

Resultaten onderzoek bokashi





Colofon



Document: Resultaten onderzoek bokashi
Versie: 1.1
Datum: 29-04-2021

Opdrachtgever: Penvoerder kernteam Bokashi
Email: r.fokkema@nordwincollege.nl

Samenstellers: Goaitske Iepema, Marieke Jelsma en Emiel Elferink
Email: goaitske.iepema@hvhl.nl

Copyright : De resultaten uit dit rapport mogen worden gepubliceerd mits met bronvermelding.

Disclaimer: Dit rapport bevat de resultaten van onderzoeksgegevens van een veldproef naar het effect van Bokashi. Het betreft resultaten die op praktijklocaties onder praktijkomstandigheden zijn verzameld en daarom derhalve niet wetenschappelijk onderbouwd. De auteurs kunnen niet aansprakelijk worden gesteld voor eventuele schade die ontstaat door toepassing van het gedachtegoed uit dit rapport



Voorwoord van de projectleider

Voor u liggen de resultaten van een 3-jarige veldproef met Bokashi op 5 locaties in het Noorden van Friesland. De proef heeft veel resultaten opgeleverd, die door de onderzoekers zijn geanalyseerd en van conclusies en aanbevelingen zijn voorzien. Dit verslag kan gebruikt worden als naslagwerk en ter aanvulling op het symposium dat gehouden is op 25 maart 2021.

Het project kon drie jaar geleden starten dankzij een sterk netwerk van verschillende regionale partijen. Doordat men elkaar weet te vinden, worden de vragen die er leven expliciet en worden onderwijs, overheid en bedrijfsleven geld en middelen om pragmatisch aan de slag te gaan. Vervolg vragen en onderling vertrouwen in ieders kwaliteiten leiden er toe dat inmiddels al weer nieuwe plannen worden uitgewerkt.

Wanneer u het rapport leest is het goed om te beseffen dat dit niet elke wetenschappelijk toets kan doorstaan. Zonder ook maar op enige wijze af te doen aan de kwaliteit is het goed om je te realiseren dat de proef is uitgevoerd op praktijkbedrijven en de resultaten onder praktijkomstandigheden zijn verzameld. De werkzaamheden zijn uitgevoerd door docenten en studenten van een praktijkgerichte opleiding met passie voor het onderwerp. Ze zijn daarbij begeleid door vertegenwoordigers uit het bedrijfsleven én de lector bodem wat het zeker tot een bijzonder waardevol geheel maakt.

Terugkijkend op de afgelopen periode, was een bijzondere ervaring de rondgang door de velden op een warme dag in augustus 2020 met betrokken partijen. We zagen hoe de proefveldjes waren ingericht en hoe de opbrengstverschillen in mais zich reeds aftekenden. En bij het assisteren van de student bij opbrengstbepaling en monsternamen werd wel duidelijk, hoe cruciaal het was om nauwkeurig te werken; een foutje kan vergaande gevolgen hebben op de resultaten.

Het is lastig aan te geven wie de belangrijkste rol heeft gespeeld in dit onderzoek. Je kunt stellen; de studenten want zij hebben de werkzaamheden voornamelijk uitgevoerd. Anderzijds zijn het hun begeleiders die hen in het spoor hielden en assisteerden waar nodig. Maar waar zouden we geweest zijn zonder de praktijkbedrijven?

Boeren bedankt voor het beschikbaar stellen van jullie locaties, onthaal en enthousiasme. Gemeente Dantumadiel en Wetterskip Fryslân bedankt voor de financiële ondersteuning en de betrokkenheid in de personen van Wim Oosterhuis en Yede van der Kooi. Goaitske Iepema en Emiel Elferink voor jullie denkwerk bij de projectopzet, de begeleiding van de studenten en samen met Marieke Jelsma het tot stand brengen van dit rapport.

Tim Wiersma en Joost Mulder hebben de studenten in het veld begeleid, zowel in het vormgeven van opdrachten als tijdens het veldwerk. Daarnaast gaven jullie toegang tot een breed netwerk en leverden jullie een bijdrage aan het symposium. Dank ook aan Jelle Pilat; een waardevolle teamspeler in het kernteam, begeleider van studenten en oog voor detail en het grote geheel. Alert op wat er speelt in de regio. Eveneens dank aan Fokalin Tadema voor de administratieve ondersteuning en PR-gerelateerde zaken en de punctualiteit bij de totstandkoming van de brochure.

En, reeds genoemd, de studenten als onmisbare schakel in het geheel. Hun bijdrage bevordert de unieke samenwerking en het draagvlak om duurzame ontwikkelingen in de regio te bewerkstelligen.

Rinze Fokkema

Leeuwarden 26-3-2021



1. Inhoudsopgave

1.	Inleiding	6
1.1.	Achtergrond en aanleiding	6
2.	Materiaal en methoden	7
2.1	Proces Bokashi maken	7
2.2	Proefopzet	8
2.2.1	Bemesting	9
2.3	Proefuitvoer	9
2.3.1	Selectie en uitzetten proefveld	9
2.4	Metingen	10
2.4.1	Bepalen grasopbrengst	10
2.4.2	Bepalen maisopbrengst	11
2.4.3	Organische stofbalans	11
2.4.4	Bodemanalyse	12
2.4.5	Bodembioogie	12
2.4.6	Waterretentie	12
2.4.7	Bodemstructuur	13
2.4.8	Waterinfiltratie	13
2.4.9	pF-curve bepalen	13
2.5	Statistische verwerking	14
3.	Resultaten bedrijf A (zand)	15
3.1	Resultaten	15
3.1.1	Organische stof balans	15
3.1.2	Productie	16
3.1.3	Voederwaarde	16
3.1.4	Bodemanalyse	17
3.1.5	Bodembioogie	21
4.	Resultaten bedrijf B (mais, zand)	28
4.1	Resultaten	28
4.1.1	Organische stof balans	28
4.1.2	Productie	29
4.1.3	Voederwaarde	29
4.1.4	Bodemanalyse	29
4.1.5	Bodembioogie	33
4.1.6	Waterretentie	38



4.1.7	Resultaten pF curves op proefveldjes	43
5.	Resultaten bedrijf C (veen)	44
5.1	Resultaten.....	44
5.1.1	Organische stof balans	44
5.1.2	Productie	45
5.1.3	Voederwaarde	45
5.1.4	Bodemanalyse	45
6.	Resultaten bedrijf D (klei)	49
6.1	Resultaten.....	49
6.1.1	Organische stofbalans	49
6.1.2	Productie	50
6.1.3	Voederwaarde	50
6.1.4	Bodemanalyse	51
7.	Resultaten bedrijf E (zand).....	55
7.1	Resultaten.....	55
7.1.1	Organische stof balans	55
7.1.2	Productie	56
7.1.3	Voederwaarde	56
7.1.4	Bodemanalyse	57
8.	Evaluatie en conclusie.....	61
9.	Bibliografie	63
10.	Bijlagen	64
11.	Bijlage 1 Voederwaarde gras bedrijf A 2018-2020	65
12.	Bijlage 2 Voederwaarde mais bedrijf B 2018-2020.....	81
13.	Bijlage 3 Voederwaarde gras Bedrijf C 2018-2020	82

1. Inleiding

1.1. Achtergrond en aanleiding

In Nederland neemt het belang van goed bodembeheer toe. Door intensivering van de landbouw staat de bodemvruchtbaarheid op veel plaatsen onder druk. Behoud en verbetering van de bodemkwaliteit is van groot belang om de landbouwproductie op de lange termijn te kunnen behouden en tegelijkertijd diverse maatschappelijke doelen te realiseren. Duurzaam beheerde bodems en een betere bodemkwaliteit levert de landbouw meer en kwalitatief betere gewassen op. De maatschappij profiteert door gezondere en duurzamer voedsel, een betere waterkwaliteit en grotere waterbuffering, een grotere biodiversiteit en de bijdrage aan de klimaatopgave. Duurzaam bodembeheer draagt bij aan het herstellen van de balans tussen landbouw en natuur. De kwantiteit en de kwaliteit van het organische stofgehalte is hiervoor een belangrijke indicator.

De afgelopen jaren is de interesse voor de bokashimethode als bodemverbeteraar toegenomen. Bokashi is een organische meststof die na fermentatie van organisch reststromen ontstaat. Bokashi is het Japanse woord voor “goed gefermenteerd organisch materiaal”. De bereiding van bokashi is vergelijkbaar met het ‘inkuilen’ van gras of mais in de veehouderij. Bokashi wordt toegepast om de bodemvruchtbaarheid te herstellen.

Mede omdat bokashi gemaakt kan worden uit organische materialen zoals (natuur)gras, berm- en slootmaaisel, biedt bokashi voor waterschappen, gemeenten en terrein behorende organisaties (TBO's) goede kansen voor het lokaal verwerken van hun reststromen. Zodoende worden (nutriënten)kringlopen lokaal gesloten waardoor de milieubelasting van het groenbeheer wordt verminderd. Tevens biedt het maken van bokashi economische kansen omdat kosten voor transport van organisch materiaal en zgn. poorttarieven teruggebracht kunnen worden.

Voor de landbouw is bokashi een mogelijk interessante bodemverbeteraar. Net als compost helpt bokashi het organische stofgehalte van de bodem te verbeteren. Het verschil met compost is dat je het organische materiaal conserveert waardoor je met bokashi snel afbreekbaar organisch materiaal en voedingsstoffen behoudt voor de bodem. Dit kan een positief effect hebben op het stimuleren van het bodemleven en de opbrengst. Door bokashi te maken van materiaal dat is aangevoerd binnen een straal van 5 km geldt de vrijstellingsregeling en telt deze bokashi niet mee in de mestboekhouding. Dit biedt kansen voor agrariërs omdat je extra nutriënten kunt aanvoeren buiten de mestboekhouding om, maar verhoogd ook het risico op overbemesting en uitspoeling.

Dit project moet inzicht geven in de kansrijkheid van bokashi als vorm van een duurzame lokale verwerkingsmethode van groenstromen die bruikbaar is op agrarische percelen. Het doel van het project is het verkrijgen van een onderbouwd overzicht van de werking, mogelijkheden en kansen. In dit rapport worden de resultaten gepresenteerd van het onderzoek naar de toepassing van bokashi in praktijksituaties op de opbrengst en bodemkwaliteit.

2. Materiaal en methoden

2.1 Proces bokashi maken

Bokashi is een proces waarbij organisch materiaal door effectieve micro-organismen onder anaerobe (zuurstofloze) omstandigheden wordt omgezet. Bij dit proces blijft de temperatuur onder de 40°C, waarbij de pH zakt naar 3,5 tot 4. Om dit effect van een dalende pH tegen te gaan wordt kalkhoudend materiaal, zoals schelpen, toegevoegd. Om zuurstofloze omstandigheden te creëren wordt het organisch materiaal luchtdicht ingepakt, dit kan in een sleufsilo zijn maar ook in een slurf of in balen. Na circa 6-8 weken, al naar gelang het gebruikte uitgangsmateriaal, is bokashi klaar.

In deze proef is de bokashi gemaakt van slootmaaisel van het waterschap (60%), drijfmest (20%) en restvoer (kuilgras) van de veehouder (20%). Hieraan is bokashimix, 12 kg/ton, toegevoegd. Bokashi mix bestaat uit: zeeschelpen, kleimineralen en microferm. De in dit onderzoek gebruikte bokashimix is afkomstig van Agriton.

Jaarlijks is de bokashi gemaakt bij één van de deelnemende bedrijven. Deze bokashi is gebruikt op alle proefvelden. Hierdoor is de bokashi van dezelfde samenstelling op elk bedrijf. Tabel 1 geeft de samenstelling weer van de bokashi zoals gemaakt in dit project en aangewend op de proefvelden.

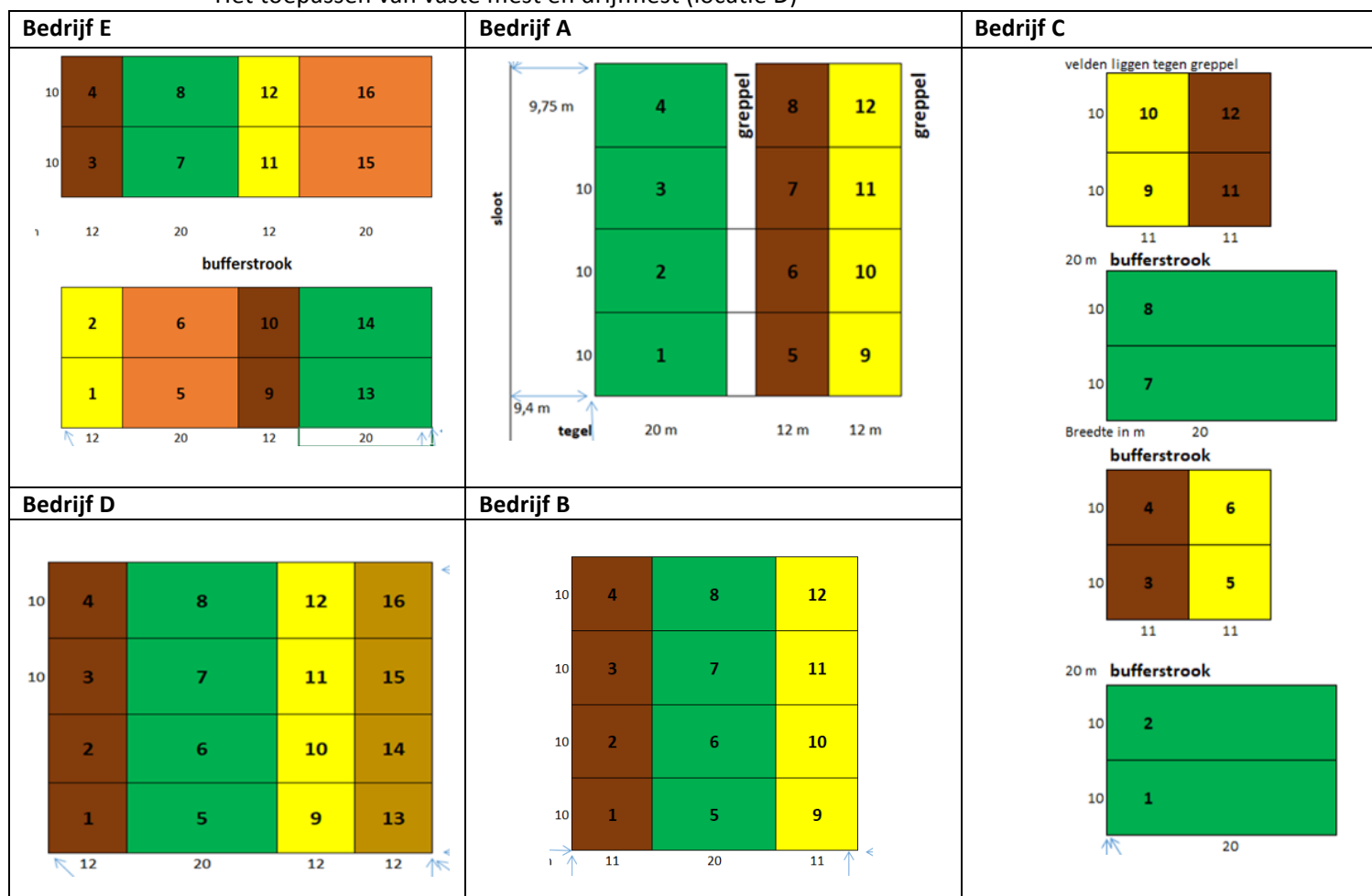
Tabel 1 Samenstelling bokashi (kg/ton) (Erik Hoving, 2020)

	2018	2019	2020
Droge stof	272	325	259
Ruw as	70,2	70,2	106,7
Organische stof	202	202	214
Stikstof(N)	5,9	7,4	6,5
Fosfor	1,0	1,5	1,04
Fosfaat	2,2	3,3	2,2
Kalium	7,3	9,2	8,9
Kali	8,9	11,0	10,6
Magnesium	0,8	1,1	1,0
Magnesia	1,4	1,8	1,7

2.2 Proefopzet

In 2018 zijn op vijf locaties in Friesland strokenproeven aangelegd. Van deze vijf strokenproeven zijn er vier aangelegd in grasland en één strokenproef op een maisperceel. Op de stroken zijn de volgende behandelingen uitgevoerd:

- Het toepassen van bokashi en drijfmest (eventueel aangevuld met kunstmest)
- Het toepassen van drijfmest (eventueel aangevuld met kunstmest)
- Geen bemesting (controleveld 0-veldjes).
- Het toepassen van een dubbele bokashi dosering (locatie E)
- Het toepassen van vaste mest en drijfmest (locatie D)



Bovenstaande figuur 1 laat de proefopzet zien zoals deze is uitgevoerd op de locaties. Elke locatie bestaat uit 12 proefveldjes, bestaande uit de 3 behandelingen. Deze behandelingen zijn vier keer herhaald. Bedrijf D (vaste mest) en E (dubbel bokashi) hebben hiernaast nog vier extra velden (totaal 16). Bij het uitzetten van het proefveld is rekening gehouden met de werkbreedte van de bemestingsmachines. De locatie van het proefveld is representatief voor het gehele perceel. Afstand vanaf greppels en droge/natte dooradering is aangehouden waar nodig.

De strokenproeven zijn aangelegd op de volgende locaties:

- A. G. Broersma te Damwoude (gras, zand)
- B. Halbesma te Damwoude (mais, zand)
- C. Mts. De Vries-Brouwer te Rijperkerk (gras, zandig veen)
- D. Mts. Kelstein te Hallum (gras, klei)
- E. G.J. Veenstra te Damwoude (gras, lemig zand)

2.2.1 Bemesting

Bemesting	2018	2019	2020
Bokashi + drijfmest	15 ton bokashi voor 1 ^e snede + 48 m3 drijfmest (A) 14 m3 drijfmest (B) 39 m3 drijfmest (C) 48 m3 drijfmest (D) 7 m3 drijfmest (E)	10 ton bokashi voor 1 ^e snede + 40 m3 drijfmest 14 m3 drijfmest 39 m3 drijfmest 41 m3 drijfmest 14 m3 drijfmest	15 ton bokashi voor 1 ^e snede + 30 m3 drijfmest 14 m3 drijfmest 39 m3 drijfmest 41 m3 drijfmest 10 m3 drijfmest
Drijfmest	67 m3 drijfmest (A) 35 m3 drijfmest (B) 60 m3 drijfmest (C) 68 m3 drijfmest (D) 15 m3 drijfmest (E)	60 m3 drijfmest 35 m3 drijfmest 60 m3 drijfmest 60 m3 drijfmest 30 m3 drijfmest	49.5 m3 drijfmest 35 m3 drijfmest 60 m3 drijfmest 60 m3 drijfmest 30 m3 drijfmest
0-veld	0	0	0
Kunstmest	49 kg N (A) 43 kg N (B)	43 kg N (B)	43 kg N (B)
Vaste mest + drijfmest (Kelstein)	15 ton vaste mest voor 1 ^e snede	15 ton vaste mest voor 1 ^e snede	15 ton vaste mest voor 1 ^e snede
Dubbel bokashi + drijfmest (Veenstra)	30 ton bokashi voor 1 ^e snede	20 ton bokashi voor 1 ^e snede	30 ton bokashi voor 1 ^e snede

Tabel 2 Bemesting per behandeling/jaar/locatie

Bovenstaande Tabel 2 laat de bemesting zien die in 2018-2020 is aangewend op de strokenproef per locatie. De hoeveelheid aangewende drijfmest is gelijk aan de normale bemesting van de veehouder. Op de bokashiveldjes is ca 50% van de drijfmest vervangen door bokashi. De bokashigift is afhankelijk van het stikstofgehalte. Het uitrijden van de bokashi gebeurt in grasland voor de 1e snede.

