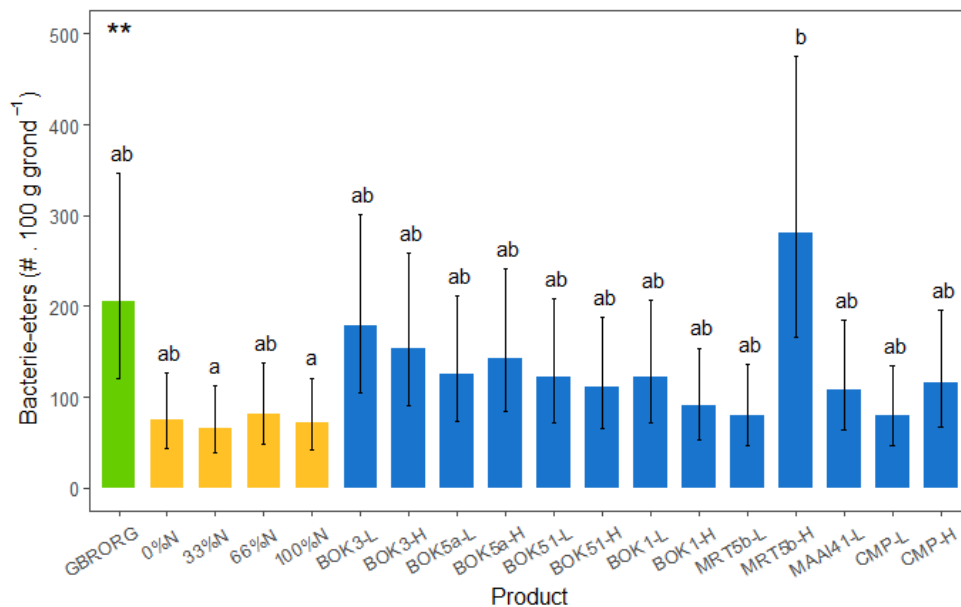
Parameter*	Chisq	Pr(>Chisq)	Significantie
Maturity Index	49.55	4.958E-05	***
Maturity Index 2-5	13.10	0.730	
Plant Parasite Index	12.47	0.771	
Channel Index	20.74	0.238	
Basal Index	29.77	0.028	*
Enrichment Index	39.28	0.002	**
Structure Index	13.85	0.678	
Biomassa (mg · 100 g grond <sup>-1</sup> )	39.92	0.001	**
Dauer larven (# · 100 g grond <sup>-1</sup> )	34.35	0.008	**
Totaal (zonder dauer larven; # · 100 g grond <sup>-1</sup> )	10.94	0.860	
Planteneters	15.71	0.544	
Schimmeleeters	11.86	0.809	
Bacterie-eters	37.79	0.003	**
Predatoren	11.69	0.819	
Omnivoren	10.97	0.858	
Sedentaire endoparasieten	20.01	0.274	
Semi-endoparasieten	15.48	0.561	
Ectoparasieten	16.29	0.503	
Wortelhaarvoeders	11.09	0.852	
CP1-aaltjes	51.69	2.298E-05	***
CP2-aaltjes	16.14	0.514	
CP3-aaltjes	9.51	0.923	
CP4-aaltjes	19.10	0.323	
CP5-aaltjes	18.48	0.359	
PP2-aaltjes	11.09	0.852	
PP3-aaltjes	16.65	0.478	

# In de grond werden geen migratoire endoparasieten en planteneters uit de klassen PP4 en PP5 aangetroffen.

**Tabel 3.7** Gemiddelde en 95%-betrouwbaarheidsinterval van de parameters van milieuaaltjes die zijn bepaald in de veldproef Circulair Terreinbeheer/bokashi in Lelystad, 2021 (n=72). Voor Maturity Index, Basal Index, Enrichment Index, biomassa, aantal dauer larven, bacterie-etters en CP1-aaltjes wordt verwezen naar de afzonderlijke figuren.

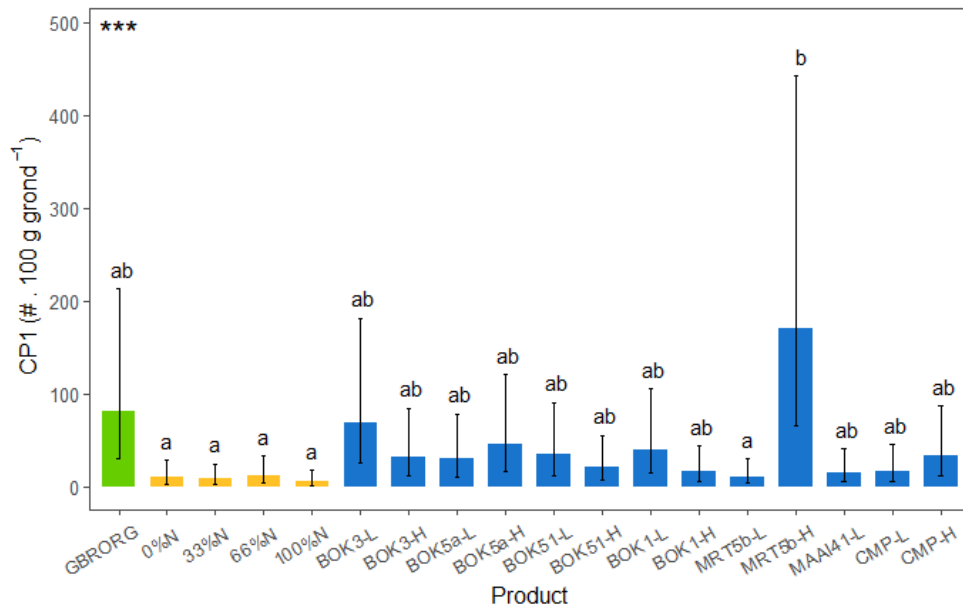
Parameter	Gemiddelde*	Betrouwbaarheidsinterval
Maturity Index 2-5	2.25	2.23 - 2.28
Plant Parasite Index	2.65	2.61 - 2.70
Channel Index	21.37	16.64 - 26.10
Structure Index	40.03	37.08 - 42.99
Totaal (zonder dauer larven; # · 100 g grond <sup>-1</sup> )	337.50	309.53 - 367.99
Plantenetters	168.11	151.17 - 186.95
Schimmeleters	31.23	27.40 - 35.58
Predatoren	0.19	0.07 - 0.33
Omnivoren	1.04	0.72 - 1.42
Sedentaire endoparasieten	5.50	3.94 - 7.55
Migratoire endoparasieten	0.00	0.00 - 0.00
Semi-endoparasieten	77.62	63.16 - 95.32
Ectoparasieten	8.79	7.25 - 10.62
Wortelhaarvoeders	46.92	39.99 - 55.02
CP2-aaltjes	87.53	78.26 - 97.88
CP3-aaltjes	17.45	14.53 - 20.91
CP4-aaltjes	1.90	1.40 - 2.51
CP5-aaltjes	0.47	0.26 - 0.71
PP2-aaltjes	46.92	39.99 - 55.02
PP3-aaltjes	104.88	89.56 - 122.78
PP4-aaltjes	0.00	0.00 - 0.00
PP5-aaltjes	0.00	0.00 - 0.00

\* Biomassa en aantallen zijn gebaseerd op gemiddelden van log-getransformeerde waarden. De aantallen uit de verschillende groepen komen daarom niet overeen met het berekende totale aantal.



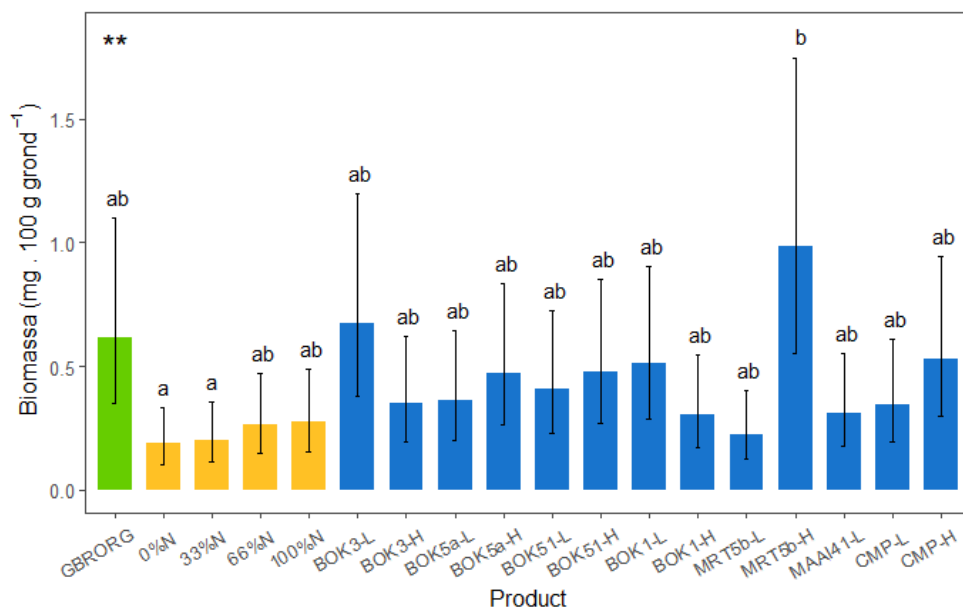
**Figuur 3.10** Effect van toedienen van producten op het aantal bacterie-etende aaltjes (gemiddelde ± betrouwbaarheidsinterval; n=4).

Het aantal bacterie-etende aaltjes was in de vier verschillende minerale N-controles altijd lager dan in de andere behandelingen waar OS aan was toegevoegd. Dit was echter alleen significant hoger na toedienen van MRT5b-H in vergelijking met de 33%N- en 100%N-controles (Figuur 3.10).



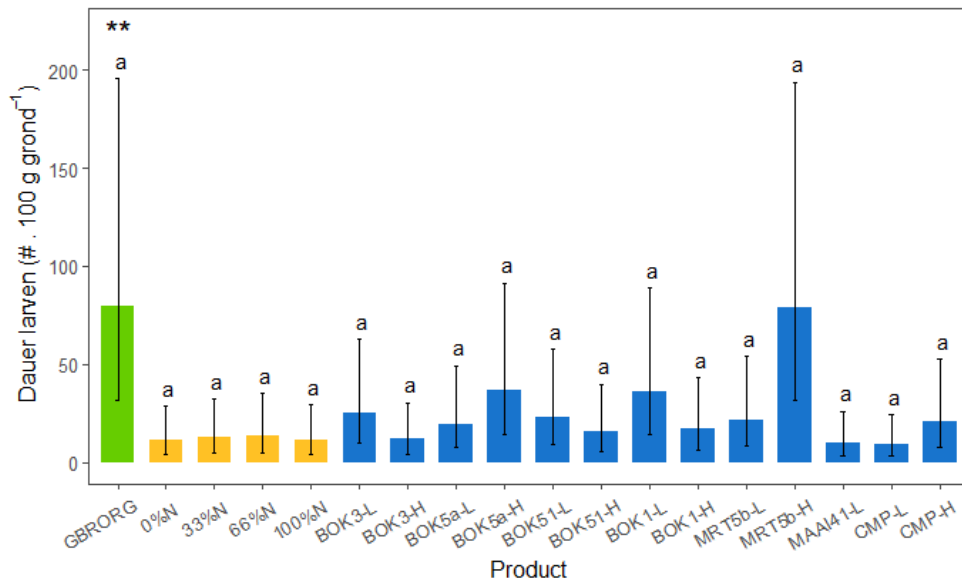
**Figuur 3.11** Effect van toedienen van producten op het aantal aaltjes in CP-klasse 1 (gemiddelde  $\pm$  betrouwbaarheidsinterval;  $n=4$ ).

Dit verschil bij de bacterie-etende aaltjes werd grotendeels veroorzaakt door aaltjes uit de klasse CP-1, die snel kunnen reageren op veranderingen in voedselaanbod. De aantallen in CP-1 waren significant lager in alle vier behandelingen met minerale N en die van MRT5b-L in vergelijking met de aantallen CP-1 bij MRT5b-H (Figuur 3.11).



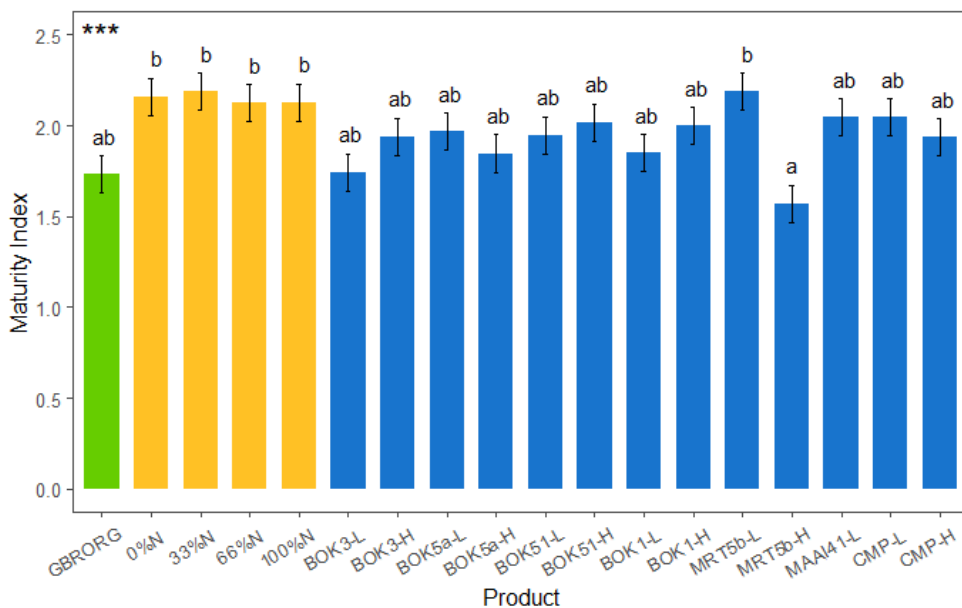
**Figuur 3.12** Effect van toedienen van producten op de biomassa aaltjes (gemiddelde  $\pm$  betrouwbaarheidsinterval;  $n=4$ ).

Ook de biomassa van de aaltjes was significant hoger na toedienen van MRT5b-H in vergelijking met de 0- en 33%N-behandeling (Figuur 3.12).



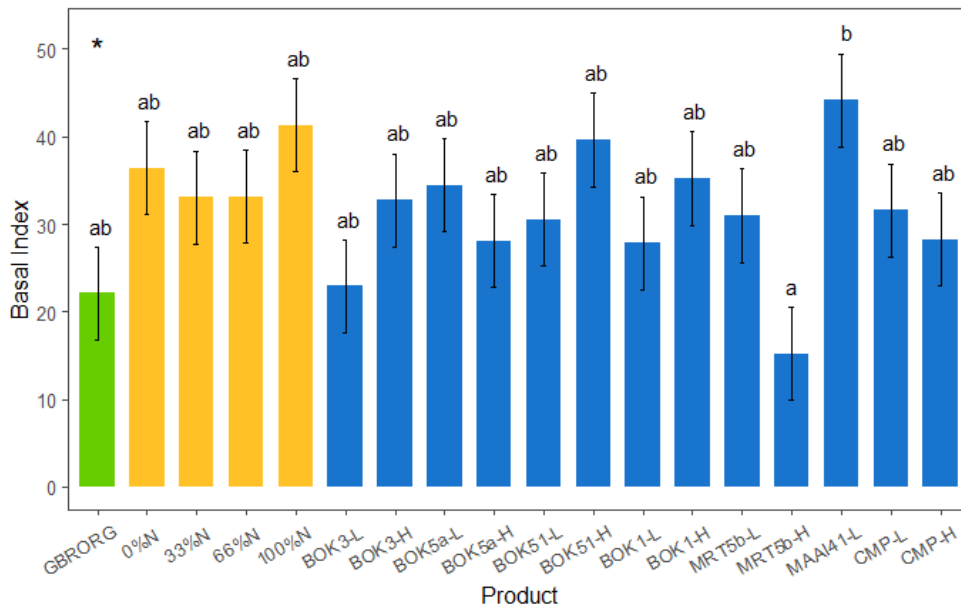
**Figuur 3.13** Effect van toedienen van producten op het aantal dauer-larven (gemiddelde  $\pm$  betrouwbaarheidsinterval;  $n=4$ ).

Er was weliswaar een significant effect van toedienen van de producten op het aantal dauer-larven (aaltjes in ruststadium), maar dit was niet terug te zien tussen de behandelingen (Figuur 3.13). Dit kan een gevolg zijn geweest van de hoge variatie binnen de herhalingen van een behandeling.



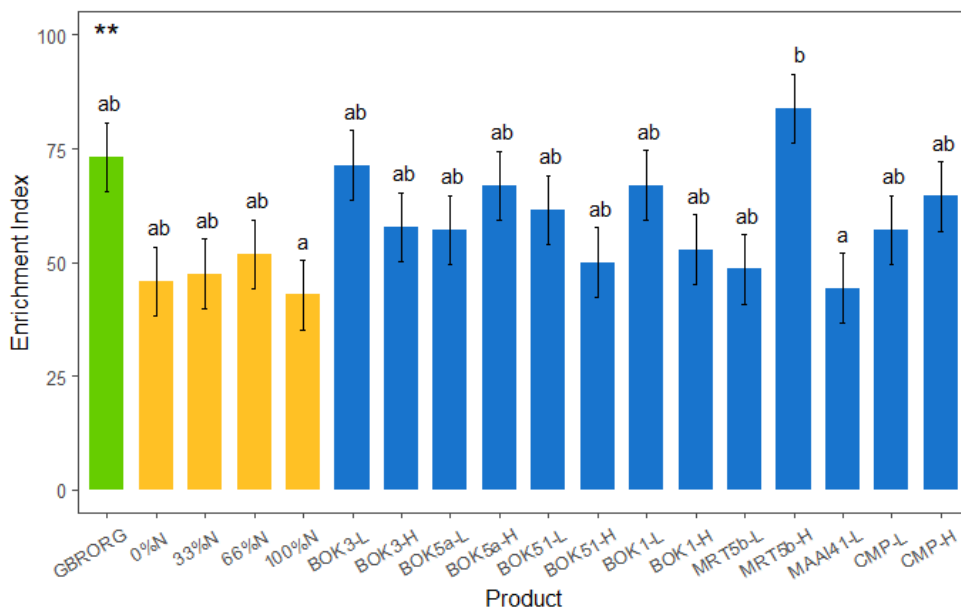
**Figuur 3.14** Effect van toedienen van producten op de Maturity Index (gemiddelde  $\pm$  standaardfout;  $n=4$ ).

Na toedienen van MRT5b-H was de MI laag, terwijl de MI hoog was na toedienen van minerale N en MRT5b-L (Figuur 3.14). Dit is te herleiden naar de eerder besproken verschillen in aantal aaltjes in klasse CP-1.



**Figuur 3.15** Effect van toedienen van producten op de Basal Index (gemiddelde  $\pm$  standaardfout;  $n=4$ ).

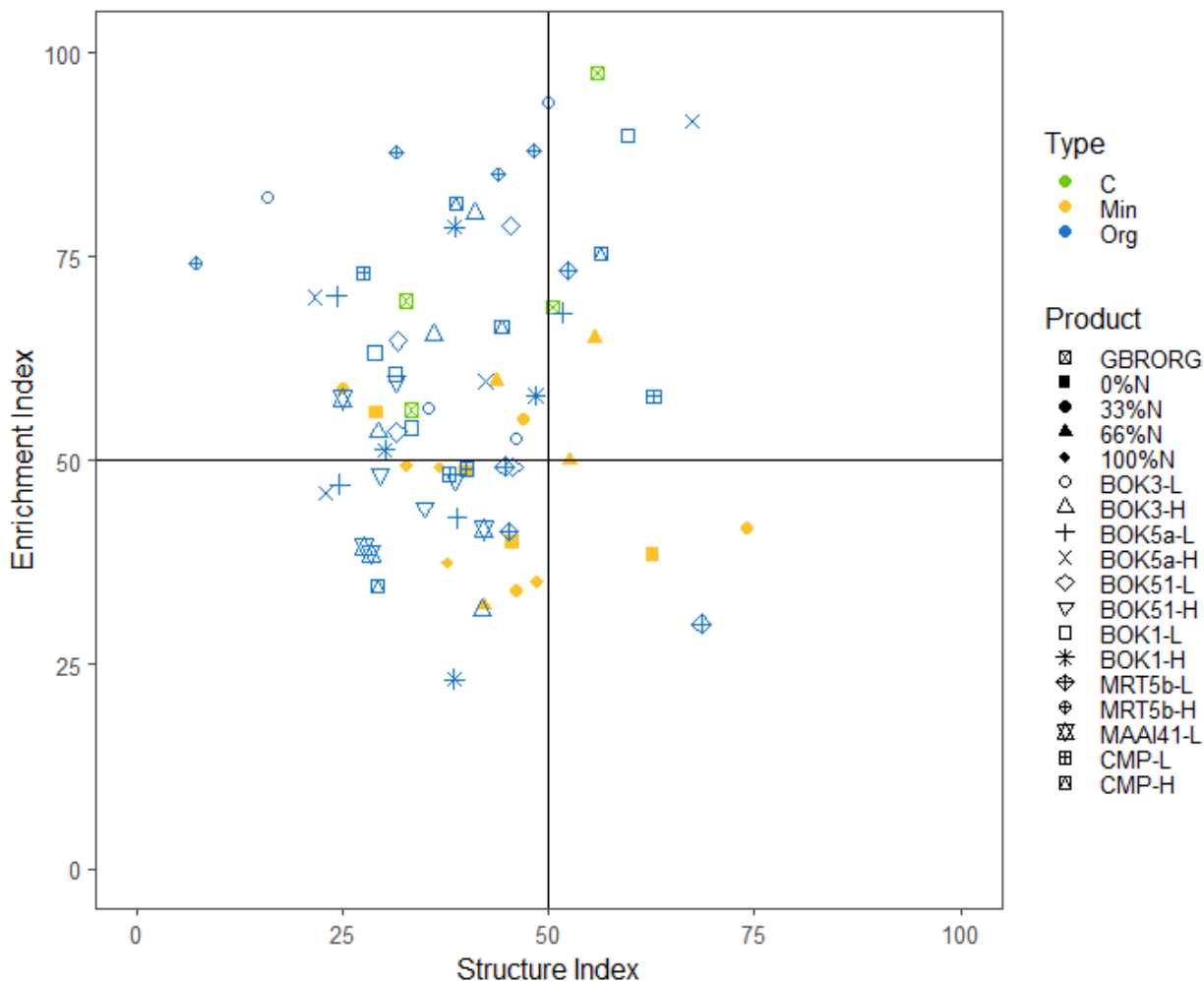
De Basal Index was significant lager na toedienen van MRT5b-H dan na toedienen van MAAI41-L (Figuur 3.15).



**Figuur 3.16** Effect van toedienen van producten op de Enrichment Index (gemiddelde  $\pm$  standaardfout;  $n=4$ ).

De Enrichment Index was juist significant hoger na toedienen van MRT5b-H dan na toedienen van MAAI41-L en 100%N (Figuur 3.16).





**Figuur 3.17** Effect van toedienen van producten op de Enrichment en Structure Index ( $n=4$ ).

In de figuur waar Enrichment Index en de Structure Index tegen elkaar uit worden gezet, valt op dat de meeste punten aan de linkerkant van de figuur liggen, al ligt een deel net in de rechterkant (Figuur 3.17). De linkerkant van de figuur staat voor een verstoord systeem dat gevoelig is voor ziekten en plagen. De linkerbovenhoek staat voor een systeem dat hoog is in N, een lage C/N-verhouding heeft en bacterie-gedomineerd is. Het kwadrant linksonder staat juist voor een verarmd systeem dat uitgeput is, een hoge C/N-verhouding heeft en schimmel-gedomineerd is.

### 3.4.3 Bodemvruchtbaarheid

#### 3.4.3.1 Na de teelt (najaar, T-2)

In onderstaande Tabel 3.8 is het gemiddelde van de drie locaties weergegeven voor een aantal van de bodemvruchtbaarheidsparameters.

**Tabel 3.8** Gemiddelde bodemvruchtbaarheid van de 3 locaties na de teelt van mais, najaar 2021.

Parameter	Eenheid	Lelystad	Hengelo	Vredepeel	Isd	Fprob
Klei	Lutum %	12 c	2 b	1 a	0.2	<0.001
Silt	%	30 c	15 b	8 a	1.2	<0.001
Zand	%	51 a	79 b	86 c	1.2	<0.001
pH	CaCl2 -	7 c	5 a	6 b	0.1	<0.001
C	org Stof %	1.8 a	4.0 c	3.8 b	0.1	<0.001
N-Tot	bvr mgN/kg	855 a	1332 c	1184 b	44.5	<0.001
CN	- -	10 a	17 b	18 c	0.5	<0.001
N	levering kgN/ha	48 b	52 c	43 a	3.0	<0.001
P	PAE mgP/kg	1 a	7 c	6 b	0.3	<0.001
P	Pw mg P2O5/L	29 a	81 b	81 b	2.8	<0.001
P	Pal mg P2O5/100gr	44 a	70 b	75 c	2.1	<0.001
K	PAE mg K/kg	96 c	62 b	53 a	5.0	<0.001
K	Bvr mmol/kg	3 c	2 a	2 b	0.1	<0.001
K-getal		23 c	14 b	13 a	1.0	<0.001
S	totaal mgS/kg	494 b	221 a	217 a	21.2	<0.001
S	levering kg/ha	36 b	6 a	7 a	1.5	<0.001
S	PAE mg/kg	11 b	3 a	3 a	0.5	<0.001
Ca	voorr kg Ca/ha	6481 c	2032 a	3468 b	145.7	<0.001
Mg	PAE mg Mg/kg	39 a	44 b	105 c	3.2	<0.001
Na	PAE mgNa/kg	15 c	6 a	8 b	0.5	<0.001
B	PAE ugB/kg	172 c	90 a	156 b	7.9	<0.001
Cu	PAE ug/kg	21 a	61 c	34 b	5.3	<0.001
Mn	PAE ug/kg	258 a	4898 c	1197 b	368.7	<0.001
Co	PAE ug/kg	2 a	36 b	3 a	6.0	<0.001
Zn	PAE ug/kg	98 a	3390 c	2212 b	292.3	<0.001
kalk	KZK %	5 b	0.3 a	0.3 a	0.1	<0.001
CEC	mmol/kg	112 c	47 a	64 b	44.5	<0.001

Bovenstaande Tabel 3.8 is een overzicht van alle bodemvruchtbaarheidsparameters die door Eurofins zijn bepaald en eventuele significante verschillen tussen de drie locaties en de Fprob (Fprobability: maat voor de significantie).

Wat direct opvalt, is dat locatiekeuze goed is gelukt, met tussen de locaties voor alle parameters significante verschillen. Met name Lelystad is als jonge zeeklei (zavel) locatie behoorlijk verschillend ten opzichte van beide (dek)zandgronden in Hengelo en Vredepeel. Mogelijk in combinatie met het gevoerde management uit dit zich onder andere in een veel lager % organische stof en de meeste bemestingswaarden in Lelystad t.o.v. de andere twee zandlocaties.

Wat verder opvalt, is dat Lelystad, zoals te verwachten, wel veel hogere gehalten heeft aan o.a. K, S, Ca, Na en daaraan gekoppeld CEC dan de beide zandlocaties. Van sommige elementen worden soms afwijkende en onverklaarbare hoge gehalten gemeten, zoals voor Mn en Co in Hengelo en Mg in Vredepeel.

**Tabel 3.9** Effect van de behandelingen op de bodemvruchtbaarheid per locatie na de teelt van mais, najaar 2021.

Parameter			Lelystad		Hengelo		Vredepeel	
			gemiddeld	F pr.	gemiddeld	F pr.	gemiddeld	F pr.
N-Tot	bvr	mgN/kg	854	n.s.	<b>1349</b>	<b>&lt;0.001</b>	1185	<0.10
CN	-	-	10	n.s.	<b>17</b>	<b>&lt;0.01</b>	18	n.s.
N	levering	kgN/ha	48	n.s.	<b>53</b>	<b>&lt;0.001</b>	43	n.s.
P	PAE	mgP/kg	1	n.s.	<b>7</b>	<b>&lt;0.001</b>	6	n.s.
AdviesPw		mg P2O5/L	29	<0.10	<b>80</b>	<b>&lt;0.001</b>	81	n.s.
P	Pal	mg P2O5/100gr	44	n.s.	<b>70</b>	<b>&lt;0.001</b>	75	n.s.
K	PAE	mg K/kg	<b>96</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>61</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>53</b>	<b>&lt;0.001</b>
K	Bvr	mmol/kg	3	n.s.	2	n.s.	2	n.s.
K-getal			<b>23</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>14</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>13</b>	<b>&lt;0.001</b>
S	totaal	mg S/kg	<b>493</b>	<b>&lt;0.05</b>	<b>223</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>218</b>	<b>&lt;0.05</b>
S	levering	kg S/ha	36	n.s.	<b>6</b>	<b>&lt;0.01</b>	7	n.s.
S-PAE		mg/kg	11	n.s.	3	<b>&lt;0.01</b>	3	<b>&lt;0.01</b>
Mg	PAE	mg Mg/kg	<b>38</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>44</b>	<b>&lt;0.01</b>	105	<0.10
Na	PAE	mgNa/kg	15	n.s.	6	<0.10	<b>8</b>	<b>&lt;0.001</b>
B	PAE	ugB/kg	172	n.s.	<b>89</b>	<b>&lt;0.001</b>	155	n.s.
Cu	PAE	ug/kg	21	n.s.	<b>64</b>	<b>&lt;0.001</b>	34	n.s.
Mn	PAE	ug/kg	250	n.s.	<b>5058</b>	<b>&lt;0.001</b>	1216	n.s.
Co	PAE	ug/kg	3	n.s.	<b>39</b>	<b>&lt;0.001</b>	3	n.s.
Zn	PAE	ug/kg	<b>120</b>	<b>&lt;0.05</b>	<b>3524</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>2205</b>	<b>&lt;0.001</b>
pH	NIRS	-	7	n.s.	<b>5</b>	<b>&lt;0.001</b>	6	n.s.
pH	CaCl2	-	7	n.s.	<b>5</b>	<b>&lt;0.001</b>	6	n.s.
kalk	KZK	%	<b>5</b>	<b>&lt;0.01</b>	<b>0</b>	<b>&lt;0.05</b>	0	n.s.
C	org Stof	%	2	n.s.	<b>4</b>	<b>&lt;0.001</b>	4	n.s.
Klei	Lutum	%	12	n.s.	2	n.s.	1	n.s.
CEC		mmol/kg	111	n.s.	48	n.s.	64	n.s.
CEC-Bez.		%	100	n.s.	<b>80</b>	<b>&lt;0.01</b>	98	n.s.
Micr.activiteit		mgN/kg	<b>22</b>	<b>&lt;0.05</b>	32	<0.10	25	n.s.
C/S	ratio	-	18	n.s.	<b>102</b>	<b>&lt;0.01</b>	96	n.s.
Ca	bvr	mmol/kg	119	n.s.	36	n.s.	53	n.s.
Mg-vrd	bvr	mmol/kg	5	<0.10	6	n.s.	8	n.s.
Na-vrd	Bvr	mmol/kg	1	n.s.	0	<0.10	1	n.s.
H-bez		%	0	n.s.	<b>0</b>	<b>&lt;0.001</b>	0	n.s.
Al-bez		%	0	n.s.	<b>3</b>	<b>&lt;0.001</b>	0	n.s.
verkr.bh		-	8	n.s.	10	n.s.	10	n.s.
verslemp		-	3	n.s.	<b>8</b>	<b>&lt;0.001</b>	<b>8</b>	<b>&lt;0.05</b>
micro.bm		mgC/kg	161	n.s.	<b>236</b>	<b>&lt;0.001</b>	74	n.s.
bact.bm		mgC/kg	62	n.s.	<b>67</b>	<b>&lt;0.001</b>	24	<0.10
schim.bm		mgC/kg	57	n.s.	82	<0.01	<b>23</b>	<b>&lt;0.001</b>
Se	PAE	ug Se/kg	3	n.s.	<b>4</b>	<b>&lt;0.001</b>	2	n.s.
Ca-bez		%	92	n.s.	<b>64</b>	<b>&lt;0.001</b>	81	n.s.
Mg-bez		%	5	<0.10	12	n.s.	13	n.s.
K-bez		%	3	n.s.	3	n.s.	3	n.s.
Na-bez		%	1	n.s.	1	<0.10	1	n.s.
schim./bact		-	1	n.s.	1	n.s.	1	n.s.
Ca	PAE	mmol/L	506	n.s.	48	n.s.	150	n.s.
Ca	voorr	kg Ca/ha	6477	n.s.	<b>2017</b>	<b>&lt;0.01</b>	3468	n.s.
C	Org	%	1	<0.10	<b>2</b>	<b>&lt;0.001</b>	2	n.s.
Ca besch		mmol/l	2	n.s.	0	<0.10	1	n.s.
C/OS			0	n.s.	1	n.s.	1	n.s.
Silt		%	30	n.s.	15	n.s.	<b>8</b>	<b>&lt;0.05</b>
Zand		%	51	n.s.	<b>79</b>	<b>&lt;0.01</b>	<b>86</b>	<b>&lt;0.01</b>
Si	PAE	ug/kg	37208	n.s.	7216	n.s.	3484	<0.10
Mo	PAE	ug/kg	5	n.s.	4	n.s.	4	n.s.
Fe	PAE	ug/kg	2122	n.s.	2053	n.s.	2019	n.s.
pF 2.0		%	32	n.s.	<b>25</b>	<b>&lt;0.001</b>		
pF 4.2		%	<b>9</b>	<b>&lt;0.05</b>	<b>5</b>	<b>&lt;0.001</b>		
Ber_dichth[1]			1262	n.s.	<b>1321</b>	<b>&lt;0.001</b>	1333	n.s.