De kunstmestgiften (Tabel 2) zijn toegediend op de bokashi en drijfmestveldjes. In 2018 is per ongeluk ook kunstmest op de 0-veldjes van bedrijf A gekomen. Op de veldjes van de bedrijven C, D en E is kunstmest niet van toepassing.

2.3 Proefuitvoer

2.3.1 Selectie en uitzetten proefveld

In 2018 zijn de proefvelden op de locaties uitgezet door onderzoek en advies bureau HLB uit Wijster. Hierbij is rekening gehouden met de werkbreedte van de bemestingsmachines. Hoekpunten van de proefvelden zijn met een hoekvlag gemarkeerd en er is een tegel ingegraven op minimaal één hoekpunt, welke middels GPS weer terug te vinden is. In de hoofdstukken met resultaten is per locatie een overzicht van het proefveld opgenomen.

2.4 Metingen

2.4.1 Bepalen grasopbrengst

De grasopbrengst is 2018 en 2019 gemeten op het proefveld van bedrijf A en in 2020 op de proefvelden van bedrijf A, C, D en E. Het proefveld van bedrijf A is elk jaar 4x gemaaid. De proefvelden van bedrijf C, D en E elk 3x in 2020.

Op alle proefveldjes is diagonaal een strook van 7-10 meter gemaaid. Er is gemaaid met een vingerbalkmaaier (100 cm werkbreedte). Hierna is het gras bij elkaar geharkt en in een plastic ton gewogen aan een digitale unster. De oppervlakte van gemaaide strook is nagemeten en de gegevens zijn ingevoerd in Excel. Hier zijn de uitkomsten omgerekend naar ton/ha en ton/ds ha. Vervolgens zijn per veldje random de vers gras monsters verzameld en geanalyseerd door Eurofins op de volgende parameters: VEM, DVE, OEB, suiker, ruw eiwit, ruwe celstof, ruw vet, ruw as, NDF, ADF en ADL

In 2018 is gemaaid door een maaicombinatie van diverse maaibreedtes, waardoor het niet mogelijk was om 6 x 6 m op te rapen. De oppervlakte is hierdoor berekend om de opbrengst per ha te kunnen bepalen. Per veld is hierbij een monster genomen voor vers gras analyse. Vanwege de overlap in de maaicombinatie is methode vanaf 2019 aangepast.

In 2019 en 2020 is voor het maaien gebruik gemaakt van een Tielbürger vingerbalkmaaier (Afbeelding 1). Hierdoor kon het verse gras per behandeling gemakkelijk opgeraapt en gewogen worden. Waarna de opbrengst per ha is berekend. Ook hier zijn monsters genomen en opgestuurd naar Eurofins voor een vers gras analyse.



Afbeelding 1 Student tijdens opbrengstbepaling
foto: Tim Wiersma

2.4.2 Bepalen maisopbrengst

De maisopbrengst is 2018, 2019 en 2020 bepaald op bedrijf B. Hierbij is in 2018 en 2019 gebruik gemaakt van een proefveldhakselaar (Afbeelding 2). In 2020 is de maïs gehakseld door een vier rijige hakselaar en is de snijmais opgevangen in bigbags. Per proefveld zijn hierbij 4 rijen maïs gehakseld met een lengte van 8 meter. De machine blaast de maïs direct na het hakselen op het voorgaande veldje. Deze werkwijze heeft gezorgd voor een extra groenbemesting van 120 kg snijmais per veldje. Deze extra groenbemester is in de analyses meegenomen. Per strook is een vers monster genomen en opgestuurd naar Eurofins voor analyse. De gehakselde strook is nagemeten en de gegevens zijn ingevoerd in Excel. Hier zijn de uitkomsten omgerekend naar ton/ha en ton/ds ha.



Afbeelding 2 Opbrengstbepaling maïs
foto: Tim Wiersma

2.4.3 Organische stofbalans

Het bodemleven breekt organische stof af, waardoor voedingstoffen beschikbaar komen voor het gewas. Een ander deel van het bodemleven bouwt juist organische stof op door de vertering van gewas- en wortelresten en bemestingsproducten. Met een organische stof balans is eenvoudig na te gaan of er sprake is van een dalende of een stijgende trend in het organische stof gehalte. Het balanstotaal wordt berekend als de aanvoer van effectieve organische stof (EOS de fractie van de organische stof die na 1 jaar nog over is (niet is afgebroken)) en de afbraak van bodem organische stof. Een vuistregel voor de afbraak van organische stof is 2% per jaar, maar hogere snelheden worden ook gemeten.

Voor grasland is uit gegaan van de volgende aannames.

- Bulkdichtheid 1,35 (gemiddelde waarde op zand grond bij een organische stof % tussen de 5 en 6%, bron zorg voor zand) 0,93 voor klei en 0,67 voor veen.
- Afbraakpercentage OS 2% per jaar (Eekeren, Deru, Hoekstra, & Wit, 2018)
- Aanvoer gewasresten 3000 kg EOS/jaar
- Humificatiecoëfficiënt drijfmest 0,6 (CBAV, 2013)
- Humificatiecoëfficiënt bokashi 0,3 (Romkens et al, 2020)¹
- Humificatiecoëfficiënt vaste mest 0,45 (CBAV, 2013)

De volgende aannames zijn gedaan voor snijmais.

- Bulkdichtheid 1,44 (gemiddeld gemeten waarde 2020 voor grondbewerking)
- Afbraakpercentage maisteelt 2500 kg EOS/jaar (WUR, 2019)
- Aanvoer gewasresten maïs 675 kg EOS/jaar (WUR, 2019)
- Aanvoer groenbemester 540 kg EOS/jaar (WUR, 2019)
- Werkingscoëfficiënt drijfmest 0,6
- Werkingscoëfficiënt bokashi 0,3

¹ Aangezien de bokashimethode is gericht op conservering van het organische materiaal, zal de stabiliteit normaal gesproken niet veel anders zijn dan van onbewerkt materiaal. Römken et al. (2020) geven dat ook aan in hun literatuurstudie en noemen een humificatiecoëfficiënt (HC) van 0,30 voor bokashi. In dit onderzoek is de HC van de gebruikte bokashi niet vastgesteld. De waarde van 0,3 is daarom aangehouden.

2.4.4 Bodemanalyse

Op 26 februari 2018, voor aanvang van de proef, zijn er door Eurofins bodemonsters gestoken in de strokenproeven op de vijf locaties. Per behandeling zijn 40 steken genomen (10 per plot) en geanalyseerd op bodemchemische en bodemfysische eigenschappen (uitgebreide analyse). Op de graslandpercelen is de laag 0-10 cm bemonsterd en op het maïspanceel de laag 0-25 cm.

Deze bemonstering is aan het einde van de proefperiode herhaald op 25 februari 2021 en op dezelfde eigenschappen geanalyseerd (uitgebreide analyse).

In dit rapport worden het percentage organische stof, N leverend vermogen, N-totaal, P-bodemvoorraad, C/N ratio, pH, Ca en Mg verder uitgelicht per locatie.

Op locatie E zijn alleen de veldjes 9-16 meegenomen in de analyse. Dit omdat het proefveldkaartje in 2019 180 graden is gedraaid. Dit heeft ervoor gezorgd dat de veldjes 1-8 niet de goede bemesting hebben ontvangen en uit de resultaten zijn gelaten.

2.4.5 Bodembioïlogie

Op 27 oktober 2020 zijn er op de proefveldjes bedrijf A en B monsters gestoken om het aantal regenwormen te bepalen. Per veldjes zijn twee kluiten van 20 bij 20 bij 20 cm gestoken. De monsters zijn in vuilniszakken meegenomen naar de schuur bij Mulder Agro waar per kluit de wormen verzameld, gewogen en in potjes met alcohol gestopt zijn. De monsters zijn opgestuurd naar het Louis Bolk Instituut waar ze op soort gebracht zijn.

In het voorjaar van 2021 is aanvullend onderzoek gedaan naar nematoden. Hiervoor zijn bodemonsters genomen op bedrijf A en B tot een diepte van 0-20 cm. De nematoden zijn uit de grond gespoeld en op soort gebracht. Er is onderzoek gedaan naar totale aantallen nematoden in grasland en maisland. Hierbij zijn de verschillende behandelingen naast elkaar gezet. Nematoden komen voor in verschillende voedselgroepen, namelijk: bacterie eters, planteneters, en planteneters. Een aparte categorie zijn de dauerlarven. Dit zijn larven van nematoden die in een rustfase zijn geraakt wegens ongunstige omstandigheden in het perceel.

2.4.6 Waterretentie

Op bedrijf B (maïs, zand) is extra onderzoek gedaan naar het watervasthoudend vermogen van de bodem. Dit is een belangrijk aspect is m.b.t. klimaatverandering. Door water langer en meer in de bodem vast te houden kunnen gewassen langer bodemvocht opnemen en behoeft het waterschap minder water aan te voeren; kortom men kan zuiniger omgaan met de beschikbare watervoorraden.

Watervasthoudend vermogen wordt bepaald door de structuur en de textuur van de bodem. De textuur is de verhouding tussen zand en kleideeltjes. Hier heeft de boer geen invloed op. De structuur van de bodem kan wel door managementmaatregelen beïnvloed worden. Bijvoorbeeld door het verhogen van het organische stofgehalte in de bodem, maar ook door het voorkomen van bodemverdichting.

Tijdens de testperiode zijn twee keer bodemonsters gestoken t.b.v. bepaling voor waterretentie en droogteresistentie (voor en na grondbewerking). Er is voor gekozen om de aanvullende metingen in de maïsproef bij veehouder B uit te voeren, omdat we verwachtten dat in een maïspanceel het gebruik van bokashi het grootste effect heeft op de bodemstructuur en daarmee het watervasthoudend vermogen.

De monsters zijn de eerste keer genomen op 18 april 2020, voor grondbewerking van het maïspanceel. Op 25 mei zijn de metingen herhaald. Bij het uitkiezen van monsterplekken is rekening gehouden met het vermijden van rijpaden. Vervolgens is op de gekozen plek eventuele begroeiing verwijderd. De

monsterring heeft een vaste inhoud van 320 cm³. De ring is met behulp van een blok hout en rubberen hamer recht de grond in geslagen totdat de bovenkant van de ring gelijk stond met het veldoppervlak. Hierna is de ring uitgegraven en zijn de boven- en onderkant van de ring glad afgesneden met een mes. Daarna is de grond uit de ring in een zak gedaan en gewogen. De grond is vervolgens gedroogd in de oven. Dit is gebeurd met een elektrische oven, 12 uur lang op 100 °C. Tot slot is de grond weer gewogen en zijn alle waarden ingevuld op het beoordelingsformulier, waarmee de parameters watergehalte (g/g) en bodemdichtheid (g/cm³) bepaald konden worden. Daarnaast is van de zelfde monsters de stabiliteit van de bodem aggregaten bepaald. Er is 20 gram grond afgewogen en gezeefd met een 0,25mm zeef. Dit geheel is gewogen. De grond is bevochtigd d.m.v. een plantenspuit en vervolgens 5 minuten met rust gelaten. Daarna is de schaal met water gevuld zodat de zeef met grond net onder water staat. Gedurende 3 minuten moest de zeef 30 keer per minuut 1 tot 1,5 cm op en neer bewogen worden. Hierna is de grond 2,5 uur op 100 °C gedroogd in de oven en hierna gewogen. Tot slot werd de zeef weer in de schaal water gezet, maar dit keer met een dispergeeroplossing (NaOH) in een verhouding van 2 gr/L water. Dit heeft 5 minuten gestaan en elke minuut moest de zeef 4 keer op en neer bewogen worden. De zeef heeft daarna nog 5 minuten stil in de oplossing gestaan. De zeef werd daarna uit de oplossing gehaald en voorzichtig schoongespoeld met water. De zeef is weer gedroogd in de oven op dezelfde manier als bij de eerste droging gebeurd is. De zeef is hierna weer gewogen, waarmee de gegevens compleet waren om op het beoordelingsformulier vervolgberekeningen uit te voeren. Hieruit volgde de parameter percentage waterstabile aggregaten.

2.4.7 Bodemstructuur

Op 25 mei zijn per strook op het maisveld drie profielkuilen gegraven. Vervolgens is door middel van een visuele beoordeling de bodem structuur in de laag 0-25 cm en in de laag 25-50 cm bepaald. Hiervoor is er een kluit tot 25 cm diepte gegraven en uitgelegd op een witte plastic zak om de verschillen in structuur goed te kunnen zien. Vervolgens zijn de drie verschillende structuursoorten (kruimelig, afgerond hoekig en scherpblokkig) gesorteerd en apart van elkaar gewogen. Op dezelfde plek is daarna een kluit van 25-50 cm diepte gestoken. De verdere verwerking hiervan was hetzelfde als de 0-25 cm kluit. Uiteindelijk is het gewicht per structuursoort gedeeld door het totale gewicht van de kluit om zo de percentages kruimelige, afgerond en scherphoekige grond te kunnen berekenen.

2.4.8 Waterinfiltratie

Op 18 april en op 25 mei is ook de waterinfiltratie in kaart gebracht. Hiervoor is een cilinder bevestigd in de grond. Vervolgens is er 50 mm water toegevoegd. Met een stopwatch is gemeten met welke snelheid de bodem het water opgenomen heeft. Dit is gemeten tot de infiltratiesnelheid constant was. Per proefstrook is deze meting 3 maal uitgevoerd.

2.4.9 pF-curve bepalen

Voor het bepalen van de pF-curve zijn in het najaar na de maisoogst van 2020 ongestoorde grondmonsters gestoken in de laag 10 -15 cm en in de laag 15-20 cm. De monsters zijn geprepareerd en gewogen en daarna 24 uur in een bak met water gezet om ze te laten verzadigen. Na het verzadigen zijn ze weer gewogen en vervolgens in de pF bak gezet. Na een paar dagen was pF 1 bereikt en konden de ringen opnieuw worden gewogen. Het proces werd herhaald voor pF 2 daarna zijn de ringen in de droogstoof gezet om als laatste stap nog een keer te wegen zonder vocht. pF 3 en 4,2 zijn bepaald door een kleine ring te vullen met de grond van het eerder gestoken organische stof monster uit de laag van 0 tot 15 centimeter. De kleine ringen zijn net als bij pF 1 en 2 gewogen, alleen gingen deze ringen niet in de pF bak maar in een drukpan die op de juiste druk voor pF 3 werd

gezet. Na een paar dagen zijn de ringen gewogen en weer teruggezet om nu pF 4,2 te bereiken. Ook nu zijn de ringen weer gewogen.

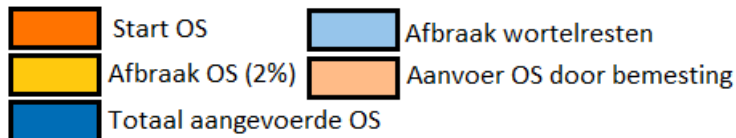
2.5 Statistische verwerking

Voor het statistisch verwerken van de resultaten van productie en voederwaarde is het programma SPSS gebruikt en weergegeven in tabellen (ANOVA). Deze zijn te vinden in de bijlage. Is de waarde tussen twee gemiddelden gelijk aan of groter dan deze waarde, dan is het verschil significant ($P < 0.05$). Dit wordt aangegeven door de verschillende letters. Komt in de resultaten geen enkel significant verschil naar voren, dan is bij de LSD-waarde 'ns' (niet significant) vermeld. Hiernaast zijn gemiddelden bepaald voor gewasopbrengst, voederwaarde, bodemleven en bodemanalyseresultaten. Gemiddelden zijn gemaakt per jaar, bedrijf en behandeling.

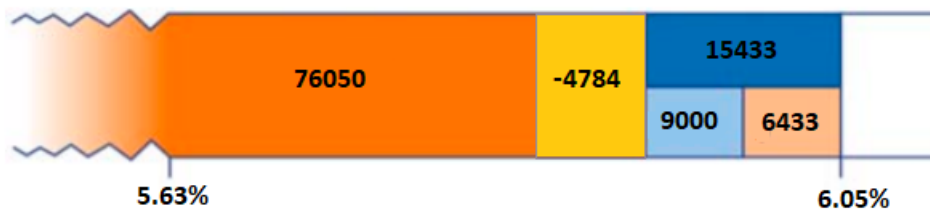
3. Resultaten bedrijf A (zand)

3.1 Resultaten

3.1.1 Organische stof balans



Figuur 2 Legenda OS balans



Figuur 3 OS balans bokashiveldjes na 3 jaar (kg/ha)

Figuur 3 geeft de OS balans van de bokashiveldjes weer van de laatste drie jaar. In 2018 starten de veldjes met 76050 kg OS in de laag 0-10 cm grond (5.63%). In drie jaar wordt -4784 kg OS (2%/jaar) afgebroken en 15433 kg OS aangevoerd door vertering van wortelresten (9000 kg OS) en bemesting (6433 kg OS). Dit resulteert in een theoretische toename van 0.42% OS naar 6.05% OS in 2021.



Figuur 4 OS balans drijfmestveldjes na 3 jaar (kg/ha)

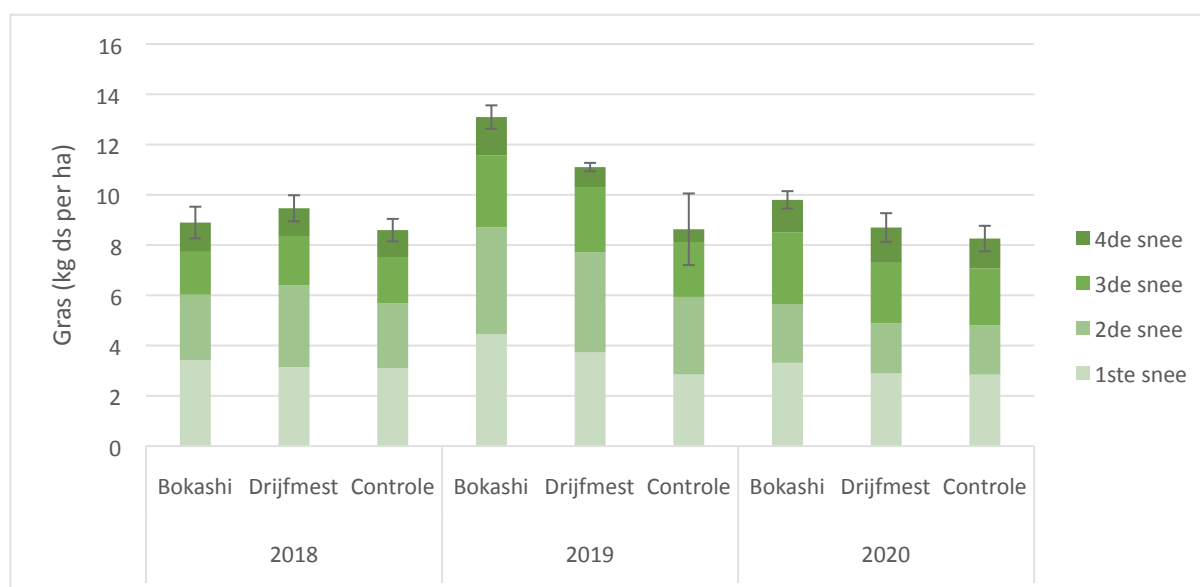
De drijfmestveldjes Figuur 4 starten in 2018 met 78975 kg OS in de laag 0-10 cm (5.85%). Jaarlijks wordt 2% OS afgebroken (-4957 kg OS). Door de aanvoer van OS uit wortelresten (9000 kg OS) en bemesting (6459 kg OS) wordt er 15459 kg OS aangevoerd. Hierdoor is het percentage OS in theorie toegenomen met 0.38% tot 6.23% in 2021.