In bovenstaande Tabel 3.9 is een overzicht gemaakt voor alle bodemvruchtbaarheidsparameters die door Eurofins zijn bepaald en bij welke van de parameters er binnen één locatie significante effecten zijn gevonden tussen de maatregelen. De parameters met betrouwbare verschillen tussen de behandelingen ( $F_{pr} < 0.05$ ) zijn vetgedrukt. In Lelystad zien we een significant effect van behandelingen op 8 van 58 verschillende parameters, namelijk K-PAE, K-getal, S-totaal, Mg-PAE, Zn-PAE, KzK, microbiële activiteit en pF4.2. In Hengelo is er op een zeer groot aantal van de parameters (37 van de in totaal 58) een betrouwbaar effect van de behandelingen gemeten. De resultaten voor Vredepeel lijken sterk op die van Lelystad, met in totaal 10 van de 58 parameters waar een significant behandelingseffect werd gevonden, namelijk K-PAE, K-getal, S-totaal, S-PAE, Na-PAE, Zn-PAE, verslemping, schimmelbiomassa en % silt en % zand. In een volgende fase worden de (significante) effecten per maatregel binnen de verschillende locaties verder uitgewerkt en besproken.

In onderstaande Tabel 3.10 is een selectie gemaakt van een aantal parameters (N, P en K) vanwege de relevantie voor de landbouw. Aanvullend laten met name S, Mg en Zn een significant behandelingseffect zien voor de veldproef in Lelystad.

**Tabel 3.10** Effect van maatregelen op de bodemvruchtbaarheid na de teelt van mais, Lelystad, najaar 2021.

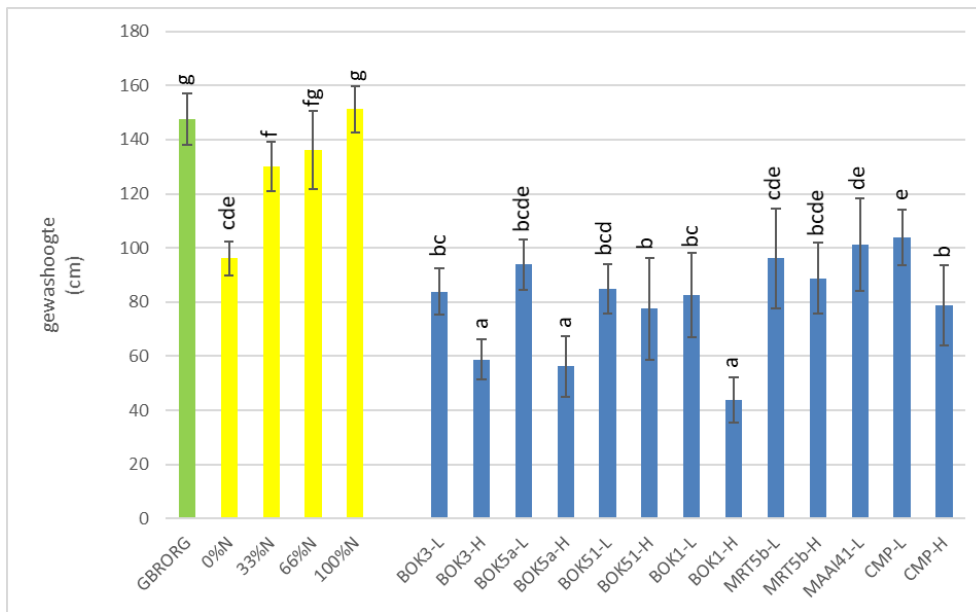
Parameter	N-tot (mg/kg)	P-AL (mg P205/ 100 g)	k-PAE (mg/kg)	S-tot (mg/kg)	Mg-PAE (mg/kg)	Zn-PAE (ug/kg)
GBRORG	890 B	44 abc	85 ab	628 d	39 bcde	100 a
0%N	865 ab	42 a	91 bcde	588 cd	38 bcd	113 a
33%N	770 ab	45 abc	90 bcd	488 abc	37 bcd	118 a
66%N	888 B	44 ab	84 ab	503 bcd	37 abc	103 a
100%N	818 ab	43 a	79 a	528 bcd	34 a	230 b
BOK3-L	833 ab	45 abc	95 def	518 bcd	38 bcd	105 a
BOK3-H	863 ab	44 abc	101 efg	478 abc	39 cde	100 a
BOK5a-L	883 b	44 abc	101 fg	438 ab	38 bcd	135 a
BOK5a-H	918 b	45 abc	119 i	523 bcd	41 ef	105 a
BOK51-L	833 ab	43 ab	97 defg	475 abc	36 ab	133 a
BOK51-H	900 b	45 abc	114 hi	445 ab	40 def	104 a
BOK1-L	820 ab	44 abc	94 cdef	414 ab	37 bcd	100 a
BOK1-H	913 b	43 a	85 abc	473 abc	39 cde	113 a
MRT5b-L	733 a	47 c	101 efg	368 a	39 cde	163 a
MRT5b-H	889 b	47 bc	106 gh	589 cd	41 ef	98 a
MAAI41-L	873 ab	45 abc	100 efg	448 ab	40 def	130 a
CMP-L	795 ab	44 abc	91 bcde	493 abc	38 bcd	103 a
CMP-H	895 b	44 abc	91 bcde	490 abc	42 f	103 a
gemiddeld	854	44	96	493	38	120
Lsd	148.1	3.576	9.608	132	3	66.07
F pr.	n.s.	n.s.	<0.001	<0.05	<0.001	<0.05

Het toepassen van de producten heeft geen significant effect gehad op de totale hoeveelheid stikstof (N-tot) vergeleken met de niet-bemeste controle (0%N). Toepassen van product MRT5b heeft voor beide doseringen geresulteerd in een hogere P-bodemvoorraad in vergelijking met de niet-bemeste controle, maar verschilt niet van het object met de gangbare bemesting. De beschikbare hoeveelheid Kalium (K-PAE) is bij de toepassingen BOK5a-L, BOK5a-H, BOK51-H en MRT5b-H significant hoger dan bij 0%N. Bij de hoogste dosering van de producten BOK5a, MRT5b en CMP neemt de beschikbare hoeveelheid magnesium toe in vergelijking tot 0%N. Bij Zn-PAE viel alleen op dat bij de 100%N-controle een vrij hoge, maar niet te verklaren waarde is gemeten ten opzichte van alle andere behandelingen.

### 3.4.4 Gewasontwikkeling en -productie

#### 3.4.4.1 Gewasontwikkeling Mais in Lelystad

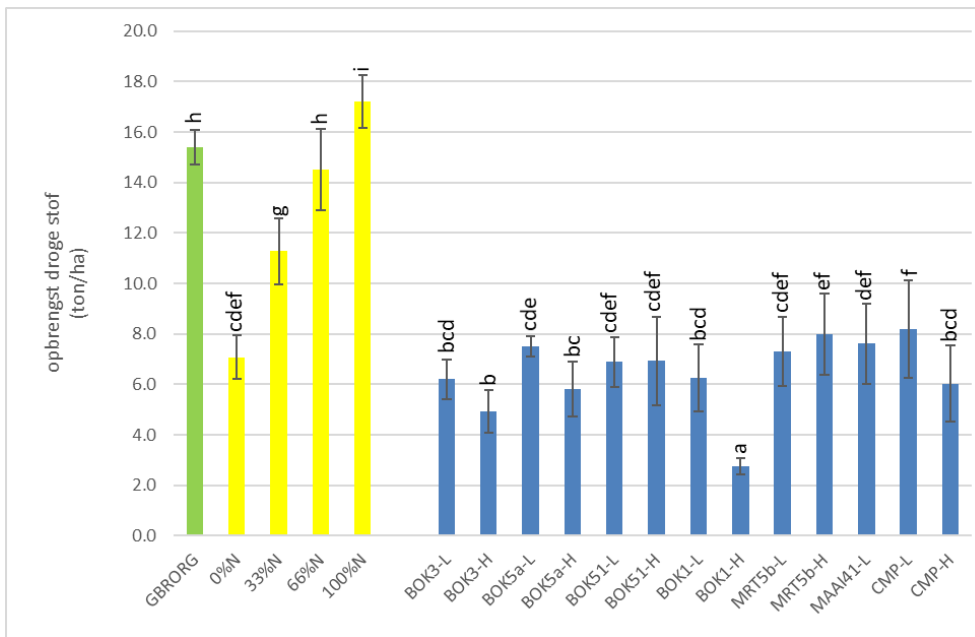
Het toepassen van de producten heeft geen effect gehad op de opkomst en het opkomstpercentage van de mais. In onderstaande Figuur 3.18 is de gemiddelde gewaslengte 50 dagen na zaai weergegeven. De gewaslengte in de referentieobjecten GBRORG en 100%N was, 50 dagen na zaai, circa 150 cm. Bij de kunstmestobjecten was een duidelijk N-doseringseffect te zien. De gewasgroei nam sterk af bij een lagere N-gift. Bij alle organischestof-toepassingen bleef de gewasontwikkeling sterk achter in vergelijking tot de controleobjecten en verschilde voor de meeste objecten niet van de gewaslengte bij het niet-bemeste object (0%N). Bij de hogere doseringen van BOK3, BOK5a, BOK1 en CMP was de gewaslengte 50 dagen na zaai zelfs significant lager dan bij het object zonder bemesting. Dit geeft aan dat de vertering van de aangebrachte organische stof tijdelijk stikstof heeft onttrokken aan de voor de mais vrij opneembare hoeveelheid N, met een lagere gewashoogte als gevolg.



**Figuur 3.18** Effect van de verschillende maatregelen op de gewasontwikkeling (gewashoogte) van mais, Lelystad 22 juli 2021.

### 3.4.4.2 Gewasproductie

In onderstaande Figuur 3.19 is de gemiddelde drogestofopbrengst weergegeven voor de mais in Lelystad.



**Figuur 3.19** Effect van de maatregelen op de drogestofopbrengst van mais, Lelystad 2021.

Op deze locatie is duidelijk te zien dat in de referentie van zowel GBRORG als 100%N een goede maisproductie is behaald van rond de 16 ton/ha. Voor de plots die minder N of organische producten hebben gekregen, werd een significant lagere drogestofproductie van mais gemeten. Voor met name BOK3 en BOK1 bleef de maisproductie nog sterker achter in de hoge doseringen van 50 ton/ha. Dit geeft aan dat hier in ieder geval op de korte termijn sprake is geweest van N-immobilisatie. Het is duidelijk dat het toepassen van de hier geteste organische producten nog geen vergelijkbare maisproductie geven als de gangbare praktijk.

### 3.4.4.3 Inhoud (mineralensamenstelling) geoogst product

Van de referentieobjecten GBRORG, 0%N en 100%N en de bokashi-toepassingen BOK5a en het CMP-object is bij de oogst van de mais ook de mineralensamenstelling van het geoogste product bepaald. In onderstaande Tabel 3.11 staan de belangrijkste mineralen die gemeten zijn. Het hoogste stikstofgehalte werd gemeten bij de gangbare bemesting (GBRORG) en het object met de 100%N-gift. Bij de bokashi, maaisel met toevoegingen en Keurcompost-toepassingen was het N-gehalte significant lager dan bij GBRORG en 100%N en verschilde, met uitzondering van BOK5a-H, niet van het onbemeste object (0%N). Het fosfor-, magnesium-, zink- en ijzergehalte was bij de toepassing met bokashi, de maaisels met toevoegingen of Keurcompost gemiddeld hoger dan bij de referentieobjecten GBRORG en 100%N, waarbij voor fosfor, magnesium en zink de hoogste gehalten werden gemeten bij de hoogste dosering van de producten. Voor kalium werden geen significante verschillen tussen de objecten gemeten.

**Tabel 3.11** Effect van de behandelingen op nutriëntengehalte van mais, Lelystad 2021.

object	N (g/kg ds)	P (g/kg ds)	k (g/kg ds)	S (g/kg ds)	Mg (g/kg ds)	Zn (mg/kg ds)	Fe (mg/kg ds)	Cu (mg/kg ds)
GBRORG	8.7 cd	1.7 b	14 ab	0.8 b	0.8 ab	19 ab	223 a	3.1 c
0%N	6.9 a	1.9 bc	14 ab	0.7 a	0.9 b	22 b	356 bc	2.4 a
100%N	9.2 d	1.5 a	13 a	0.8 c	0.7 a	17 a	180 a	3.2 c
BOK5a-L	7.2 a	2.0 c	15 b	0.7 a	0.9 b	21 b	357 bc	2.5 a
BOK5a-H	8.2 bc	2.5 d	14 ab	0.8 bc	1.2 c	27 c	250 ab	2.8 b
CMP-L	6.9 a	1.9 bc	14 ab	0.7 a	0.9 b	21 b	345 bc	2.5 a
CMP-H	7.5 ab	2.4 d	13 a	0.8 bc	1.2 c	27 c	402 c	2.8 b
gemiddeld	7.8	2.0	13.9	0.76	0.9	21.8	301.8	2.7
Lsd	0.717	0.238	1.108	0.0452	0.16	3.115	109.3	0.161
F pr.	<0.001	<0.001	n.s.	<0.001	<0.001	<0.001	<0.01	<0.001

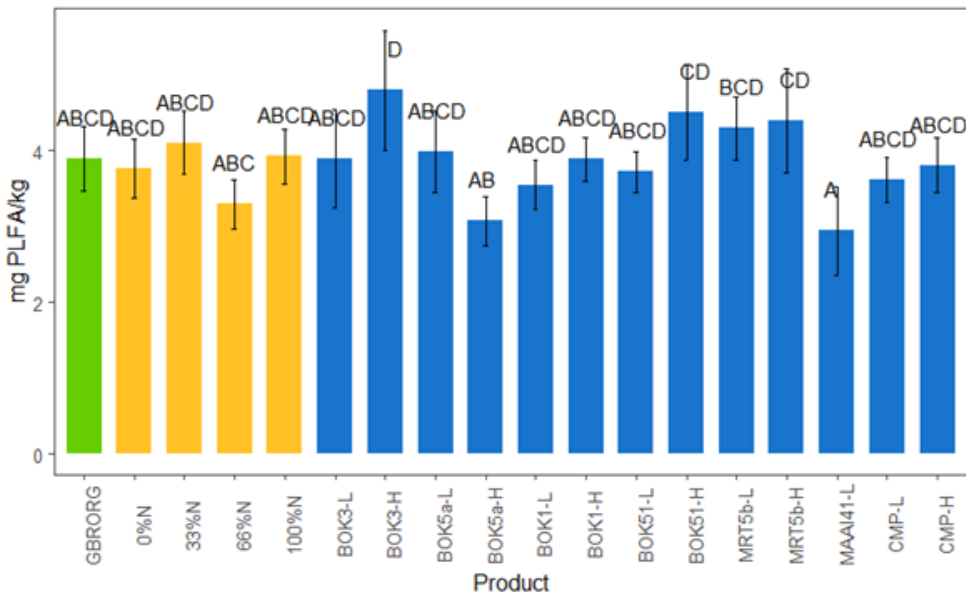
## 3.5 Hengelo (De Marke)

### 3.5.1 PLFA

Op de locatie Hengelo werd bij zes van de negentien verschillende PLFA-parameters een significant verschil gevonden tussen een of enkele van de behandelingen (Tabel 3.12). Hieronder bespreken we de meeste parameters die een significant verschil te zien gaven.

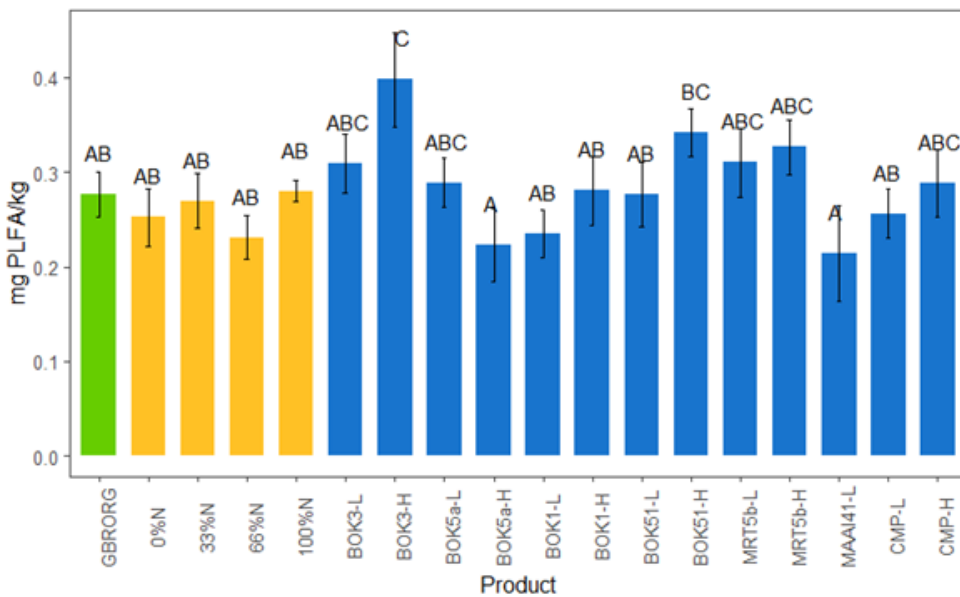
**Tabel 3.12** Statistische resultaten effect product op PLFA-parameters Hengelo.

Variabele	Parameter	Chisq	Df	P
Actinobacteria (mg PLFA/kg grond)	Code	24.83	17	0.10
Bacteriële biomassa C (mg C/ kg grond)	Code	27.01	17	0.06
Bacteriën totaal (mg PLFA/kg grond)	Code	27.01	17	0.06
Diversiteit	Code	22.04	17	0.18
Gramnegatieve bacteriën (mg PLFA/kg grond)	Code	29.01	17	<b>0.03</b>
Grampositieve bacteriën (mg PLFA/kg grond)	Code	22.33	17	0.17
Grampositieve/gramnegatieve bacteriën	Code	10.99	17	0.86
Koolstof/organische stof	Code	21.35	17	0.21
Microbiële biomassa (mg PLFA/kg grond)	Code	26.52	17	0.07
Microbiële biomassa C (mg C/ kg grond)	Code	26.52	17	0.07
Mycorrhiza (mg PLFA/kg grond)	Code	28.06	17	0.04
Organische koolstof (%)	Code	7.87	17	0.97
Organische stof (%)	Code	7.04	17	0.98
pH	Code	7.39	17	0.98
Protozoa (mg PLFA/kg grond)	Code	43.45	17	<b>&lt;0.01</b>
Saprofyten (mg PLFA/kg grond)	Code	45.77	17	<b>&lt;0.01</b>
Schimmel biomassa C (mg C/ kg grond)	Code	39.78	17	<b>&lt;0.01</b>
Schimmels totaal (mg PLFA/kg grond)	Code	43.62	17	<b>&lt;0.01</b>
Schimmels/bacteriën	Code	28.46	17	<b>0.04</b>



**Figuur 3.20** Gemiddelde hoeveelheid PLFA afkomstig van gramnegatieve bacteriën met de verschillende producten.

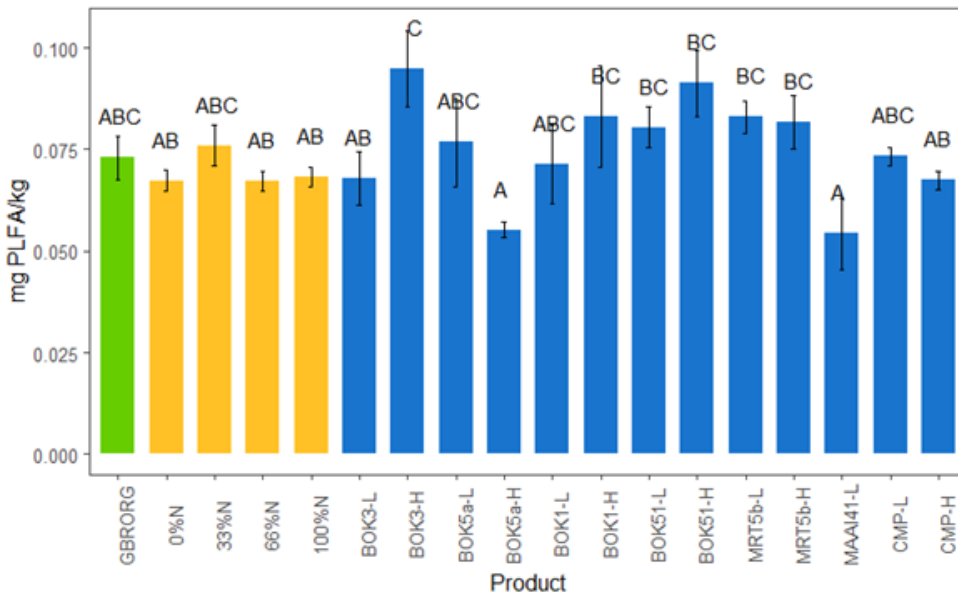
Bij de gramnegatieve bacteriën werden significant hogere waarden gemeten voor de behandelingen BOK3-H, BOK51-H en MRT5b-H in vergelijking tot BOK5a-H en MAAI41-L (Figuur 3.20).



**Figuur 3.21** Gemiddelde hoeveelheid PLFA afkomstig van mycorrhizaschimmels met de verschillende producten.

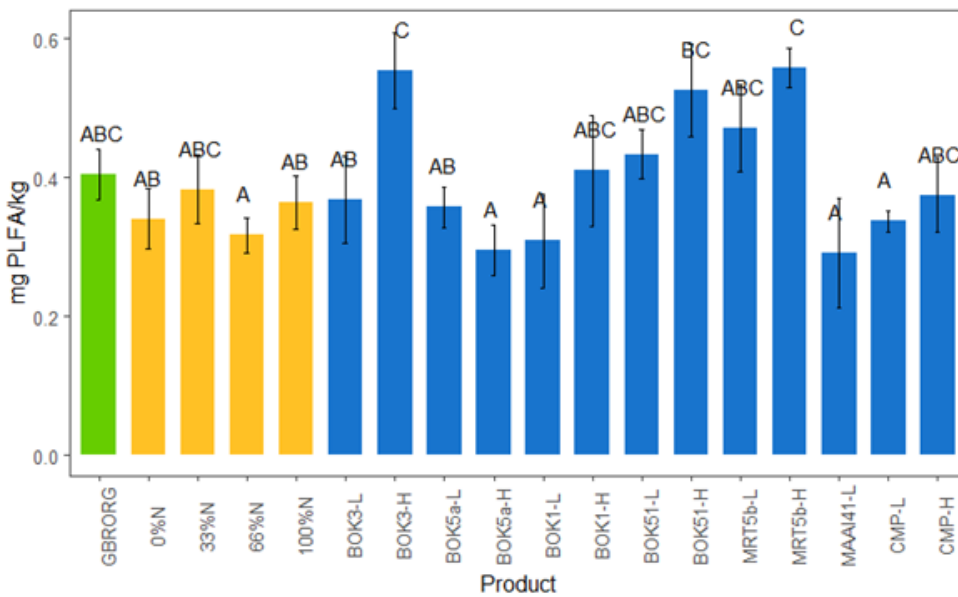
De BOK3-H- en BOK51-H-behandelingen bevatten de grootste hoeveelheid PLFA's afkomstig van mycorrhiza (Figuur 3.21). Behandelingen met BOK5a-H en MAAI41-L bevatten daarentegen de laagste hoeveelheden mycorrhiza.





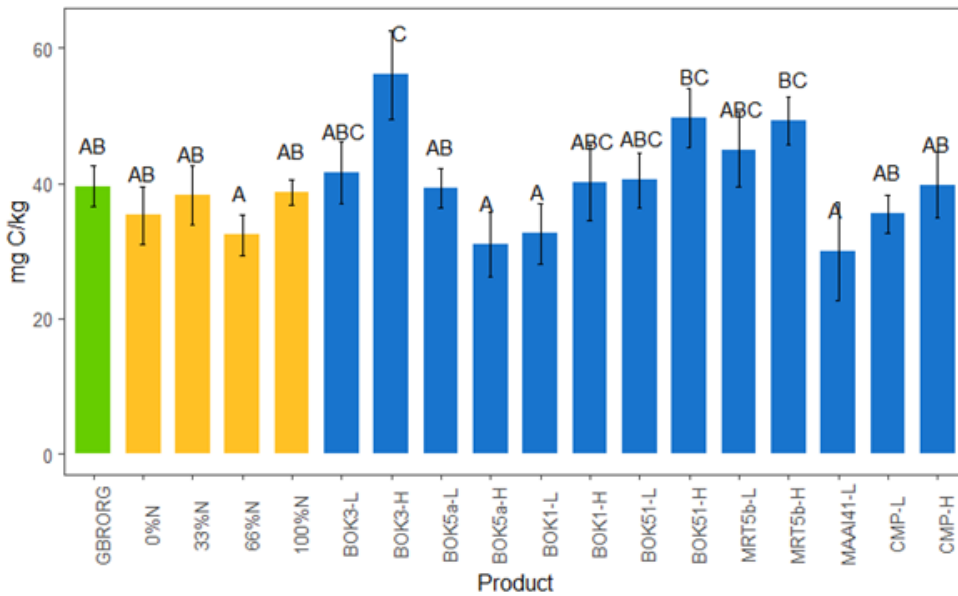
**Figuur 3.22** Gemiddelde hoeveelheid PLFA afkomstig van protozoa met de verschillende producten.

Protozoa waren bijzonder verhoogd in de behandelingen BOK3-H, BOK1-H, BOK51-L, BOK51-H, MRT5b-L en MRT5b-H vergeleken met de BOK5a-H- en MAAI41-L-behandelingen (Figuur 3.22).

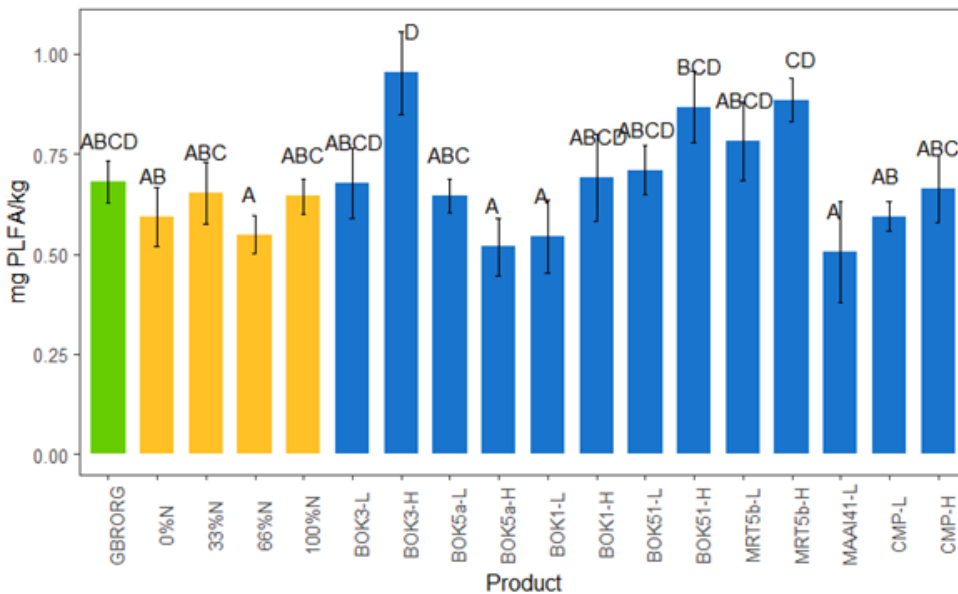


**Figuur 3.23** Gemiddelde hoeveelheid PLFA afkomstig van schimmel saprophyten met de verschillende producten.

Ook het aantal saprophytische schimmels was verhoogd in de behandelingen BOK3-H, BOK51-H en MRT5b-H (Figuur 3.23).