Figuur 5 OS balans controleveldjes na 3 jaar (kg/ha)

De controleveldjes Figuur 5 starten met 78638 kg OS in de laag 0-10 cm (5.83%). In drie jaar wordt 4803 kg OS afgebroken en 9000 kg OS aangevoerd door de afbraak van wortelresten. In 2021 is het OS % in theorie gestegen naar 6.1% (+0.28%).

3.1.2 Productie



Figuur 6 Grasopbrengst per jaar en per behandeling in kg ds per ha

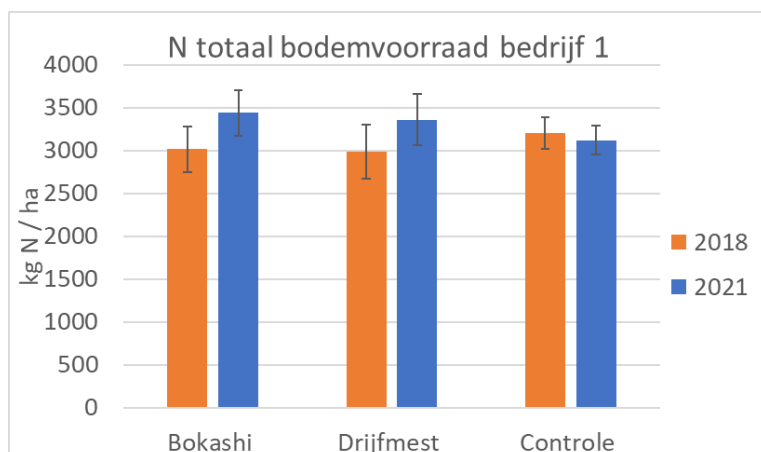
Figuur 6 geeft voor de jaren 2018, 2019 en 2020 de kg ds opbrengst per snede per ha weer. Opvallend is dat de bokashiveldjes in alle drie jaren een grotere kg ds opbrengst 1^{ste} snede realiseert dan de drijfmest en controleveldjes (3.5-4.5 kg ds/ha). De productie van de controleveldjes blijft op peil ondanks dat er geen bemesting is toegepast.

3.1.3 Voederwaarde

Er was geen verschil in de voederwaarde tussen de behandelingen, zie bijlage 1 voor de resultaten van de statistische analyse.

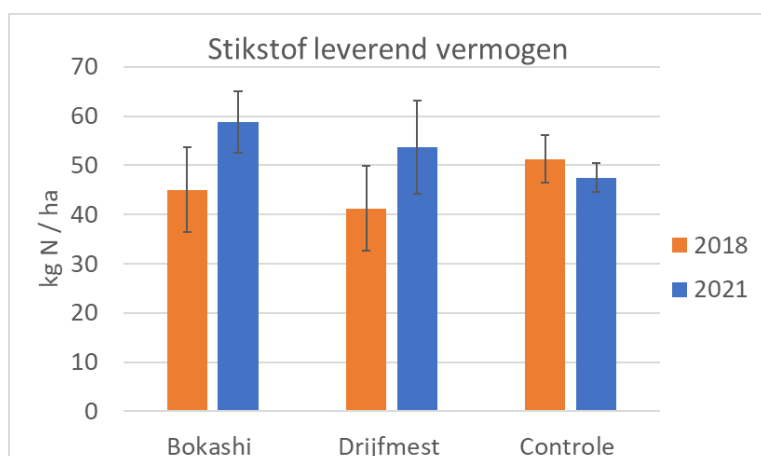
3.1.4 Bodemanalyse

Hieronder volgen de resultaten van de bodemanalyses die aan het begin (febr 2018) en aan het einde van de proefperiode (feb 2021) zijn gedaan.



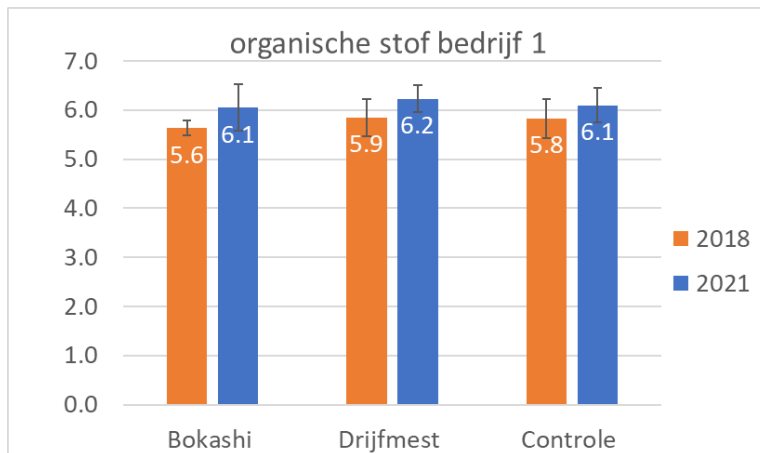
Figuur 7 Vergelijking van de N totale bodemvoorraad per behandeling in 2018-2021 op bedrijf 1

De totale N bodemvoorraad is gestegen op de bokashi en drijfmestveldjes. Op de controleveldjes is de voorraad N in de bodem licht afgenomen. Opvallend is dat de hoeveelheid N uit bemesting op de bokashi en de drijfmestveldjes ongeveer gelijk was van 2018-2020.



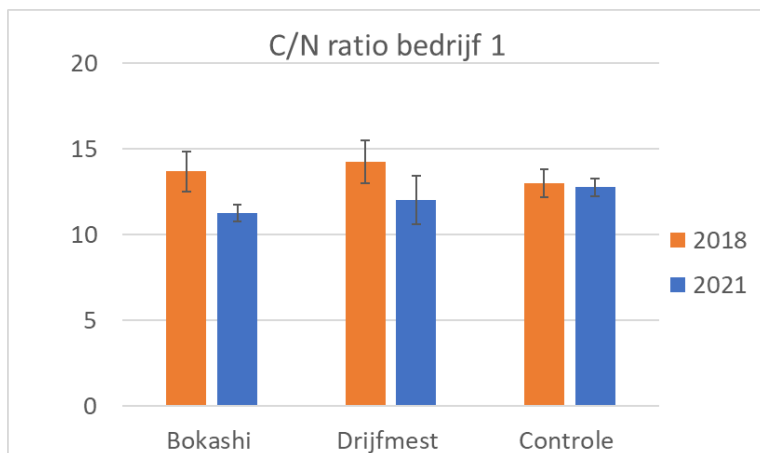
Figuur 8 Vergelijking van het stikstof leverend vermogen (NLV) per behandeling in 2018-2021 op bedrijf 1

Het stikstof leverend vermogen van de bodem is toegenomen op zowel de bokashi als de drijfmestveldjes en afgenomen op de controleveldjes. Dit komt overeen met de totale stikstof bodemvoorraad Figuur 7. De sterkste stijging is waarneembaar op de bokashiveldjes.



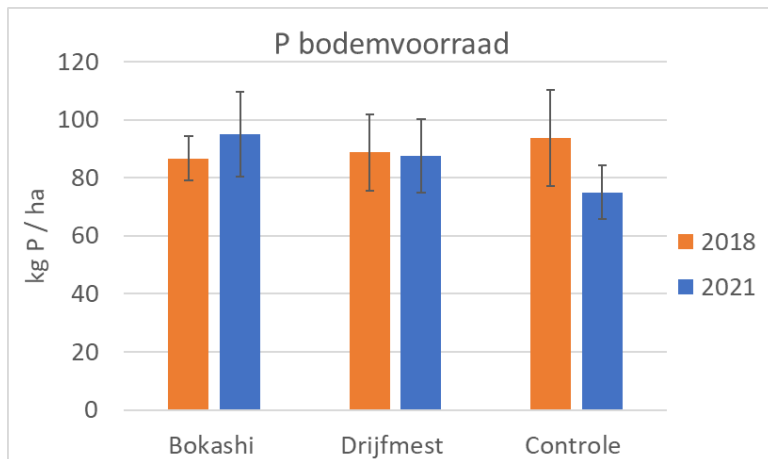
Figuur 9 Vergelijking van de organische stof (OS) per behandeling in 2018-2021 op bedrijf 1

Er is een toename van OS bij alle behandelingen (0.42%, 0.38% en 0.28%). Opvallend is dat de controlevelden ondanks dat er geen bemesting is geweest ook een toename van OS hebben gerealiseerd.



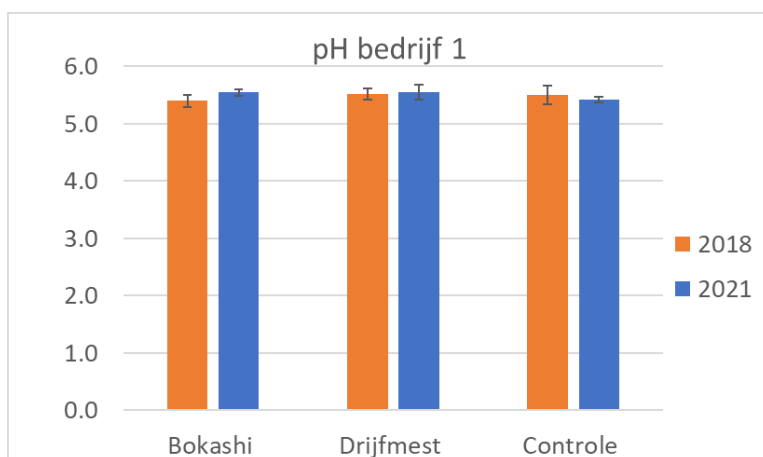
Figuur 10 Vergelijking van de C/N ratio per behandeling in 2018-2021 op bedrijf 1

De C/N ratio op de bokashiveldjes is in 2021 significant lager dan in 2018. Dit komt overeen met de toename in N (Figuur 7). Het C gehalte is minder snel gestegen dan het N gehalte. De daling van de C/N ratio is ook zichtbaar op de drijfmestveldjes. De controleveldjes zijn ongeveer gelijk gebleven.



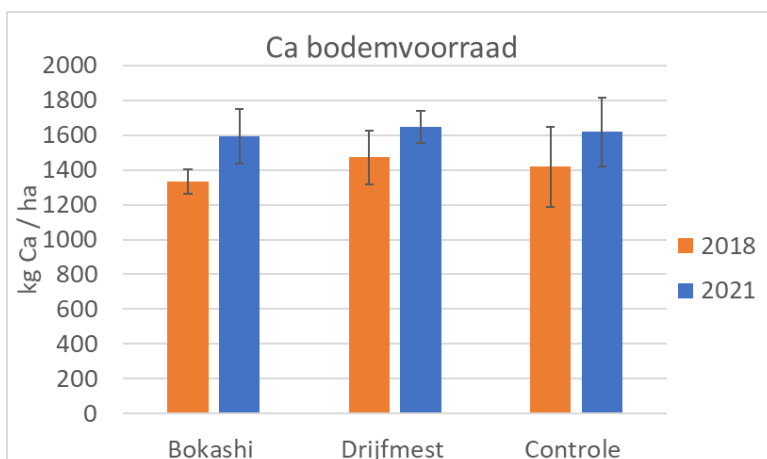
Figuur 11 Vergelijking van de P bodemvoorraad (kg P/ha) per behandeling in 2018-2021 op bedrijf 1

De P bodemvoorraad (kg P/ha) is toegenomen op de bokashiveldjes van 87 kg P/ha(2018) naar 95 kg P/ha (2021) bij een gemiddelde P bemesting van 83.3 kg P/jaar uit bokashi en drijfmest. De stijging is opvallend t.o.v. de overige veldjes. De drijfmestveldjes zijn stabiel gebleven (89, 2018; 88, 2021) met een bemesting van gemiddeld 79.3 kg P/jaar uit drijfmest. De controlevelden zijn door de afwezigheid van bemesting gedaald van 94 kg P/ha (2018) naar 75 kg P/ha (2021).



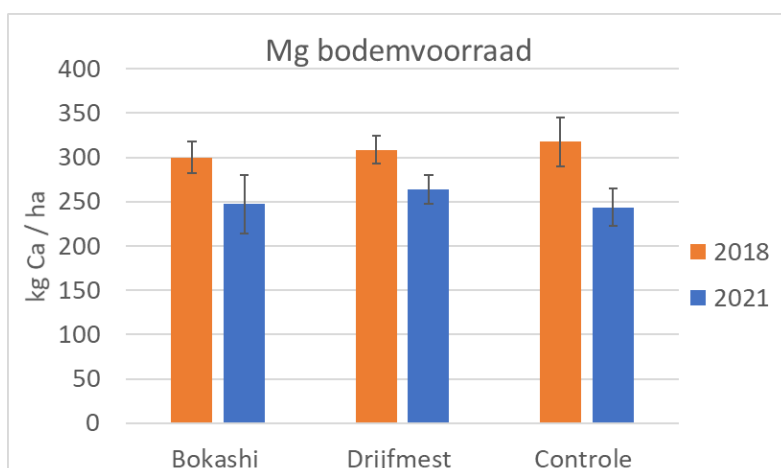
Figuur 12 Vergelijking van de pH per behandeling in 2018-2021 op bedrijf 1

Zoals zichtbaar is op Figuur 12 heeft het type behandeling weinig tot geen effect op de hoogte van de pH op de proefveldjes.



Figuur 13 Ca bodemvoorraad bedrijf 1

Bij alle behandelingen is een toename van de Ca bodemvoorraad zichtbaar. Dit is te verklaren doordat de totale CEC is toegenomen van 85, 89 en 87 in 2018 naar 99, 105 en 101 in 2021, waarschijnlijk als gevolg van een stijging van het percentage OS in de bodem. De Ca bezetting op de CEC gelijk gebleven in beide jaren.



Figuur 14 Mg bodemvoorraad bedrijf 1

In tegenstelling tot de Ca bodemvoorraad is de Mg bodemvoorraad gedaald bij alle behandelingen. De Mg bezetting op het CEC is gedaald van 23, 23, 24 in 2018 naar 17, 17, 16 in 2021. Er zijn geen andere elementen gestegen in bezetting, hierdoor is de totale CEC bezetting licht afgenomen van 2018 tot 2021.

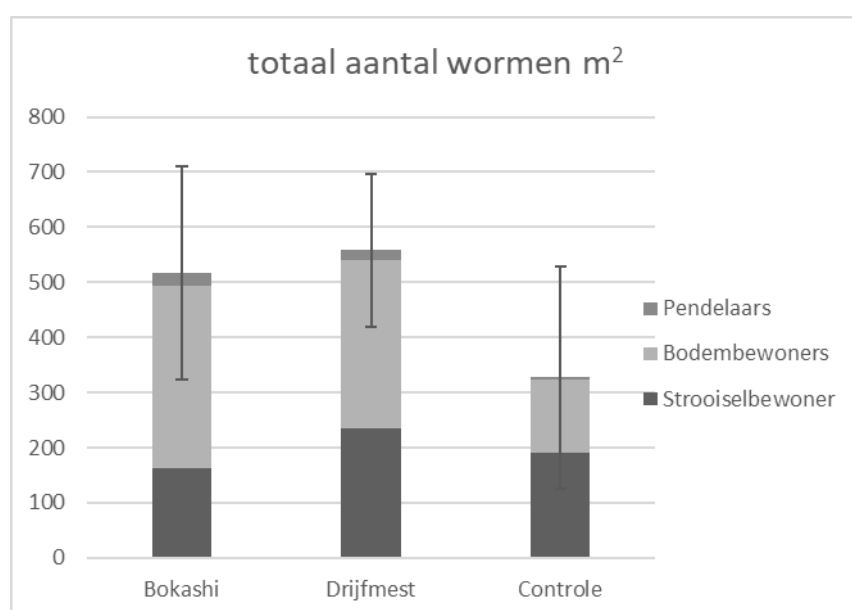
3.1.5 BodembioLOGIE

3.1.5.1 Regenwormen

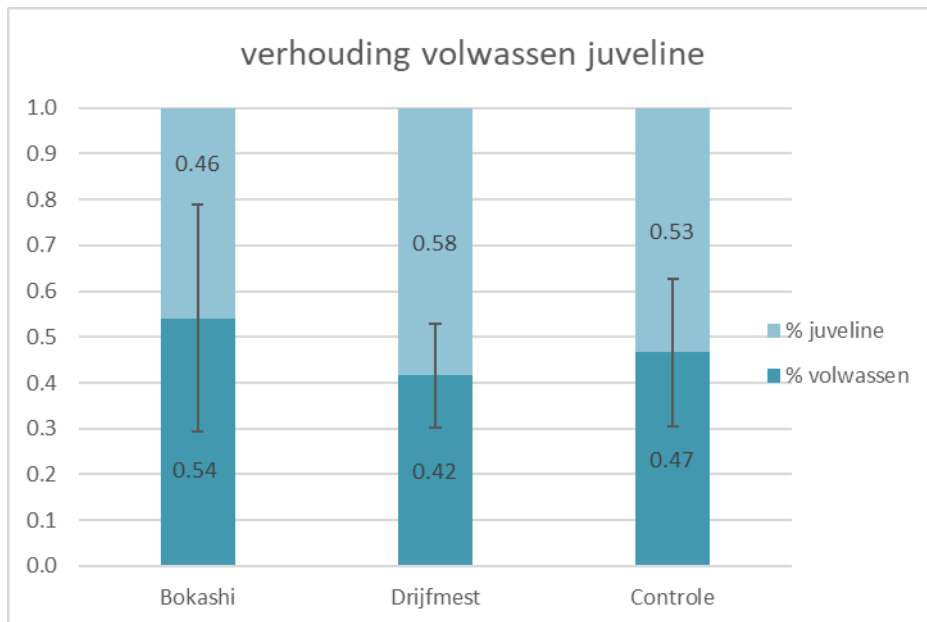
Er was een grote variatie in het aantal wormen per gestoken kluit. Dit is te zien aan de verticale lijntjes in Figuur 15, die de standaarddeviatie per behandeling weer geeft. Gemiddeld zijn de meeste wormen (559 per m²) gevonden in de strook die alleen met drijfmest is bemest. In de strook die ook bokashi kreeg vonden we gemiddeld 516 wormen per m². In de niet bemeste controle strook is duidelijk minder voedsel voor de wormen te vinden, hier vonden we gemiddeld 'slechts' 327 wormen per m² (Figuur 15).

Hoewel we in de bokashistrook gemiddeld iets minder wormen vonden, was het aantal bodembewoners gemiddeld wel iets hoger (331 bodembewoners per m²) dan in de met alleen drijfmest bemeste strook (305 bodembewoners per m²). Door de grote variatie in het aantal wormen per kluit, zijn deze verschillen niet significant.

Als we kijken naar de verhouding tussen volwassen en jonge wormen (Figuur 16), valt op dat er in de met drijfmest bemeste strook meer jonge wormen zaten. Waarschijnlijk is er onder drijfmest in het najaar meer voedsel beschikbaar waardoor de wormen zich gemakkelijker kunnen vermeerderen.



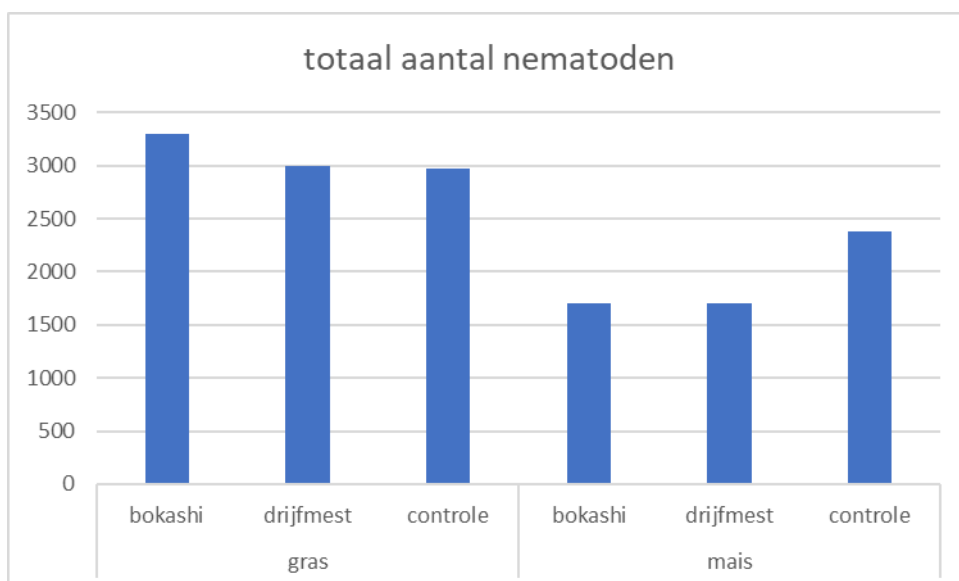
Figuur 15 totaal aantal wormen per m² per behandeling, onderverdeeld in pendelaars, bodembewoners en strooiselbewoners. De verticale streep geeft de standaard variatie weer, per strook zijn 6 monsters gestoken.



Figuur 16 verhouding tussen volwassen en jonge wormen per strook op grasland

3.1.5.2 Nematoden

Totale aantallen

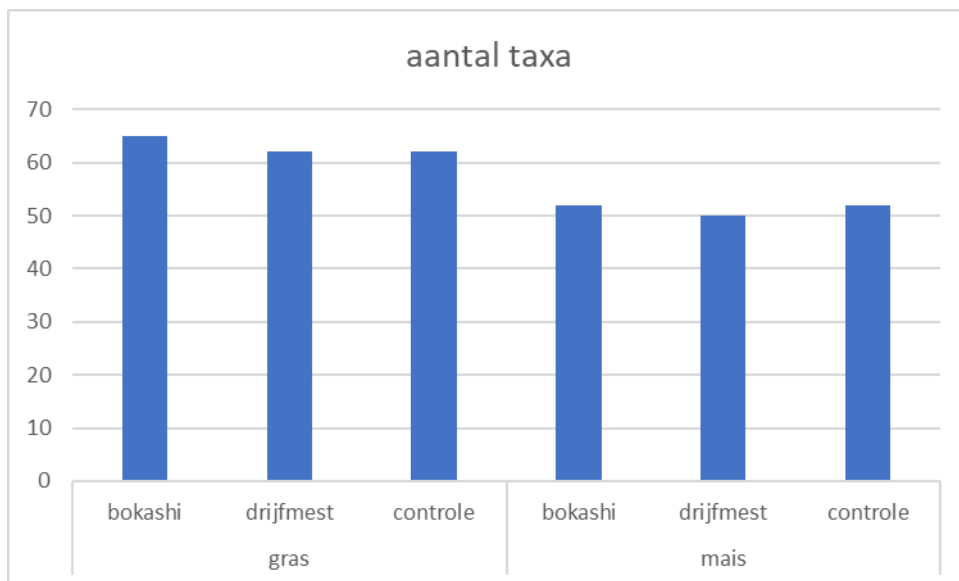


Figuur 17 Totaal aantal nematoden in maart '21 gemeten op grasland (bedrijf A) en maisland (bedrijf B) (Keidel, 2021)

In de graslanden worden meer nematoden gevonden dan in de maisakkers (Figuur 17). Het is bekend dat graslanden vaak hogere aantallen nematoden hebben dan akkers. Waarschijnlijk komt dit omdat graslanden het jaar rond begroeid zijn en gras veel voedselmogelijkheden biedt en dat er minder grondbewerkingen plaatsvinden.

De verschillen tussen de behandelingen zijn niet groot; dit geldt voor zowel de gras- als maisveldjes.

Aantal soorten

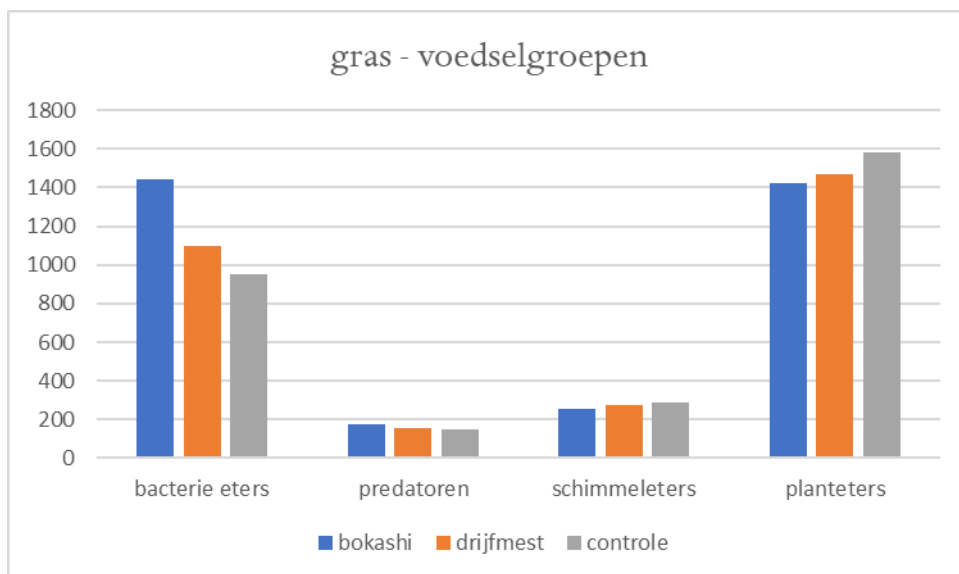


Figuur 18 Aantal gevonden taxa per behandeling op gras (bedrijf A) en mais (bedrijf B) (Keidel, 2021)

In de grasveldjes zijn meer soorten gevonden dan in de maisveldjes (Figuur 18). Dit komt vooral doordat een aantal taxa uitsluitend in de graslanden wordt gevonden, zoals *Pungentus*, *Diphtherophora*, *Paratylenchus* en *Longidorus*.

Tussen de behandelingen in zowel de gras- als maisveldjes verschilt het aantal taxa weinig.

Voedselgroepen algemeen

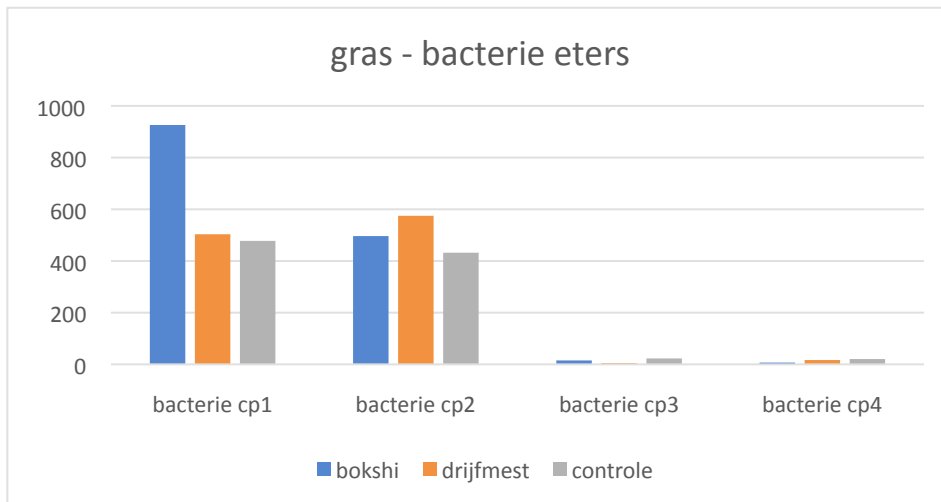


Figuur 19 Nematoden voedselgroepen op grasland (bedrijf A) (Keidel, 2021)

Nematoden gebruiken verschillende bronnen als voedsel en zijn onder te verdelen in verschillende hoofdgroepen, namelijk: Planteneters, schimmeleeters, bacterie-etters en predatoren. Op het grasland zijn de bacterie-etende nematoden dominant. Dit is normaal. Wel zijn er verschillen te zien in de hoeveelheden bij de verschillende behandelingen. Op de bokashiveldjes zijn meer bacterie-etters en een lager aantal planteneters aanwezig dan de drijfmest en controleveldjes (Figuur 19). Dit geeft aan dat meer bacteriën zich bevinden op de bokashiveldjes dan op de drijfmest en controleveldjes. Vaak wordt er

ook een verband gevonden tussen het aantal bacterie eters en het N gehalte van de bodem. Zoals te zien in figuur 8, was het N-leverend vermogen op de bokashiveldjes hoger dan op de andere veldjes.

Bacterie-eters



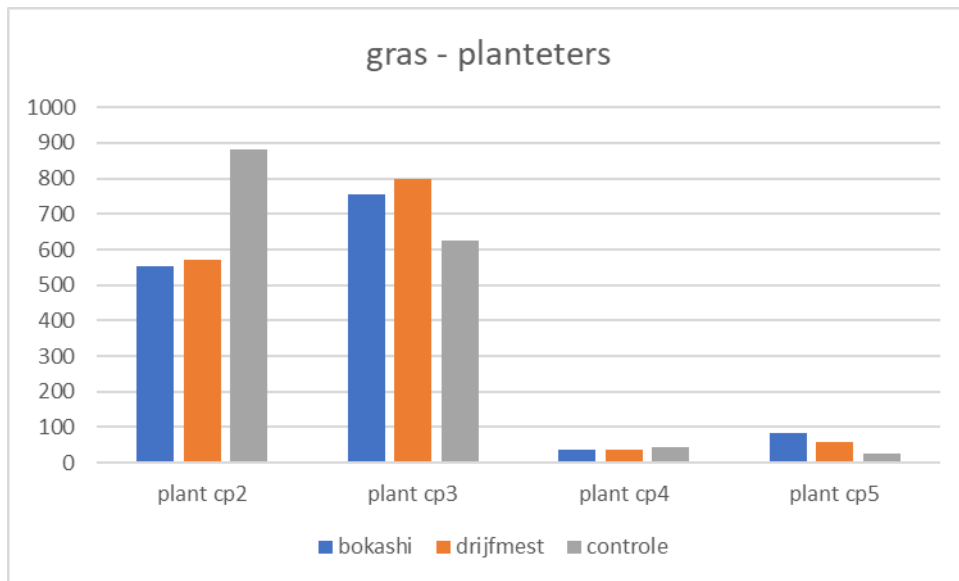
Figuur 20 Aantal bacterie etende nematoden per overlevingsstrategie op grasland

Nematoden worden ingedeeld op basis van hun leefwijze. Er bestaan soorten die veel nakomelingen produceren en een korte generatietijd hebben. Deze soorten komen veel voor in dynamische milieus. Daarnaast zijn er soorten die rekening houden met het draagvlak van het milieu waarin ze zich bevinden. Deze soorten vind je vaak in stabiele milieus. Deze indeling wordt gemaakt op basis van de colonizer-persisterschaal (cp). Deze schaal loopt van 1 tot 5, waarbij cp1 een dynamisch milieu is en cp5 een stabiel milieu.

Op de bokashiveldjes bevinden zich veel nematoden van cp1 (Figuur 20). Dit duidt op een dynamisch milieu. Mogelijk moet het bodemleven nog wennen aan de bokashi. Het aantal nematoden op cp2 ligt hoger bij de drijfmestveldjes. Cp 3 -5 zijn weinig voorkomend op de veldjes.

Planteters

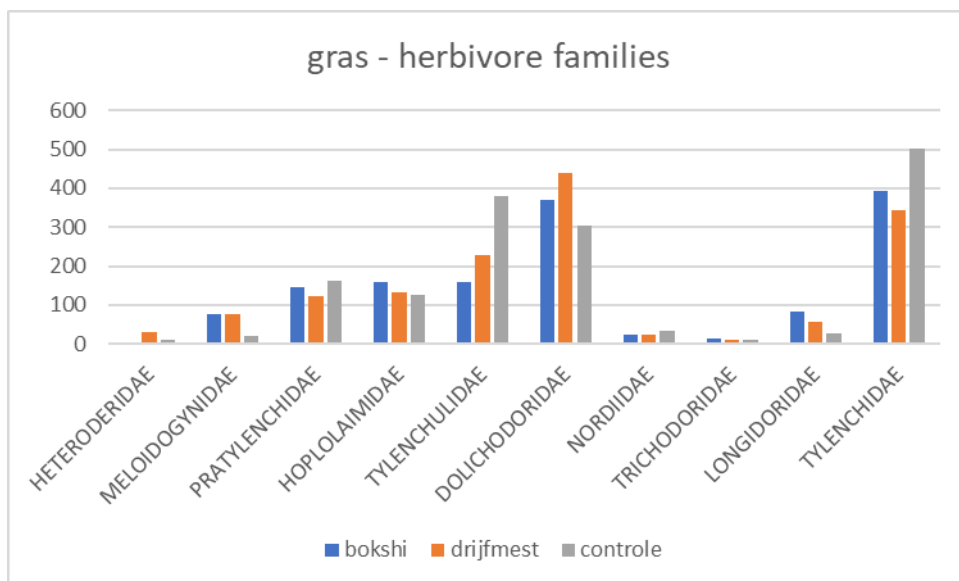
Sommige plantetende nematoden zijn schadelijk voor het gewas. Dit geldt echter lang niet voor alle planteters. De meeste leven op afgestorven wortels.



Figuur 21 Aantal plant etende nematoden per overlevingsstrategie op grasland

Onder de plantetende nematoden bevinden zich geen soorten in de cp1 groep. Wat opvalt is dat de cp2 groep veel nematoden bevat op de controleveldjes. De cp5 groep bestaat uit een specifieke soort die alleen op grasland voorkomt (*Longidoridae*). Deze komt het meest voor op de bokashiveldjes. De aanwezigheid van deze soort verklaart waarom de totale nematoden biomassa op bokashiveldjes het hoogst is.

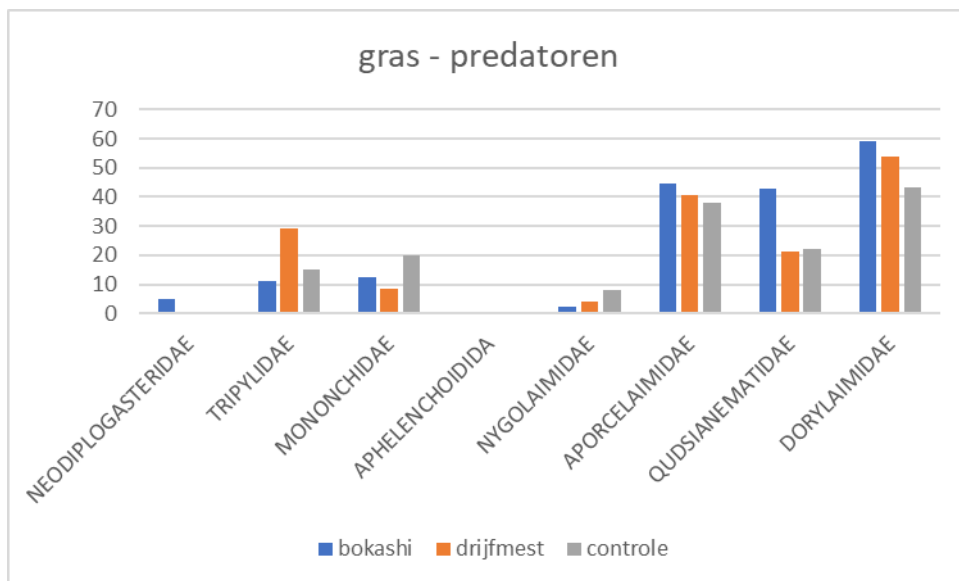
Soorten planteters



Figuur 22 Voorkomende herbivore familie op grasland (bedrijf 1)

Het aantal gevonden planteters families is op de grasveldjes duidelijk hoger ten opzichte van de maisveldjes. Dit heeft te maken met het continue voedselaanbod via het gras. In de graslandveldjes zijn larven van cystenaaltjes gevonden, die zijn gedetermineerd als *Heterodera trifolii*, het klavercystenaaltje. Opmerkelijk is het verschil in de grasveldjes in de aantallen graswortelknobbelaaltjes, *Meloidogyne naasi*, tussen de bokashi- en drijfmestveldjes, en de controle.

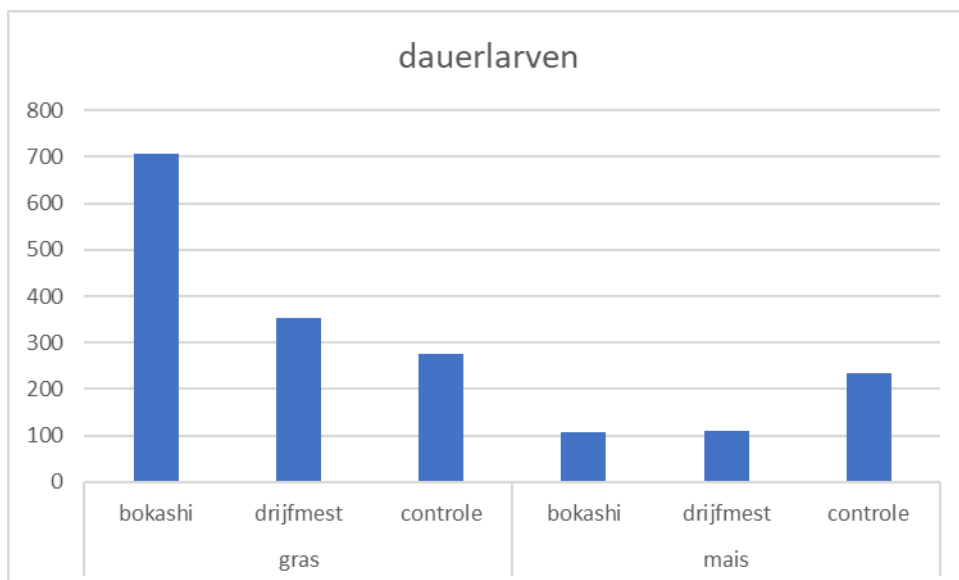
Predatoren



Figuur 23 Voorkomende predatoren op grasland (bedrijf 1)

De aantallen predatoren liggen in de grasveldjes wat hoger dan in de maisveldjes, behalve de controle op de maisveldjes. Er zijn verschillen tussen de behandelingen, maar deze zijn niet consequent. Opvallend zijn de aantallen *Mononchidae* in de maisveldjes: dit zijn vrijwel allemaal *Clarkus papillatus*. In de graslandveldjes zijn ze niet aangetroffen; het gaat dan vooral om *Mylonchulus sigmaturus*. De bokashiveldjes op grasland hebben de meeste predatoren. Of dit verband houdt met een groter aanbod aan prooien (bijvoorbeeld bacterie eters) is onduidelijk.