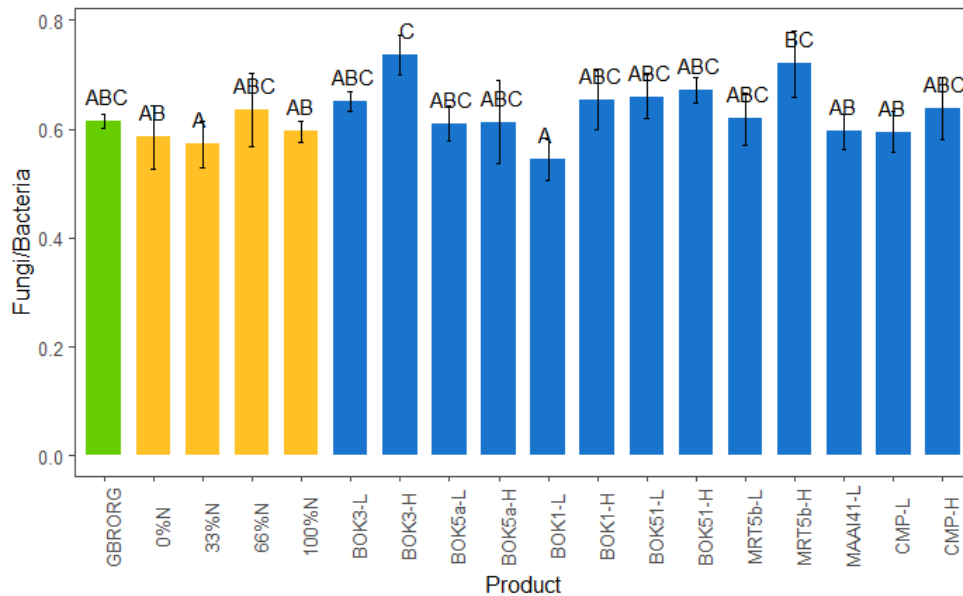


**Figuur 3.24** Gemiddelde hoeveelheid koolstof afkomstig van de schimmelbiomassa met de verschillende producten.



**Figuur 3.25** Gemiddelde hoeveelheid PLFA afkomstig van het totale aantal schimmels met de verschillende producten.

Op de locatie Hengelo (De Marke) was het totale aantal schimmels significant verhoogd bij behandeling met BOK3-H, BOK51-H en MRT5b-H in vergelijking met 33%N, BOK5a-H, BOK1-L en MAAI41-L (Figuur 3.24 en Figuur 3.25).



**Figuur 3.26** Gemiddelde schimmel/bacterie PLFA-verhouding met de verschillende producten.

De hoeveelheid schimmels vergeleken met de hoeveelheid bacteriën was hoger in de BOK3-H- en MRT5b-H-behandelingen in vergelijking met de kunstmestbehandeling 33%N (Figuur 3.26).

### 3.5.2 Milieuaaltjes

Toedienen van de producten had een significant effect op een beperkt aantal parameters: de Maturity Index (MI) en Enrichment Index (EI), het aantal plantenetende aaltjes en het aantal plantenetende aaltjes in PP-klasse 4 (Tabel 14). Het effect van toedienen van de producten op aaltjes uit de klasse CP-1 en PP-3 was net niet significant (Tabel 14). Er was geen significant effect van toedienen van de producten op aantallen bacterie-etters, schimmeleters, predatoren en omnivoren. In de grond werden geen sedentaire endoparasieten (zoals *Meloidogyne*) en semi-endoparasieten (*Rotylenchus* en *Helicotylenchus*) aangetroffen (Tabel 3.13). Van de parameter waarbij geen significant verschil tussen de behandelingen werd gevonden, worden het gemiddelde en het 95%-betrouwbaarheidsinterval getoond in Tabel 3.14.

**Tabel 3.13** Resultaten van de statistische analyse (Anova; Chi-kwadraat met 17 vrijheidsgraden, de overschrijdingskans Pr en de significantie van de toets) van verschillende parameters van milieuaaltjes die zijn bepaald in de veldproef Circulair Terreinbeheer/bokashi in De Marke, 2021.

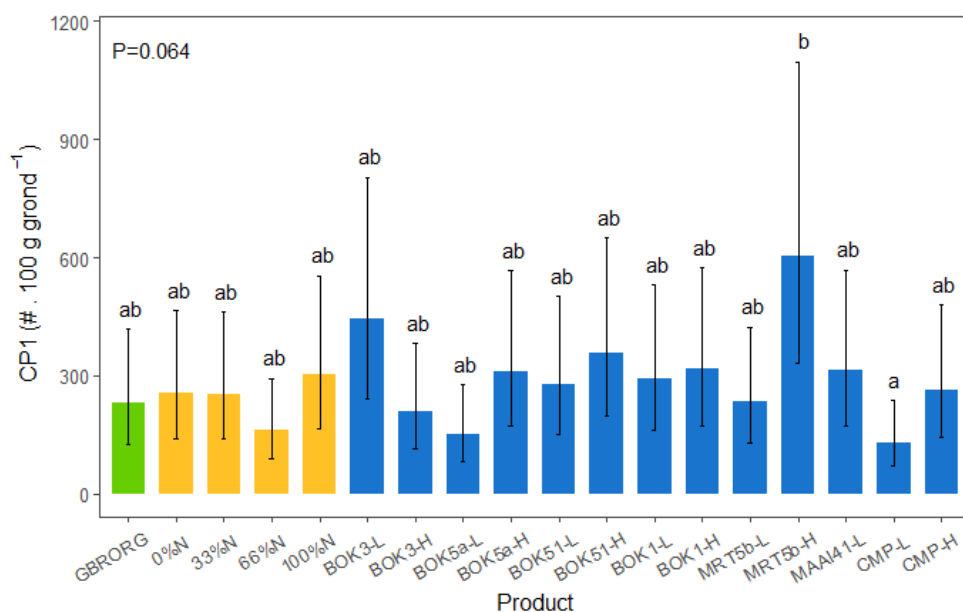
Parameter*	Chisq	Pr(>Chisq)	Significantie
Maturity Index	33.32	0.010	*
Maturity Index 2-5	18.03	0.387	
Plant Parasite Index	10.05	0.902	
Channel Index	19.10	0.323	
Basal Index	14.64	0.621	
Enrichment Index	28.66	0.038	*
Structure Index	14.33	0.643	
Biomassa (mg · 100 g grond <sup>-1</sup> )	17.71	0.407	
Dauer larven (# · 100 g grond <sup>-1</sup> )	10.84	0.865	
Totaal (zonder dauer larven; # · 100 g grond <sup>-1</sup> )	17.63	0.413	
Planteneters	31.50	0.017	*
Schimmeleeters	16.18	0.511	
Bacterie-eters	12.00	0.800	
Predatoren	15.77	0.540	
Omnivoren	19.17	0.319	
Migratoire endoparasieten	19.06	0.325	
Ectoparasieten	15.26	0.577	
Wortelhaarvoeders	11.72	0.817	
CP1-aaltjes	26.63	0.064	.
CP2-aaltjes	13.90	0.674	
CP3-aaltjes	13.91	0.674	
CP4-aaltjes	19.24	0.315	
CP5-aaltjes	19.08	0.324	
PP2-aaltjes	18.50	0.358	
PP3-aaltjes	27.33	0.053	.
PP4-aaltjes	28.87	0.036	*

\* Biomassa was log<sub>10</sub>-getransformeerd om aan de voorwaarde voor Anova te voldoen. Het aantal planteneters en PP3-aaltjes was niet getransformeerd voor analyse met Anova. De andere aantallen waren log<sub>10</sub>(x+1)-getransformeerd. In de grond werden geen sedentaire endoparasieten, semi-endoparasieten en planteneters uit de klasse PP5 aangetroffen.

**Tabel 3.14** Gemiddelde en 95%-betrouwbaarheidsinterval van de parameters van milieuaaltjes die zijn bepaald in de veldproef Circulair Terreinbeheer/bokashi in De Marke, 2021 (n=72). Voor Maturity Index, Enrichment Index, aantal CP1-aaltjes, planteneters, PP3- en PP4-aaltjes wordt verwezen naar de afzonderlijke figuren.

Parameter	Gemiddelde*	Betrouwbaarheidsinterval
Maturity Index 2-5	2.63	2.58 - 2.68
Plant Parasite Index	2.91	2.90 - 2.92
Channel Index	12.98	10.46 - 15.50
Basal Index	16.60	15.10 - 18.11
Structure Index	63.17	60.58 - 65.76
Biomassa (mg · 100 g grond <sup>-1</sup> )	2.71	2.45 - 3.01
Dauer larven (# · 100 g grond <sup>-1</sup> )	425.80	380.33 - 476.69
Totaal (zonder dauer larven; # · 100 g grond <sup>-1</sup> )	1835.96	1672.92 - 2014.87
Schimmeleeters	112.02	92.20 - 136.05
Bacterie-eters	552.82	494.54 - 617.97
Predatoren	24.54	17.85 - 33.60
Omnivoren	81.29	67.48 - 97.88
Sedentaire endoparasieten	0.00	0.00 - 0.00
Migratoire endoparasieten	391.34	335.39 - 456.60
Semi-endoparasieten	0.00	0.00 - 0.00
Ectoparasieten	1204.43	1098.89 - 1320.10
Wortelhaarvoeders	166.86	138.91 - 200.40
CP2-aaltjes	361.24	319.20 - 408.80
CP3-aaltjes	10.11	6.89 - 14.66
CP4-aaltjes	82.28	68.97 - 98.12
CP5-aaltjes	24.58	17.16 - 35.03
PP2-aaltjes	88.02	72.74 - 106.47
PP5-aaltjes	0.00	0.00 - 0.00

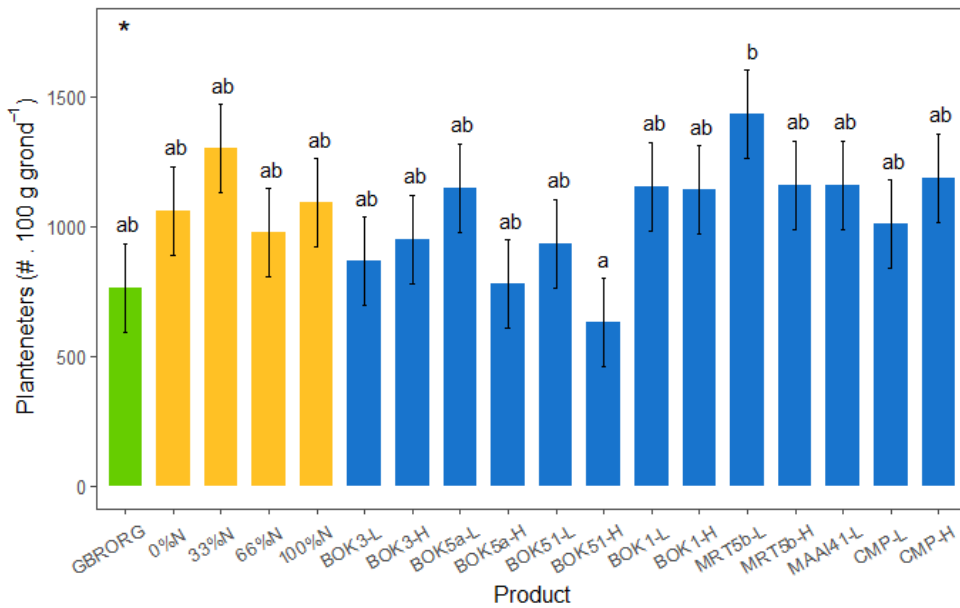
\* Biomassa en aantallen zijn gebaseerd op gemiddelden van log-getransformeerde waarden. De aantallen uit de verschillende groepen komen daarom niet overeen met het berekende totale aantal.



**Figuur 3.27** Effect van toedienen van producten op het aantal aaltjes in CP-klasse 1 (gemiddelde ± betrouwbaarheidsinterval; n=4).

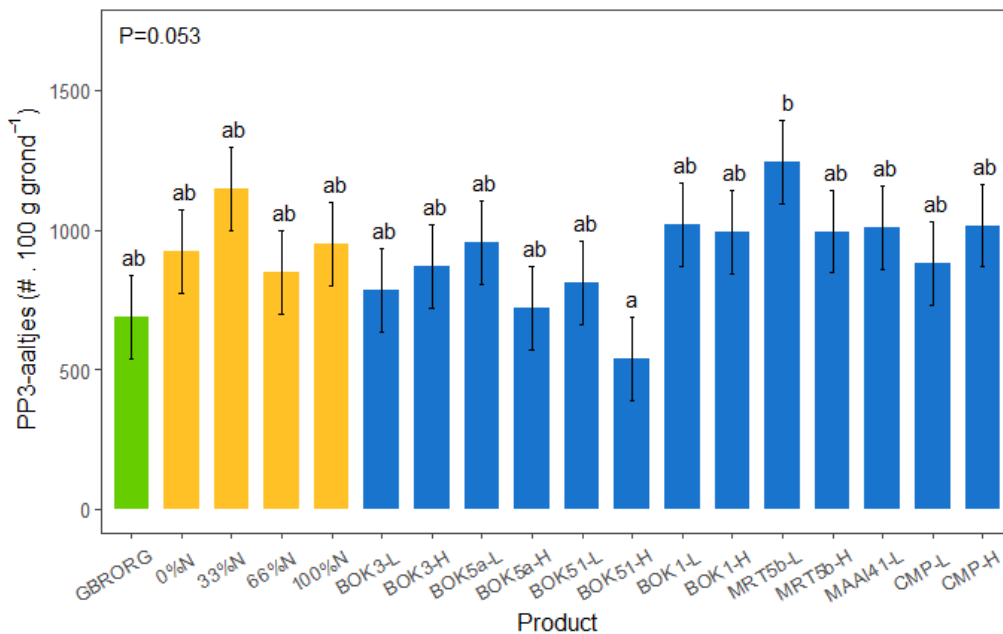
Het aantal CP-1-aaltjes in de grond was significant hoger na toedienen van MRT5b-H dan na toedienen van CMP-L (Figuur 3.27). Deze CP1-aaltjes kunnen snel reageren op veranderingen in voedselaanbod. De

aantallen CP-1-aaltjes na toedienen van de andere organische producten verschilden niet significant van de vier behandelingen met minerale N en de controle.



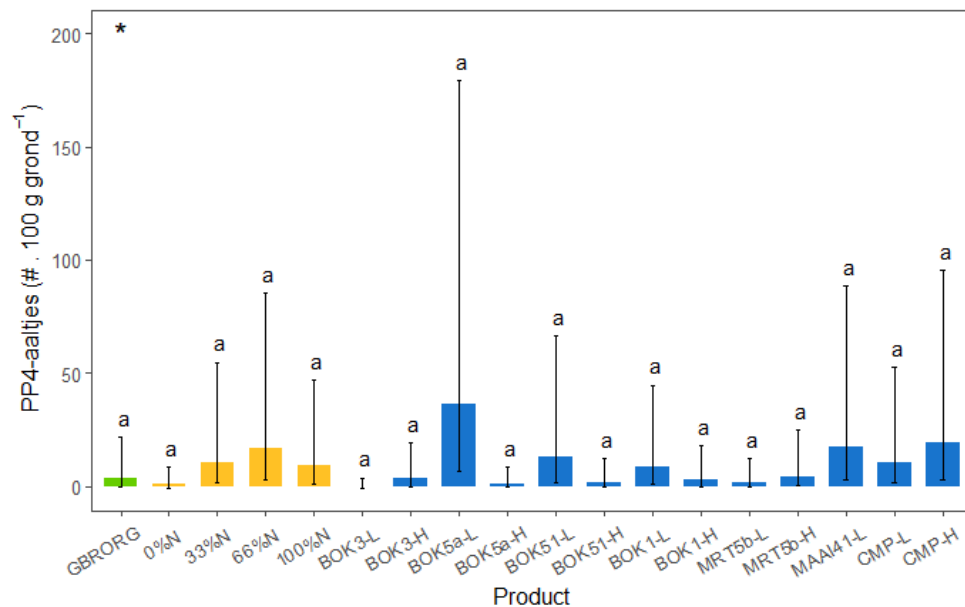
**Figuur 3.28** Effect van toedienen van producten op het aantal plantenetende aaltjes (gemiddelde  $\pm$  standaardfout;  $n=4$ ).

Na toedienen van BOK51-H was het aantal plantenetende aaltjes lager dan na toedienen van MRT5b-L (Figuur 3.28).



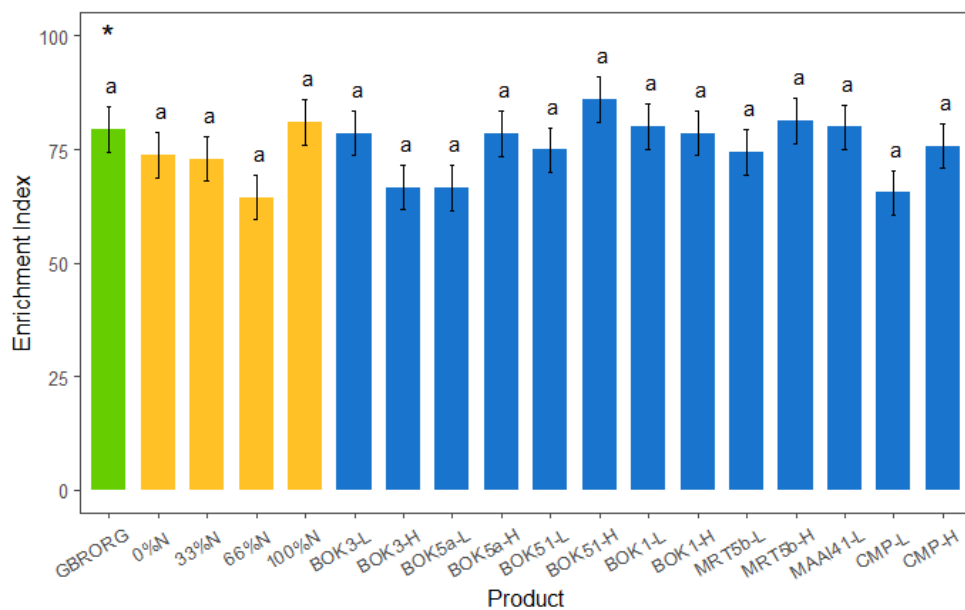
**Figuur 3.29** Effect van toedienen van producten op het aantal plantenetende aaltjes in PP-klasse 3 (gemiddelde  $\pm$  standaardfout;  $n=4$ ).

Ook bij de plantenetende aaltjes uit de klasse PP3 (Dolichodoridae, waaronder *Tylenchorhynchus* en *Pratylenchus*), die het grootste deel van de planteneters vormden, was te zien dat bij BOK51-H het aantal lager lag dan bij MRT5b-L (Figuur 3.29).



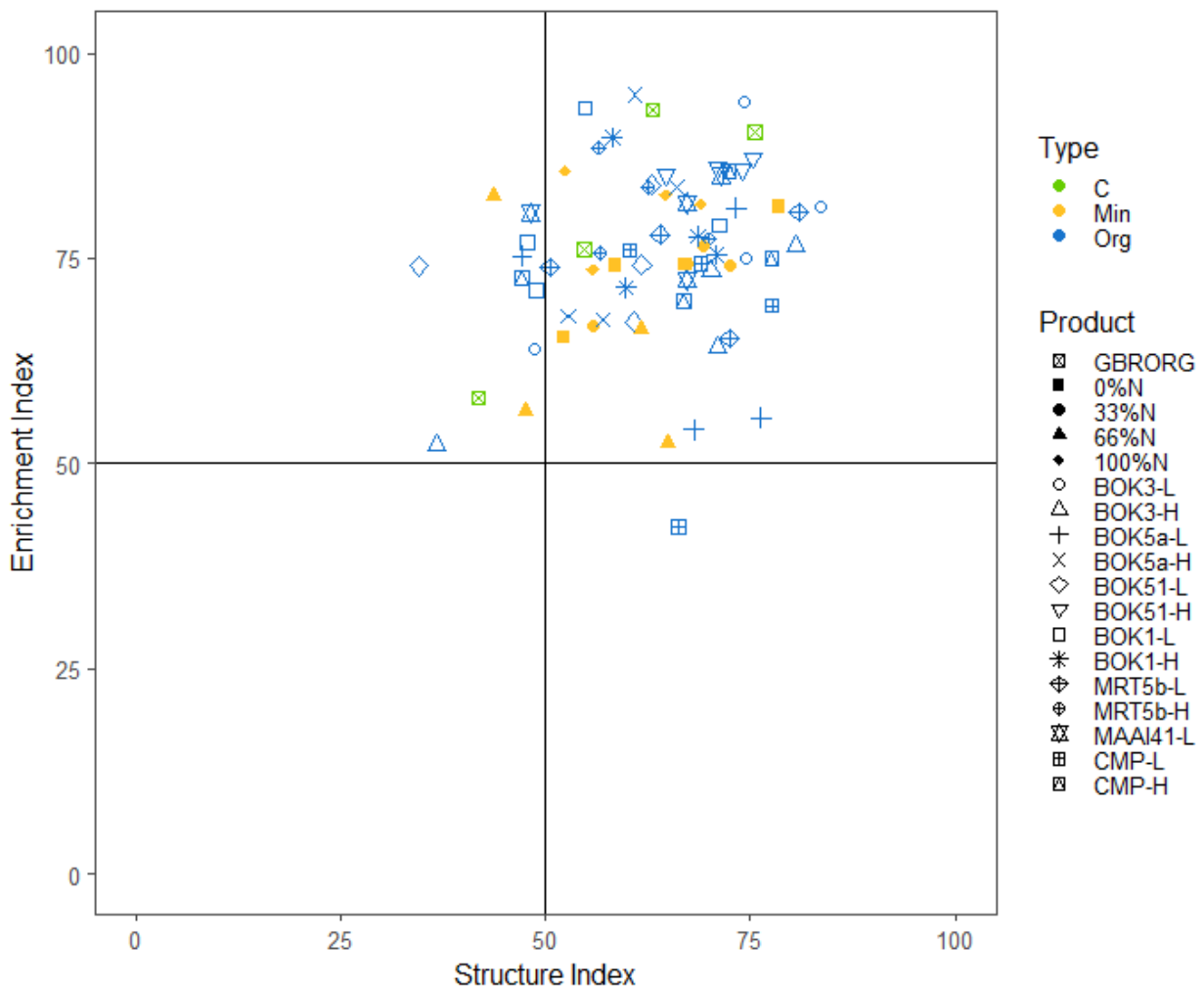
**Figuur 3.30** Effect van toedienen van producten op het aantal aaltjes in PP-klasse 4 (gemiddelde  $\pm$  betrouwbaarheidsinterval;  $n=4$ ).

Het effect van toedienen van de producten op het aantal PP4-aaltjes (trichodoridae) was weliswaar significant, maar er werden geen verschillen tussen de behandelingen aangetoond (Figuur 3.30).



**Figuur 3.31** Effect van toedienen van producten op de Enrichment Index (gemiddelde  $\pm$  standaardfout;  $n=4$ ).

Ondanks dat er een significant effect was van toedienen van de producten, kwam dit niet tot uiting in significante verschillen tussen de behandelingen voor de MI en EI (Figuur 3.31).



**Figuur 3.32** Effect van toedienen van producten op de Enrichment en Structure Index ( $n=4$ ).

Een weergave van de EI en SI in één figuur laat ook geen consistente verschillen tussen de behandelingen zien (Figuur 3.32). De meeste punten vallen in het kwadrant rechtsboven in de figuur, wat staat voor een stabiel systeem dat hoog is in N, een lage C/N-verhouding heeft, bacterie-gedomineerd is en regulerend is voor ziekten en plagen.

### 3.5.3 Bodemvruchtbaarheid

#### 3.5.3.1 Na de teelt (najaar, T-2)

Na de teelt van de mais op locatie Hengelo is de bodemvruchtbaarheid gemeten. In onderstaande Tabel 3.15 wordt voor een aantal belangrijke elementen het effect weergegeven van de producten die zijn toegepast op de bodemvruchtbaarheid.

Met uitzondering van het maaisel (MAAI41-L) werd bij alle toepassingen met bokashi, de maaisels met toevoegingen en Keurcompost een hoger gehalte aan totaalstikstof gemeten in vergelijking met het object met de gangbare bemesting (GBRORG). Voor de bodemvoorraad fosfaat en de plantbeschikbare hoeveelheid kali was het beeld juist omgekeerd en was het gehalte bij de bokashi-toepassingen juist wat lager dan bij het controleobject GBRORG. Voor het maaisel en de toepassing Keurcompost waren de gehalten fosfaat en kali min of meer vergelijkbaar met GBRORG. Ook voor de bodemvoorraad zwavel en plantbeschikbare hoeveelheid zink werden er bij de bokashi-toepassingen gemiddeld genomen hogere gehalten gemeten. Bij Mg-PAE werden alleen bij BOK51 en MRT5B en beide doseringen verhoogde waarden gemeten ten opzichte van de controles en de meeste andere behandelingen.



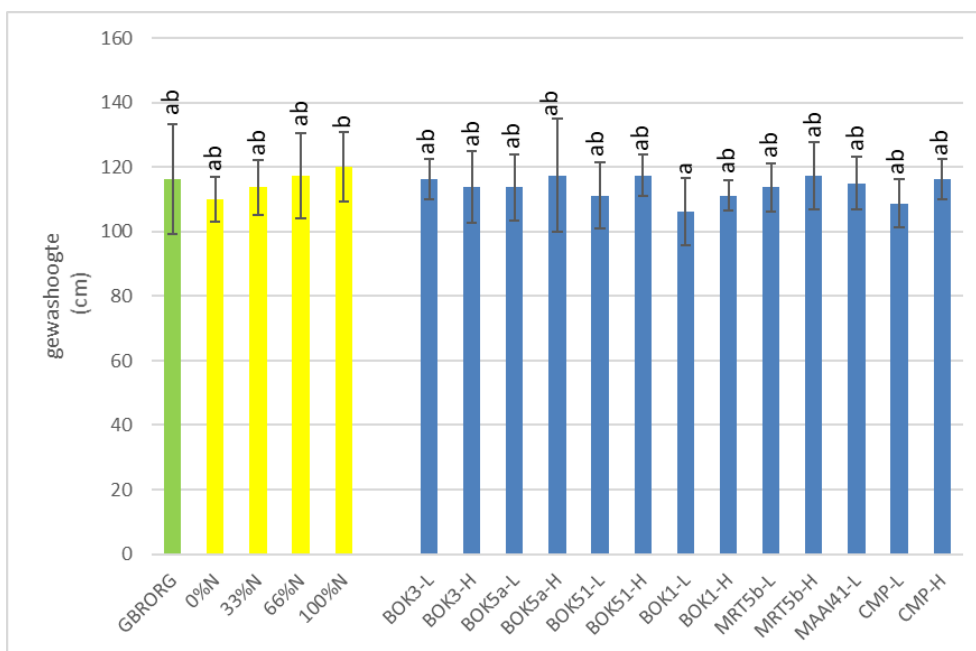
**Tabel 3.15** Effect van maatregelen op de bodemvruchtbaarheid na de teelt van mais, Hengelo, najaar 2021.

Parameter	N-tot (mg/kg)	P-AL (mg P2O5/ 100 g)	k-PAE (mg/kg)	S-tot (mg/kg)	Mg-PAE (mg/kg)	Zn-PAE (ug/kg)
GBRORG	1122 ab	74 ghi	73 cde	195 ab	44 abcd	2007 a
0%N	1217 bcd	75 hi	59 abcd	200 abc	43 abcd	2398 ab
33%N	1130 ab	77 hi	82 e	183 a	43 abcd	2460 ab
66%N	1112 a	78 i	70 bcde	195 ab	48 bcde	2140 a
100%N	1060 a	79 i	73 cde	190 ab	52 e	2780 ab
BOK3-L	1460 fg	68 def	56 abc	243 ef	38 a	4685 cd
BOK3-H	1472 fg	65 cde	44 a	253 f	41 ab	5228 cde
BOK5a-L	1505 g	64 bcd	50 a	237 ef	38 a	5780 e
BOK5a-H	1520 g	58 a	53 ab	245 f	42 abc	5625 e
BOK51-L	1455 fg	68 def	45 a	253 f	48 cde	3192 b
BOK51-H	1382 ef	67 cde	55 abc	210 bc	48 bcde	2800 ab
BOK1-L	1525 g	60 ab	48 a	243 ef	41 ab	5488 de
BOK1-H	1532 g	63 bc	51 a	250 f	42 abc	4442 c
MRT5b-L	1450 fg	73 fgh	59 abcd	235 def	52 e	2240 a
MRT5b-H	1288 de	69 efg	70 bcde	213 bcd	50 de	2408 ab
MAAI41-L	1152 abc	77 hi	75 de	205 abc	43 abcd	2170 a
CMP-L	1252 cd	77 hi	73 cde	190 ab	42 abcd	2618 ab
CMP-H	1288 de	74 ghi	77 de	220 cde	45 abcde	2335 ab
gemiddeld	1348.9375	69.71875	61.015625	222.63125	44.46875	3524.4375
Lsd	101.3	4.792	18.43	24.57	7.627	912.6
F pr.	<0.001	<0.001	<0.001	<0.001	<0.01	<0.001

### 3.5.4 Gewasontwikkeling en -productie

#### 3.5.4.1 Gewasontwikkeling

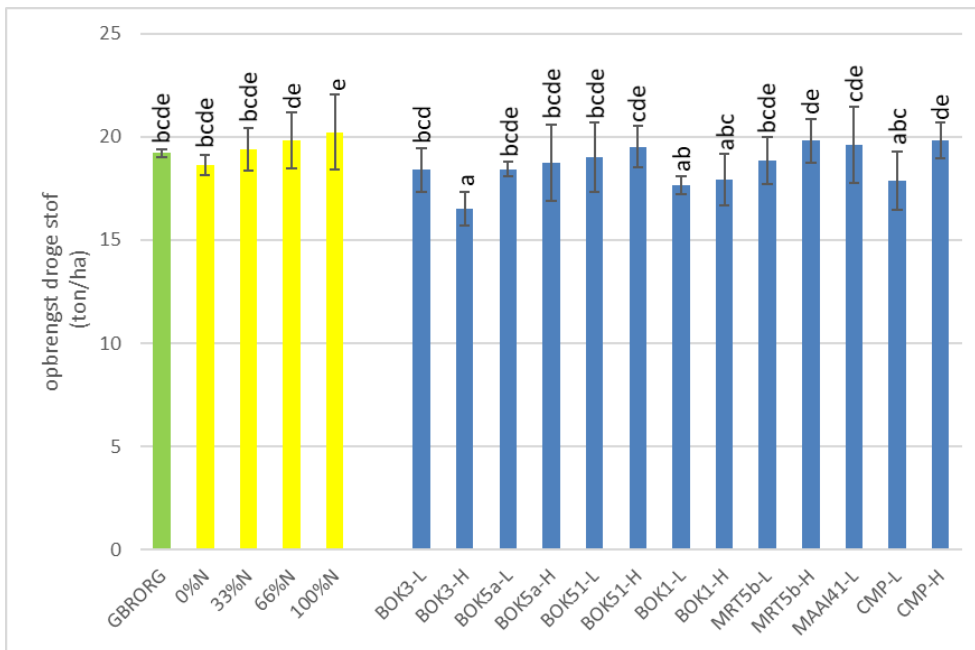
Het toepassen van de verschillende producten heeft geen effect gehad op de opkomst (opkomstpercentage) van de mais op locatie Hengelo. In onderstaande Figuur 3.33 is de gewaslengte weergegeven, gemeten 65 dagen na zaai. De producten hebben geen significant effect gehad op de ontwikkeling van het gewas. De gewaslengte verschilt niet significant van de gewaslengte bij de referentieobjecten GBRORG (gangbare bemesting) en de 100%N-gift, met uitzondering van de bokashi-toepassing BOK1-L, waarbij de gemiddelde gewaslengte significant lager was dan bij het 100%N-object.



**Figuur 3.33** Effect van de maatregelen op gewasontwikkeling van mais, Hengelo 2 juli 2021.

### 3.5.4.2 Gewasproductie

In onderstaande Figuur 3.34 is de gemiddelde droge stof opbrengst van de proef in Hengelo weergegeven.



**Figuur 3.34** Effect van maatregelen op de drogestofopbrengst van mais, Hengelo 2021.

Uit zowel de gewasontwikkeling als de gewasproductie van de mais op Hengelo valt te zien dat er weinig significante verschillen tussen alle objecten werden gevonden. Bij alle organischestof-toevoegingen was een relatief kleine afname in de gewasproductie te zien, waarbij de productieafname voor de meeste producten nog iets sterker was bij de hogere dosering van hetzelfde product. De resultaten van BOK3 wijken iets af van deze trend; dit product gaf de allerlaagste maisproductie bij de hoge dosering die significant lager was dan bij bijna alle andere behandelingen.

### 3.5.4.3 Inhoud (mineralensamenstelling) geoogst product

Van de referentieobjecten GBRORG, 0%N en 100%N en de bokashi-toepassingen BOK5a en het Keurcompost-object CMP is bij de oogst van de mais de mineralensamenstelling van het geoogste product bepaald. In onderstaande Tabel 3.16 staan de belangrijkste mineralen weergegeven die gemeten zijn. Het hoogste stikstofgehalte werd gemeten bij de gangbare bemesting (GBRORG) en het object met de 100%N-gift. Bij de bokashi- en Keurcompost-toepassingen was het N-gehalte iets lager, maar verschilde niet van het 100%N-object. Het fosforgehalte was bij de bokashi- en Keurcompost-toepassingen gemiddeld iets hoger dan bij de referentieobjecten GBRORG en 100%N, maar dit verschil was niet voor alle toepassingen ook betrouwbaar. De toepassingen hebben geen effect gehad op het kaliumgehalte van de mais, met uitzondering van de hoogste dosering BOK5a. Het K-gehalte bij deze toepassing was significant hoger dan bij de andere objecten. Voor de gehalten aan zwavel, magnesium, zink, ijzer en koper werden geen betrouwbare verschillen tussen de objecten gemeten.

**Tabel 3.16** Effect van de behandelingen op nutriëntengehalte van mais, Hengelo 2021.

object	N (g/kg ds)	P (g/kg ds)	k (g/kg ds)	S (g/kg ds)	Mg (g/kg ds)	Zn (mg/kg ds)	Fe (mg/kg ds)	Cu (mg/kg ds)
GBRORG	13.1 b	1.8 ab	8.8 a	1.0 b	1.1 a	36 ab	72 a	2.7 a
0%N	11.7 a	2.0 abc	8.8 a	1.0 ab	1.2 a	31 a	74 a	2.8 ab
100%N	12.6 ab	1.8 a	9.1 a	1.0 ab	1.2 a	42 b	85 a	2.7 a
BOK5a-L	12.0 ab	2.0 abc	9.1 a	1.0 ab	1.2 a	33 ab	81 a	2.8 ab
BOK5a-H	11.4 a	2.1 c	10.7 b	0.9 a	1.2 a	29 a	83 a	3.6 b
CMP-L	11.4 a	2.1 c	8.7 a	0.9 a	1.2 a	30 a	84 a	3.1 ab
CMP-H	12.1 ab	2.0 bc	8.9 a	1.0 ab	1.2 a	30 a	77 a	2.9 ab
gemiddeld	12.0	2.0	9.1	1.0	1.2	33	79	2.9
Lsd	1.246	0.245	1.25	0.078	0.156	10.46	20.42	0.794
F pr.	<0.10	<0.05	<0.05	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

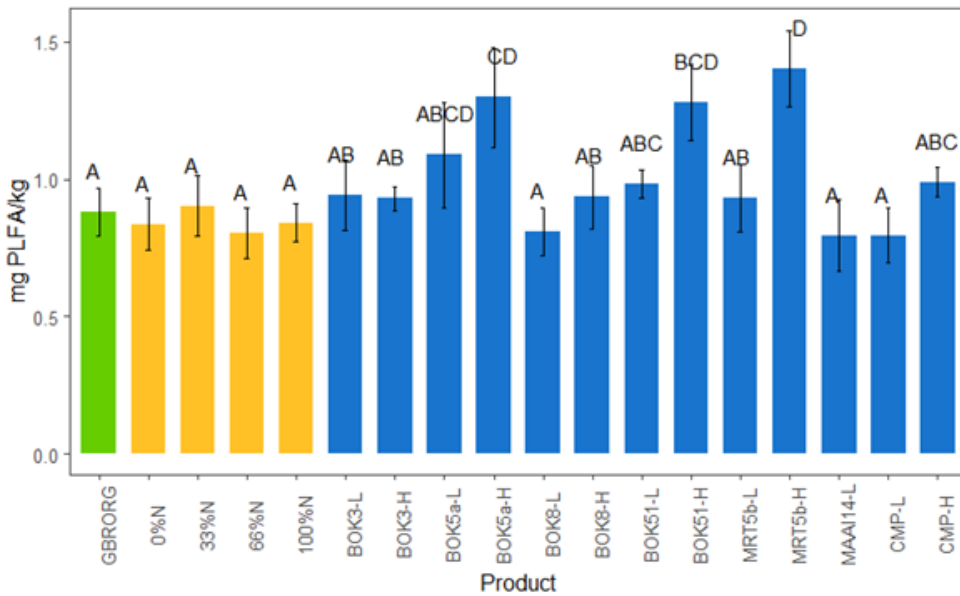
## 3.6 Resultaten Vredepeel

### 3.6.1 PLFA Vredepeel

Op de locatie Vredepeel verschilden maar weinig PLFA-parameters significant tussen de behandelingen (Tabel 3.17). Slechts vier schimmel-gerelateerde metingen waren significant verhoogd in de BOK5a-H-, BOK51-H- en MRT5b-H-behandelingen. Opvallend was dat deze parameters zelfs significant verhoogd waren in vergelijking met de gangbare behandeling (GBRORG).

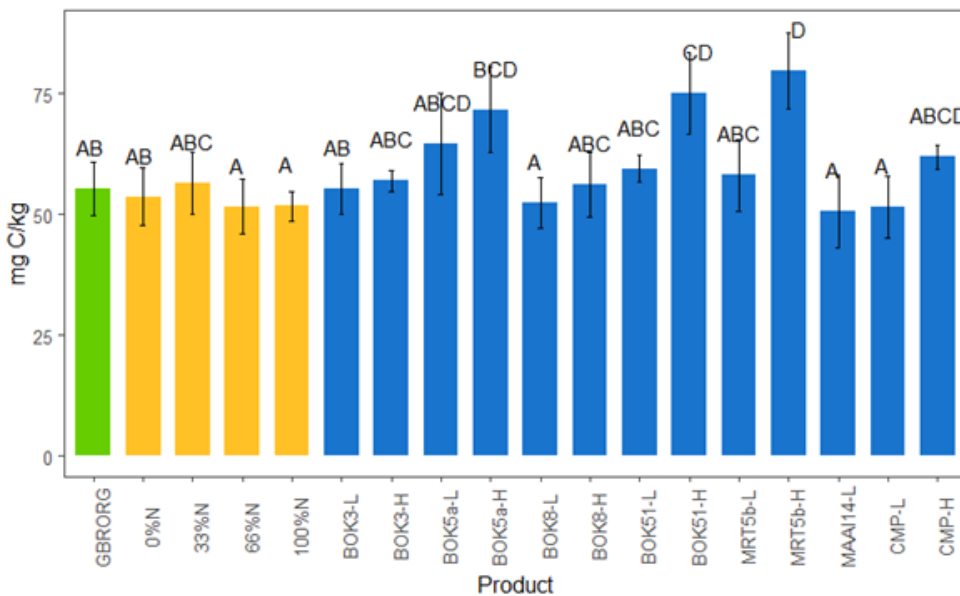
**Tabel 3.17** Statistische resultaten effect product op PLFA-parameters Vredepeel.

Variabele	Parameter	Chisq	Df	P
Actinobacteria (mg PLFA/kg grond)	Code	9.47	17	0.92
Bacteriële biomassa C (mg C/ kg grond)	Code	13.80	17	0.68
Bacteriën totaal (mg PLFA/kg grond)	Code	13.80	17	0.68
Diversiteit	Code	12.07	17	0.80
Gramnegatieve bacteriën (mg PLFA/kg grond)	Code	15.44	17	0.56
Grampositieve bacteriën (mg PLFA/kg grond)	Code	12.02	17	0.80
Grampositieve/Gramnegatieve bacteriën	Code	12.10	17	0.79
Koolstof/organische stof	Code	11.96	17	0.80
Microbiële biomassa (mg PLFA/kg grond)	Code	17.41	17	0.43
Microbiële biomassa C (mg C/ kg grond)	Code	17.41	17	0.43
Mycorrhiza (mg PLFA/kg grond)	Code	21.51	17	0.20
Organische Koolstof (%)	Code	17.64	17	0.41
Organische stof (%)	Code	18.24	17	0.37
pH	Code	25.61	17	0.08
Protozoa (mg PLFA/kg grond)	Code	23.45	17	0.14
Saprophyten (mg PLFA/kg grond)	Code	75.54	17	<0.01
Schimmel biomassa C (mg C/ kg grond)	Code	44.22	17	<0.01
Schimmels totaal (mg PLFA/kg grond)	Code	59.36	17	<0.01
Schimmels/bacteriën	Code	101.01	17	<0.01



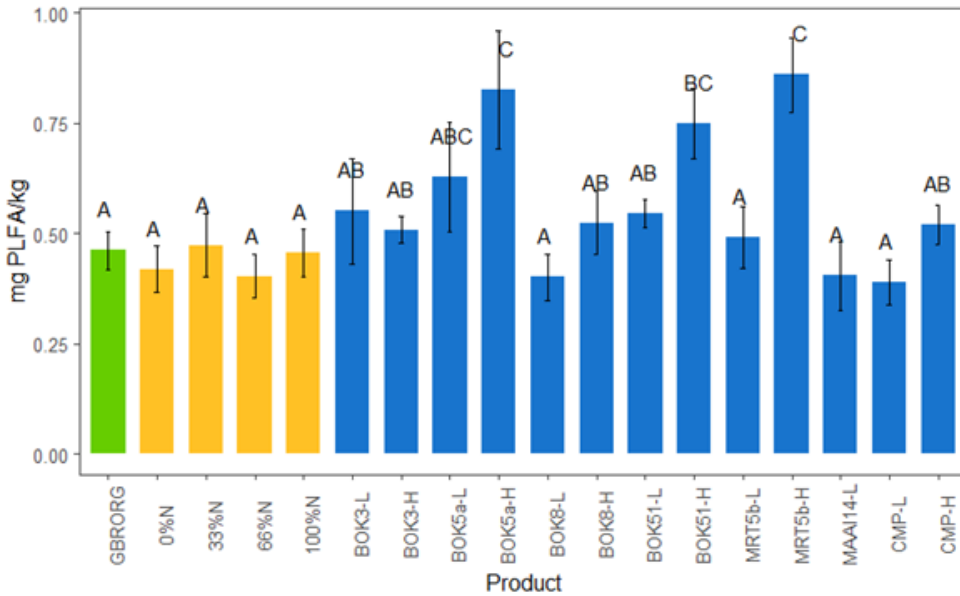
**Figuur 3.35** Gemiddelde hoeveelheid PLFA afkomstig van het totale aantal schimmels met de verschillende producten.

De hoeveelheid PLFA's afkomstig van schimmels was significant hoger met de BOK5a-H-, BOK51-H- en MRT5b-H-behandelingen vergeleken met de kunstmestbehandelingen, GBRORG en een aantal bokashi's en maaisels in lage doseringen (Figuur 3.35).



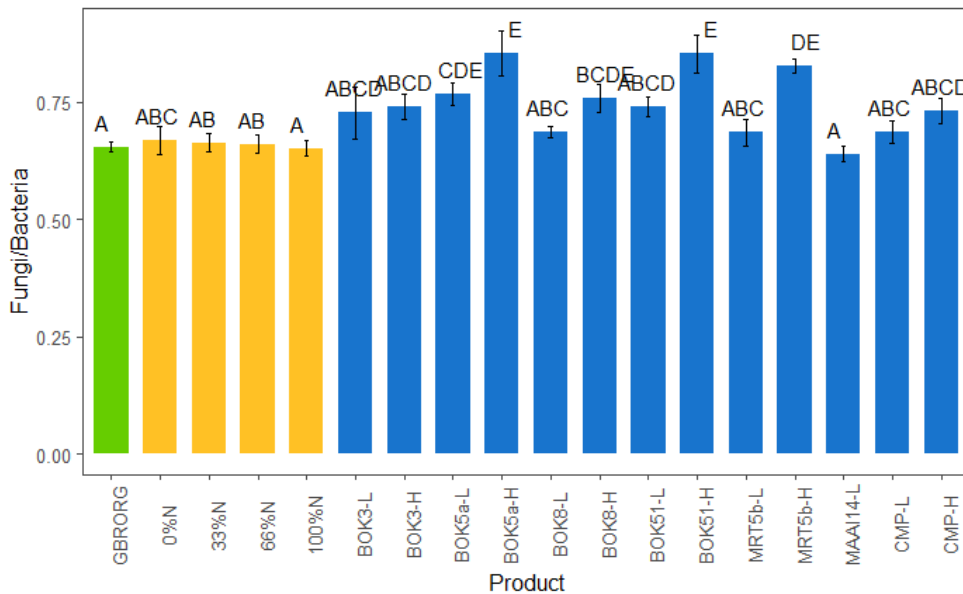
**Figuur 3.36** Gemiddelde hoeveelheid koolstof afkomstig van de schimmelbiomassa met de verschillende producten.

Ondanks iets meer spreiding in de ruwe data gaf de gemiddelde hoeveelheid koolstof afkomstig van de schimmelbiomassa (Figuur 3.36) een vergelijkbaar beeld als bij hoeveelheid PLFA's afkomstig van schimmels (Figuur 3.35).



**Figuur 3.37** Gemiddelde hoeveelheid PLFA afkomstig van schimmelsaprophyten met de verschillende producten.

De gemiddelde hoeveelheid PLFA's afkomstig van saprophytische schimmels was significant hoger met de BOK5a-H-, BOK51-H- en MRT5b-H-behandelingen vergeleken met de kunstmestbehandelingen, GBRORG en een aantal bokashi's en maaisels in lage doseringen (Figuur 3.37).



**Figuur 3.38** Gemiddelde verhouding tussen PLFA's afkomstig van schimmels en bacteriën met de verschillende producten.

De verhouding tussen bacteriën en schimmels was hoger in de behandelingen BOK5a-L, BOK5a-H, BOK8-H, BOK51-H en MRT5b-H vergeleken met de GBRORG, 100%N en MAA114-L (Figuur 3.38).

### 3.6.2 Plant-parasitaire nematoden

Voor de locatie Vredepeel moeten de data m.b.t. de milieuaaltjes nog worden opgeleverd. In een volgend verslag wordt dit meegenomen. Wel zijn de data m.b.t. de plant-parasitaire nematoden (PPN) verwerkt (Tabel 3.18). Het perceel is besmet met verschillende PPN-soorten. De belangrijkste geslachten die werd gevonden, waren nematoden van de geslachten Pratylenchidae (wortellesieaaltjes), Trichodoridae en Meloidogyne (wortelknobbelaaltjes). De Meloidogyne-besmetting was een mengbesmetting van de soorten *M. chitwoodi* (het maiswortelknobbelaaltje) en *M. fallax* (het bedrieglijke maiswortelknobbelaaltje). Van het geslacht Pratylenchidae werden de soorten *P. penetrans* (gewone wortellesieaaltje) en *P. crenatus* (het graanwortellesieaaltje) aangetroffen, in de verhouding van circa 1:6. De Trichodoride-aaltjes konden niet tot op soort worden gedetermineerd.

De producten hebben geen effect gehad op de besmetting met PPN. De besmettingsniveaus waren voor alle drie de geslachten vrij laag en leverden (bij alle objecten) voor mais geen schadelijke begin-dichtheden.

**Tabel 3.18** Besmetting met plant parasitaire nematoden (n/100 ml grond) circa 5 weken na toepassing van de producten, Vredepeel mei 2021.

Object	Meloidogyne	Pratylenchidae	Trichodoridae
Gangbaar	8 a b	184 a b	29 a
zonder bemesting	24 a b	119 a b	53 a
N-33%	26 . b	137 a b	16 a
N-67%	30 . b	49 a .	17 a
N-100%	33 . b	457 . b	64 a
BOK3-L	42 . b	251 a b	46 a
BOK3-H	17 a b	77 a b	87 a
BOK5a-L	24 a b	203 a b	33 a
BOK5a-H	25 a b	248 a b	35 a
BOK51-L	16 a b	112 a b	26 a
BOK51-H	18 a b	203 a b	69 a
BOK8-L	4 a .	66 a b	36 a
BOK8-H	18 a b	114 a b	18 a
MRT5b-L	7 a b	97 a b	53 a
MRT5b-H	13 a b	89 a b	78 a
MAAI14-L	38 . b	93 a b	41 a
CMP-L	27 . b	268 a b	44 a
CMP-H	22 a b	171 a b	22 a
F pr.	0.601	0.883	0.868

### 3.6.3 Bodemvruchtbaarheid

#### 3.6.3.1 Na de teelt (najaar, T-2)

Na de teelt van de mais op Vredepeel is de bodemvruchtbaarheid gemeten (Tabel 3.19). De producten hebben, in vergelijking met de referentieobjecten met kunstmest, geen significant effect gehad op het gehalte van een aantal belangrijke nutriënten. Voor totaalstikstof en bodemvoorraad fosfaat zijn er ook geen significante effecten van de producten. Bij de behandelingen BOK5a-H, BOK51-H en MRT5b-H werd een hoger gehalte aan plant-beschikbare Kali gemeten in vergelijking tot de referentieobjecten. Voor de totale hoeveelheid zwavel en plant-beschikbare hoeveelheid magnesium zijn de verschillen tussen de objecten klein en tussen de meeste objecten ook niet significant. Het laagste gehalte aan plant-beschikbare hoeveelheid zink werd bij het object BOK5a-H gemeten en was betrouwbaar lager dan bij de referentieobjecten.

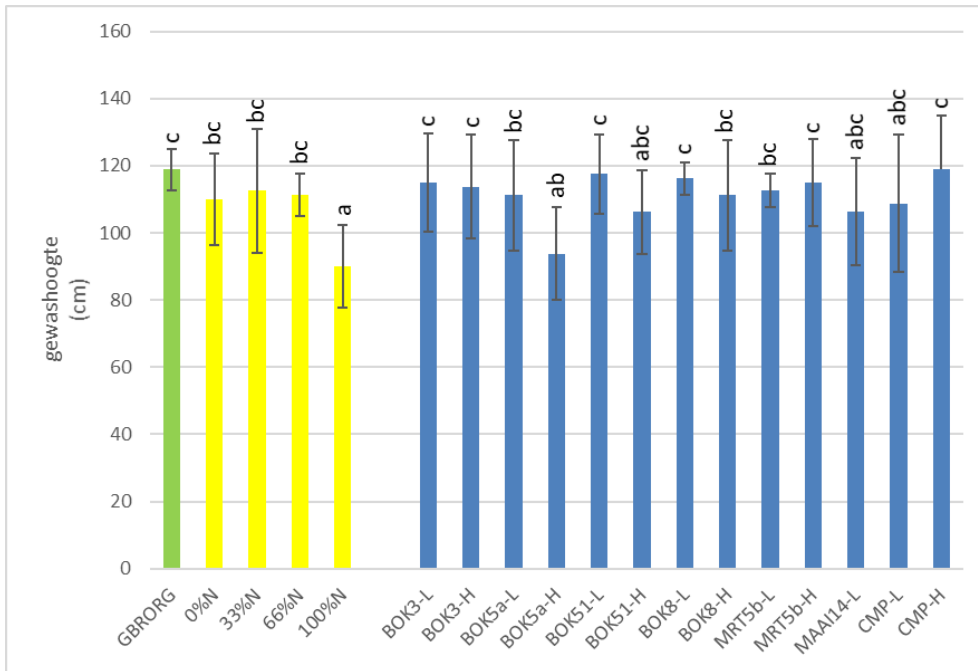
**Tabel 3.19** Bodemvruchtbaarheid na de teelt van mais, Vredepeel 2021.

object	N-tot (mg/kg)	P-AL (mg P2O5/ 100 g)	k-PAE (mg/kg)	S-tot (mg/kg)	Mg-PAE (mg/kg)	Zn-PAE (ug/kg)
GBRORG	1052 a	74 ab	42 ab	198 abc	111 Cde	2325 cde
0%N	1172 abc	76 ab	51 abc	215 bcdef	107 Bcde	2467 ef
33%N	1207 abc	71 ab	47 abc	225 cdef	101 Abc	2262 cde
66%N	1230 bc	76 ab	45 abc	229 def	110 Bcde	2320 cde
100%N	1228 bc	79 b	45 abc	225 cdef	100 Abc	2657 f
BOK3-L	1138 abc	75 ab	54 bc	218 bcdef	108 Bcde	2428 def
BOK3-H	1192 abc	74 ab	50 abc	215 bcdef	104 Abcde	2045 bc
BOK5a-L	1262 bc	81 b	57 c	241 f	118 E	2277 cde
BOK5a-H	1238 bc	73 ab	77 d	230 def	102 Abcd	1715 a
BOK51-L	1130 abc	78 b	52 abc	213 bcde	105 abcde	2090 bc
BOK51-H	1130 abc	72 ab	73 d	183 a	99 abc	1837 ab
BOK8-L	1105 ab	75 ab	41 ab	195 ab	105 abcde	2320 cde
BOK8-H	1192 abc	74 ab	40 a	215 bcdef	91 a	2212 cde
MRT5b-L	1265 bc	73 ab	53 abc	228 def	108 bcde	2225 cde
MRT5b-H	1288 c	79 b	93 e	240 ef	116 de	2015 abc
MAAI14-L	1052 a	67 a	40 ab	208 abcd	95 ab	2125 bcd
CMP-L	1272 c	74 ab	45 abc	228 def	107 bcde	2242 cde
CMP-H	1180 abc	75 ab	50 abc	220 bcdef	101 abc	2125 bcd
gemiddeld	1185	74	52	217	104	2204
Lsd	160.7	10.21	13.6	28.48	14.75	324.7
F pr.	<0.10	n.s.	<0.001	<0.05	<0.10	<0.001

### 3.6.4 Gewasontwikkeling en -productie

#### 3.6.4.1 Gewasontwikkeling

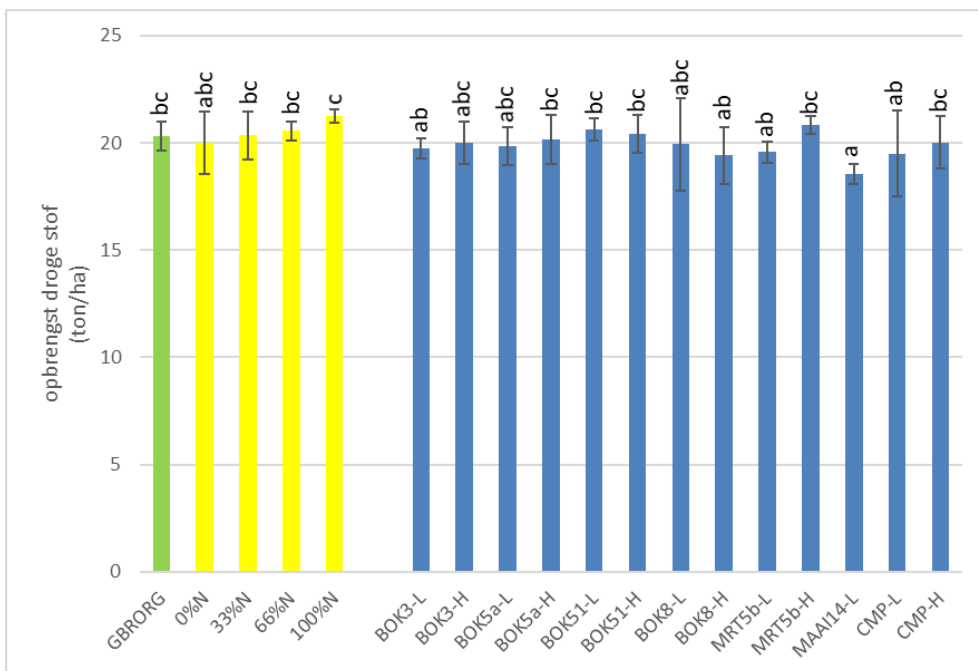
De toepassing met Keurcompost, bokashi en maaisel met toevoegingen hebben geen effect gehad op de opkomst (kiemingspercentage) van de mais op Vredepeel. In onderstaande Figuur 3.39 is de gemiddelde gewas lengte, gemeten op 2 juli, weergegeven. De organischestof-toevoegingen hebben ook geen grote effecten gehad op de gewasontwikkeling. De gemiddelde gewas lengte bij de toepassing met Keurcompost, bokashi en maaisel met toevoegingen verschilde niet van de referentieobjecten (GBRORG en de objecten met kunstmest), met uitzondering van de toepassing van BOK5a-H. De gewas lengte op 2 juli was bij dit object significant lager dan van object GBRORG. Wat verder opvalt, is dat de gewasontwikkeling van het object met de 100%N-gift wat achterblijft bij de andere referentieobjecten. Een verklaring voor deze onverwachte tragere gewasgroei bij object 100%N is niet gevonden.



**Figuur 3.39** Effect van de maatregelen op de gewasontwikkeling van mais, Vredepeel 2 juli 2021.

### 3.6.4.2 Gewasproductie

In onderstaande Figuur 3.40 is de gemiddelde drogestofopbrengst weergegeven voor mais op Vredepeel.



**Figuur 3.40** Effect van de maatregelen op de drogestofopbrengst van mais, Vredepeel 2021.

Uit zowel de gewasontwikkeling als de gewasproductie van de mais op Vredepeel valt te zien dat hier weinig significante verschillen tussen alle objecten werden gevonden. Bij alle producten was een relatief kleine, maar niet significante afname in de gewasproductie te zien, waarbij de productieafname voor de meeste producten kleiner was als gevolg van een hogere dosering. De resultaten van BOK51 en met name BOK8 wijken iets af van deze trend; deze producten gaven juist een iets lagere maisproductie bij de hoge dosering. Het verse maaisel (Maa14-L) gaf de grootste afname in de maisproductie te zien.



### 3.6.4.3 Inhoud (mineralensamenstelling) geogst product

Van de referentieobjecten GBORG, 0%N en 100%N en de bokashi-toepassingen BOK5a en het Keurcompost-object is bij de oogst van de mais de mineralensamenstelling van het geogste product bepaald. In onderstaande Tabel 3.20 staan de belangrijkste mineralen weergegeven die gemeten zijn. Het hoogste stikstofgehalte werd gemeten bij de gangbare bemesting (GBRORG) en het object met de 100%N-gift. Bij de bokashi- en Keurcompost-toepassingen was, met uitzondering van de hoogste dosering van bokashi BOK5a, het N-gehalte betrouwbaar lager dan bij referentieobjecten 100%N en GBRORG. Het fosforgehalte was bij de toepassing met bokashi of Keurcompost gemiddeld iets hoger dan bij de referentieobjecten GBRORG en 100%N, maar dit verschil was niet voor alle toepassingen significant. De toepassing met bokashi of Keurcompost had geen significant effect op het kali-, zwavel-, magnesium-, ijzer- en kopergehalte van de mais. Het zinkgehalte lag bij de toepassing met bokashi of Keurcompost gemiddeld wat lager dan bij de referenten GBRORG en 100%N.

**Tabel 3.20** Effect van de behandelingen op nutriëntengehalte van mais, Vredepeel 2021.

object	N (g/kg ds)	P (g/kg ds)	K (g/kg ds)	S (g/kg ds)	Mg (g/kg ds)	Zn (mg/kg ds)	Fe (mg/kg ds)	Cu (mg/kg ds)
GBRORG	11.8 b	1.7 a	12.3 a	0.9 b	1.2 ab	29 c	72 ab	2.7 a
0%N	10.2 a	2.0 bc	12.5 a	0.8 a	1.2 ab	24 ab	75 ab	3.3 ab
100%N	11.8 b	1.7 ab	12.4 a	0.9 ab	1.2 ab	34 d	77 ab	2.8 a
BOK5a-L	10.2 a	2.0 bc	12.4 a	0.8 a	1.2 ab	24 ab	78 b	3.6 B
BOK5a-H	11.1 ab	2.1 c	12.7 a	0.9 ab	1.3 b	26 bc	75 ab	3.7 B
CMP-L	10.4 a	1.9 abc	12.6 a	0.9 ab	1.3 ab	24 ab	78 b	3.2 ab
CMP-H	10.4 a	2.0 c	11.2 a	0.8 a	1.1 a	22 a	67 a	3.1 ab
gemiddeld	10.8	1.9	12.3	0.9	1.2	26	75	3.2
Lsd	1.195	0.265	1.538	0.0725	0.133	3.638	10.11	0.81
F pr.	<0.05	<0.05	n.s.	n.s.	n.s.	<0.001	n.s.	n.s.

## 3.7 Discussie en conclusies

In 2021 lag de focus van het uitgevoerde onderzoek in de veldproef op het bepalen van de effecten van gebruik van verschillende lokale organische bodemverbeteraars op de microbiële activiteit en gewasproductie. Hier vatten we de belangrijkste bevindingen samen per uitgevoerde analyse. Het betreft het eerste jaar van een meerjarig opgezette veldproef. Onderstaand de bevindingen van het eerste jaar. Bij de opzet van het onderzoek is ervan uitgegaan dat sommige effecten van de toediening van bodemverbeteraars pas optreden na meerjarige toepassing. Hierover zal in vervolgrapportages worden gerapporteerd.

### PLFA

De bokashi's die een makkelijk afbreekbare organische stof toevoegen aan de bodem, hadden vaak een positief effect op de microbiologie, in dit project gemeten met PLFA, in vergelijking met de behandelingen waarbij alleen verschillende hoeveelheden stikstof was toegevoegd. Opvallend was dat de meeste significante verschillen tussen de behandelingen werden gevonden op klei (Lelystad), terwijl het op beide zandlocaties (Hengelo en Vredepeel) om veel minder significante verschillen ging. Het bleek dat beide zandlocaties een hoger N-leverend vermogen hadden dan de kleilocatie. Zo leidde het toedienen van organische stof vaak tot een verhoging van de biomassa aan microben, waarbij dit voor de schimmels (met name bij de saprofytische schimmels en het totaal aantal schimmels) meestal ook significant was. De effecten van de organischestof-toedieningen waren het prominentst voor de hogere doseringen (50 ton/ha) binnen de bokashi's. De effecten van het maaisel (MRT en de compost) waren vaak minder groot en intermediair tussen de bokashi's en de plots waar alleen stikstof aan was toegevoegd. Op dit moment is nog onbekend hoe lang deze verschillen in microbiologisch functioneren en soortensamenstelling aanwezig blijft. Binnen een termijn van één jaar concluderen we op basis van deze data dat de toevoeging van organische stof een positieve werking heeft op het bodemleven. Dit positieve effect is echter niet generiek waargenomen en verschilt tussen producten, dosering en bodemtype en bodemvruchtbaarheid. De stimulatie van de biomassa van de microben, en dan met name ook die bij de schimmels, duidt meestal op een (tijdelijke)

---

verbetering van deze functionele groepen binnen het bodemleven. Of dit effect langer standhoudt dan wel uitdooft, is vooralsnog niet bekend. Mede daarom worden deze metingen ook in 2022 herhaald.