Dauerlarven



Figuur 24 Dauerlarven op grasland (bedrijf 1) en maaisland (bedrijf 2)

Nematoden ontwikkelen zich vanuit een ei via vier vervellingen tot volwassen wormen. Bij sommige soorten stopt de ontwikkeling tijdens de vervellingen en gaan de wormen in een soort rustpauze. Hierdoor kunnen deze soorten ongunstige omstandigheden overleven. Dit komt vooral voor bij de familie Rhabditidae en Diplogasteridae. Voedselgebrek kan een reden zijn voor het vormen van dauerlarven. Zodra de omstandigheden weer gunstig zijn, ontwikkelen de dauerlarven zich binnen zeer korte tijd tot

volwassen wormen. Dit betekent dat het aantal dauerlarven een echte momentopname is. Omdat dauerlarven zeer resistent zijn tegen allerlei invloeden, zijn ze uitermate geschikt voor de verspreiding van nematoden. Dit geldt vooral voor soorten die insecten parasiteren.

Opmerkelijk is het hoge aantal dauerlarven in de bokashiveldjes op grasland. Dit wijst op recentelijk ongunstige omstandigheden.

4. Resultaten bedrijf B (mais, zand)

4.1 Resultaten

4.1.1 Organische stof balans



Figuur 25 OS balans bokashiveldjes na 3 jaar (kg/ha) bedrijf B

De bokashiveldjes in Figuur 25 starten in 2018 met 145780 kg OS in de laag 0-25 cm, dit is 4.05% OS. Er wordt elk jaar 2500 kg OS afgebroken. Door de aanvoer van OS door het gebruik van een groenbemester (3105 kg OS) en bemesting (3959 kg OS) wordt er 7064 kg OS aangevoerd. Na drie jaar is het percentage OS in theorie toegenomen met 0.23% tot 4.28% in 2021.



Figuur 26 OS balans drijfmestveldjes na 3 jaar (kg/ha) bedrijf B

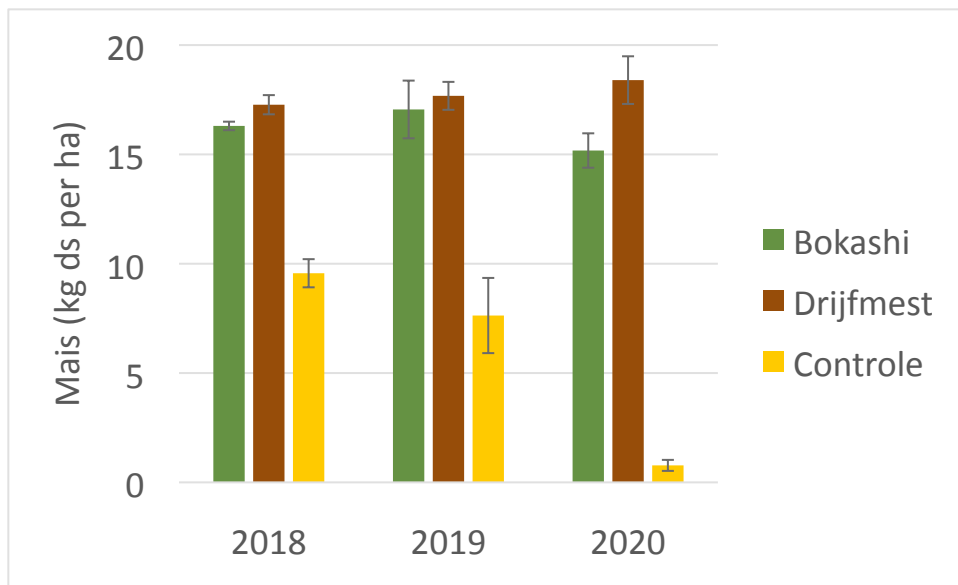
In 2018 starten de drijfmestveldjes met 157478 kg OS in de laag 0-25 cm (4.38%; Figuur 26). De teelt van mais breekt elk jaar 2500 kg OS af. Via groenbemester (3105 kg OS) en drijfmest (3906 kg OS) is er 7011 kg OS aangevoerd. In 2021 is de OS in de bodem (0-25 cm) in theorie afgenomen tot 4.25%.



Figuur 27 OS balans controleveldjes na 3 jaar (kg/ha) bedrijf B

Figuur 27 laat zien hoe het percentage organische stof op de controleveldjes over een periode van drie jaar in theorie is veranderd. De controleveldjes starten in 2018 met 4.4% OS. De afbraak van organische stof is groter (-7500 kg OS) dan de aanvoer van OS via groenbemester (3105 kg OS). Dit resulteert na drie jaar in een afname van 0.22% (4.18%).

4.1.2 Productie



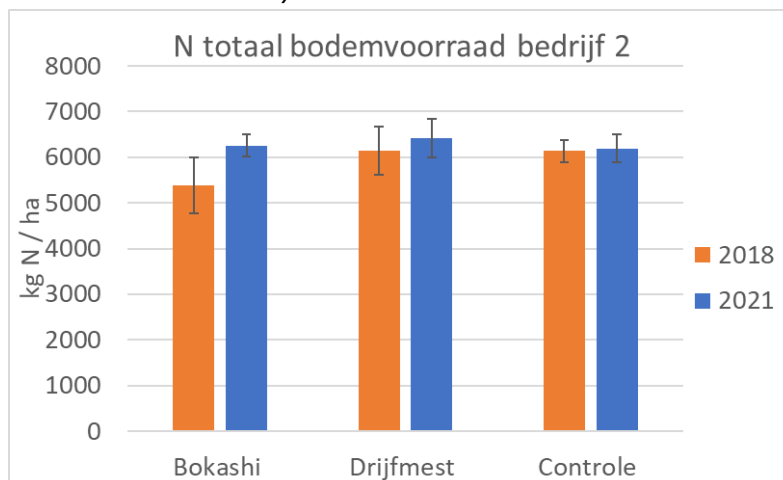
Figuur 28 Maisproductie in kg ds per ha

Opvallend is dat de drijfmestveldjes elk jaar de beste productie realiseren. De bokashiveldjes benaderen in 2018 en 2019 deze productie maar doen het in 2020 slechter. Bij de controleveldjes daalt de productie elk jaar vanwege de afwezigheid van bemesting.

4.1.3 Voederwaarde

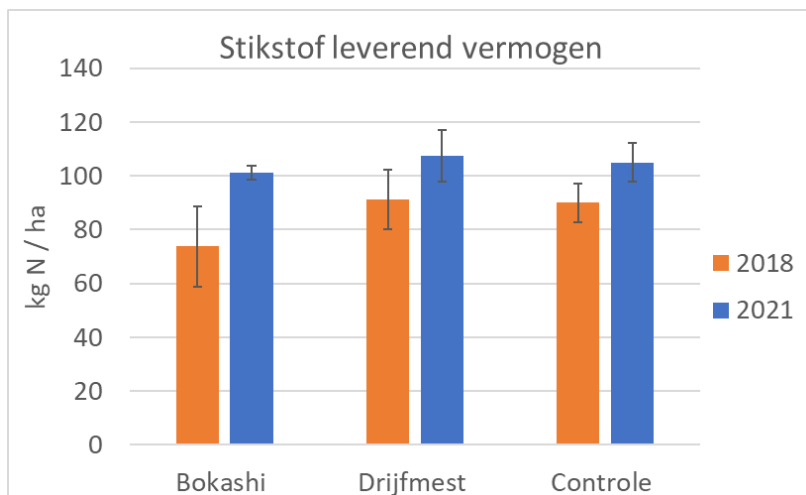
Er zijn geen significante verschillen gevonden tussen de voederwaarden van de verschillende veldjes. Zie bijlage 2 voor de resultaten van de statistische analyse.

4.1.4 Bodemanalyse



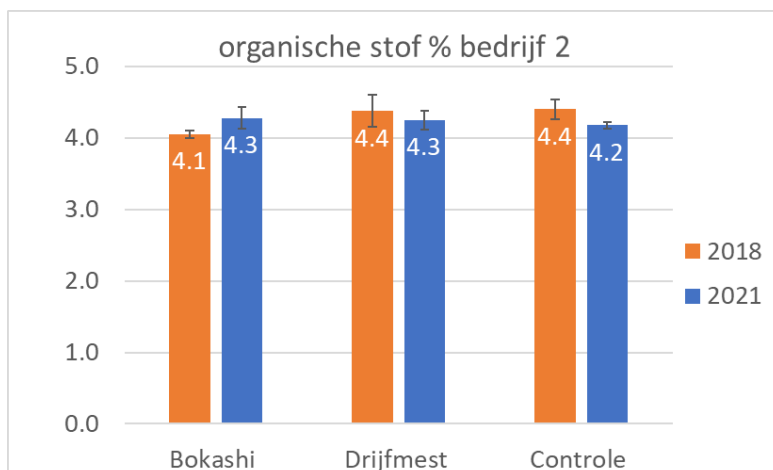
Figuur 29 Vergelijking van de N totale bodemvoorraad per behandeling in 2018-2021 op bedrijf B

De N totale bodemvoorraad is bij elke behandeling gestegen. De bokashiveldjes laten de grootste stijging zien, maar starten lager 2018 dan de andere veldjes.



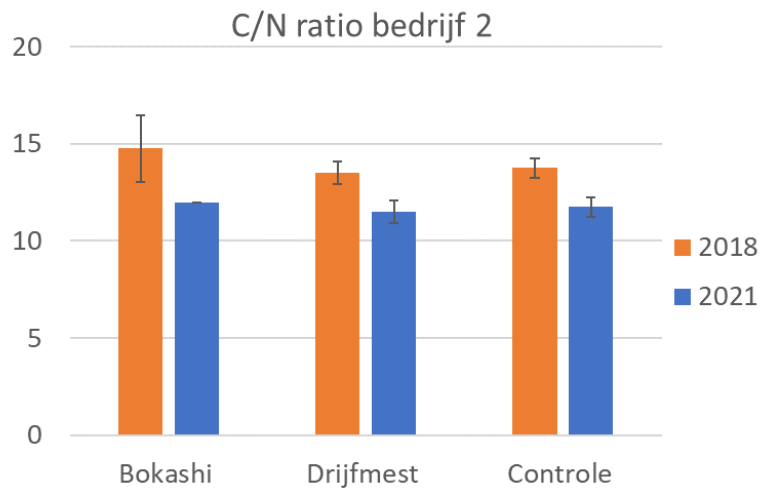
Figuur 30 Vergelijking van het stikstof leverend vermogen (NLV) per behandeling in 2018-2021 op bedrijf B

Het stikstof leverend vermogen van alle veldjes is gestegen. Bij de bokashiveldjes is sprake van een verschil tussen 2018 en 2021. Opvallend is dat ondanks dat de totale N bodemvoorraad bij de controlevelden niet gestegen is, de N levering wel verbeterd is.



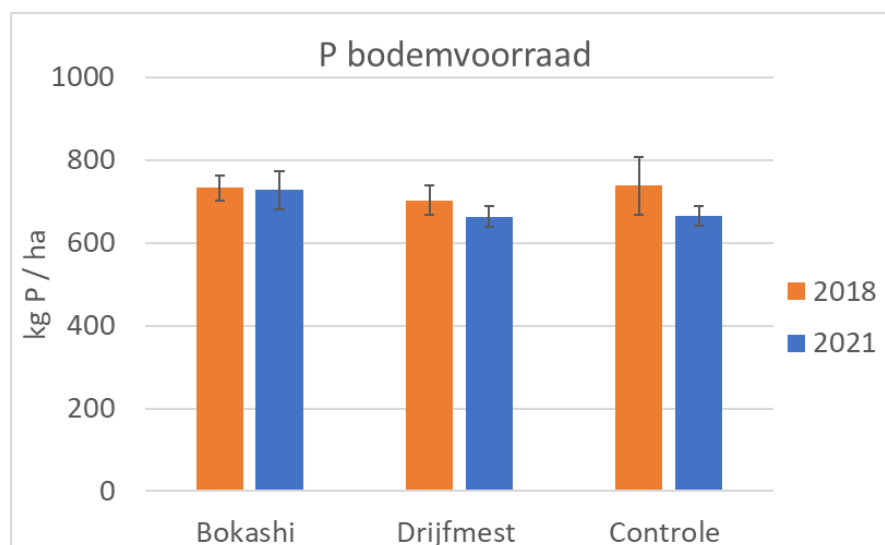
Figuur 31 Vergelijking van de organische stof per behandeling in 2018-2021 op bedrijf B

Zoals op basis van de OS balansen (Figuur 25, Figuur 26, Figuur 27) te verwachten was, lijkt het OS-gehalte van op de bokashiveldjes toegenomen tussen 2018 en 2021. De organische stofgehalten van de drijfmest en controleveldjes lijkt afgenomen. De verschillen zijn echter klein en de variatie tussen de veldjes binnen een behandeling relatief groot.



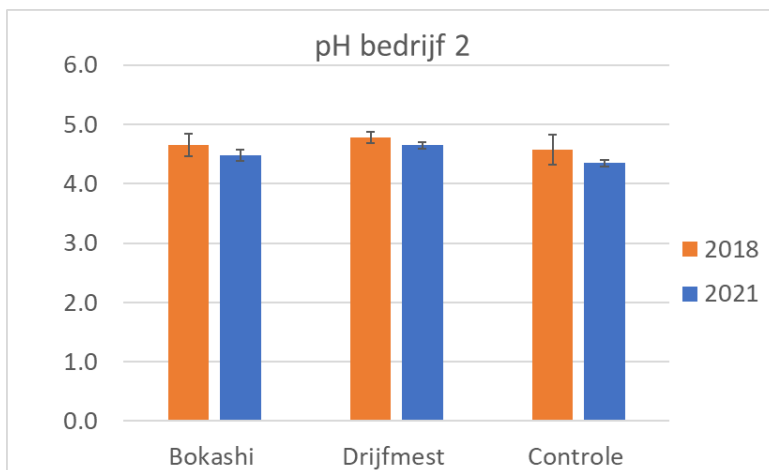
Figuur 32 Vergelijking van de C/N ratio per behandeling in 2018-2021 op bedrijf B

De C/N ratio is afgenomen bij alle behandelingen. Net als op gras is ook op het maisland het C gehalte is minder snel gestegen (of gedaald) tov het N gehalte. Dit blijkt ook uit het feit dat het N leverend vermogen is toegenomen. De grootste daling is te zien bij de bokashi behandeling. De drijfmest en controleveldjes laten eenzelfde verloop zien.



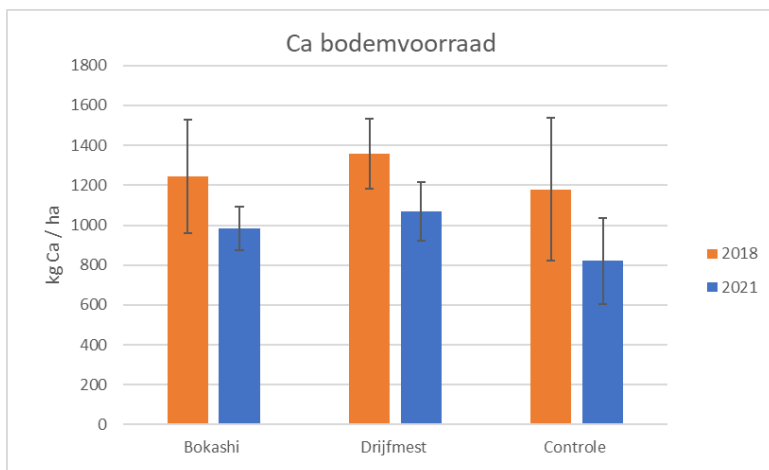
Figuur 33 Vergelijking van de P bodemvoorraad (kg P/ha) per behandeling in 2018-2021 op bedrijf B

De P bodemvoorraad (kg P/ha) is afgenomen bij de drijfmest en controleveldjes. Opvallend is dat de bokashiveldjes nagenoeg onveranderd zijn na drie jaar. Het P gehalte in de bemesting op de bokashiveldjes was hoger (gem. 51 kg P/jaar) dan op de drijfmestveldjes (gem. 45 kg P/jaar). Dit kan bijgedragen hebben aan het verschil tussen beide behandelingen.



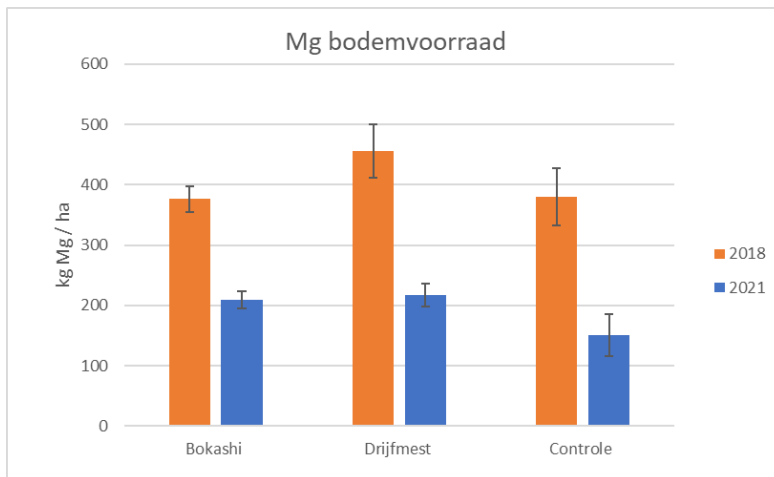
Figuur 34 Vergelijking van de pH per behandeling in 2018-2021 op bedrijf B

De pH is licht gedaald bij alle behandelingen. Dit komt overeen met de vuistregel van 0.1 % pH daling per jaar (Hogenkamp, 2020). Er is geen bekalking uitgevoerd op de veldjes.



Figuur 35 Vergelijking van de Ca bodemvoorraad per behandeling in 2018-2021 op bedrijf B

De Ca bodemvoorraad is bij alle behandelingen afgenomen. Ook het totale kleihumus complex (41, 2018 ; 34, 2021) en de bezetting van de CEC (79%, 2018 ; 67%, 2021) zijn afgenomen in de periode 2018-2021. De controleveldjes laten de grootste afname in Ca zien. De bokashiveldjes de kleinste daling.