### **Aaltjes**

In vergelijking met de plots die alleen bemest zijn met kunstmeststikstof, leidde het toedienen van producten met organische stof in een aantal gevallen tot significante effecten op parameters binnen de aaltjesgemeenschappen. Dit gold met name voor de Maturity Index (MI), Basal Index (BI) en Enrichment Index (EI) en BOK3 en MRT5B. Daarnaast namen de bacterie-etende aaltjes met een korte generatietijd (klasse CP-1), die ook in staat zijn om ruststadia (dauerlarven) te vormen, meestal toe als gevolg van de extra organische stof. Met name deze groep aaltjes heeft nogal wat soorten die snel reageren op een tijdelijke toename van makkelijk afbreekbaar voedsel dat wordt afgebroken door bacteriën. Deze groep aaltjes begrazen de bacteriën en helpen daarmee de vertering van de organische stof te verbeteren, zodat de inhoudsstoffen opgenomen worden in het hele voedselweb en/of vrijkomen voor de opname door planten. Op de locaties Lelystad en Hengelo gaven de samengestelde figuren waar EI en SI tegen elkaar uit worden gezet aan dat de locaties behoorlijk voedselrijk zijn (nutriënten). Tevens suggereert dit dat de grond ook redelijk verstoord is, waarschijnlijk als gevolg van de regelmatige grondbewerkingen. Het is zeer aannemelijk dat de additionele effecten als gevolg van het toedienen van organische stof of andere aspecten m.b.t. deze veldproeven door de eerdergenoemde verstoringen niet meetbaar zijn geworden. Langetermijnonderzoek kan hierover meer duidelijkheid verschaffen.

### **Bodemvruchtbaarheid**

De bodemvruchtbaarheidsdata tonen dat er significante verschillen zijn tussen de onderzoekslocaties voor een groot aantal bodemparameters. Zo bevat de grond van het proefveld in Lelystad (jonge zeeklei) een veel lager percentage organische stof en veelal lagere waarden voor de meeste bemestingswaarden t.o.v. die van de twee zandlocaties. Wel bevat de bodem in het proefterrein bij Lelystad veel hogere gehalten aan o.a. K, S, Ca, Na en ook een hogere CEC dan de beide zandlocaties. Dit is grotendeels het gevolg van het verschil in moedermateriaal (Lelystad: klei, de overige: zand).

De beschikbaarheid van een aantal sporenelementen (o.a. Co en Mn) maar ook macro-elementen (o.a. Mg) is in de zuurdere zandgronden hoger dan in de kleigrond. Dit is verklaarbaar doordat dit soort elementen bij lagere pH-waarden in toenemende mate beschikbaar is. De veel hogere pH (lagere zuurgraad) van de grond in Lelystad leidt in alle behandelingen tot veel lagere beschikbaarheid van elementen als Mn en Zn t.o.v. die in de bodem van Vredepeel of Hengelo. Locatie Hengelo en zeker Vredepeel zijn behoorlijk 'rijk bemeste' gronden met een sterke N-levering. Op deze locaties kon het bemestingseffect van de verschillende producten daardoor minder makkelijk worden beoordeeld, omdat eventuele gevolgen van de producten gemaskeerd werden door de (hoge)bemestingsuitgangssituatie van deze locaties.

De data van de proef in Lelystad laten zien dat de bemestende waarde van de producten in het eerste jaar na bemesting laag is. Een deel van de producten kent bovendien een relatief hoge C/N-verhouding en het is bekend dat bij producten met een C/N-verhouding van meer dan 30, stikstof wordt vastgelegd door het bodemleven. Deze stikstof is dus (tijdelijk) minder goed beschikbaar voor de planten, wat belemmerend is voor de gewasproductie. Als bron voor direct beschikbaar stikstof in stikstof gelimiteerde systemen, zoals Lelystad, suggereren deze data dat de toegepaste organische producten (m.u.v. dierlijke mest) dus niet of minder geschikt zijn voor de boerenpraktijk. Dit resultaat wil niet zeggen dat het toedienen van de producten op de langere termijn niet gunstig kan zijn voor de bodem als geheel, onder andere door het langzaam vrijkomen van (micro)nutriënten, maar ook door effecten op de bodemstructuur en het bodemleven. Effecten op structuur zijn vooralsnog niet onderzocht, maar lijken op voorhand in de zandgronden minder relevant dan in een kleigrond.

### **Maisproductie**

Op de kleigrond in Lelystad was duidelijk te zien dat in de referenties van zowel gangbare bemesting met runderdrijfmest aangevuld met kunstmest (GBRORG) en het veldje met 100 procent van de stikstofgebruiksnorm, een goede maisproductie was behaald van rond de 16 ton/ha. Voor de plots die minder kunstmest stikstof dan wel 10 of 50 ton van de lokale organische bodemverbeteraars kregen, werd een significant lagere droge stof productie van mais gemeten. Voor met name BOK3 en BOK1 bleef de maisproductie nog sterker achter in de hoge doseringen van 50 ton/ha. Dit geeft aan dat op de kleilocatie in

---

ieder geval op de korte termijn sprake is geweest van N-immobilisatie en dat onder stikstof-limiterende condities de gebruikte organische producten niet in voldoende mate plant-beschikbaar stikstof leveren. Bij gebruik van de hier geteste lokale organische bodemverbeteraars halen agrariërs daarom geen vergelijkbare maisproductie zoals in de gangbare praktijk; dit lijkt vooral een direct stikstofeffect te zijn.

Op de zandlocaties Hengelo en Vredepeel was zowel de gewasontwikkeling als de gewasproductie van de mais vergelijkbaar voor alle objecten. Deze systemen waren bij aanvang van de proef al rijk aan stikstof; de bodemvoorraad was daarmee al voldoende voor het behalen van een normale opbrengst. Verschillen in N-levering door de verschillende producten leidt daarom niet tot extra groei of opbrengst.

In de reguliere landbouwpraktijk zal een boer onder normale omstandigheden niet alleen compost of Bokashi of een andere lokale organische bodemverbeteraar gebruiken als bron van stikstof, maar vooral ook dierlijke mest. De data tonen aan dat onder normale (rijke) omstandigheden deze mestgift bepalend is voor de opbrengst en de meerwaarde van organische producten vooral in effecten op bodemleven en/of structuur gezocht moet worden. Met name onder stikstof-limiterende condities moet voor het vaststellen van een juiste stikstofdosering juist rekening gehouden moeten worden met enige stikstofimmobilisatie in het jaar van toediening, en mogelijk met extra stikstofnalevering in de periode daarna.

---

## 4 Resultaten incubatieproeven

### 4.1 Humificatiecoëfficiënt als maat voor de stabiliteit van organische stof in organische bodemverbeteraars

Het gebruik van organische bodemverbeteraars zoals bokashi, maaisel of compost kan leiden tot aanvoer van organisch materiaal naar de bodem. Het doel van het gebruik van organische bodemverbeteraars is vaak om het bodem-organischestofgehalte op peil te houden of te verhogen. Omdat een substantieel deel van de aangevoerde organische stof door microbiële afbraakprocessen gedurende het jaar weer gemineraliseerd (afgebroken) wordt, is informatie nodig over de stabiliteit of afbreekbaarheid van de verschillende organische bodemverbeteraars.

In veldexperimenten is het echter vrijwel niet mogelijk om van een meststof vast te stellen hoeveel organische stof stabiel is na één jaar (EOS: effectieve organische stof) en hoeveel mineraliseert, omdat de jaarlijkse toename klein is t.o.v. de variatie in de meting van het C-gehalte in de bodem. Daarom wordt EOS vastgesteld via incubatie-experimenten en wordt de afbraak gemeten via het vrijkomen van CO<sub>2</sub>. Uiteindelijk leidt dit tot een schatting van de zgn. humificatiecoëfficiënt (HC).

De HC is het percentage van de organische stof in een product dat één jaar na toediening aan de bodem nog aanwezig is (Kortleven, 1963; Janssen & Reuler, 1986). De humificatiecoëfficiënt wordt in Nederland en Duitsland (VDLUFa, 2014; CBAV, 2019) in bemestingsadviezen gebruikt voor het opstellen van een organischestofbalans. Daarnaast wordt het in enkele modellen toegepast als invoerparameter om organische meststoffen te kwalificeren: het AMG-model (Clivot et al., 2019) en in RothC (Dechow et al., 2019). Deze en andere modellen worden ook gebruikt om in te schatten in hoeverre het gebruik van deze meststoffen leidt tot een verhoging van het organischestofgehalte van de bodem zelf.

Het uitvoeren van incubatieproeven voor het vaststellen van de afbraak van toegevoegde organische stof is een methode die door veel onderzoekers wordt gebruikt (Groenigen & Zwart, 2007; Lashermes et al., 2009; Jäger et al., 2013; Cotrufo et al., 2015; Mewes, 2017; Mondini et al., 2017). Het voordeel van incubatieproeven is dat een groot aantal producten gelijktijdig onder dezelfde omstandigheden kan worden getoetst in een relatief korte periode. In de incubatie-experimenten wordt de lokale organische bodemverbeteraar gemengd met een standaardgrond en wordt de gasvormige emissie van CO<sub>2</sub> bepaald ten opzichte van die uit de standaardgrond zonder de bodemverbeteraar. De CO<sub>2</sub>-emissie wordt minimaal twaalf keer gemeten gedurende een periode van drie maanden (Van Groenigen en Zwart; 2007). De daaruit berekende HC is dan de fractie van de toegevoegde organische C die één jaar na toediening nog in de bodem aanwezig is. Om de HC te berekenen, worden de laboratoriummetingen met een model gefit en de data geëxtrapolleerd naar de termijn van één jaar bij een standaardbodemtemperatuur (vaak de gemiddelde temperatuur in Nederland).

In het hier beschreven experiment zijn gelijktijdig aan de CO<sub>2</sub>-metingen ook lachgasmetingen (N<sub>2</sub>O) uitgevoerd. Hierbij moet worden opgemerkt dat de proef is geoptimaliseerd naar afbraak van organische stof. Dat wil zeggen dat de grondmonsters goed doorlucht en niet te nat zijn. Dit zal de productie van lachgas waarschijnlijk beperkt hebben, omdat de hoogste productie van lachgas plaatsvindt onder zuurstofarme omstandigheden, wat in het veld voor kan komen wanneer het veel heeft geregend.

### 4.2 Doelstelling

In tegenstelling tot goed onderzochte producten als compost geproduceerd bij de grote (landelijke opererende) composteerders, is er over bokashi en de maaisels met overige bewerkingen (compost-O, CMC-compost, 'compost-light') veel minder bekend als het gaat om de afbraaksnelheid van de organische stof. Zo

wijkt het proces van het maken van bokashi (onder anaerobe condities) procesmatig sterk af van dat van compostering op industriële schaal (onder aerobe condities). Mede daarom zijn gegevens van de HC voor compost niet toepasbaar om de langetermijneffecten van het gebruik van bokashi op het organischestofgehalte in de bodem te bepalen. Een van de aannames m.b.t. bokashi is dat er een groter aandeel labiele organische stof aanwezig is nadat het proces van fermentatie is beëindigd. In welke mate dat de HC van het product beïnvloedt, is niet bekend.

Doel van dit experiment is daarom van een aantal typen bokashi de HC te bepalen. Dit betreft de bokashi die ook in het veldexperiment bij de proefbedrijven is gebruikt (noot: de kleigrond van de veldproef in Lelystad is niet gebruikt voor de incubatieproef omdat deze kalk bevat. Omdat kalk de gasmetingen (CO<sub>2</sub>) kan beïnvloeden, is gebruikgemaakt van een kalkloze klei uit gemeente Overbetuwe). Daarnaast worden ook één maaisel en de aangewende groencompost meegenomen in de analyse. Deze dienen als een benchmark en de resultaten kunnen ook vergeleken worden met eerder uitgevoerd onderzoek naar beide vormen van bodemverbeteraars.

## 4.3 Materiaal en Methodes

### 4.3.1 Grond en bodemverbeteraars

De afbreekbaarheid van organische stof van verschillende soorten lokale organische bodemverbeteraars is bepaald middels een incubatie-experiment. Voor het incubatie-experiment zijn twee zandgronden en een kleigrond verzameld in mei 2021. De zandgronden zijn afkomstig van proefbedrijven de Marke en Vredepeel, uit dezelfde percelen als waar de veldproeven zijn uitgevoerd. De kleigrond van de veldproef in Lelystad is niet gebruikt voor de incubatieproef omdat die rijk is aan kalk, en kalk kan storen met de gasanalyse van CO<sub>2</sub>. Daarom is er gebruikgemaakt van een kalkloze klei uit de gemeente Overbetuwe die voor dergelijke experimenten op voorraad wordt gehouden ('Lange Bos'; bemonsterd op 24 nov. 2020).

De gronden zijn vervolgens gehomogeniseerd, gezeefd (2 mm) en bewaard in een koelcel bij 4°C.

Tabel 4.1 geeft een aantal relevante bodemkarakteristieken weer. Daarnaast zijn ook de monsters van bokashi, maaisel, een maaisel met overige bewerkingen en een monster Keurcompost geanalyseerd. Een deel van het monster is daarbij door Eurofins Agro geanalyseerd op algemene landbouwkundige eigenschappen (deels vermeld in Tabel 2) alsook contaminanten.

Aanvullend is door het Chemisch Biologisch Laboratorium Bodem van Wageningen Universiteit (CBLB) (Tabel 4.2, gemarkeerd met `\*') een analyse gedaan voor het specifieke monster dat uiteindelijk in de incubatieproeven is meegenomen. Dit betreft een analyse van organische stof, organisch koolstof en percentage droge stof.

Aanvullend is het vochtgehalte gravimetrisch bepaald door grond toe te voegen aan een 100ml-ring en deze te wegen voor én nadat de grond voor minimaal 24 uur is gedroogd op 105°C.

**Tabel 4.1** Analyse van de bodems die gebruikt zijn in de incubatieproef.

	<b>Zandgrond 1 Vredepeel</b>	<b>Zandgrond 2 De Marke</b>	<b>Kalkloze kleigrond Overbetuwe</b>
N totaal (kg N ha <sup>-1</sup> )	3620	4490	1810
C/N-ratio	18	17	9
pH (KCl)	5.5	4.8	6.8
Organisch C (%)	2.0	2.3	1.6
Organischestofgehalte (%)	3.7	4.2	2.9
%Klei-%Silt-%Zand	<1-8-87	2-16-79	32-40-25
CEC (mmol <sup>+</sup> kg <sup>-1</sup> )	61	48	223
Koolzure kalk (%)	0.3	0.4	<0,2

**Tabel 4.2** Overzicht en analyseresultaten (drogestofgehalte op basis van vers gewicht, rest op basis van droge stof) van de producten die gebruikt zijn in de incubatieproef.

Code	Herkomst	Pilot #	Product	Bron materiaal	DS %	OS* %	C/OS*, <sup>2</sup> %	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> g kg <sup>-1</sup>	N g kg <sup>-1</sup>	K <sub>2</sub> O g kg <sup>-1</sup>
BOK1	Gemeente Noordenveld	1	Bokashi	Blad	47	28	52	1.6	8.1	4.8
BOK3	Flevoland	3	Bokashi	Maaisel	42	30.3	50	6.9	9.3	10.0
BOK5a	Leeuwarden	5A	Bokashi	Maaisel	42	78.6	50	4.1	12.8	12.0
BOK51	Hoekse Waard en Barendrecht	51	Bokashi	Maaisel	32	57.5	53	4.6	14.8	7.0
MRT5b	Leeuwarden	5B	Maaisel met overige bewerkingen (Compost-O <sup>1</sup> )	Maaisel	33	45.6	54	13.7	34.3	36.2
CMP	Schijndel	-	KeurCompost (Groencompost)	Groenafval	54	31.3	57	3.6	8.7	7.3
MAAI41	de Wieden	41	Maaisel onbewerkt	Maaisel	79	57.5	53	4.8	29.6	13

<sup>1</sup> Maaisel met overige bewerkingen, hier specifiek maaisel dat gedurende kortere tijd is gecomposteerd met toevoegingen (vloeistof met verhoogde microbiële activiteit).

<sup>2</sup> Uitgedrukt als procent van totale organische stof.

\* Data C, OS door CBLB-WUR, data N, P en K gemeten door Eurofins-Agro.

### 4.3.1 Proefopzet

Voordat de lokale organische bodemverbeteraars zijn toegevoegd aan de grond, is het vochtgehalte in de zandgronden op 60% van de veldcapaciteit gebracht, voor kleigronden was dit 40% (voor details, zie Bijlage A). De kleigrond is aanvankelijk tot 40% van de vloeigrens gebracht, omdat een hoger vochtgehalte het moeilijker maakt om de bodemverbeteraar homogeen te mixen.

De reden hiervoor is om CO<sub>2</sub>-fluxen, die ontstaan als gevolg van droog-nat activatie van bacteriën, niet mee te meten tijdens de incubatieperiode.

De organische bodemverbeteraar is daarna homogeen door de veldvochtige gronden gemengd (zie Figuur 4.1). Daarbij is 100 gram (vers gewicht) bodemverbeteraar toegevoegd aan 200 gram veldvochtige grond in een afsluitbare plastic pot van 500 ml en een diameter van 6,5 cm.

Na menging van (klei)grond en organische bodemverbeteraars is ook de kleigrond op 60% van de veldcapaciteit gebracht. De zandgronden waren al op 60% van de veldcapaciteit gebracht en daarom is geen extra water aan de potten met zandgrond toegevoegd. Vervolgens is het mengsel van grond en bodemverbeteraar in de incubatiepotten gezet.



**Figuur 4.1** Voorbereiding van het incubatie-experiment. De verschillende bodemverbeteraars (rechts) worden gehomogeniseerd met de grond (links).

De hoeveelheid toegevoegde organische stof, organisch koolstof en stikstof is berekend op basis van het gemeten gehalten aan organische stof, organisch C en N in de materialen.

De toegediende hoeveelheid van SOM, C-org en N in gram per pot staat vermeld in Tabel 4.3. Voor monster A-F zijn de analyses gebruikt van dezelfde zakken waaruit ook het monster is genomen voor incubatie. Voor monster G zijn de analysecijfers gebruikt van de bemonstering van de bokashi-hoop omdat het monster dat voordien is gebruikt voor de incubatieproef, was uitgedroogd.

**Tabel 4.3** *Hoeveelheid organische stof en organisch koolstof toegediend in de incubatieproef (in gram per 200 gram grond).*

Code	pilot	Monster	Materiaal	Gram toegevoegd per 200 gram grond		
				Materiaal	Organische stof	Organisch koolstof
BOK1	1	A	Blad Bokashi	20	2.6	1.4
BOK3	3	B	Maaisel bokashi	20	2.6	1.3
BOK5a	5a	C	Maaisel bokashi	20	6.6	3.3
BOK51	51	D	Maaisel bokashi	20	3.7	2.0
MRT5b	5b	E	Compost O	20	3.0	1.6
CMP	-	F	Groencompost Schijndel	20	3.4	1.9
MAAI41	41	G	Maaisel rechtstreeks	20	2.8	1.2*

\*Analyse monster t.b.v. experiment (deze analyse wijkt sterk af van analyse hoop).

De incubatiestudie is uiteindelijk uitgevoerd met de zeven verschillende organische bodemverbeteraars die aan elk van de drie gronden zijn toegevoegd. Daarnaast is ook de emissie bepaald uit de drie gronden zonder toevoegingen; deze dient als referentie. Dit resulteert in 24 (21 grond-mest plus 3 grond) verschillende behandelingen. In totaal waren er 63 incubatiepotten met grond gemengd met bodemverbeteraars en negen (3 x 3) referentiepotjes met daarin grond zonder bodemverbeteraar; in totaal 72 potten.

De incubatieperiode was 93 dagen, waarbij gemeten is op dag 1, 3, 4, 7, 10, 16, 22, 30, 43, 57, 73 en 93. De incubatieproef is uitgevoerd in het laboratorium bij een constante temperatuur van 17 °C. De N<sub>2</sub>O en CO<sub>2</sub> gasmetingen zijn uitgevoerd met de INNOVA 1512 (LumaSense Technologies, Denemarken) (Figuur 4-2). De INNOVA 1512 gasmonitor is aangesloten aan de incubatiepotten met twee slangen met naalden aan het uiteinde, welke in het rubberen membraam van de deksel gestoken werden. De incubatiepotten zijn voor 10 minuten gesloten door deksels met een rubberen membraan alvorens de meting van de N<sub>2</sub>O en CO<sub>2</sub> werd uitgevoerd.



**Figuur 4.2** *Opstelling van de incubatieproef met links de INNOVA 1512 (LumaSense Technologies, Denemarken) en rechts de 72 incubatiepotjes.*

De potjes stonden gedurende de incubatieperiode in contact met lucht van het laboratorium, omdat het deksel los op de potjes was geplaatst. Hierdoor is er enig verlies van vocht door verdamping. Het vochtgehalte van de geïntubeerde grondmonsters is gedurende de proef constant gehouden door om de twee weken het potje op het oorspronkelijk gewicht te brengen met gedemineraliseerd water. De hoeveelheid die moest worden toegevoegd, was 1 à 2 ml water per potje. De monsters zijn in het donker bewaard gedurende het incubatie-experiment met behulp van een zwart plastic dat losjes over de potten lag, en de potten zijn gedurende de incubatieperiode niet verplaatst.

Waarneming gedurende de incubatie: in enkele potjes kwamen paddenstoelen op na enkele weken. Deze zijn zo goed mogelijk verwijderd, zonder hierbij bodemverbeteraar uit de potten te halen. Of en zo ja in welke mate dit de afbraak van organisch materiaal heeft beïnvloed, kan niet worden vastgesteld.

#### 4.3.2 Fluxkamer methode en gasmetingen

De N<sub>2</sub>O- en CO<sub>2</sub>-metingen vonden plaats in een fluxkamers (Oertel et al., 2016) in combinatie met een gas analyzer (INNOVA 1512), zoals te zien in de Figuur 4.2. De incubatiepotten zijn tijdens de meting gesloten middels een deksel, waardoor er een fluxkamer ontstaat. Aan de bovenkant van de deksel waren rubberen stoppen bevestigd, waardoor naalden gestoken werden. Deze naalden waren aangesloten op slangen die vervolgens bevestigd zijn aan de gas analyzer.

Voorafgaand aan de metingen van N<sub>2</sub>O is de fluxkamer voor circa 10 minuten gesloten (de exacte tijd is genoteerd) om de concentratie binnen de fluxkamer op te laten lopen. Hierbij is aangenomen dat de concentraties N<sub>2</sub>O in die sluitingstijd lineair toenemen. Dit is bij elke meetdag bij één monster gecontroleerd door het uitvoeren van herhaalde metingen (4 tot 6 metingen); hieruit bleek dat de toename inderdaad lineair was (data niet opgenomen).

De berekende emissie per kg grond is het verschil tussen concentraties van CO<sub>2</sub> of N<sub>2</sub>O (C<sub>t</sub> in ppm) na sluitingstijd (Δt in uur) minus de concentraties op het moment van sluiten (C<sub>0</sub> in ppm; achtergrondwaarde), vermenigvuldigd met het luchtgevuld volume (V) van de fluxkamer. De emissie is omgerekend naar microgram CO<sub>2</sub> of N-N<sub>2</sub>O per kg per uur door de gasemissie te delen door het tijdsinterval, het molair volume van een gas (V<sub>m</sub>= 22,4 L/mol), de molaire massa (44 gram mol<sup>-1</sup> voor zowel CO<sub>2</sub> als N<sub>2</sub>O) en de hoeveelheid gebruikte grond (m). Aanvullend geldt er nog een conversiefactor (β) van N<sub>2</sub>O naar respectievelijk N-N<sub>2</sub>O (28/44):

Voor de berekening van de CO<sub>2</sub>-flux geldt de volgende berekening:

$$Flux = \frac{(C_t - C_0)V}{\Delta t \cdot V_m \cdot m \cdot M} \quad (\text{ug } CO_2 \text{ kg}^{-1} \text{uur}^{-2}) \quad (1)$$

Voor de berekening van de N<sub>2</sub>O-N-flux geldt dan de volgende berekening:

$$Flux = \frac{(C_t - C_0)V}{\Delta t \cdot V_m \cdot M \cdot \beta \cdot m} \quad (\text{ug } N_2O - N \text{ kg}^{-1} \text{uur}^{-2}) \quad (2)$$

Wanneer de slangen aan de fluxkamer bevestigd worden, is er sprake van een gesloten systeem. De gemeten concentratie wordt echter beïnvloed door de gasconcentratie (C<sub>1</sub>) in de gasmonitor (de interne volume; V<sub>i</sub>) en de gasconcentratie (C<sub>1</sub>) in de slangen (Volume slang; V<sub>s</sub>) van de vorige meting. Voor C<sub>t</sub> is er dus eerst een correctie uitgevoerd alvorens de flux berekend kan worden:

$$C_t = \frac{(V + V_i + V_s) \cdot C_2 - (V_i + V_s) \cdot C_1}{V} \quad \text{ppm } CO_2 \text{ en } N_2O \quad (3)$$



### 4.3.3 Berekeningen en analyse

De CO<sub>2</sub>- en N<sub>2</sub>O-fluxmetingen (g CO<sub>2</sub> of N kg<sup>-1</sup> grond) zijn gemeten per potje. Ook bij de referentiepotsjes zonder toegevoegde bodemverbeteraar is een flux gemeten (blanco). Het verschil tussen de flux bij de potsjes met bodemverbeteraar en de blanco is toegerekend aan de bodemverbeteraar. Voor de blanco is de gemiddelde flux van drie potsjes met grond zonder bodemverbeteraars gebruikt.

De gemiddelde CO<sub>2</sub>- en N<sub>2</sub>O-emissies zijn berekend o.b.v. het rekenkundig gemiddelde van de berekende N<sub>2</sub>O- en CO<sub>2</sub>-fluxen van de herhalingen per behandeling. De cumulatieve emissie over de totale incubatieperiode is berekend o.b.v. een lineaire interpolatie tussen de meetdagen, waardoor de totale afbraak in de incubatieperiode wordt verkregen per kg grond (g C kg<sup>-1</sup> of g N kg<sup>-1</sup>).

Daarna is op basis van de afbraak de relatieve afname van de toegediende C berekend in een percentage. De afname van C uit de toegevoegde materialen, gedurende de incubatieperiode, is gemodelleerd met een standaard 'twee-pool'-model, waarin rekening is gehouden met een relatief stabiele C-pool en instabiele C-pool (Heinen & de Willigen, 2005; Cotrufo et al., 2015):

$$C_t = C_0 * f * e^{-k_1 t} + C_0 * (1 - f) * e^{-k_2 t} \quad (4)$$

Hierin is C<sub>0</sub> (= 100%) het relatieve C-gehalte aan het begin van het experiment; C<sub>t</sub> (%) is het relatieve C-gehalte op tijdstip t; f (dimensie loos) is de fractie van C<sub>0</sub> in pool 1; (1-f) is de fractie van C<sub>0</sub> in pool 2; k<sub>1</sub> (dag<sup>-1</sup>) is de afbraakconstante van pool 1, k<sub>2</sub> (dag<sup>-1</sup>) is de afbraakconstante van pool 2; t (dag) is de tijd.

De berekende fluxen op de negen verschillende meetdagen zijn aan de hand van dit model gefit, waarbij de RMSE geminimaliseerd is om de fracties (f) en bijbehorende afbraakconstanten k<sub>1</sub> en k<sub>2</sub> te bepalen.

Het 'twee-pool'-model is gekozen, omdat het eerder gebruikt is voor de beschrijving van incubatie-experimenten (Groenigen & Zwart, 2007) en omdat het in veel gevallen de data goed beschrijft, vergeleken met drie andere modellen (Mewes, 2017). Een nadeel is dat de uiteindelijk berekende HC bepaald met deze methode tijdsafhankelijk (duur van het experiment) is. Een voorwaarde voor reële schattingen van de HC is daarom dat de incubatietijd zo lang mogelijk moet zijn (Mewes, 2017). In deze studie gebruiken we een incubatietijd van 93 dagen, omdat die periode eerder ook gebruikt is (Groenigen & Zwart, 2007). Voor een onderlinge vergelijking van bodemverbeteraars gedurende eenzelfde periode in een incubatiestudie heeft de methode van fitten geen invloed, wel op de berekende hoogte van de humificatiecoëfficiënt.

De berekende afbraakconstanten, k<sub>1</sub> en k<sub>2</sub>, zijn gebaseerd op metingen bij een temperatuur van 17°C. De definitie van de humificatiecoëfficiënt hanteert echter een gemiddelde bodemtemperatuur van 9°C (gemiddelde jaartemperatuur in Nederland). De afbraakconstanten zijn daarom omgerekend voor die temperatuur (Janssen, 1996):

$$f_T = 2^{\left(\frac{T-9}{9}\right)} \quad (5)$$

Hier is f<sub>T</sub> de correctiefactor en T de temperatuur in graden Celsius. Deze correctiefactor voorspelt dat de decompositiesnelheid verdubbelt voor elke temperatuurstijging van 9°C. Dit komt neer op het delen van de afbraakconstanten bij 17°C met een factor 1,85. De nieuw verkregen afbraakconstanten zijn vervolgens gebruikt in het 'twee-pool'-model en geëxtrapoleerd naar t = 365 dagen, om de C-afbraak na 365 dagen te modelleren. De humificatiecoëfficiënt kan dan bepaald worden volgens:

$$\text{humificatiecoëfficiënt} = \frac{\text{Hoeveelheid toegediend C na 365 dagen} - \text{CO}_2 \text{ emissie}}{\text{Hoeveelheid toegediende C op dag 0}} \quad (6)$$

De humificatiecoëfficiënt is in dit rapport gedefinieerd als de C-fractie die overblijft na één jaar zoals in andere Nederlandse onderzoeken (Groenigen & Zwart, 2007; Van den Burgt et al., 2011; Postma & Ros,

2016). Door de temperatuurcorrectie met een factor 1,85, en doordat de laatste metingen plaatsvinden op dag 92, is de curve bij 9 °C verschoven tot  $1,85 \cdot 93 = 172$  dagen.

De berekening van de HC bij 365 dagen is dus een extrapolatie. Deze extrapolatie is echter modelafhankelijk. Indien in plaats van het 'twee-pool'-model een ander model gekozen wordt, is het zo dat de berekende humificatiecoëfficiënt afwijkt van die in Tabel 4. De verschillen zijn echter klein zoals blijkt uit de studie van Van den Burgt et al. (2011). Bij vergelijkbare metingen gebruikten Van den Burgt et al. (2011) twee modellen, wat resulteerde in kleine verschillen in humificatiecoëfficiënten ( $< 0,04$ ). Mewes (2017) gebruikte vier modellen, waarbij het 'twee-pool'-model de beste beschrijving gaf van de data.

Ondanks dat temperatuurcorrecties vaak gehanteerd worden, is er geen eenduidige manier om de effecten van temperatuur mee te nemen in organischestof-modellen (zie o.a. Braakhekke & De Bruijn, 2007; Conant et al., 2011; Bai et al., 2017). Het gebruik van de temperatuurcorrectie in deze studie is dan ook slechts bedoeld om de humificatiecoëfficiënten op een gestandaardiseerde manier te berekenen.

De verschillen tussen de behandelingen zijn getoetst door middel van ANOVA met een betrouwbaarheidsinterval van 95% ( $p < 0,05$ ). De data zijn geanalyseerd met IBM SPSS Statistics versie 25. Het 'twee-pool'-model is per monster door de data gefit met Matlab (Mathworks, Natick, MA, USA).

## 4.4 Resultaten en discussie

### 4.4.1 CO<sub>2</sub>- en N<sub>2</sub>O-metingen

Gedurende de hele meetperiode kon een hogere CO<sub>2</sub>-flux gemeten worden in de potjes met organische bodemverbeteraar ten opzichte van de blanco zonder organische bodemverbeteraar. Figuur 4-3 geeft de CO<sub>2</sub>-fluxen voor de organische bodemverbeteraars op de zandgrond (Vredepeel) gedurende de incubatieperiode (voor de overige grond wordt er gerefereerd aan Bijlage B). De emissie van CO<sub>2</sub> neemt tussen dag 0 en 3 sterk toe in alle monsters, maar daalt daarna weer snel tot een min of meer constant niveau tot dag 16. Daarbij valt vooral de hoge emissie uit het compost-O-monster op, deze is 2 tot 7 keer hoger dan die van de andere bodemverbeteraars. Na dag 22 blijft de emissie vervolgens constant tot aan het einde van de proef.

De CO<sub>2</sub>-emissie uit onbemeste grond (blanco) is zeer laag over de gehele incubatieperiode en vertoont geen trend in de tijd (constante, maar lage, afbraak). Aan het eind van de incubatieperiode van 93 dagen zijn de fluxen laag ( $< 2 \text{ mg CO}_2\text{-C kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) voor zowel de potjes met bodemverbeteraars als de controle. Desalniettemin zijn dergelijke waarden goed meetbaar, want de grens tussen een betrouwbare waarde en ruis ligt op  $0,25 \text{ mg CO}_2\text{-C kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ .

De CO<sub>2</sub>-flux bij de blanco is, aan het eind van de incubatieperiode, gemiddeld  $0,47 \pm 0,3 \text{ mg CO}_2\text{-C kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$  en bij de in grond geïncubeerde bodemverbeteraars  $0,88 \pm 0,55 \text{ mg CO}_2\text{-C kg}^{-1} \text{ h}^{-1}$ .

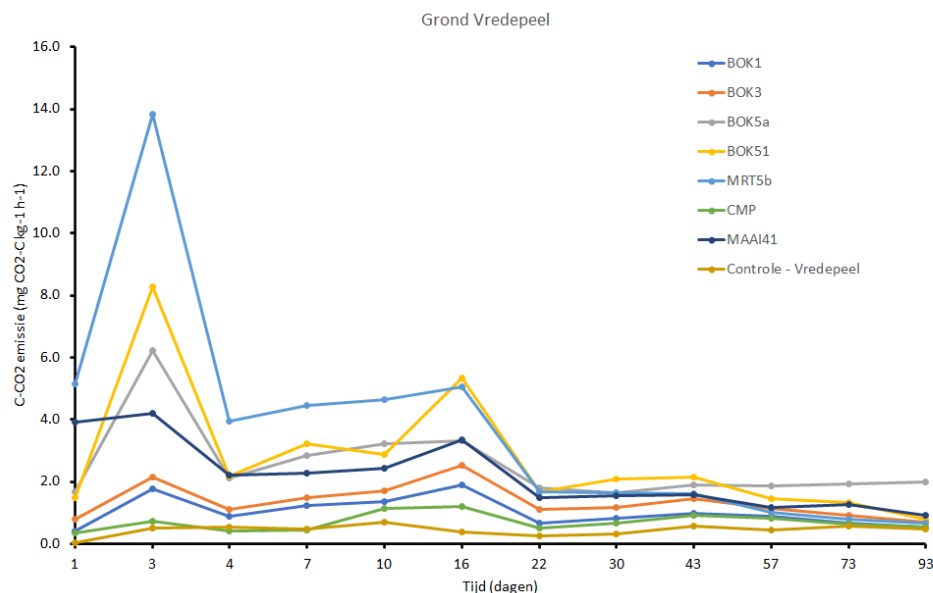
Figuur 4.4 geeft het typische verloop van de CO<sub>2</sub>-metingen bij incubatieproeven. Het geeft de gemiddelde cumulatieve CO<sub>2</sub>-emissie per organische bodemverbeteraar in de grond van Vredepeel (zand) over de gehele incubatieperiode weer. Deze cumulatieve emissie varieert van  $1035 \pm 248 \text{ mg C kg}^{-1}$  voor de controle tot  $4745 \pm 158 \text{ mg C kg}^{-1}$  voor een van de bokashi-monsters gemaakt van maaisel. De data in Figuur 4.4 geven duidelijk aan dat de met grond geïncubeerde organische bodemverbeteraars een hogere cumulatieve emissie hebben dan de controle.

Uit Figuur 4.4 blijkt dat vooral de emissie van de groencompost (CMP,  $1631 \pm 143 \text{ mg C kg}^{-1}$ ) en de bokashi van blad (BOK1;  $1999 \pm 200 \text{ mg C kg}^{-1}$ ) lager is dan die van de meeste andere organische bodemverbeteraars. Dit is niet onverwacht, omdat van deze materialen verwacht werd dat de daarin aanwezige organische stof stabielere was dan die in bokashi van maaisel.

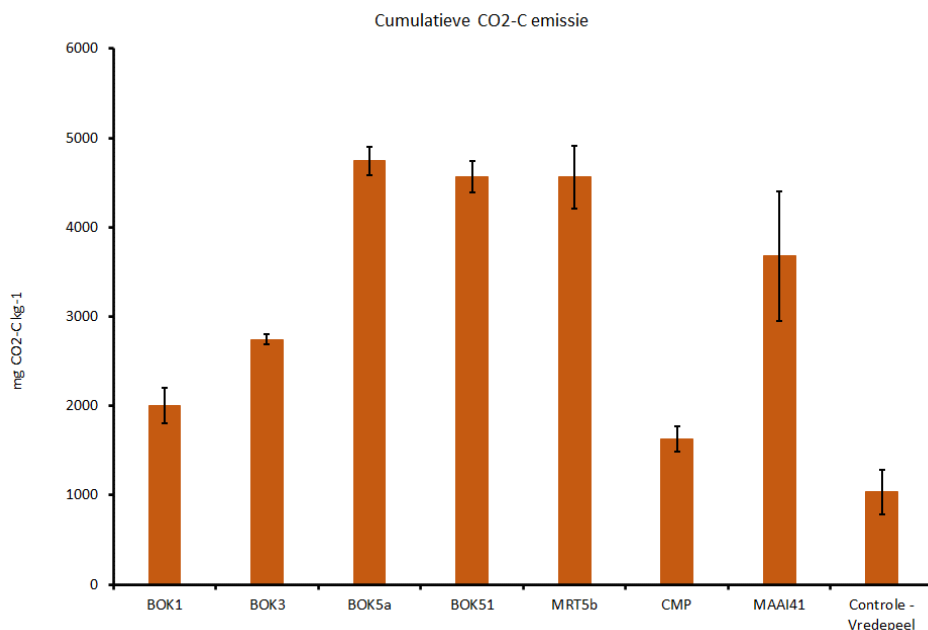
Opvallend is het onderlinge verschil in de emissie in de monsters van bokashi gemaakt van maaisel (BOK3, BOK5a, BOK51). Daarbij is vooral de emissie van monster BOK3 ( $2744 \pm 58 \text{ mg C kg}^{-1}$ ) duidelijk lager dan

die van monsters BOK5a ( $4745 \pm 158 \text{ mg C kg}^{-1}$ ) en BOK51 ( $4565 \pm 178 \text{ mg C kg}^{-1}$ ). De emissie uit het compost-O-monster (MRT5b,  $4561 \pm 355 \text{ mg C kg}^{-1}$ ) is vergelijkbaar met die van twee van de drie bokashi-monsters van maaisel (BOK5a, BOK51). De emissie uit grond met onbewerkt maaisel (MAAI41,  $3679 \pm 726 \text{ mg C kg}^{-1}$ ) ten slotte ligt tussen die van bokashi enerzijds en groencompost (en blad-bokashi) anderzijds.

Dergelijke verschillen zijn overigens gedeeltelijk bodem-specifiek, want uit de berekende humificatie-coëfficiënt (zie ook par. 4.4.2) blijkt dat er grote verschillen kunnen optreden in de emissie van  $\text{CO}_2$  (en de daaruit berekende HC) voor eenzelfde product, maar gemeten in verschillende bodems.



**Figuur 4.3** Gemiddelde  $\text{CO}_2$ -fluxen van de bodemverbetersaars op zandgrond (Vredepeel) gedurende de incubatieperiode.



**Figuur 4.4** Gemiddelde cumulatieve  $\text{CO}_2$ -emissie van de onderzochte bodemverbetersaars op zandgrond (Vredepeel) aan het eind van de incubatieperiode.

In deze studie is naast CO<sub>2</sub> ook lachgas (N<sub>2</sub>O) gemeten tijdens de incubatie van de bodemverbeteraars in grond. Er wordt bij vochtgehalten lager dan veldcapaciteit weinig lachgas verwacht (De Klein & Van Logtestijn, 1996). Er is pas emissie mogelijk nadat er nitraat (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>) gevormd wordt, omdat lachgas ontstaat tijdens nitrificatie en denitrificatie.

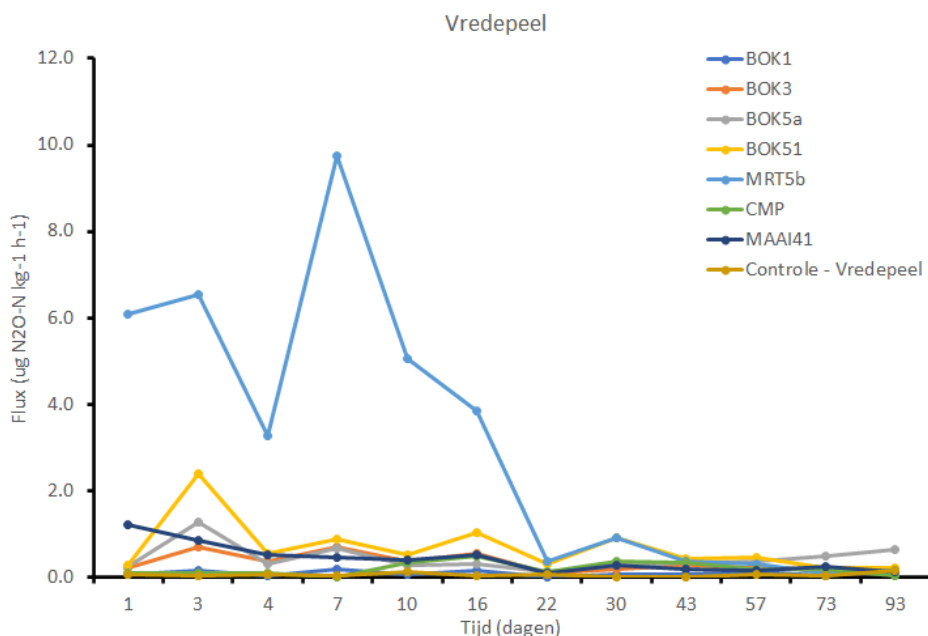
In Figuur 4.5 staan de resultaten van de gemeten emissie gedurende de 93 dagen incubatie. Daarbij valt op dat de gemiddelde N<sub>2</sub>O-emissie voor compost-O (MRT5b, gemiddeld 3.05 ug N kg<sup>-1</sup> h<sup>-1</sup> over de gehele incubatieperiode) aanmerkelijk hoger was dan die van alle andere organische bodemverbeteraars.

De organische bodemverbeteraars BOK3, BOK5a, BOK51 (alle drie zijn bokashi van maaisel) en MAAI41 (onbewerkt maaisel) hadden een lagere emissie, maar deze was te onderscheiden van die in de controle. De controle had over de gehele incubatieperiode geen N<sub>2</sub>O-emissie. De verschillen in de gemiddelde N<sub>2</sub>O-emissie zijn ook duidelijk te zien in de cumulatieve emissie over de gehele incubatieperiode (Figuur 4.6).

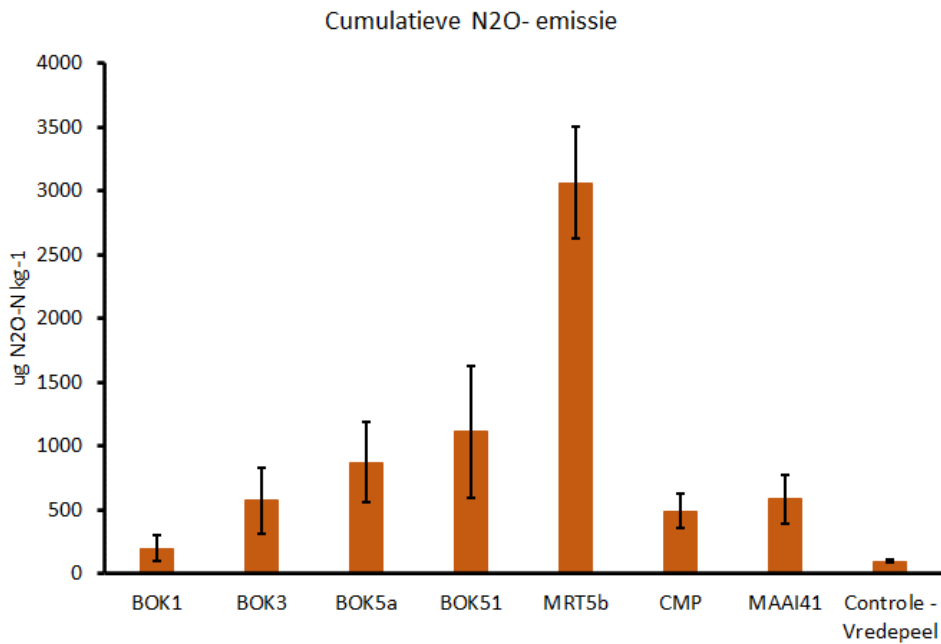
De gemiddelde cumulatieve emissie uit de grond van Vredepeel (zand) was het hoogste voor compost-O (MRT5b; 3063 ug N kg<sup>-1</sup>; 0,2% van toegediend N), gevolgd door de emissie uit twee monsters van bokashi gemaakt van maaisel (BOK51; 1115 ug N kg<sup>-1</sup> en C, 874 ug N kg<sup>-1</sup>). De emissie uit onbewerkt maaisel (MAAI41), groencompost (CMP) en een monster van bokashi van maaisel (BOK3) was vergelijkbaar en lag rond de 550 à 600 ug N kg<sup>-1</sup>. De emissie van lachgas uit het monster van blad bokashi ten slotte was laag (196 ug N kg<sup>-1</sup>). Evenals voor de emissie van CO<sub>2</sub> geldt dus ook voor lachgas dat er verschillen in emissie zijn tussen bokashi's gemaakt van hetzelfde materiaal (maaisel). Dit sluit aan bij de aanzienlijke gerapporteerde range aan fysisch-chemische karakteristieken van bijvoorbeeld bokashi van maaisel (zie Hoofdstuk 2). Op dit moment is nog niet duidelijk welke fysisch-chemische eigenschappen van deze producten dan sturend zijn voor de uiteindelijke emissie van zowel CO<sub>2</sub> als lachgas (N<sub>2</sub>O).

De cumulatieve emissie voor compost-O (MRT5b) was daarbij significant (p<0,01) hoger ten opzichte van die van alle andere bodemverbeteraars. Door de grote variatie tussen herhalingen en het effect van bodem waren de verschillen in de emissie tussen de andere bodemverbeteraars klein en niet significant.

Ook is er geen eenduidig effect gevonden van bodem (drie locaties) op de emissie van N<sub>2</sub>O, met uitzondering van compost-O (MRT5b). Voor dit product geldt dat de emissie op de zandgrond van De Marke significant groter was dan de emissie uit de andere twee gronden.



**Figuur 4.5** Gemiddelde N<sub>2</sub>O fluxen van de organische bodemverbeteraars op zandgrond (Vredepeel) gedurende de incubatieperiode.



**Figuur 4.6** Gemiddelde cumulatieve N<sub>2</sub>O-emissiefluxen van de organische bodemverbeteraars op zandgrond (Vredepeel) gedurende de incubatieperiode.

#### 4.4.2 Humificatiecoëfficiënt

De gemiddelde humificatiecoëfficiënt (HC) (d.w.z. de HC per product als gemiddelde voor de drie gronden) varieert tussen 86% (CMP: Keurmerk Groencompost) en 55% (MRT5b: Compost-O). De gemiddelde HC voor de drie gronden van BOK1 is significant hoger dan die van MRT5b en de gemiddelde HC van CMP is hoger dan die van BOK51, MRT5b en MAAI41. De variatie tussen de replica's van MAAI41 was hoger dan voor die van de andere bodemverbeteraars en daardoor is er geen significant verschil met de gemiddeld veel hogere HC voor bodemverbeteraar BOK1 t.o.v. die van MAAI41. Daarnaast zijn de verschillen tussen de overige bodemverbeteraars gering en daarmee veelal niet significant.

In deze studie is ook getoetst hoe de meting van de HC varieert bij gebruik van verschillende gronden. Tabel 4 laat zien dat de HC verschilt per grond per bodemverbeteraar. Uit de ANOVA-analyse blijkt dat de berekende HC van zandgrond De Marke gemiddeld hoger is ( $p = 0,02$ ) dan bij de zandgrond van Vredepeel. Bij de kleigrond zijn geen significante verschillen aangetoond. De interactie tussen bodemverbeteraar en grond laat zien dat bij de beoordeling van de bodemverbeteraars de gebruikte grond ook een factor is. Ook andere studies waarin de HC is bepaald van verschillende bodemverbeteraars laten een verschil zien tussen verschillende gronden. Zo zijn de humificatiecoëfficiënten van negen organische bodemverbeteraars, gemeten in een klei- en een zandgrond, iets hoger bij de klei dan zandgrond (Van den Burgt et al., 2011). Metingen van twee organische bodemverbeteraars (stro, digestaat) in vier gronden met sterke variatie in textuur laat verschillen zien tussen de gronden die echter niet hetzelfde zijn bij beide organische bodemverbeteraars (Mewes, 2017): er is geen patroon.

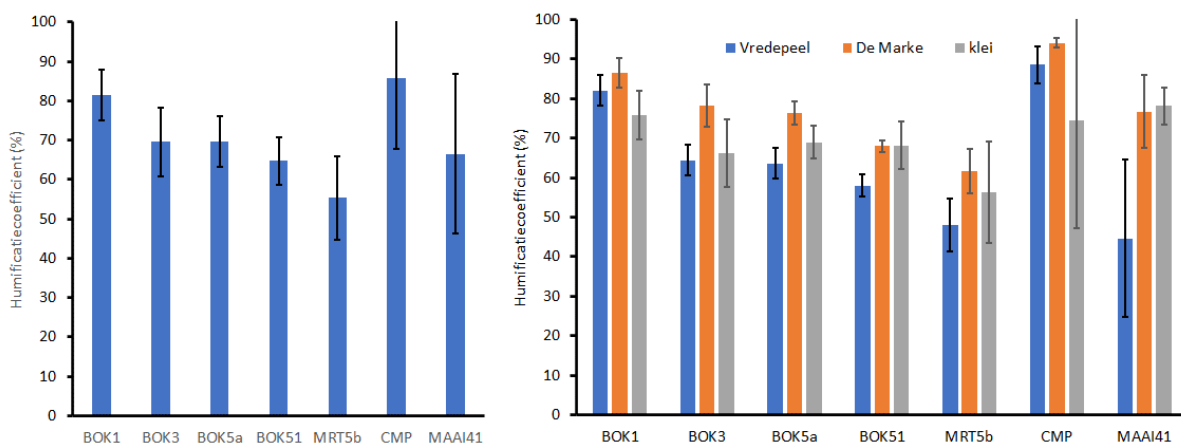
**Tabel 4.4** Berekende humificatiecoëfficiënten (voor  $t=365$  dagen en standaardtemperatuur van  $9^{\circ}\text{C}$ ) voor elke combinatie van organische bodemverbeteraar en grond. Tevens staan de gemiddelde berekende waarden voor  $F$ ,  $1-F$ ,  $k_1$  en  $k_2$  voor elke organische bodemverbeteraar gegeven. De standaarddeviatie is tussen haakjes weergegeven.

Bodemverbeteraar	BOK1	BOK3	BOK5a	BOK51	MRT5b	CMP	MAAI41
Type	Bokashi	bokashi	Bokashi	bokashi	Compost_O	Groen Compost	Onbewerkt
Bron	Blad	Maaisel	Maaisel	Maaisel	Maaisel	Groenvoorziening	Maaisel
<b>Grond</b>							
Vredepeel	82.1 (3.8)	64.4 (4.0)	63.6 (3.8)	58.0 (2.7)	48.0 (6.8)	88.6 (4.7)	44.6 (20.0)
De Marke	86.5 (3.8)	78.2 (5.3)	76.4 (2.8)	68.0 (1.5)	61.7 (5.6)	94.0 (1.2)	76.7 (9.3)
Kleigrond	75.8 (6.2)	66.1 (8.6)	69.0 (4.2)	68.1 (6.0)	56.3 (12.7)	74.4 (27.3)	78.2 (4.7)
Gemiddeld	81.5 (6.5)	69.6 (8.8)	69.7 (6.4)	64.7 (6.1)	55.3 (10.6)	85.7 (18.0)	66.5 (20.2)
$f$	0.51	0.52	0.65	0.45	0.49	0.60	0.59
$1-F$	0.49	0.48	0.35	0.55	0.51	0.40	0.41
$k_1$	0.0060	0.0052	0.0078	0.0100	0.0189	0.0061	0.0129
$k_2$	0.0051	0.0053	0.0155	0.0035	0.0142	0.0037	0.0094

De gefitte waarden voor de labiele ( $F$ ) en stabiele ( $1-F$ ) pool suggereren dat beide ongeveer 50% bedragen. Ofwel het aandeel aan labiel en stabiel koolstof is ongeveer gelijk (met name in de producten BOK1, BOK3, MRT5b). Voor groencompost (CMP), maaisel (MAAI41) en de bokashi van maaisel (BOK3) is het aandeel stabiel organisch koolstof echter groter dan het labiele deel ( $F$  varieert tussen 0.59 en 0.65).

De waarde voor  $k_1$  (afbraak labiele pool) ligt voor alle producten in dezelfde orde grootte, waarbij alleen de waarde voor  $k_1$  in MRT5b (compost-O) iets hoger is dan die van de overige producten. Aan deze gefitte parameters moet echter geen absolute betekenis gegeven worden. Ook is het zo dat de variatie in de gefitte waarden voor  $k_1$  en  $k_2$  groot is voor de replica's per bodemverbeteraar (zie Bijlage C). De standaarddeviatie is even groot als de gemiddelde waarde voor  $k_1$  en  $k_2$  en zelfs twee keer zo groot als het gemiddelde voor compost-O en maaisel.

De variatie in de modelparameters om de HC te berekenen, leidt daarom ook tot een relatief grote spreiding in de gemiddelde HC per product (zie Figuur 4.7). Daarin staan, links, de gemiddelde waarden voor de HC voor de onderscheiden vormen van organische bodemverbeteraars (bokashi van blad, bokashi van maaisel, groencompost, compost-O en onbewerkt maaisel). Een deel van die variatie op productniveau vervalst als de waarden berekend worden voor de verschillende bodems (Figuur 4.7, rechts).



**Figuur 4.7** Humificatiecoëfficiënt voor de bodemverbeteraars (links) en uitgesplitst naar bodemtype (rechts). De error-bars geven de standaard deviatie voor de monsters per bodemverbeteraar weer.

---

Ofschoon er variatie in HC tussen de bodemtypen en bodemverbeteraars aanwezig is, is er een aantal consistente waarnemingen:

1. De HC neemt toe in de volgorde compost-O < bokashi maaisel en onbewerkt maaisel < bokashi blad  $\approx$  groencompost.
2. De variatie in de metingen is vooral groot voor maaisel en compost-O; voor de bokashi- en compostmonsters is deze beperkt.
3. De HC van de meeste bodemverbeteraars is in de bodem van Vredepeel lager dan die in de bodems van De Marke en Overbetuwe (ofschoon de verschillen door de grote variatie binnen een bodem niet voor alle producten significant zijn). Dat duidt op een iets snellere afbraak van organisch materiaal in Vredepeel vergeleken met De Marke of Overbetuwe.

Voor de volledigheid staan in Bijlage C de afbraakconstanten berekend bij 17°C gegeven. De waarden in Tabel 4 zijn berekend door de afbraakconstanten bij 17°C te delen door de factor 1,85. Bijlage C geeft de individuele humificatiecoëfficiënten voor elk object (pot).

## 4.5 Conclusies

De gemiddelde humificatiecoëfficiënt per onderzocht product varieert van 55% voor de maaisels met bewerkingen tot 86% voor de Keurcompost. Voor bokashi van maaisel en onbewerkt maaisel varieert de HC tussen 65 en 70%, terwijl die van bokashi van blad 82% bedraagt. Voor bokashi zijn deze waarden voor HC lager dan voor een aantal andere organische mestsoorten zoals runder- of varkensdrijfmest (HC 74-84%, Van den Burgt et al., 2011), ofschoon de variatie in verschillende studies groot is.

De metingen van de humificatiecoëfficiënten van bokashi, groencompost, maaisel en een maaisel met overige bewerkingen (in dit geval compost-O) bevestigen daarmee de eerder gerapporteerde volgorde in stabiliteit van organische stof. Keurcompost en bokashi van blad bevatten, op basis van de HC, hebben duidelijk de grootste hoeveelheid stabiele organische stof (minste afbraak in één jaar), terwijl het maaisel met overige bewerkingen een groter aandeel van niet-stabiele organische stof bevat. Dit bevestigt ook het beeld van de respiratiemetingen (specifiek de oxitop-bepaling door Eurofins Agro; zie Hoofdstuk 2) die voor een aantal maaisels met overige bewerkingen, maar ook bokashi van maaisel, duidelijk hogere waarden opleveren dan die van compost en bokashi van blad.

Wel is er voor alle producten sprake van een sterk grondeffect, d.w.z. de HC voor een bepaald type bodemverbeteraar wordt mede bepaald door de grond. Met name in de zandgrond van Vredepeel is de HC veelal wat lager (sterkere afbraak) dan in een vergelijkbare zandgrond (De Marke) of kleigrond (Overbetuwe). Ook in een andere studie is een dergelijk verschil gevonden waarbij in kleigrond hogere waarden voor de HC werden gemeten dan die in zandgrond (Van den Burgt et al., 2011). Het verschil in de HC in deze studie lijkt overigens niet gecorreleerd aan de hoeveelheid organische stof als zodanig, want die is in de kleigrond significant lager dan in beide zandgronden. In welke mate verschillen in microbiële activiteit of samenstelling van de bodemflora en fauna dit effect veroorzaken, moet verder uitgezocht worden.

Daarnaast is er in een aantal replica's voor een bepaald product of bodem sprake van een relatief grote spreiding van de CO<sub>2</sub>-emissie gedurende de proef. Zowel voor de Keurcompost (met name in de kleigrond) als het onbewerkt maaisel (in de zandgrond van Vredepeel) is de standaarddeviatie groot (18 tot 20% vergeleken met waarden tussen 1 en 10% voor de overige product-grondcombinaties), wat betekent dat de verschillen tussen producten minder snel als significant gelden. Een mogelijke reden voor deze spreiding is de opgetreden schimmelvorming tijdens de proef (groei van paddenstoelen in de afgesloten potten). Mede daarom herhalen we in 2022 de bepaling van de HC voor de producten die in de veldproef aangewend worden.

Het gebruikte model voor de berekening van de HC gaf in vrijwel alle gevallen (product-grondcombinaties) een zeer goede ( $R^2 > 0.95$ ) beschrijving van het verloop van de emissie. De absolute verschillen in de modelparameters zijn echter niet groot en hebben weinig betekenis voor de samenstelling van organische stof (zoals het aandeel stabiele en niet-stabiele organische stof) of de afbraaksnelheid van de onderscheiden pools.

---

## 5 Conclusies en Aanbevelingen

De resultaten van de screening van de lokaal geproduceerde producten, vooral bokashi en maaisel met bewerkingen, door de deelnemende pilots laten zien dat de chemische en landbouwkundige kwaliteit voldoende tot goed is wanneer deze vergeleken worden met eisen t.a.v. Keurcompost of de landbouwkundige waarde van groencompost. Voor een generieke toetsing bestaat er op dit moment echter geen geaccepteerd normkader. Vooralsnog voldoen de eisen voor compost als benchmark voor een eerste generieke toetsing. Bij overschrijding van eisen voor bijvoorbeeld metalen geldt dat een locatiespecifieke risicobenadering uitkomst kan bieden. In 2022 wordt hieraan vormgegeven. Daarbij zullen dan de kwaliteit van de ontvangende bodem en het te telen gewas als te beschermen object meegenomen worden. Dit kan als startpunt dienen voor het mogelijk te ontwikkelen beleid ten aanzien van de beoordeling van de productkwaliteit. Het ontwikkelen van dit beleid is nadrukkelijk geen onderdeel van dit onderzoeksproject.

De screening levert een aantal aandachtspunten op. Dit betreft allereerst de aanwezigheid van fysieke verontreinigingen. Door de heterogeniteit van het uitgangsmateriaal die deels gekoppeld is aan de variatie in herkomst van het materiaal (natuurterrein, wegberm, openbaar groen etc.), bevat een aantal monsters significante hoeveelheden steen en, in mindere mate, glas. Ook de aanwezigheid van plastic kan een beperking vormen voor de acceptatie. Dit laatste wordt in 2022 verder gekwantificeerd. Controle op het productieproces dan wel nabewerking of schonen van het veld na toediening zijn opties die verder onderzocht moeten worden om te komen tot een protocol dat de kwaliteit van het product dan wel de ontvangende bodem kan borgen.

Eenzelfde conclusie betreft onkruiddruk. De meerderheid van de monsters is van goede kwaliteit, d.w.z. zonder kiemkrachtige onkruidzaden, maar een deel (10%) bevat grotere hoeveelheden onkruidzaden. Ook hier is nog onduidelijk wat maakt dat de variatie in onkruiddruk groot is.