Figuur 36 Vergelijking van de Mg bodemvoorraad per behandeling op bedrijf in 2018-2021

Evenals de Ca bodemvoorraad is ook de Mg bodemvoorraad afgenomen. De bokashiveldjes laten hierbij de kleinste afname zien.

4.1.5 BodembioLOGIE

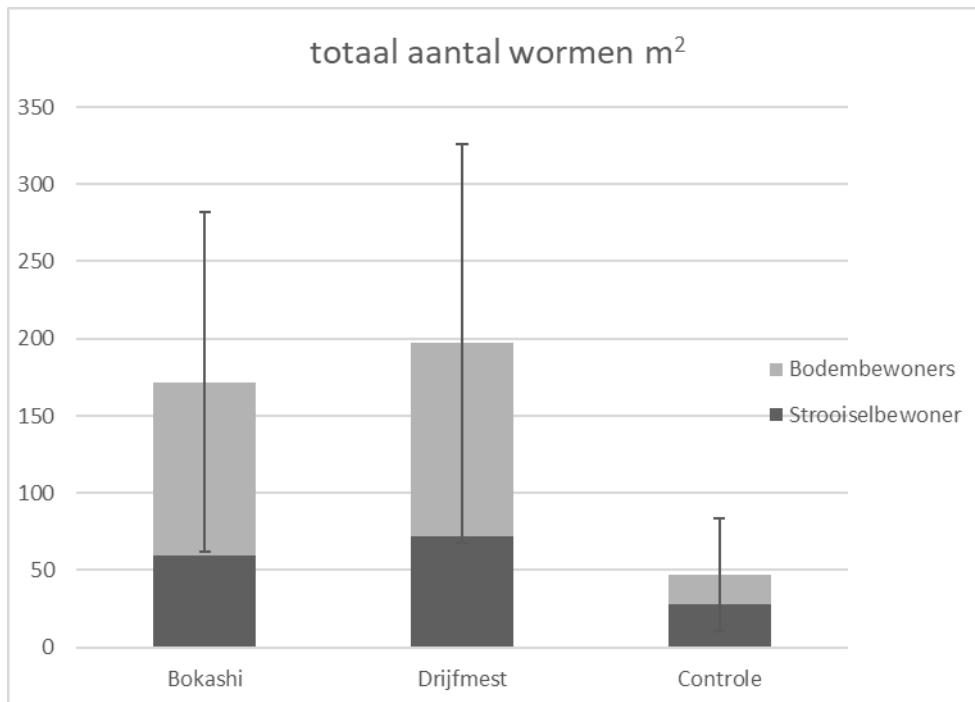
4.1.5.1 Regenwormen

Ook op maisland vonden we een grote variatie in het aantal wormen per gestoken kluit. Dit is te zien aan de verticale lijntjes in Figuur 37, die de standaarddeviatie per behandeling weer geeft. Het aantal wormen per m² was op maisland een stuk lager dan op grasland. Dit heeft deels te maken met de grondbewerking, maar met name de voedselbeschikbaarheid speelt een grote rol bij het aantal wormen. Op bouwland ligt het voedselaanbod voor de wormen een stuk lager dan op grasland.

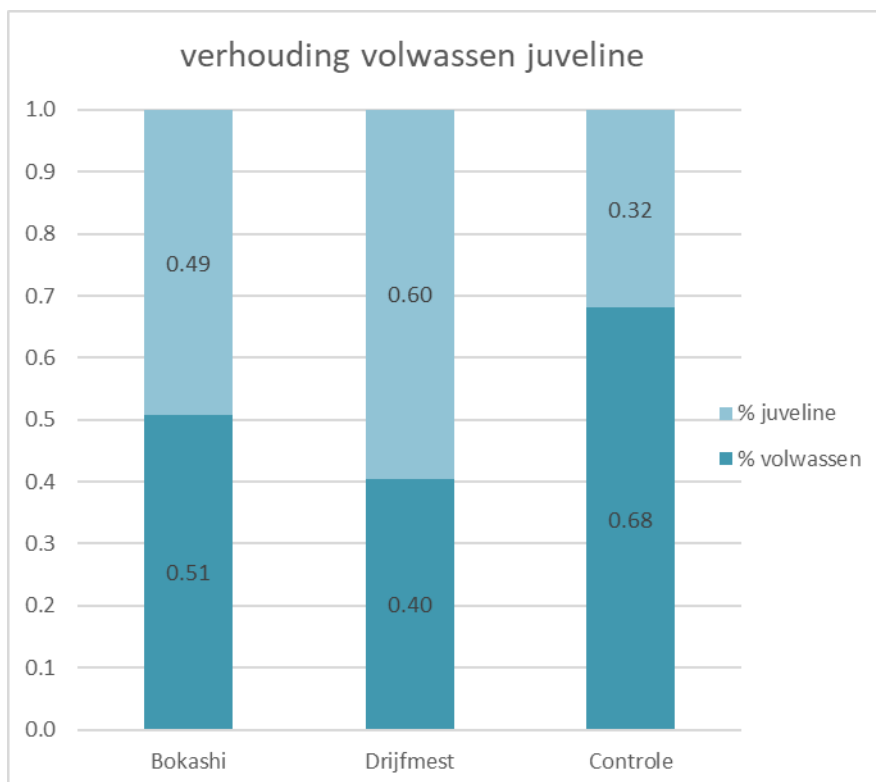
Ook op maisland vonden we gemiddeld de meeste wormen (196 per m²) in de strook die alleen met drijfmest is bemest. In de strook die ook bokashi kreeg, vonden we gemiddeld 172 wormen per m². In de niet bemeste controle strook is duidelijk minder voedsel voor de wormen te vinden, hier vonden we gemiddeld 'slechts' 47 wormen per m² (Figuur 37).

Op bouwland worden vaak veel meer bodembewoners dan strooiselbewoners gevonden. Dit was ook hier het geval. In de met drijfmest bemeste strook vonden we wel iets meer strooiselbewoners (72 per m²) dan in de bokashi strook (59 per m²). Door de grote variatie in het aantal wormen per kluit, zijn deze verschillen niet significant.

Als we kijken naar de verhouding tussen volwassen en jonge wormen (Figuur 38), valt op dat ook hier in de met drijfmest bemeste strook meer jonge wormen zaten. Waarschijnlijk is er onder drijfmest in het najaar meer voedsel beschikbaar waardoor de wormen zich gemakkelijker kunnen vermeerderen. In de controlestrook vonden we juist heel weinig juveniele wormen.



Figuur 37 totaal aantal wormen per m² per behandeling, onderverdeeld in pendelaars, bodembewoners en strooiselbewoners. De verticale streep geeft de standaard variatie weer, per strook zijn 6 monsters gestoken.

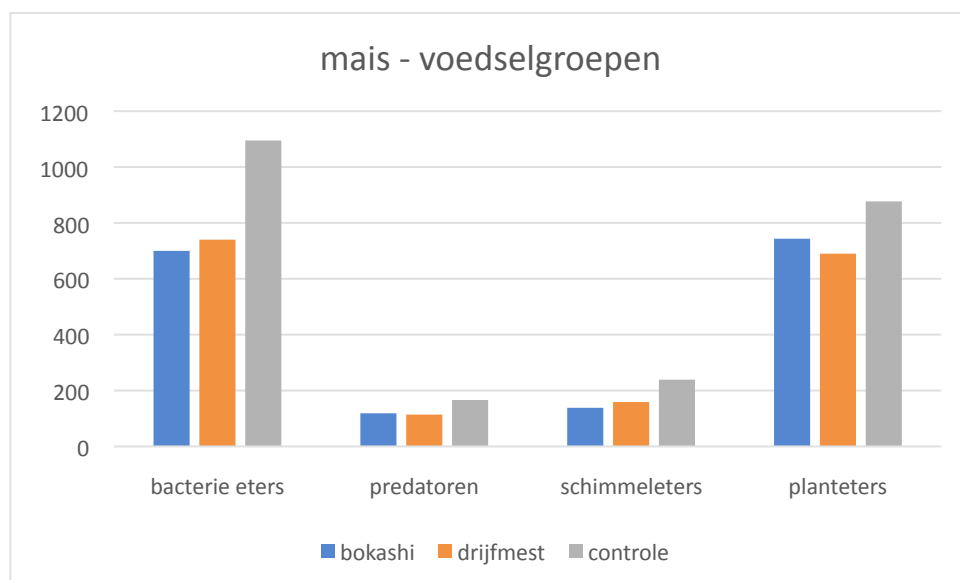


Figuur 38 verhouding tussen volwassen en jonge wormen per strook op maisland

4.1.5.2 Nematoden

Op bedrijf A en B zijn begin 2021 metingen verricht om de aantallen, verschillende voedselgroepen en taxa aan nematoden in grasland en maisland te bepalen. In deze paragraaf worden enkele resultaten van bedrijf B (maisland besproken). De overige resultaten zijn te vinden in paragraaf Nematoden vanaf pagina 22. Alsook in het rapport van Harm Keidel (Keidel, 2021).

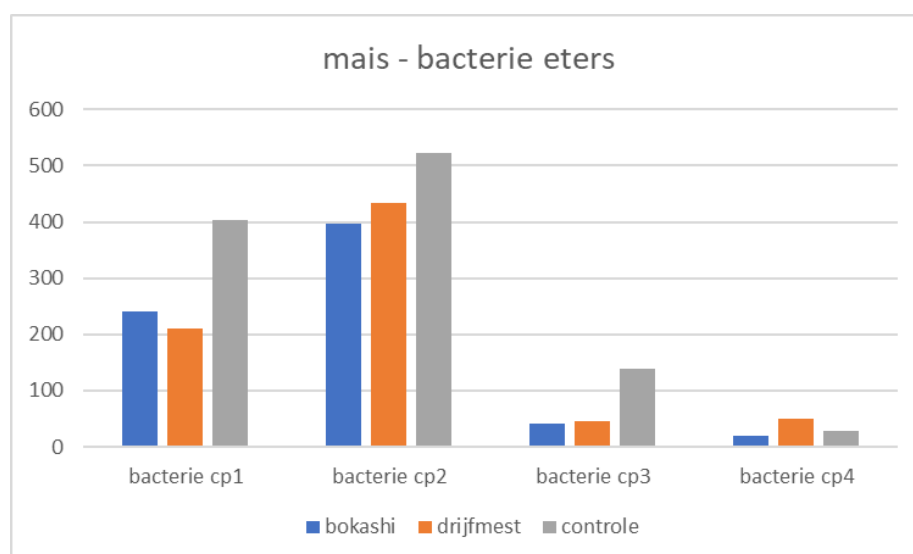
Voedselgroepen



Figuur 39 Aantallen nematoden per voedselgroep op maisland bedrijf 2

Bacterie-etters en planteters zijn dominant in zowel de gras- als maisveldjes. Dit is vrijwel altijd het beeld dat wordt gevonden in grondmonsters. Wel zijn er verschillen, zowel tussen de gras- en maisveldjes als tussen de behandelingen. Opvallend is dat de hoeveelheid bacterie-etters op de controleveldjes het hoogst is. Dit komt vermoedelijk omdat de bodem bedekt is gebleven. Hier komen meer bacteriën voor dan kale grond. Ook bij de andere categorieën zijn de aantallen nematoden het hoogst op de controlevelden.

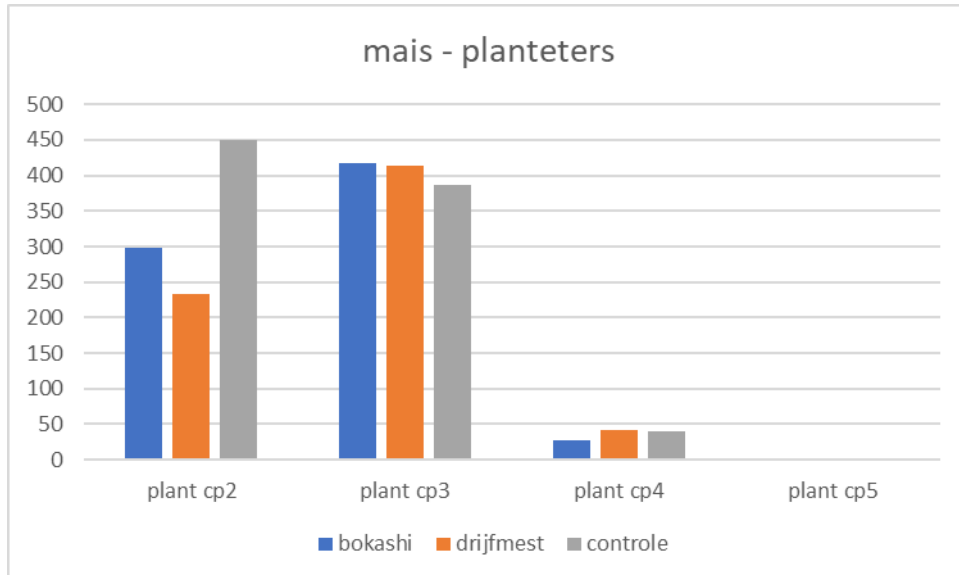
Bacterie eters



Figuur 40 Biomassa van bacterie etende nematoden per overlevingsstrategie op mais

Er zijn meer nematoden op de controleveldjes gevonden in de categorie cp1, cp2 en cp3. een lage cp betekent dat hier sprake is van een dynamisch milieu, een hoger cp duidt op een stabiel milieu. Maisland wordt vaak bewerkt en is hierdoor dynamischer. Dit verklaart de hogere biomassa van nematoden in categorie cp1 en cp2. Op de controleveldjes is een hoger aantal cp3 nematoden gevonden.

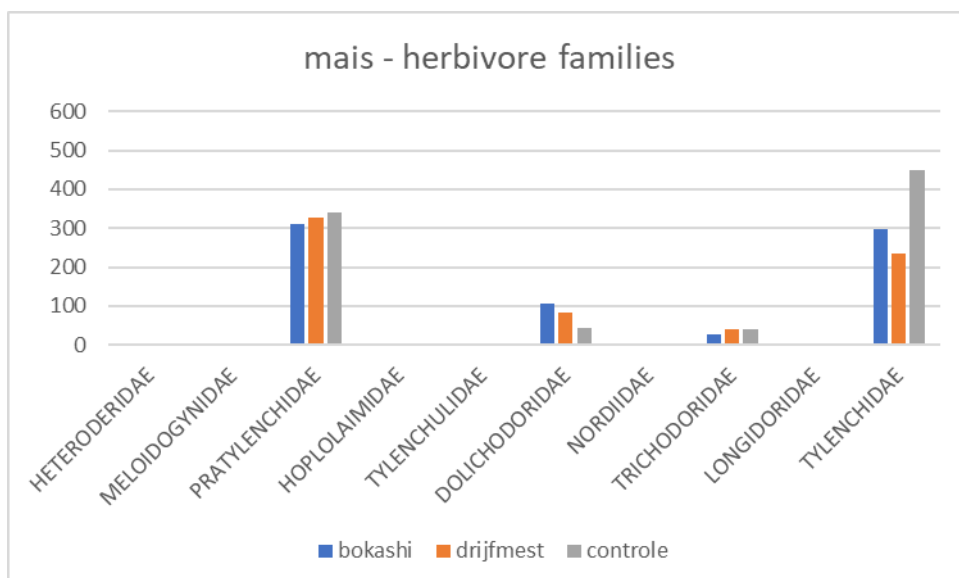
Planteters



Figuur 41 Totale biomassa aan plant etende nematoden op maisland

De biomassa plantetende nematoden cp2 is opvallend hoger in het controle veldje dan de bokashi en drijfmestveldjes. Door de aanwezigheid van meer ondergroei was er meer voedsel aanwezig voor deze nematoden. In de categorie cp3 doen de bokashi en drijfmestveldjes het beter.

Herbivore families

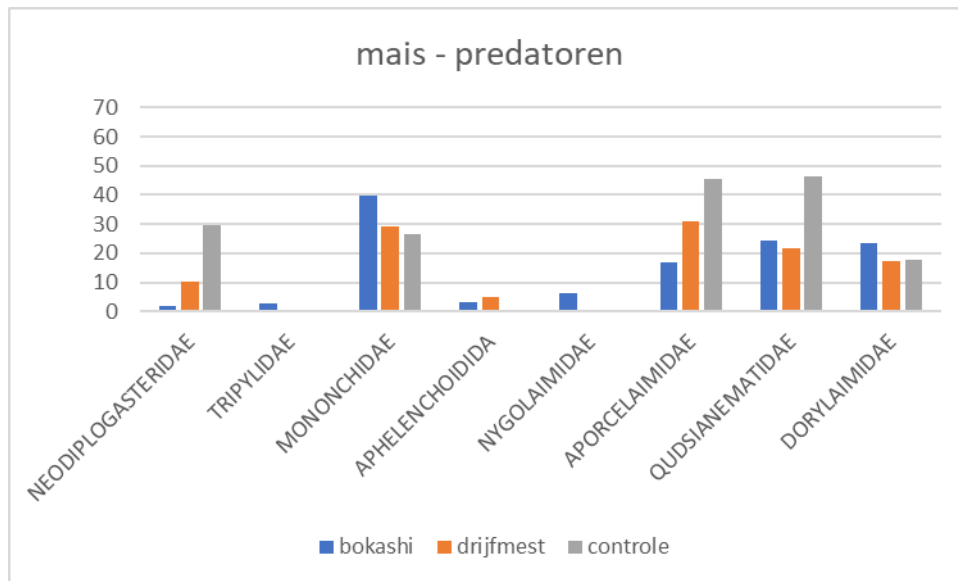


Figuur 42 Biomassa herbivore families op maisland

De hoeveelheid gevonden nematoden op maisland is lager dan op grasland. Dit komt omdat er op grasland altijd voedselaanbod aanwezig is. De meest opvallende familie in de maisveldjes is

Pratylenchidae, de wortelleslieaaltjes. Het gaat hierbij vooral om het graanwortellesieaaltje *Pratylenchus crenatus*, een soort die grasachtigen, waaronder mais, als waardplant heeft.