In een beperkt aantal monsters zijn ook lage gehalten aan azolen (net boven de detectiegrens) aangetroffen. Deze kunnen mogelijk de resistentie van de schimmel *Aspergillus fumigatus* (AF) verhogen. In 2022 wordt daarom een screening uitgevoerd om na te gaan in welke mate AF inderdaad voorkomt in de producten en of er daarbij sprake is van resistentie, al dan niet gekoppeld aan het aanwezig zijn van azolen. Ook hier geldt echter dat in de meerderheid (> 90%) van de monsters geen azolen zijn aangetroffen.

De landbouwkundige werking van bokashi, maaisel en compost en de effecten op het bodem-microbiologisch functioneren is onderzocht in veldproeven. Door de grote verschillen in de landbouwkundige uitgangssituatie in de proefterreinen van de WUR tonen de resultaten van de drie locaties dat er weinig generieke effecten zijn. Dit beeld wordt bevestigd door de metingen voor toediening en na de oogst bij de deelnemende pilots zelf. Uiteraard zal een aantal effecten, zoals onder meer op organische stof, pas op langere termijn waarneembaar worden. Gebaseerd op de metingen voor aanwending en na de oogst bij de pilots zelf suggereren de bodemmetingen uit 2021 dat er weinig generieke geldende effecten zijn. Omdat een deel van deze effecten, o.a. op het gehalte aan organische stof, pas na meerdere jaren te verwachten zal zijn, wordt deze monitoring in 2022 en daarna voortgezet.

Kortetermijneffecten die in een of meerdere proefvelden wel significant zijn, zijn onder meer het toenemen van de microbiologische activiteit (bepaald door PLFA-metingen) in vooral de nutriënt-gelimiteerde systemen. Ook verschuift de nematodensamenstelling en reageert een deel van de nematoden positief op het toegenomen voedselaanbod net zoals een aantal saprofytische schimmels. Deze en andere effecten zijn deels veel minder duidelijk, bij aanvang van de proef, in voedselrijke systemen. Door de relatief hoge C/N-verhouding in een aantal producten, treedt er in het N-gelimiteerde systeem op klei stikstofimmobilisatie op, wat leidt tot een duidelijke reductie van de maisopbrengst. Dit effect is sterker in de hoge (50 ton/ha) dan in de lage dosering. Dit effect treedt niet of niet waarneembaar op in de nutriëntrijke systemen op zand.



---

In 2022 zal in de veldproeven ook aandacht besteed worden aan andere beoogde effecten van het gebruik van organische producten. Dit betreft onder meer het effect op het watervasthoudend vermogen en, daaraan gelieerd, de infiltratiecapaciteit. Omdat een deel van de effecten op een aantal bodemparameters (organische stof, micronutriënten) en microbiële activiteit pas na langere tijd waarneembaar zal zijn, worden deze metingen in 2022 voortgezet. Daarnaast zal in er 2022 onderzocht worden of er effecten waarneembaar zijn op het watervasthoudend vermogen of de infiltratiecapaciteit.

De resultaten uit 2021 tonen aan dat er sprake is van grote variatie in zowel productkwaliteit als werking. Op dit moment is niet of onvoldoende duidelijk wat hiervoor de reden is. Daarom zal er in 2022 een evaluatie gemaakt worden van de logboeken die de pilots bijhouden. Daarin worden allerlei aspecten bijgehouden van zowel de productie van onder meer bokashi tot en met de aanwending en waargenomen effecten op gewas.

---

# Literatuur

- Bai, Z., Lin, J., Wu, J., Shi, R., Li, X. & Chen, B. 2017. Q10 values vary with different kinetic properties of C mineralization. *Pedobiologia*, 63, 8-13.
- Braakhekke, W. & De Bruijn, A. 2007. Modelling decomposition of standard plant material along an altitudinal gradient: A re-analysis of data of Couteaux et al.(2002). *Soil Biology and Biochemistry*, 39, 99-105.
- Brändli, R.C, T.D., Bucheli, T. Kupper, R. Furrer, W.A. Stahel, F.X. Stadelmann and J. Tarradellasa. 2007. Organic pollutants in compost and digestate. Part 1. Polychlorinated biphenyls, polycyclic aromatic hydrocarbons and molecular markers. *J. Environ. Monit.*, 2007, 9, 456-464.
- Bongers, T. (1988). *De nematoden van Nederland: een identificatietabel voor de in Nederland aangetroffen zoetwater- en bodembewonende nematoden*. Utrecht: Koninklijke Nederlandse Natuurhistorische Vereniging.
- CBAV 2019. Handboek Bodem en Bemesting. Hoofdstuk: Organische-stofbalans opstellen. <https://www.handboekbodemenbemesting.nl/>. In., Commissie Bemesting Akkerbouw en Vollegrondsgroenteteelt
- Clivot, H., Mouny, J.-C., Duparque, A., Dinh, J.-L., Denoroy, P., Houot, S., Vertès, F., Trochard, R., Bouthier, A., Sagot, S. & Mary, B. 2019. Modeling soil organic carbon evolution in long-term arable experiments with AMG model. *Environmental Modelling & Software*, 118, 99-113.
- CLM. 2021. Groen- en houtafval als bron van azolen-resistente schimmel *Aspergillus fumigatus*. Deel B monitoring. CLM rapport 1066. Centrum voor Landbouw en Milieu. Culemborg.
- Conant, R. T., Ryan, M. G., Ågren, G. I., Birge, H. E., Davidson, E. A., Eliasson, P. E., Evans, S. E., Frey, S. D., Giardina, C. P. & Hopkins, F. M. 2011. Temperature and soil organic matter decomposition rates—synthesis of current knowledge and a way forward. *Global Change Biology*, 17, 3392-3404.
- Cotrufo, M. F., Soong, J. L., Horton, A. J., Campbell, E. E., Haddix, M. L., Wall, D. H. & Parton, W. J. 2015. Formation of soil organic matter via biochemical and physical pathways of litter mass loss. *Nature Geoscience*, 8, ngeo2520.
- Dechow, R., Franko, U., Kätterer, T. & Kolbe, H. 2019. Evaluation of the RothC model as a prognostic tool for the prediction of SOC trends in response to management practices on arable land. *Geoderma*, 337, 463-478.
- Groeneveld, È. and M. Hébert. 2004. Dioxines, furannes, BPC et HAP dans les composts de l'est du Canada. *Vecteur Environnement*. pp. 47-52.
- Groenigen, J. W. v. & Zwart, K. B. 2007. Koolstof en stikstof mineralisatie van verschillende soorten compost een laboratorium studie, Alterra, Wageningen.
- Jäger, N., Duffner, A., Ludwig, B. & Flessa, H. 2013. Effect of fertilization history on short-term emission of CO<sub>2</sub> and N<sub>2</sub>O after the application of different N fertilizers—a laboratory study. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 59, 161-171.
- Janssen, B. H. 1996. Nitrogen mineralization in relation to C:N ratio and decomposability of organic materials. *Plant and Soil*, 181, 39-45.
- Kortleven, J. 1963. Kwantitatieve aspecten van humusopbouw en humusafbraak. In., Pudoc, Wageningen.
- Lamé, F.P.J., D.J. Brus, en R.H. Nieuwenhuis. 2004. Achtergrondwaarden 2000. Hoofdrapport AW2000 fase 1. TNO-rapport NITH 04-242-A.
- Leendertse, P.C., R. Gommer, en J. van Beek. 2021. Groen- en houtafval als bron van azolen-resistente schimmel *Aspergillus funigatus*. Deel A: desk-studie. CLM rapport 1065. Centrum voor Landbouw en Milieu. Culemborg.
- Lashermes, G., Nicolardot, B., Parnaudeau, V., Thuriès, L., Chaussod, R., Guillotin, M. L., Linères, M., Mary, B., Metzger, L., Morvan, T., Tricaud, A., Villette, C. & Houot, S. 2009. Indicator of potential residual carbon in soils after exogenous organic matter application. *European Journal of Soil Science*, 60, 297-310.
- Mewes, P. 2017. Persistence of exogenous organic carbon in soil as a cultivation property. Dissertation Humboldt-Universität, <http://dx.doi.org/10.18452/18143>

- 
- Mondini, C., Cayuela, M. L., Sinicco, T., Fornasier, F., Galvez, A. & Sánchez-Monedero, M. A. 2017. Modification of the RothC model to simulate soil C mineralization of exogenous organic matter. *Biogeosciences*, 14, 3253-3274.
- Oertel, C., Matschullat, J., Zurba, K., Zimmermann, F., & Erasmi, S. (2016). Greenhouse gas emissions from soils—A review. *Geochemistry*, 76(3), 327-352.
- Postma, R. & Ros, G. 2016. Bepalen van stabiliteit van GFT- en groencomposten. Rapport 1580. In., Nutrienten Management Instituut NMI B.V., Wageningen.
- Rood, G.A. 1994. Organische microverontreinigingen in GFT-compost. RIVM rapport 771401004. RIVM Bilthoven.
- STORA. 1988. Verwerking dierlijke meststoffen op rioolwaterzuiveringsinrichtingen. Oriënterend onderzoek. Rapport 88-07 Stichting Toegepast Onderzoek Reiniging Afvalwater.
- Termorshuizen, A.J., Postma, R. 2021. Effecten van toevoer van organische stof op bodemgezondheid en bodemvruchtbaarheid. Aad Termorshuizen Consultancy en NMI. 69 pp
- Van Bezooijen, J., & Ettema, C. (1996). Practicumhandleiding nematologie (gedeeltelijk herziene versie). Wageningen: Vakgroep Nematologie.
- Van den Burgt, G., Dekker, P., Van Geel, W., Bokhorst, J. & Van den Berg, W. 2011. Duurzaamheid organische stof in mest; analysemethoden om de stabiliteit van de organische stof van verschillende organische meststoffen inclusief digestaat te beoordelen. PPO-rapport 446 In., PPO-AGV.
- VDLUF A 2014. Humusbilanzierung. Eine Methode zur Analyse und Bewertung der Humusversorgung von Ackerland., Verband Deutscher Landwirtschaftlicher Untersuchungs- und Forschungsanstalten, Speyer.
- Veeken, A.H.M., de Wilde, V., Hamelers, H.V.M., Moolenaar, S.W, Postma, R., 2003 OxiTop® measuring system for standardised determination of the respiration rate and N-mineralisation rate of organic matter in waste material. WUR/NMI, Wageningen.
- Verbruggen, E.M.J., C.T.A. Moermond, J.A. Janus, J.P.A. Lijzen. 2004. Afleiding van milieurisicogrenzen voor chloride in oppervlaktewater, grondwater, bodem en waterbodem. RIVM Rapport 711701075/2008.

# Bijlage 1 Maximale waarden voor zware metalen en organische microverontreinigingen

Bijlage II van Uitvoeringsbesluit Meststoffenwet.

**Tabel B1.1** Normen voor zware metalen in compost (Tabel 3 uit Bijlage II in Uitvoeringsbesluit).\*

Zware metalen	in mg per kg ds
Cd (Cadmium)	1
Cr (Chroom)	50
Cu (Koper)	90
Hg (Kwik)	0,3
Ni (Nikkel)	20
Pb (Lood)	100
Zn (Zink)	290
As (Arseen)	15

\* Andere eisen zijn: minimaal 10% organische stof, geen biologisch afbreekbare delen groter dan 50 millimeter en niet meer dan 0,5% bodemvreemde, niet biologische afbreekbare delen (artikel 17 Uitv Besluit MW). Het is uitsluitend toegestaan om bij de bereiding van compost bodembestanddelen te gebruiken, indien dit betreft grond als bedoeld in artikel 1 van het Besluit bodemkwaliteit, waarvan de kwaliteit de krachtens artikel 40 van dat besluit, vastgestelde achtergrondwaarden niet overschrijdt.

**Tabel B1.2** Normen voor zware metalen in Overige Meststoffen (Tabel 1 uit Bijlage II in Uitvoeringsbesluit).

Zware metalen	maximale waarden in mg per kg van het desbetreffende waardegevende bestanddeel				
	fosfaat	stikstof	Kali	neutraliserende waarde	organische stof
Cd (Cadmium)	31,3	25	16,7	6,3	0,8
Cr (Chroom)	1875	1500	1000	375	50
Cu (Koper)	1875	1500	1000	375	50
Hg (Kwik)	18,8	15	10	3,8	0,5
Ni (Nikkel)	750	600	400	150	20
Pb (Lood)	2500	2000	1333	500	67
Zn (Zink)	7500	6000	4000	1500	200
As (Arseen)	375	300	200	75	10

\* Overige organische meststoffen bevatten geen biologisch afbreekbare delen met een diameter groter dan 50 millimeter en niet meer dan 0,5 gewichtsprocent aan bodemvreemde niet-biologisch afbreekbare delen (artikel 13 Uitv Besluit MW).

**Tabel B1.3** Normen voor organische microverontreinigingen in Overige Meststoffen (Tabel 4 uit Bijlage II in Uitvoeringsbesluit).

Organische micro- verontreinigingen	maximale waarden in mg per kg van het desbetreffende waardegevende bestanddeel				
	fosfaat	stikstof	Kali	neutraliserende waarde	organische stof
Σ PCDD/PCDF	0,019	0,015	0,010	0,0038	0,00051
α-HCH	310	248	165	62	8,3
β-HCH	12	9,6	6,4	2,4	0,32
γ-HCH (lindaan)	1,2	0,96	0,64	0,24	0,032
HCB	31	31,2	20,8	7,8	1,0
Aldrin	7	5,6	3,7	1,4	0,2
Dieldrin	7	5,6	3,7	1,4	0,2
Σ aldrin/dieldrin	7	5,6	3,7	1,4	0,2
Endrin	7	5,6	3,7	1,4	0,2
Isodrin	7	5,6	3,7	1,4	0,2
S endrin/isodrin	7	5,6	3,7	1,4	0,2
S DDT + DDD + DDE	23	18,4	12,3	4,6	0,6
PCB-28	18,5	14,8	9,9	3,7	0,48
PCB-52	18,5	14,8	9,9	3,7	0,48
PCB-101	75	60	40	15	2
PCB-118	75	60	40	15	2
PCB-138	75	60	40	15	2
PCB-153	75	60	40	15	2
PCB-180	75	60	40	15	2
Σ 6-PCB (excl. PCB-118)	375	300	200	75	10
Naftaleen	600	480	320	120	16
Fenanthreen	750	600	400	150	20
Antraceen	600	480	320	120	16
Fluoranteen	185	148	98	37	4,9
Benzo(a)antraceen	230	184	123	46	6,1
Chryseen	230	184	123	46	6,1
Benzo(k)fluoranteen	270	216	144	54	7,2
Benzo(a)pyreen	290	232	155	58	7,7
Benzo(g,h,i)perylene	210	168	112	42	5,6
Indeno(1,2,3-c,d)pyreen	235	188	125	47	6,3
Σ 10-PAK	11500	9200	6133	2300	307
Minerale olie	935000	748000	498668	187000	24933

## Bijlage 2 Analytische methoden Eurofins AGRO

**Tabel B2.1** Overzicht van methoden gehanteerd door Eurofins Agro voor de bepaling van landbouwkundige en milieukundige parameters in de onderzocht bodemverbeteraars.

Droge stof	Em: LDS2		
Ruw as	Em: VAS1	Cadmium (Cd)	Em:KNW6(Cf:CSS99025B/027)
Org. Stof	Em: VAS1	Chroom (Cr)	Em:KNW6(Cf:CSS99025B/027)
Stikstof (N-totaal)	Em: REW2	Koper (Cu)	Em:KNW6(Cf:CSS99025B/027)
Fosfor (P)	Em: CFA8	Kwik (Hg)	Em:KNW6(Cf:CSS99025B/027)
Fosfaat (P2O5)	afgeleide waarde	Nikkel (Ni)	Em:KNW6(Cf:CSS99025B/027)
Kalium (K)	Em: ICP2:(Gw NEN 6966)	Lood (Pb)	Em:KNW6(Cf:CSS99025B/027)
Kali (K2O)	afgeleide waarde	Zink (Zn)	Em:KNW6(Cf:CSS99025B/027)
Zwavel (S)	Em: STT6:(Gw NEN 6966)	Arseen (As)	Em:KNW6(Cf:CSS99025B/027)
Magnesium (Mg)	Em: ICP2:(Gw NEN 6966)	Overige veront. > 2 mm	VVC1: Cf:BRLKC/BVOR
Magnesia (MgO)	afgeleide waarde	Steen > 5 mm	VVC1: Cf:BRLKC/BVOR
Chloride	Em: WTR1	Glas > 2 mm	VVC1:Cf:BRLKC/BVOR
Zuurgraad (pH)	PHK1: Cf NEN ISO 10390	Glas > 20 mm	VVC1:Cf:BRLKC/BVOR
C-anorganisch	CAN8: Cf NEN-15936	Totale verontreiniging	afgeleide waarde
Koolzure kalk		Onkruidkiemtoets	OKC1: Cf:BRLK256/04-KIWA
Geleidingsvermogen	Em: GVM5		
Koolstof	Em: CNE4		
C/N-ratio	afgeleide waarde		
Respiratiesnelheid	SBC2: Cf BRLKC/BVOR		

**Tabel B2.2.** Overzicht van gemeten bodemparameters, eenheden en methoden.

Meting	Eenheid	Methode	Accreditatie (RvA)
N-totale bodemvoorraad	mg N/kg	NIRS (TSC®)	Q
S-plantbeschikbaar	mg S/kg	CCL3(PAE®)	
S-totale	mg S/kg	NIRS (TSC®)	Q
P-plantbeschikbaar	mg P/kg	CCL3(PAE®)	Q
P-bodemvoorraad	mg P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> /100 g	NEN 5793	Q
K-plantbeschikbaar	mg K/kg	CCL3(PAE®)	Q
K-bodemvoorraad	mmol <sup>+</sup> /kg	NIRS (TSC®)	
Ca-plantbeschikbaar	mmol Ca/l	NIRS (TSC®)	
Ca-bodemvoorraad	mmol <sup>+</sup> /kg	NIRS (TSC®)	
Mg-plantbeschikbaar	mg Mg/kg	CCL3(PAE®)	Q
Mg-bodemvoorraad	mmol <sup>+</sup> /kg	NIRS (TSC®)	
Na-plantbeschikbaar	mg Na/kg	CCL3(PAE®)	Q
Na-bodemvoorraad	mmol <sup>+</sup> /kg	NIRS (TSC®)	
Si-plantbeschikbaar	µg Si/kg	CCL3(PAE®)	
Fe-plantbeschikbaar	µg Fe/kg	CCL3(PAE®)	
Zn-plantbeschikbaar	µg Zn/kg	CCL3(PAE®)	
Mn-plantbeschikbaar	µg Mn/kg	CCL3(PAE®)	Q
Cu-plantbeschikbaar	µgCu/kg	CCL3(PAE®)	Q
Co-plantbeschikbaar	µgCo/kg	CCL3(PAE®)	Q
B-plantbeschikbaar	µg B/kg	CCL3(PAE®)	Q
Mo-plantbeschikbaar	µg Mo/kg	CCL3(PAE®)	
Se-plantbeschikbaar	µg Se/kg	CCL3(PAE®)	
Zuurgraad		NIRS (TSC®)	
C-organisch	%	NIRS (TSC®)	Q
Organische stof	%	NIRS (TSC®)	Q
C-anorganisch	%	NIRS (TSC®)	
Koolzure kalk	%		
Klei	%	NIRS (TSC®)	
Silt	%	NIRS (TSC®)	
Zand	%	NIRS (TSC®)	
Klei-humus CEC	mmol <sup>+</sup> /kg	NIRS (TSC®)	
Microbiële biomassa	mgC/kg	NIRS (TSC®)	
Microbiële activiteit	mgN/kg	NIRS (TSC®)	
Schimmel biomassa	mgC/kg	NIRS (TSC®)	
Bacteriële biomassa	mgC/kg	NIRS (TSC®)	

## Bijlage 3 Overzicht van gehalten aan overige verontreinigingen

**Tabel B3.1** Gehalten aan minerale olie en PCB's in de twaalf onderzochte monsters.

Type	bokashi	bokashi	maaisel	maaisel	bokashi	Lok. BV	maaisel	Lok. BV	bokashi	bokashi	bokashi	bokashi
Material	maaisel	blad	maaisel	maaisel	maaisel	maaisel	maaisel	maaisel	maaisel	maaisel	maaisel	blad
Pilot nummer	3	8	14	21	35	40b	41	47	48	51a	54	Kosterlaan
Droge stof (% product)	34.4	33.8	62.9	28.3	52.9	29.1	9.9	36.8	35.3	31.2	43.2	38.4
Minerale Olie (mg/kg ds)												
Minerale olie (C10-C12)	<3.0	<6.0	<3.0	<9.0	<3.0	<9.0	<24	<3.0	4.9	<6.0	<3.0	<42
Minerale olie (C12-C16)	<5.0	47	<5.0	<15	<5.0	<15	<40	11	13	13	10	<70
Minerale olie (C16-C21)	<6.0	120	<6.0	<18	6.5	53	<48	14	140	30	51	<84
Minerale olie (C21-C30)	20	690	19	<36	63	330	<96	38	160	98	1200	250
Minerale olie (C30-C35)	12	590	14	30	59	510	<48	98	410	59	420	<84
Minerale olie (C35-C40)	<6.0	200	<6.0	<18	15	57	<48	16	83	28	61	<84
Minerale olie totaal (C10-C40)	<76	1600	<38	<110	140	920	<300	170	820	240	1700	<530
Som minerale olie (alles > det, mg/kg ds)	32	3247	33	30	277	1870	0	347	1626	468	3442	250
<b>Polychloorbifenylen (mg/kg ds)</b>												
PCB 28	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010
PCB 52	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.0096	<0.0010
PCB 101	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.013	<0.0010
PCB 118	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.025	<0.0010
PCB 138	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.0013	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.018	<0.0010
PCB 153	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.016	<0.0010
PCB 180	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	<0.0010	0.0037	<0.0010
PCB (som 7)	<0.0070	<0.0070	<0.0070	<0.0070	<0.0070	<0.0070	<0.0070	<0.0070	<0.0070	<0.0070	0.084	<0.0070
<b>PerFluorKoolwaterstoffen(PFC, µg/kg ds)</b>												
perfluorbutaanzuur (PFBA)	0.3	0.3	<0.1	<0.2	<0.1	0.8	1.7	0.2	<0.1	0.3	0.4	3.0
perfluorpentaanzuur (PFPeA)	0.2	<0.1	<0.1	<0.2	0.2	<0.2	<0,6	0.2	<0,1	<0,2	1.1	1.0
perfluorhexaanzuur (PFHxA)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.2	0.3	<0.2	<0,6	<0,1	<0,1	<0,2	1.4	<0.1
perfluorheptaanzuur (PFHpA)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.2	<0,1	<0.2	<0,6	<0,1	<0,1	<0,2	0.4	0.1
perfluoroctaanzuur (PFOA) lineair	0.3	<0.1	0.2	<0.2	0.4	<0.2	1.3	0.2	0.6	0.9	0.6	0.3



Type	bokashi	bokashi	maaisel	maaisel	bokashi	Lok. BV	maaisel	Lok. BV	bokashi	bokashi	bokashi	bokashi
Material	maaisel	blad	maaisel	maaisel	maaisel	maaisel	maaisel	maaisel	maaisel	maaisel	maaisel	blad
Pilot nummer	3	8	14	21	35	40b	41	47	48	51a	54	Kosterlaan
perfluorooctaanzuur (PFOA) vertakt	<0.1	<0.1	<0.1	<0.2	<0,1	<0.2	<0,6	<0,1	<0,1	<0,2	<0.1	<0.1
perfluornonaanzuur (PFNA)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.2	0.1	<0.2	<0,6	<0,1	<0,1	<0,2	0.1	<0.1
perfluordecaanzuur (PFDA)	0.2	<0.1	<0.1	<0.2	0.2	<0.2	<0,6	<0,1	<0,1	<0,2	0.1	<0.1
perfluorundecaanzuur (PFUnDA)	0.1	<0.1	<0.1	<0.2	<0.1	<0.2	<0,6	<0,1	<0,1	<0,2	0.1	<0.1
perfluordodecaanzuur (PFDoA)	0.2	<0.1	<0.1	<0.2	0.1	<0.2	<0,6	<0,1	<0,1	<0,2	0.4	<0.1
perfluortridecaanzuur (PFTrDA)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.2	<0.1	<0.2	<0,6	<0,1	<0,1	<0,2	0.3	<0.1
perfluortetradecaanzuur (PFTeDA)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.2	<0.1	<0.2	<0,6	<0,1	<0,1	<0,2	<0.1	<0.1
perfluorhexadecaanzuur (PFHxDA)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.2	<0.1	<0.2	<0,6	<0,1	<0,1	<0,2	<0.1	<0.1
perfluoroctadecaanzuur (PFODA)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.2	<0.1	<0.2	<0,6	<0,1	<0,1	<0,2	<0.1	<0.1
perfluorbutaansulfonzuur (PFBS)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.2	0.2	<0.2	<0,6	<0,1	<0,1	<0,2	<0.1	0.3
perfluorpentaansulfonzuur (PFPeS)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.2	<0.1	<0.2	<0,6	<0,1	<0,1	<0,2	<0.1	<0.1
perfluorhexaansulfonzuur (PFHxS)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.2	<0.1	<0.2	<0,6	<0,1	<0,1	<0,2	0.8	<0.1
perfluorheptaansulfonzuur (PFHpS)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.2	<0.1	<0.2	<0,6	<0,1	<0,1	<0,2	<0.1	<0.1
perfluorooctaansulfonzuur (PFOS) lineair	0.5	0.2	0.2	<0.2	2.8	0.3	0.8	0.8	0.4	0.5	11	0.5
perfluorooctaansulfonzuur (PFOS) vertakt	<0.1	<0.1	<0.1	<0.2	1.2	<0.2	<0,6	0.3	0.2	<0,2	2.3	0.2
perfluordecaansulfonzuur (PFDS)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.2	<0.1	<0.2	<0,6	<0,1	<0,1	<0,2	0.1	<0.1
4:2 fluortelomeer sulfonzuur (4:2 FTS)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.2	<0.1	<0.2	<0,6	<0,1	<0,1	<0,2	<0.1	<0.1
6:2 fluortelomeer sulfonzuur (6:2 FTS)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.2	<0.1	<0.2	<0,6	<0,1	<0,1	<0,2	0.6	<0.1
8:2 fluortelomeer sulfonzuur (8:2 FTS)	0.1	<0.1	<0.1	<0.2	<0.1	<0.2	<0,6	<0,1	<0,1	<0,2	0.6	<0.1
10:2 fluortelomeer sulfonzuur (10:2 FTS)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.2	<0.1	<0.2	<0,6	<0,1	<0,1	<0,2	1.4	<0.1
N-methylperfluorooctaansulfonamideacetaat (MeFOSAA)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.2	<0.1	<0.2	1.3	<0,1	<0,1	<0,2	<0.1	<0.1
N-ethylperfluorooctaansulfonamideacetaat (EtFOSAA)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.2	0.1	<0.2	<0,6	<0,1	<0,1	<0,2	0.2	<0.1
perfluorooctaansulfonamide (PFOSA)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.2	<0.1	<0.2	<0,6	<0,1	<0,1	<0,2	0.3	<0.1
N-methylperfluorooctaansulfonamide (MeFOSA)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.2	<0.1	<0.2	<0,6	<0,1	<0,1	<0,2	<0.1	<0.1
8:2 fluortelomeerfosfaatdiester (8:2diPAP)	<0.1	<0.1	<0.1	<0.2	<0.1	<0.2	<0,6	<0,1	<0,1	<0,2	0.1	<0.1
som PFOA (norm = 1.9)	0.3	<0.2	<0.2	<0,4	0.4	<0,4	1.3	0.2	0.6	0.9	0.6	0.3
som PFOS (norm = 1.4)	0.5	<0.2	0.2	<0,4	4	<0,4	<1,2	1	0.6	0.5	13	0.7
<b>PAKs (mg/kg ds)</b>												
Naftaleen	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	0.16	<0.050	0.092	<0.050	<0.050	0.12	<0,5
Fenanthreen	<0.050	1.0	<0.050	0.10	<0.050	0.22	0.084	0.068	<0.050	0.14	0.085	<0,5
Anthraceen	<0.050	0.41	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0,05	<0,5
Fluorantheen	<0.050	2.0	0.12	0.20	0.22	0.29	0.12	0.093	0.080	0.14	0.19	<0,5
Benzo(a)anthracene	<0.050	0.96	<0.050	<0.050	0.085	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0,05	<0,5
Chryseen	<0.050	0.80	0.081	<0.050	0.095	0.12	0.070	0.070	<0.050	<0.050	0.083	<0,5

Type	bokashi	bokashi	maaisel	maaisel	bokashi	Lok. BV	maaisel	Lok. BV	bokashi	bokashi	bokashi	bokashi
Material	maaisel	blad	maaisel	maaisel	maaisel	maaisel	maaisel	maaisel	maaisel	maaisel	maaisel	blad
Pilot nummer	3	8	14	21	35	40b	41	47	48	51a	54	Kosterlaan
Benzo(k)fluoranthene	<0.050	0.43	<0.050	<0.050	0.070	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0,05	<0,5
Benzo(a)pyreen	<0.050	0.66	<0.050	<0.050	0.097	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	0.058	<0,5
Benzo(ghi)perylene	<0.050	0.52	0.059	<0.050	0.11	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0,05	<0,5
Indeno(123-cd)pyreen	<0.050	0.39	<0.050	0.086	0.082	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0.050	<0,05	<0,5
PAK Totaal VROM (10), norm cf EU2019/1009 is 6 mg/kg ds	<0.50	7.2	<0.50	<0.50	0.75	0.79	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50	0.54	<0,5
<b>Dioxines (ng/kg ds)</b>												
2378TetraCDD	<0,182	0.713	<0,160	<0,186	na	<0,206	<0,174	<0,201	0.554	<0,175	1.42	1.09
12378-PentaCDD	0.705	3.16	<0,214	<0,248	na	0.282	<0,232	<0,267	1.56	<0,233	5.5	1.91
123478-HexaCDD	0.78	3.65	<0,427	<0,496	na	<0,549	<0,465	<0,535	1.94	<0,466	4.44	1.84
123678-HexaCDD	1.76	5.12	0.865	<0,496	na	0.693	<0,465	<0,535	2.81	0.523	7.9	3.23
123789-HexaCDD	1.89	9.35	0.627	<0,496	na	<0,549	<0,465	<0,535	4.01	0.494	5.21	3.62
1234678-HeptaCDD	61.3	88.8	10.2	2.2	na	13.3	1.61	8.09	44.8	8.6	82.9	40.4
OctaCDD	1100	4500	51.4	10.7	na	69.5	7.44	56.5	1060	147	559	553
2378-TetraCDF	0.821	0.742	0.864	<0,331	na	0.738	<0,310	0.418	1.18	0.398	1.77	2.26
12378-PentaCDF	0.582	0.504	0.827	<0,455	na	0.891	<0,426	<0,490	0.885	<0,427	1.33	1.45
23478-PentaCDF	0.529	0.596	0.954	<0,455	na	0.939	<0,426	<0,490	1.15	0.443	1.7	2.1
123478-HexaCDF	1.16	0.605	1.2	<0,414	na	1.47	<0,387	<0,446	1.37	0.749	3.08	4.35
123678-HexaCDF	1.03	0.667	1.07	<0,414	na	1.23	<0,387	<0,446	1.39	0.506	1.95	2.3
123789-HexaCDF	<0,404	<0,413	<0,356	<0,414	na	<0,457	<0,387	<0,446	<0,430	<0,388	<0,387	<0,454
234678-HexaCDF	0.545	0.481	1.03	<0,414	na	0.772	<0,387	<0,446	1.11	0.462	1.71	1.94
1234678-HeptaCDF	6.57	7.54	13.8	1	na	8.76	1.05	3.86	11.1	6.03	15.8	22.8
1234789-HeptaCDF	0.404	<0,392	0.41	<0,393	na	0.707	<0,368	<0,423	0.649	0.449	1.75	2.03
OctaCDF	13	8.09	14.4	<3,31	na	8.1	<3,10	5.43	20	11.4	49	68.2
WHO(`05) PCDD/F TEQ excl LOQ	2.70	8.44	1.14	0.0352	na	1.33	0.0288	0.180	4.75	0.644	11.3	6.47
WHO(`05) PCDD/F TEQ incl LOQ	2.92	8.49	1.59	0.972	na	1.69	0.906	1.15	4.79	1.15	11.3	6.51
I-TEQ (NATO/CCMS) excl. LOQ	3.25	10.1	1.39	0.0427	na	1.45	0.0340	0.223	4.97	0.844	9.30	6.39
I-TEQ (NATO/CCMS) incl. LOQ	3.47	10.2	1.74	0.958	na	1.81	0.891	1.17	5.02	1.24	9.34	6.44