Predatoren

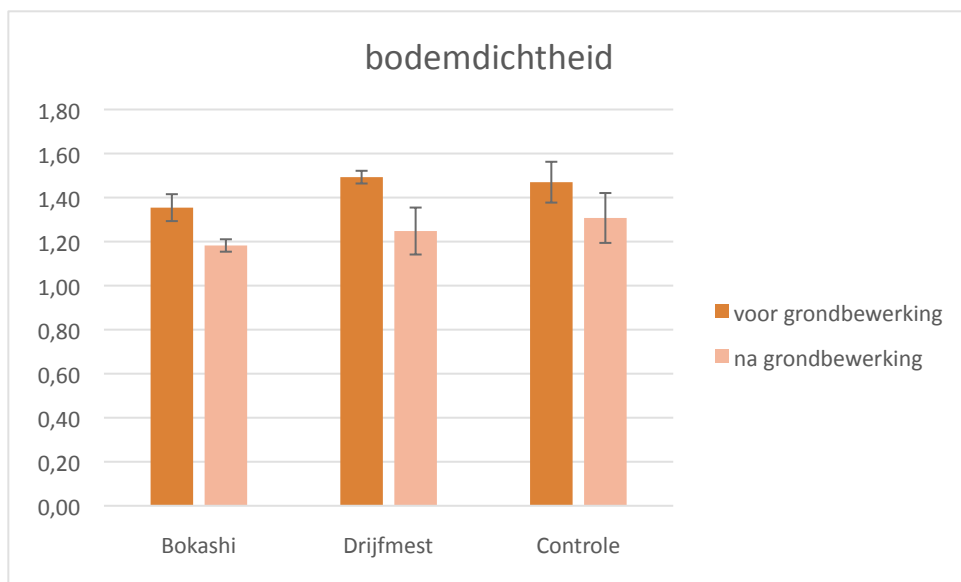


Figuur 43 Biomassa predatoren op maisland

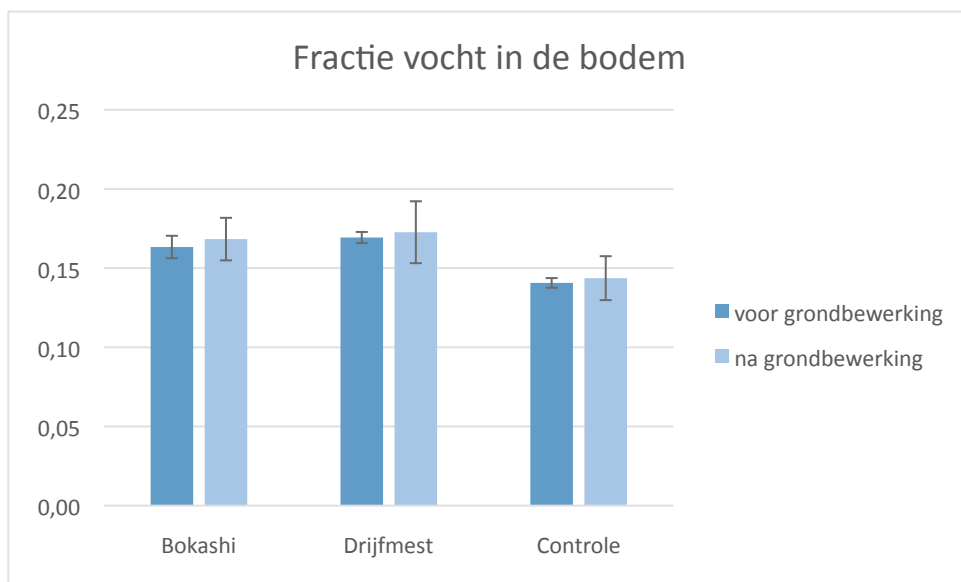
De hoeveelheid predatoren op maisland ligt lager dan op grasland, behalve bij de controleveldjes. Opvallend zijn de aantallen *Mononchidae* in de maisveldjes: dit zijn vrijwel allemaal *Clarkus papillatus*.

4.1.6 Waterretentie

De bodemdichtheid geeft aan hoeveel lucht er in de bodem zit, hoe lager, hoe luchtiger de grond. De dichtheid van de grond neemt af als het organische stof gehalte hoger wordt. Zoals te zien in figuur 44 wordt de bodem na grondbewerking luchtiger. Dit is ook precies het doel van grondbewerking. Daarnaast zien we dat de bodemdichtheid in de bokashiveldjes zowel voor als na grondbewerking wat lager is dan in de andere veldjes.



Figuur 44 Bodemdichtheid voor en na grondbewerking in de bovenste 15 cm grond op bedrijf B

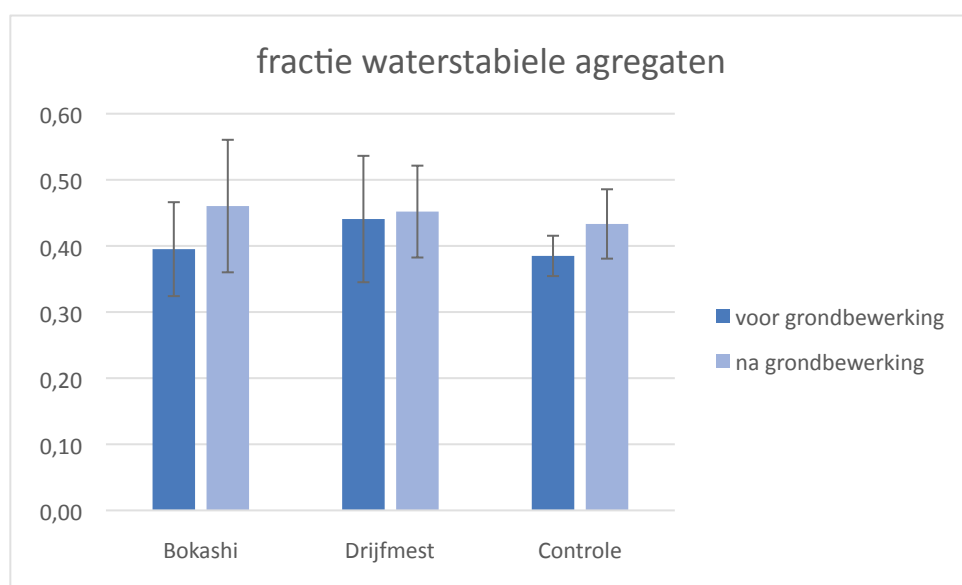


Figuur 45 Fractie vocht in de bodem voor en na grondbewerking op bedrijf B

Het gehalte vocht in de bodem is vaak gecorreleerd aan de bodemdichtheid. In een 'losse' bodem is naast meer ruimte voor lucht ook meer ruimte voor vocht. Dit gaat ook samen met het gehalte organische stof dat vaak als een spons wordt beschreven. In figuur 45 zien we dat de bodembewerking nauwelijks effect heeft op het vochtgehalte in de bodem. Daarnaast zien we dat de controle veldjes minder vocht bevatten. Mogelijk doordat het os% ook lager is in die veldjes.

4.1.6.1 Stabiliteit bodemagregaten

De stabiliteit en de binding tussen aggregaten in de bodem is van belang voor de bodemstructuur. De structuur heeft weer invloed op beworteling, indringing van lucht en warmte, maar ook op het gebied van water is bodemstructuur van grote invloed. Zo beïnvloedt de structuur het watervasthoudend vermogen van de bodem en zorgt het voor de afvoer van overtollig water. Daarnaast is er verschil tussen een stabiele structuur en een meer wankelende structuur. Met een stabiele structuur kan de grond zich meer veroorloven met betrekking tot grondbewerkingen en extreme regenval. Wanneer de structuur wankelig is, kan extreme regenval tot verslemping van de bodem leiden. Hierdoor stroomt het water af in plaats dat het wordt opgenomen door de wortels. Bodemaggregaten zijn opgebouwd uit minerale korrels en organische vaste deeltjes met daartussen poriën. Wanneer de minerale en organische deeltjes sterk met elkaar verbonden zijn spreekt men van een stabiele structuur (Koopmans & Brands, Testkit bodemkwaliteit, 2002).

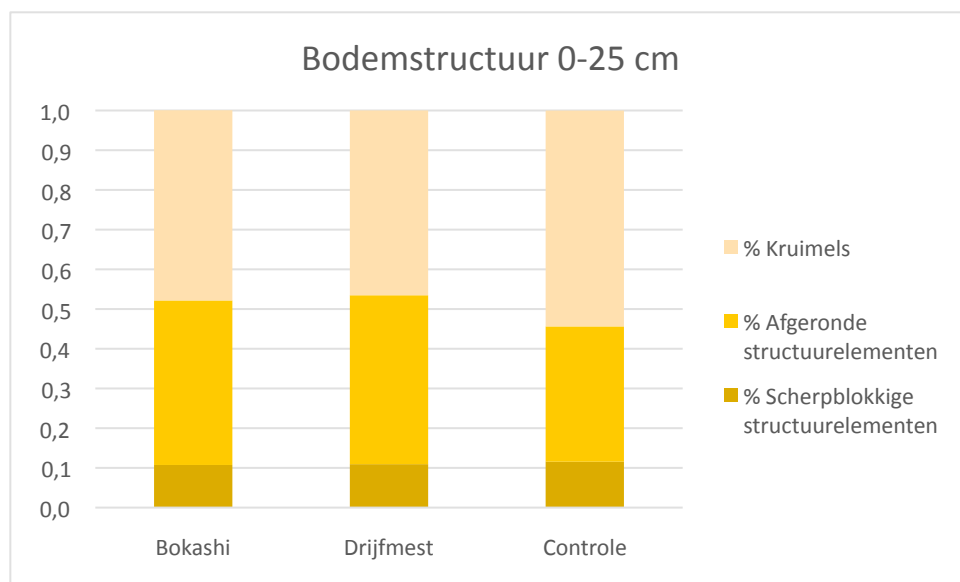


Figuur 46 Fractie waterstabele agregaten voor en na bewerking in de bodem op bedrijf B

In Figuur 46 wordt het percentage waterstabele aggregaten weer gegeven. Dit zijn bodemdeeltjes die niet oplossen in water. De variatie tussen de metingen was erg groot, zodat er verder geen uitspraak over is te doen.

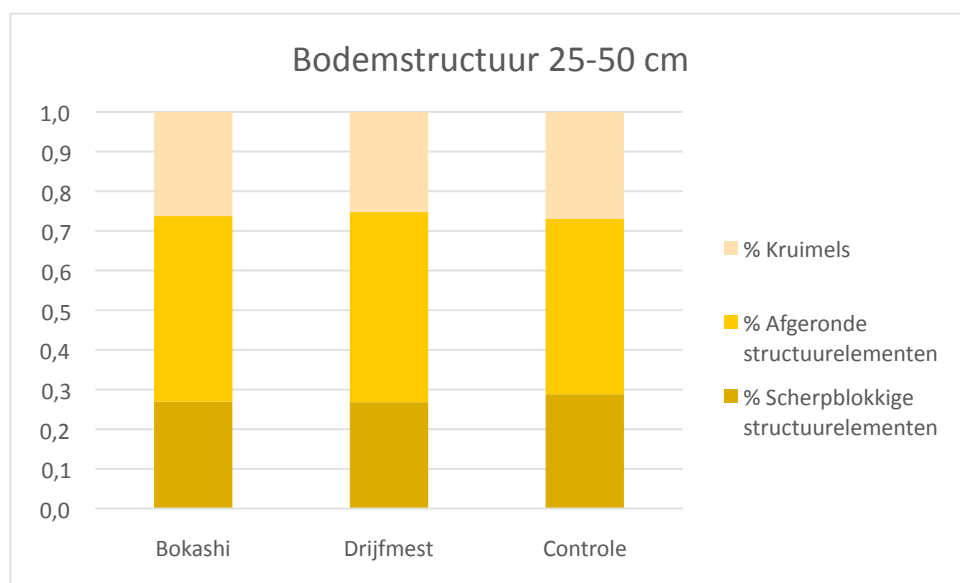
4.1.6.2 Structuurbeoordeling (% kruim, afgerond en scherphoekig)

Bij het beoordelen van de bodemstructuur valt op dat onder alle behandelingen ca 50% van de grond in de laag 0-25 cm een kruimelige structuur heeft. Dat is een hoge score onder maisland op zandgrond. Het percentage kruimels is onder de controle strook iets hoger dan onder de andere stroken (figuur 47).



Figuur 47 Bodemstructuur in de laag 0-25 cm per behandeling op bedrijf B

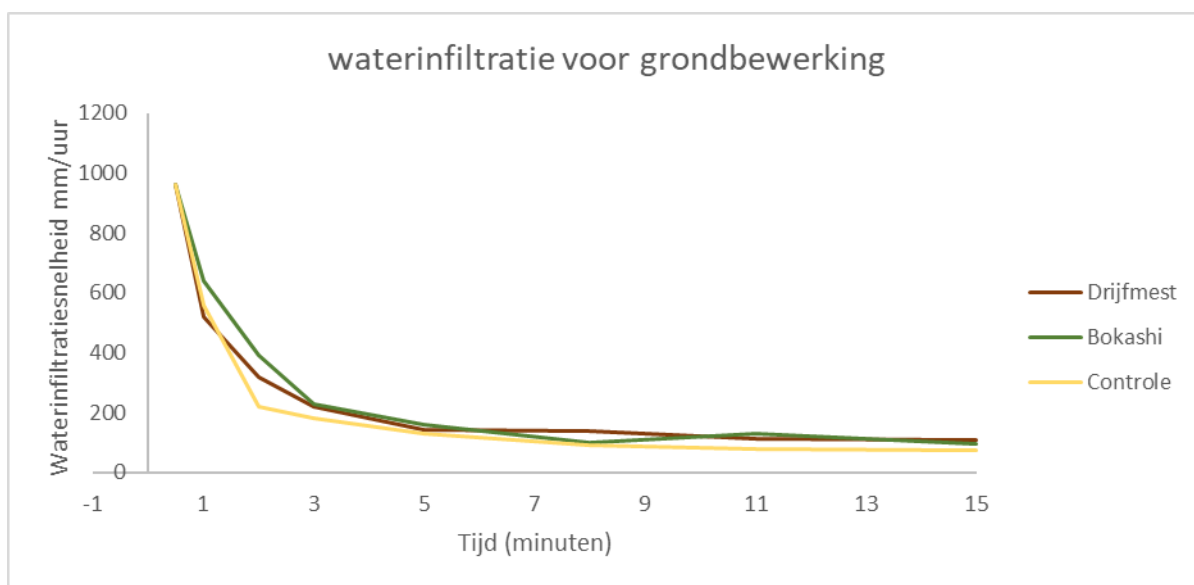
Wat dieper in de grond, in de laag 25-50 cm worden nog steeds kruimels gevonden. Ook dit duidt op een goede structuur. Het aandeel scherphoekige structuurelement (dat zijn bodemdelen waar geen wortels doorheen kunnen groeien) is in deze laag iets groter (zie figuur 48), mogelijk ten gevolge van berijding van de grond met zware machines. Tussen de verschillende behandelingen zijn er geen verschillen wat betreft bodemstructuur gevonden.



Figuur 48 Bodemstructuur in de laag 25-50 cm per behandeling op bedrijf B

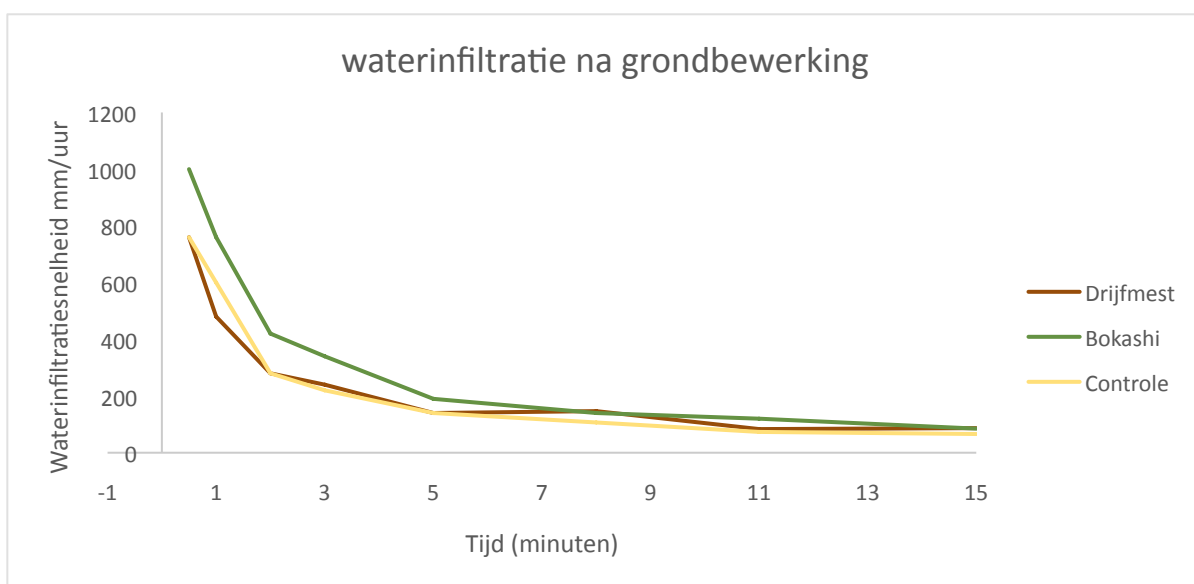
4.1.6.3 Waterinfiltratie

In de eerste 2 minuten is de infiltratiesnelheid redelijk gelijk op de drie veldjes. Van 2 tot 5 minuten is te zien dat op het bokashiveld de infiltratie hoger is dan bij de andere veldjes. Daarna zijn bokashi- en drijfmestveld redelijk gelijk aan elkaar en het nul-veld beduidend lager. Bij $t=35$ is de infiltratiesnelheid het hoogst bij bokashi (52mm/uur), daarna bij drijfmest (44mm/uur) en het laagst bij het nul-veld (28mm/uur).

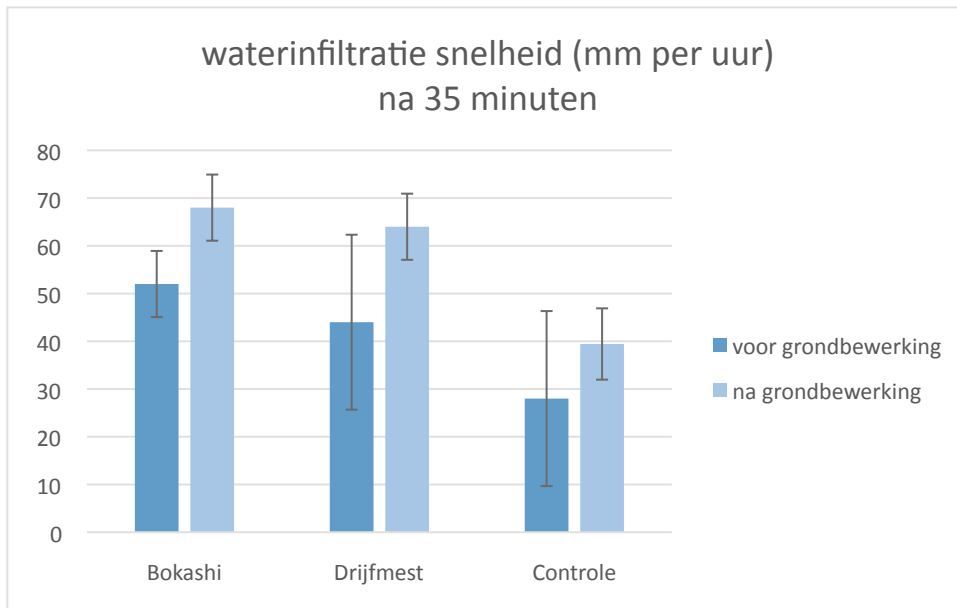


Figuur 49 Waterinfiltratie (mm/uur) weergegeven per behandeling voor grondbewerking op bedrijf B

Na grondbewerking is de infiltratiesnelheid bij bokashi het hoogst tot 7 minuten. Vervolgens schommelen drijfmest en bokashi op en neer en is het nul-veld constant het laagst. Uiteindelijk is de infiltratiesnelheid bij drijfmest en bokashi gelijk met 68mm/uur. Bij het nul-veld is deze het laagst met 39mm/uur.