## Bijlage 4 Toetsing normen Meststoffenwet

**Tabel B4.1** Toetsing normen Overige Organische Meststoffen (Bijlage II: Tabel 1 en 4 daarin): normoverschrijdingen voor metalen zijn scheefgedrukt. Het bepalende, waarde gevende bestanddeel is grijs. Som PCDD en PCDF per waardegevende bestanddeel. Gegeven zijn gemeten waarden of rapportagegrenzen (*italic*, voor organische microverontreinigingen).

	bokashi maaisel	bokashi blad	maaisel maaisel	maaisel maaisel	bokashi maaisel	Lok. BV maaisel	maaisel maaisel	Lok. BV maaisel	bokashi maaisel	bokashi maaisel	bokashi maaisel	bokashi blad
	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>14</b>	<b>21</b>	<b>35</b>	<b>40b</b>	<b>41</b>	<b>47</b>	<b>48</b>	<b>51a</b>	<b>54</b>	<b>Kosterlaan</b>
ds	305	348	590	291	470	289	138	472	274	<i>277</i>	445	295
N	9.3	7.4	<b>3</b>	12.2	<b>7.2</b>	<b>21</b>	<b>29.6</b>	6.9	<b>12.4</b>	14.8	5.9	10.3
P205	6.87	1.83		4.58	3.44	7.79	4.81	3.44	5.5	4.58	3.44	2.52
K20	10	4.8	2	14	3.7	20	13	6.1	17	7	5.2	6.1
NW	50	11	2	0	3	6	2	2	13	7	<b>53</b>	31
OM	<b>397</b>	<b>579</b>	86	<b>596</b>	190	571	826	<b>226</b>	358	<b>611</b>	235	<b>636</b>
Cd	0.21	0.21	<i>0.26</i>	0.21	<i>0.51</i>	0.24	0.24	<i>0.2</i>	<i>0.5</i>	0.34	<i>1.06</i>	0.5
Cr	14	15	8.9	11	24	9.5	3.2	7.4	44	13	<i>31</i>	10
Cu	15	9.8	8.3	10	28	14	11	<i>12</i>	29	15	24	14
Hg		0.04			0.05	0.04	0.04	0.03	0.08	0.05	0.14	0.08
Ni	8.5	6.9	4.7	7	14	3.4	2.6	4.4	35	6.9	15	7.3
Pb	9	14	13	7.9	23	7.9	6.3	8.9	45	14	24	12
Zn	92	74	53	48	190	92	104	79	118	73	250	96
As	5.7	1.9	5.7	4.5	14	1.5	1.1	2.1	10	2.9	14	2.2
Som PCDD PCDF	1191	4630	98	22	geen	109	18	79	1154	178	744	712
HCH alpha	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
HCH beta	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
HCH gamma (Lindane)	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
HCB	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Aldrin	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Dieldrin	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Som Aldrin en Dieldrin	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Endrin	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Isodrin	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10

	<b>bokashi</b>	<b>bokashi</b>	<b>maaisel</b>	<b>maaisel</b>	<b>bokashi</b>	<b>Lok. BV</b>	<b>maaisel</b>	<b>Lok. BV</b>	<b>bokashi</b>	<b>bokashi</b>	<b>bokashi</b>	<b>bokashi</b>
	<b>maaisel</b>	<b>blad</b>	<b>maaisel</b>	<b>maaisel</b>	<b>maaisel</b>	<b>maaisel</b>	<b>maaisel</b>	<b>maaisel</b>	<b>maaisel</b>	<b>maaisel</b>	<b>maaisel</b>	<b>blad</b>
	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>14</b>	<b>21</b>	<b>35</b>	<b>40b</b>	<b>41</b>	<b>47</b>	<b>48</b>	<b>51a</b>	<b>54</b>	<b>Kosterlaan</b>
Som Endrin en Isodrin	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
Som DDD, DDE en DDT												
PCB 28	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
PCB 52	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	9.6	1
PCB 101	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	13	1
PCB 118	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	25	1
PCB 138	1	1	1	1	1.3	1	1	1	1	1	18	1
PCB 153	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	16	1
PCB 180	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	3.7	1
Som 6 PCB's (excl 118)	7	7	7	7	7.3	7	7	7	7	7	86.3	7
Naphthaleen	50	50	50	50	50	160	50	92	50	50	120	500
Phenanthreen	50	1000	50	100	50	220	84	68	50	140	85	500
Anthraceen	50	410	50	50	50	50	50	50	50	50	50	500
Fluorantheen	50	2000	120	200	220	290	120	93	80	140	190	500
Benz[a]anthraceen	50	960	50	50	85	50	50	50	50	50	50	500
Chryseen	50	800	81	50	95	120	70	70	50	50	83	500
Benzo[k]fluorantheen	50	430	50	50	70	50	50	50	50	50	50	500
Benzo[a]pyreen	50	660	50	50	97	50	50	50	50	50	58	500
Benzo[ghi]peryleen	50	520	59	50	110	50	50	50	50	50	50	500
Indeno[123-cd]pyreen	50	390	50	86	82	50	50	50	50	50	50	500
Som PAK's	500	7220	610	736	909	1090	624	623	530	680	786	5000
Minerale olie	32	3247	33	30	277	1870	0	347	1626	468	3442	250

---

# Bijlage 5    Aanvullende informatie incubatieproeven

## Protocol bepalen vloeigrens

Place the empty plastic tray with the spoon on the balance and tare the balance to zero.

Weigh out 50 to 100 grams of dried soil (at 105 °C) and annotate the weight (*S*).

Add small amounts of water to the soil using the wash bottle.

Mix thoroughly the water and the soil to homogenize soil moisture.

Repeat steps 3 and 4 a couple of times, until you think that the soil is wet enough.

Bring the soil to one side of the plastic container.

With the spoon draw a line on the soil surface.

Carefully beat the plastic container on the table.

If the soil is shimmering or you see water in the openings, then you have reached the water holding capacity (WHC).

If not, add small amounts of water and repeat the steps above (3 to 8) until you reach the WHC.

Weigh out the container with the wet soil (*WS*) and the spoon.

## *Notes*

60% WHC represents the soil field capacity.

Sandy soils usually have a very low WHC.

When working with clay soil you must wait some time, every time after adding water because the soil needs more time to absorb the water and swell.

## *Calculations*

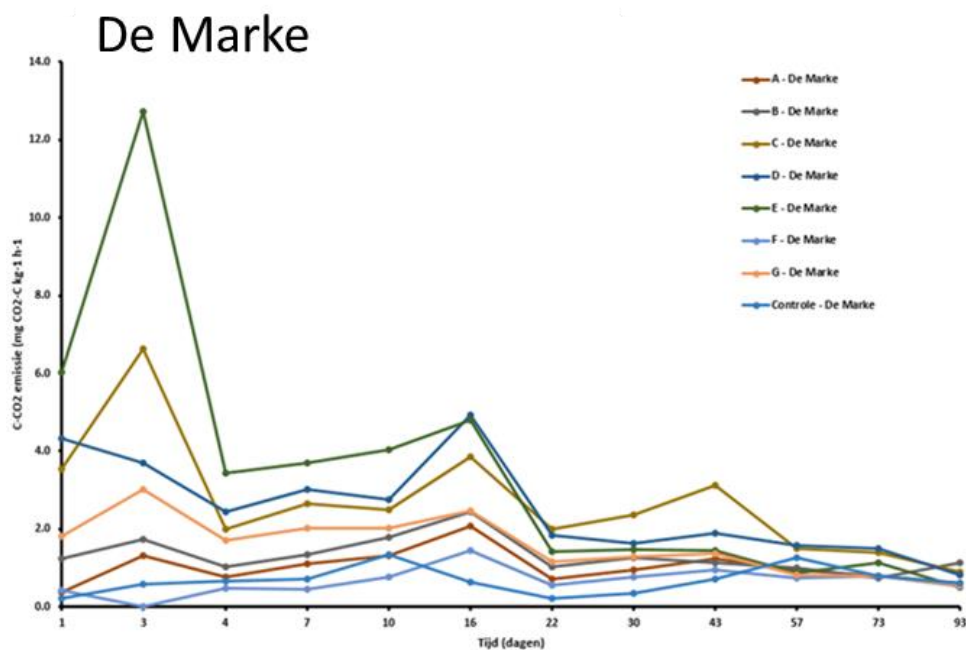
*S*: Dry soil weight (g)

*WS*: Soil and added water (g)

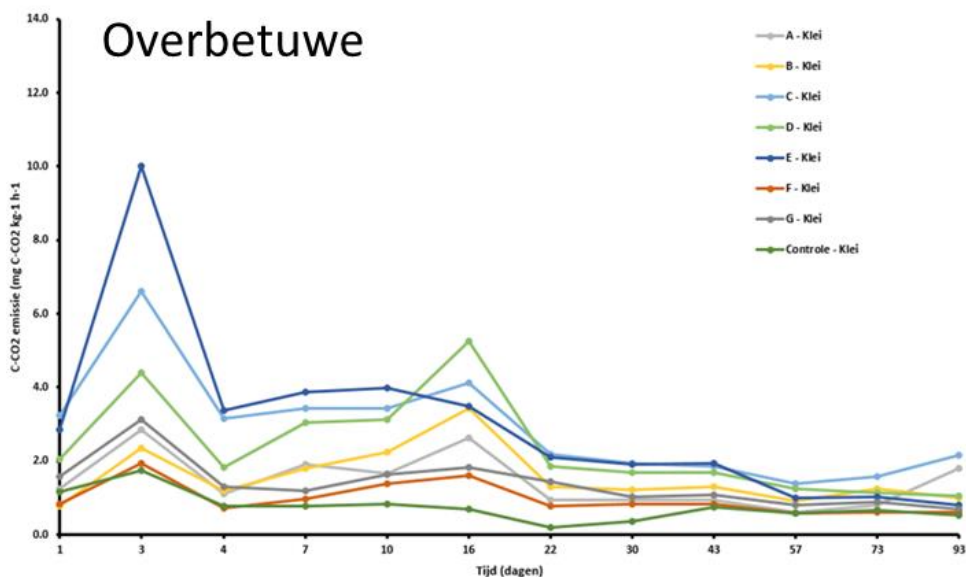
WHC: Water holding capacity: Volume of water retained by 100g of dried soil (ml)

$$WHC = [100 * (WS - S)]/S$$

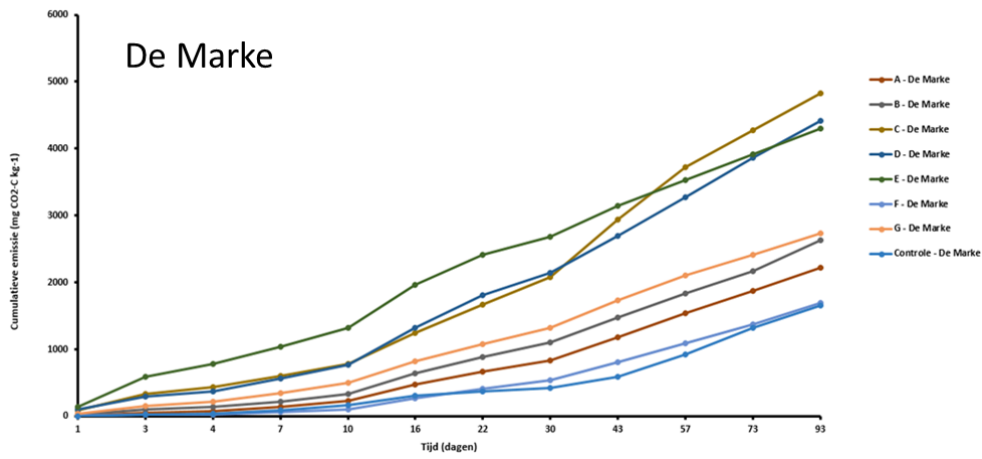
## Bijlage 6 Fluxen en cumulatieve emissies



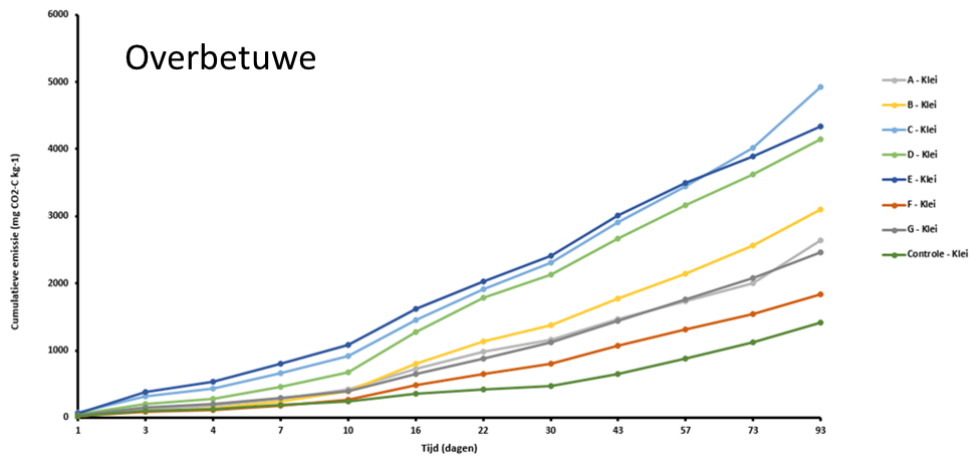
**Figuur B6.1** Gemiddelde CO<sub>2</sub>-fluxen van de onderzochte producten uit zandgrond (De Marke) gedurende de incubatieperiode.



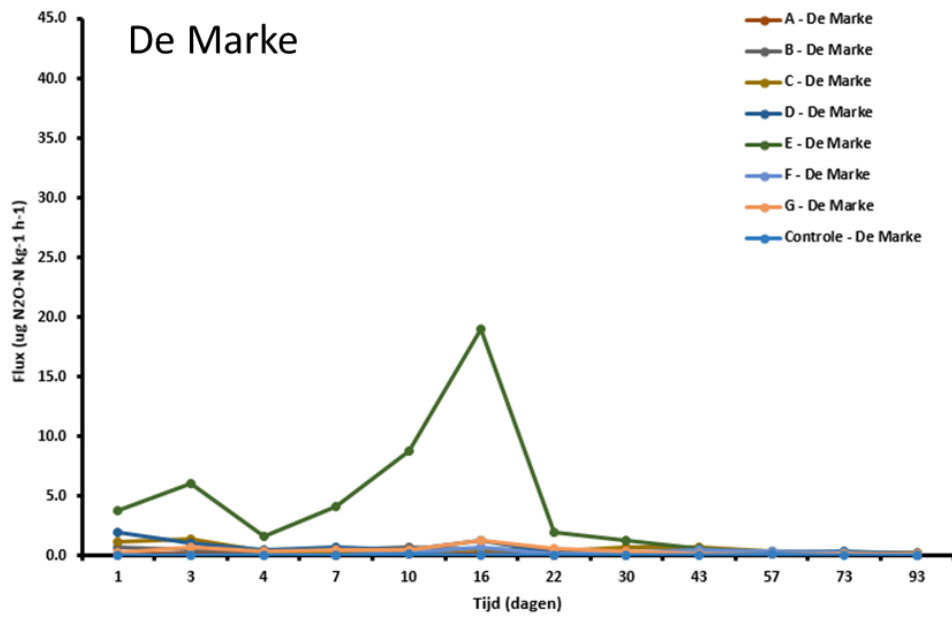
**Figuur B6.2** Gemiddelde CO<sub>2</sub>-fluxen van de onderzochte producten uit kleigrond (Overbetuwe) gedurende de incubatieperiode.



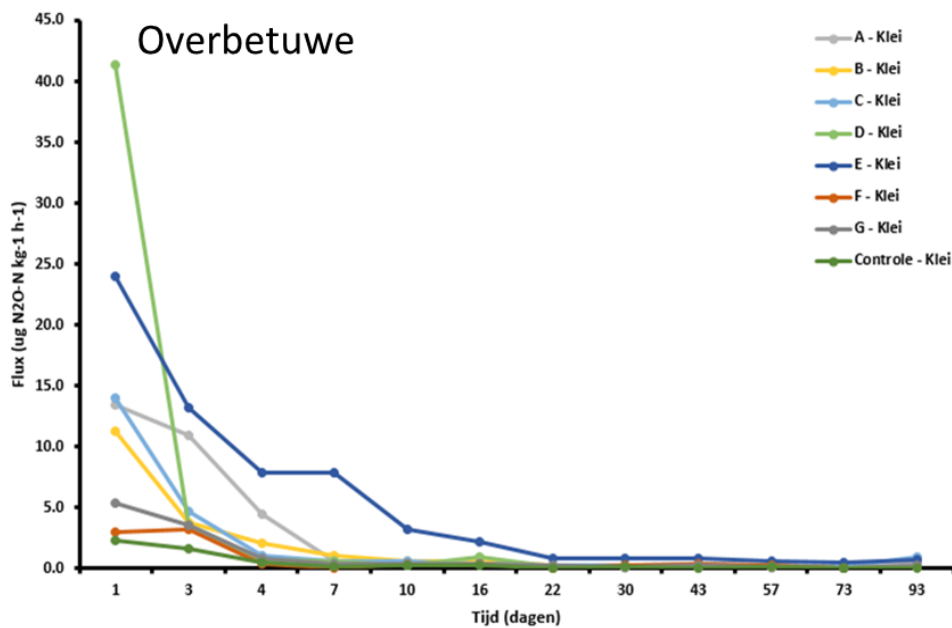
**Figuur B6.3** Gemiddelde cumulatieve CO<sub>2</sub>-emissie van de onderzochte producten uit zandgrond (De Marke) gedurende de incubatieperiode.



**Figuur B6.4** Gemiddelde cumulatieve CO<sub>2</sub>-emissie van de onderzochte producten uit kleigrond (Overbetuwe) gedurende de incubatieperiode.

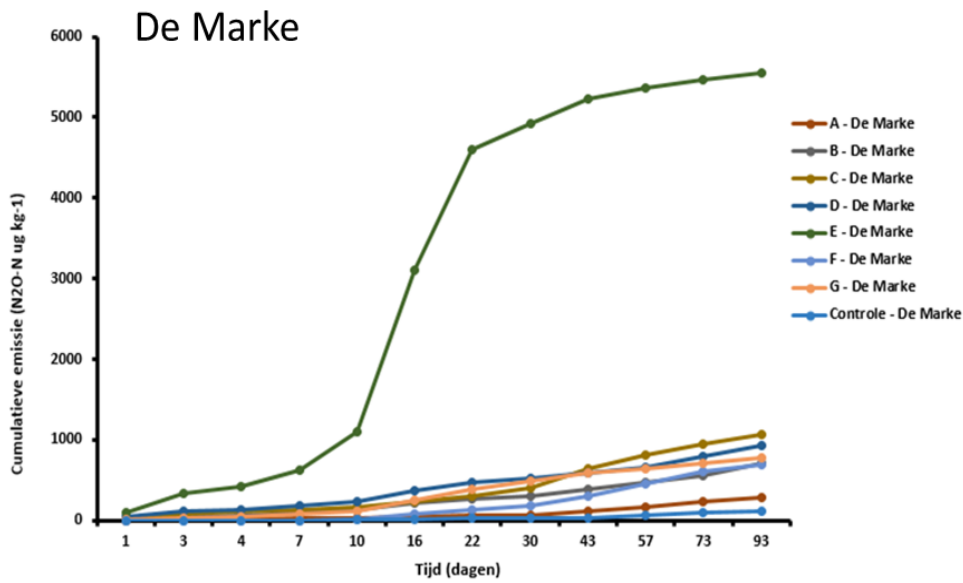


**Figuur B6.5** Gemiddelde  $N_2O$ -fluxen van de onderzochte producten uit zandgrond (De Marke) gedurende de incubatieperiode.

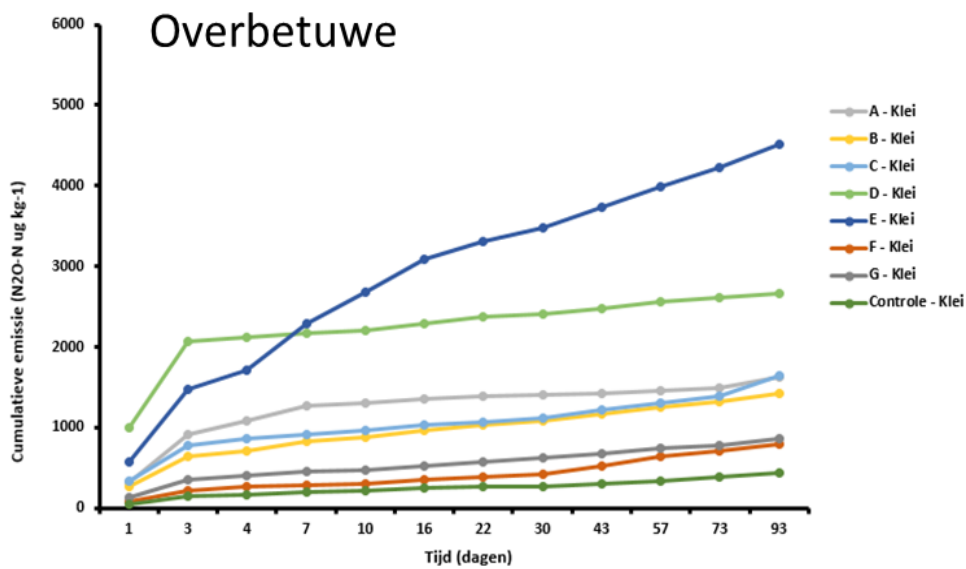


**Figuur B6.6** Gemiddelde  $N_2O$ -fluxen van de onderzochte producten uit kleigrond (Overbetuwe) gedurende de incubatieperiode.





**Figuur B6.7** Gemiddelde cumulatieve  $N_2O$ -emissie van de onderzochte producten uit zandgrond (De Marke) gedurende de incubatieperiode.



**Figuur B6.8** Gemiddelde cumulatieve  $N_2O$ -emissie van de onderzochte producten uit kleigrond (Overbetuwe) gedurende de incubatieperiode.

# Bijlage 7 Modelparameters HC voor individuele monsters

**Tabel B7.1** Berekende humificatiecoëfficiënt (HC) per proefmonster (elke monster is in triplo geïncubeerd) en gebruikte mestgift per proefmonster, constanten 'twee-pool'-model (f-waarde, afbraakconstanten  $k_1$  en, bij 17°C), 'goodness of fit' ( $R^2$ ).

Monstercode	Grond	Gift gram C kg <sup>-1</sup> grond	Gift gram vers product kg <sup>-1</sup> grond	F	$k_1$	$k_2$	$R^2$	HC
1 A	Vredepeel	6.85	100	0.8622	0.00001	0.02171	0.98	86.2
22 A	Vredepeel	6.85	100	0.1711	0.02296	0.00001	0.99	82.9
43 A	Vredepeel	6.85	100	0.7542	0.00001	0.01317	0.99	77.1
2 B	Vredepeel	6.41	100	0.3056	0.01995	0.00001	0.99	69.9
23 B	Vredepeel	6.41	100	0.4431	0.0111	0.00001	0.99	60.5
44 B	Vredepeel	6.41	100	0.4059	0.01234	0.00001	0.99	62.8
3 C	Vredepeel	16.41	100	0.05	0.0825	0.00211	0.99	62.7
24 C	Vredepeel	16.41	100	0.6311	0.0001272	0.009436	0.99	68.7
45 C	Vredepeel	16.41	100	0.9735	0.002489	0.06906	0.99	59.6
4 D	Vredepeel	9.88	100	0.4426	0.02141	0.00001	0.99	56.3
25 D	Vredepeel	9.88	100	0.3806	0.03285	0.00001	0.99	61.9
46 D	Vredepeel	9.88	100	0.5236	0.00001	0.01307	0.99	55.9
5 E	Vredepeel	8.17	100	0.4297	0.05312	0.00001	0.99	56.9
26 E	Vredepeel	8.17	100	0.6037	0.002033	0.06954	0.99	40.4
47 E	Vredepeel	8.17	100	0.7713	0.002545	0.06575	0.99	46.7
6 F	Vredepeel	9.68	100	0.05344	0.03714	0.00001	0.99	94.5
27 F	Vredepeel	9.68	100	0.1923	0.004609	0.0000124	0.97	88.3
48 F	Vredepeel	9.68	100	0.9894	0.0009446	0.0009598	0.96	83.0
7 G	Vredepeel	6.03	100	0.1434	0.149	0.007859	0.99	18.2
28 G	Vredepeel	6.03	100	0.5067	0.02126	0.0000912	0.99	49.2
49 G	Vredepeel	6.03	100	0.3384	0.02114	0.00001	0.99	66.6
8 A	De Marke	6.85	100	0.2006	0.01361	0.00001	0.96	81.2
29 A	De Marke	6.85	100	0.1021	0.02627	0.00001	0.96	89.7
50 A	De Marke	6.85	100	0.8882	0.00001	0.02113	0.95	88.8
9 B	De Marke	6.41	100	0.1704	0.03162	0.00001	0.98	82.8
30 B	De Marke	6.41	100	0.9022	0.001224	0.0324	0.97	70.9
51 B	De Marke	6.41	100	0.1903	0.02342	0.00001	0.95	81.0
10 C	De Marke	16.41	100	0.2037	0.02692	0.00001	0.99	79.6
31 C	De Marke	16.41	100	0.7219	0.00001	0.01911	0.99	72.7
52 C	De Marke	16.41	100	0.2437	0.01475	0.00001	0.99	76.8
11 D	De Marke	9.88	100	0.2199	0.04181	0.0008455	0.99	66.0
32 D	De Marke	9.88	100	0.3062	0.02279	0.00001079	0.99	69.6
53 D	De Marke	9.88	100	0.317	0.02832	0.00001	0.99	68.3
12 E	De Marke	8.17	100	0.3145	0.09428	0.0009735	0.98	56.6
33 E	De Marke	8.17	100	0.3287	0.06463	0.0006516	0.99	59.0
54 E	De Marke	8.17	100	0.3046	0.04334	0.00001	0.99	69.4
13 F	De Marke	9.68	100	0.9296	0.00001	0.006021	0.89	94.9
34 F	De Marke	9.68	100	0.9506	0.00001	0.02751	0.95	94.9
55 F	De Marke	9.68	100	0.9164	0.0000158	0.01095	0.98	92.3
14 G	De Marke	6.03	100	0.7315	0.00001	0.03572	0.99	73.0
35 G	De Marke	6.03	100	0.6765	0.00001	0.03076	0.98	67.6
56 G	De Marke	6.03	100	0.1039	0.03265	0.00001	0.98	89.4
15 A	Overbetuwe	6.85	100	0.8422	0.00001	0.03869	0.96	84.1
36 A	Overbetuwe	6.85	100	0.9494	0.001879	0.001881	0.89	69.0
57 A	Overbetuwe	6.85	100	0.1851	0.02392	0.0004783	0.98	74.3
16 B	Overbetuwe	6.41	100	0.5538	0.00001	0.01726	0.97	56.8

Monstercode	Grond	Gift gram C kg <sup>-1</sup> grond	Gift gram vers product kg <sup>-1</sup> grond	F	k <sub>1</sub>	k <sub>2</sub>	R <sup>2</sup>	HC
37 B	Overbetuwe	6.41	100	0.5858	0.00001	0.01009	0.98	64.1
58 B	Overbetuwe	6.41	100	0.7707	0.00001	0.01855	0.96	77.5
17 C	Overbetuwe	16.41	100	0.9361	0.00133	0.05459	0.99	72.0
38 C	Overbetuwe	16.41	100	0.7536	0.0002716	0.01919	0.99	72.0
59 C	Overbetuwe	16.41	100	0.9157	0.001897	0.05634	0.99	63.0
18 D	Overbetuwe	9.88	100	0.3355	0.02913	0.00001	0.98	66.4
39 D	Overbetuwe	9.88	100	0.6069	0.00001	0.01805	0.99	61.7
60 D	Overbetuwe	9.88	100	0.7585	0.00001	0.02011	0.98	76.2
19 E	Overbetuwe	8.17	100	0.7549	0.003316	0.07301	0.98	39.2
40 E	Overbetuwe	8.17	100	0.3033	0.02377	0.00001	0.98	69.8
61 E	Overbetuwe	8.17	100	0.4006	0.03553	0.00001	0.99	59.9
20 F	Overbetuwe	9.68	100	0.9524	0.00001	0.02054	0.91	95.1
41 F	Overbetuwe	9.68	100	0.07694	0.02968	0.00001	0.95	92.1
62 F	Overbetuwe	9.68	100	0.6608	0.01773	0.00001	0.96	35.9
21 G	Overbetuwe	6.03	100	0.8126	0.00001	0.02571	0.99	81.2
42 G	Overbetuwe	6.03	100	0.6815	0.00001	0.01111	0.98	71.6
63 G	Overbetuwe	6.03	100	0.8184	0.00001	0.0273	0.98	81.8

---

Wageningen Environmental Research  
Postbus 47  
6700 AA Wageningen  
T 0317 48 07 00  
[wur.nl/environmental-research](http://wur.nl/environmental-research)

Wageningen Environmental Research  
Rapport 3163  
ISSN 1566-7197



---

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.800 medewerkers (6.000 fte) en 12.900 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

---



To explore  
the potential  
of nature to  
improve the  
quality of life



---

Wageningen Environmental Research  
Postbus 47  
6700 AB Wageningen  
T 0317 48 07 00  
[wur.nl/environmental-research](http://wur.nl/environmental-research)

Rapport 3163  
ISSN 1566-7197

De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 6.800 medewerkers (6.000 fte) en 12.900 studenten behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