Figuur 50 Waterinfiltratie (mm/uur) weergegeven per behandeling na grondbewerking op bedrijf B

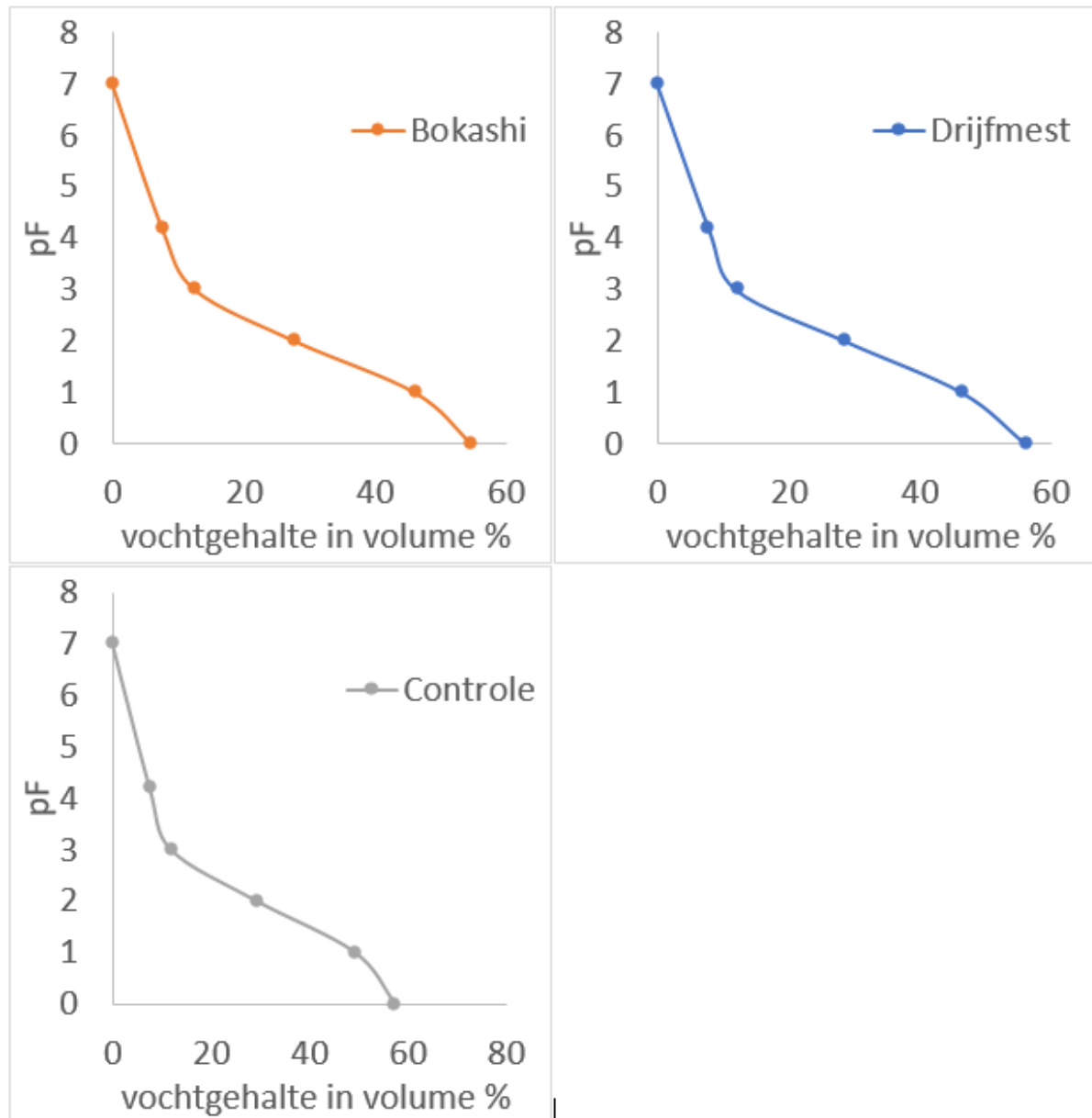


Figuur 51 Hoeveelheid geïnfiltreerd water na 35 minuten voor en na grondbewerking per behandeling op bedrijf B

Uit Figuur 51 blijkt dat na de grondbewerking meer water opgenomen kan worden dan ervoor. Dit komt overeen met de lagere bodemdichtheid die we vonden na de grondbewerking (Figuur 44). Daarnaast lijken de bokashiveldjes iets sneller water op te nemen. Dit is gunstig bij hevige regenval, er blijft dan minder snel water op het land staan.

4.1.7 Resultaten pF curves op proefveldjes

Helaas vonden we geen significante verschillen wat betreft de waterretentie karakteristiek tussen de bokashi, de drijfmest en de controle veldjes.



Figuur 52 pF curves per behandeling op bedrijf B

5. Resultaten bedrijf C (veen)

5.1 Resultaten

5.1.1 Organische stof balans



Figuur 53 OS balans bokashiveldjes na 3 jaar (kg/ha) bedrijf C

De bokashiveldjes starten in 2018 met een OS gehalte van gemiddeld 25.9%. Vanaf 2018 wordt er 14617 kg OS per ha aangevoerd door de afbraak van wortelresten en bemesting. De afbraak bedraagt -5101. In 2021 is het OS gehalte in theorie gestegen naar 27,4%.



Figuur 54 OS balans drijfmestveldjes na 3 jaar (kg/ha) bedrijf C

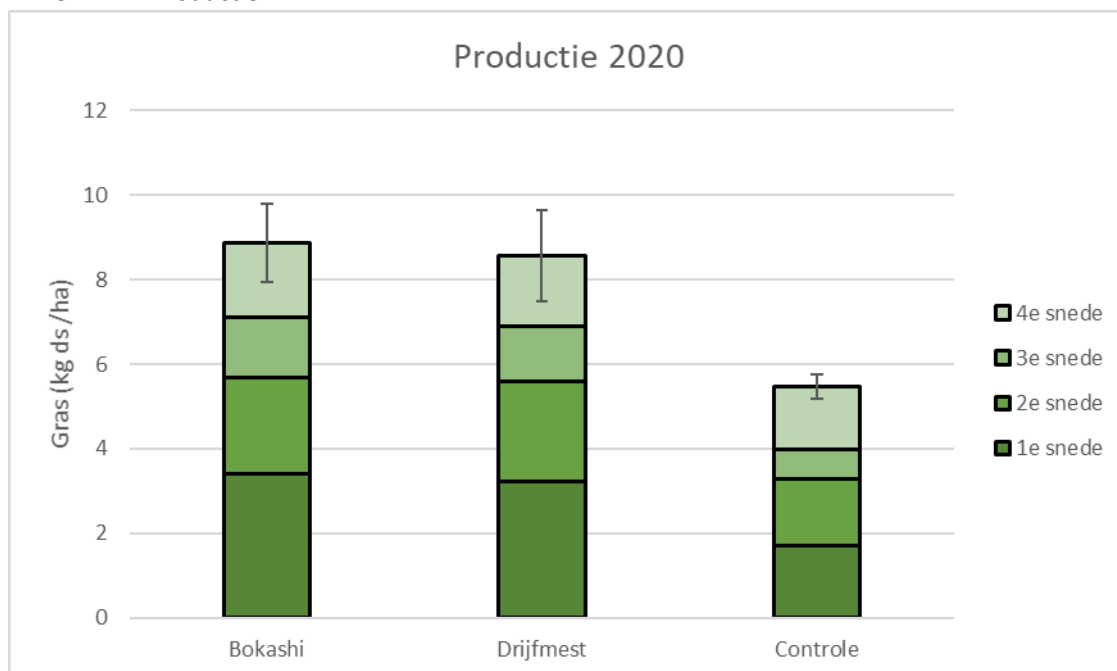
Op de drijfmestveldjes is het OS gehalte afgenomen tussen 2018 en 2021. De analyseresultaten komen hier niet overeen met de berekening. Mogelijk zorgt het insnijden van de bemester bij het opbrengen van de drijfmest ervoor dat het organische stofgehalte daalt (oxidatie).



Figuur 55 OS balans controleveldjes na 3 jaar (kg/ha) bedrijf C

Ook de controleveldjes zijn licht gedaald qua OS gehalte. Dit komt overeen met de verwachting wegens de afwezigheid van bemesting van 2018-2021. Mogelijk is het afbraakpercentage van de OS hoger dan hier berekend.

5.1.2 Productie



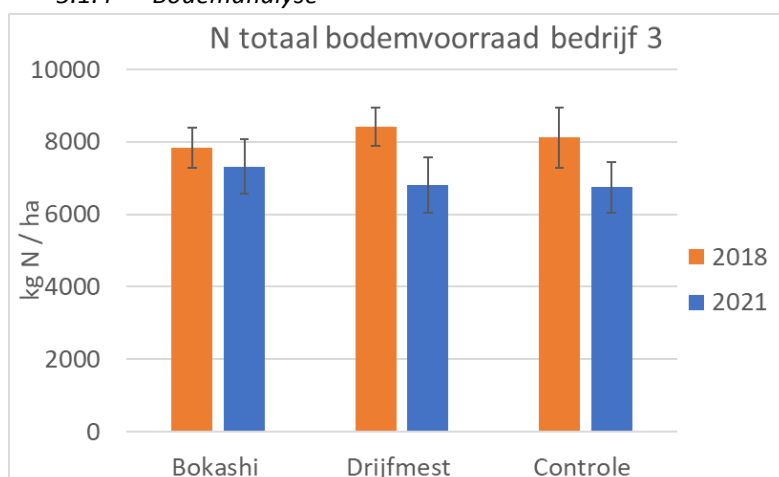
Figuur 56 Grasproductie (kg ds/ha) per behandeling in 2020 op bedrijf C

Figuur 56 geeft de grasproductie in ton ds per ha weer voor het jaar 2020. De opbrengsten van de bokashi en drijfmestveldjes zijn vergelijkbaar en produceren tussen de 7 en 10 ton ds per ha. De controleveldjes presteren veel minder goed met 5-6 ton ds per ha. De lagere opbrengst op de controleveldjes was verwacht, wegens het niet toedienen van bemesting.

5.1.3 Voederwaarde

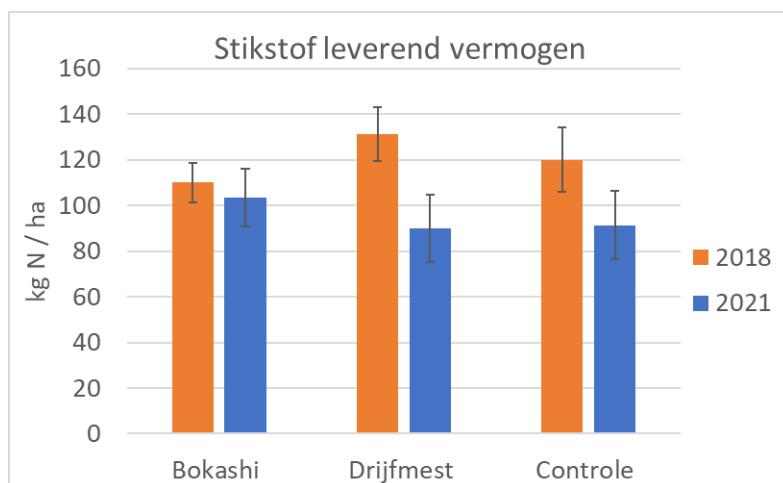
Er zijn geen significante verschillen gevonden in de voederwaarden bij de verschillende behandelingen. Zie Bijlage 3 voor de resultaten van de statistische analyse.

5.1.4 Bodemanalyse



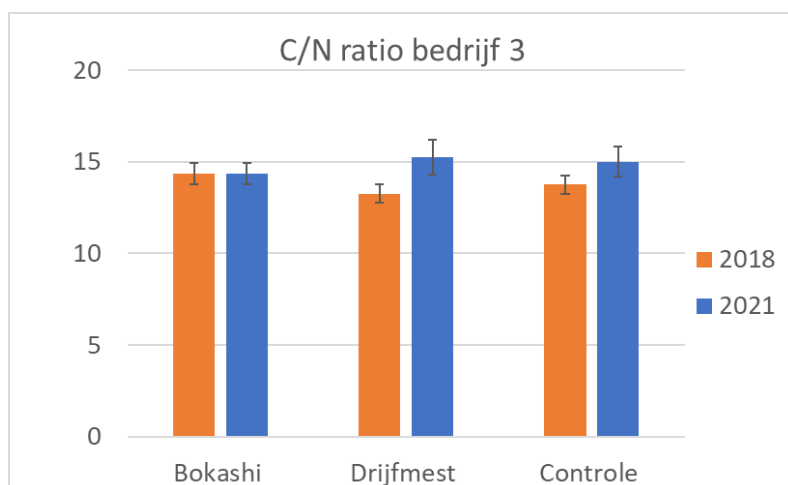
Figuur 57 Vergelijking van de N totale bodemvoorraad per behandeling in 2018-2021 op bedrijf C

Figuur 57 laat zien hoe de totale N voorraad verandert tussen 2018 en 2021. Bij alle behandelingen neemt de totale N voorraad af. Bij de drijfmestveldjes is hierbij sprake van een significant verschil. De kleinste afname doet zich voor op de bokashiveldjes.



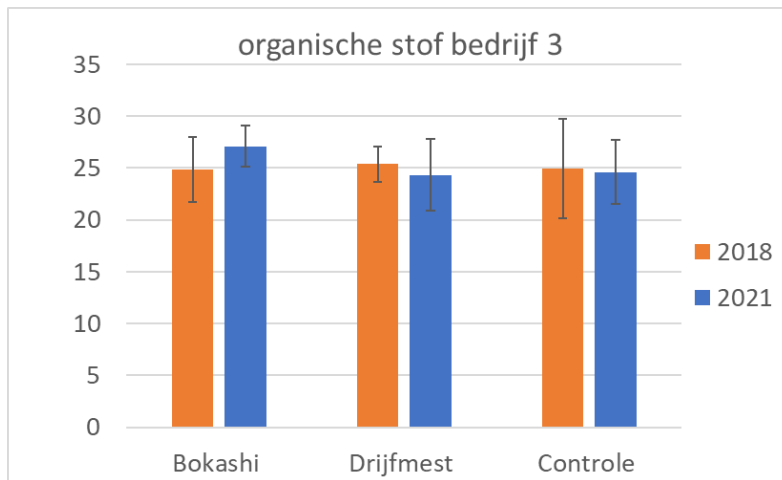
Figuur 58 Vergelijking van de stikstof leverend vermogen (NLV) per behandeling in 2018-2021 op bedrijf C

Het NLV daalt tussen 2018 en 2021 bij alle veldjes. Dit komt overeen met Figuur 57. De kleinste daling is zichtbaar bij de bokashiveldjes. Opvallend is dat de drijfmestveldjes meer dalen dan de controleveldjes.



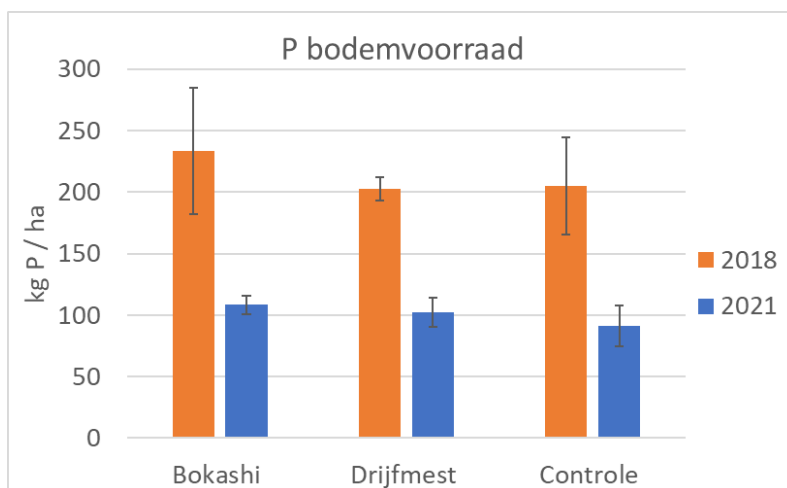
Figuur 59 Vergelijking van de C/N ratio per behandeling in 2018-2021 op bedrijf C

De C/N ratio is gelijk gebleven of licht gestegen. Vanwege het stijgen van de OS en minste daling van het NLV zorgt de bokashi voor een gelijke C/N ratio. De C/N ratio van de drijfmestveldjes verschilt significant tussen beide jaren.



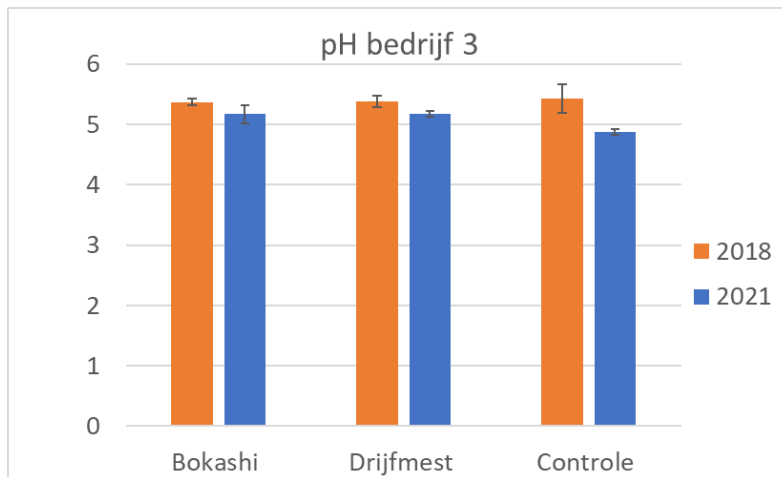
Figuur 60 Vergelijking van de organische stof (OS) per behandeling in 2018-2021 op bedrijf C

Opvallend is dat het organische stof gehalte van de bokashiveldjes is gestegen. De controle en drijfmestveldjes laten beide een lichte daling zien, waarbij de grootste daling plaatsvindt op de drijfmestveldjes. Geen van de veranderingen in OS is significant.



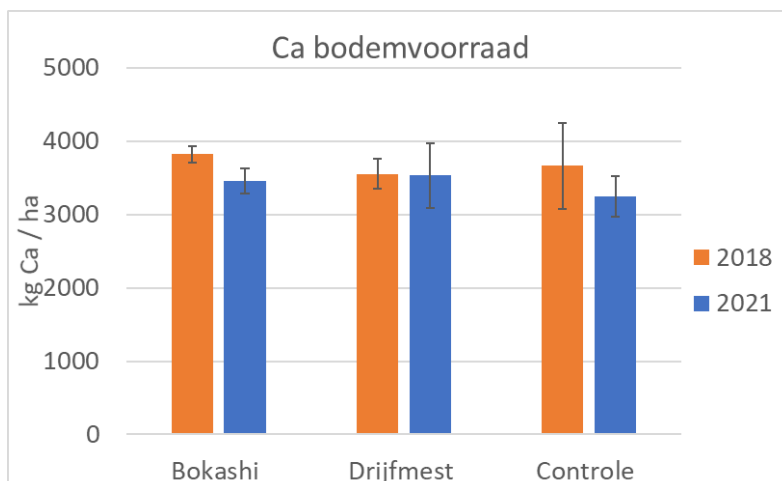
Figuur 61 Vergelijking van de P bodemvoorraad (kg P/ha) per behandeling in 2018-2021 op bedrijf C

Figuur 61 laat grote verschillen zien bij de P bodemvoorraad (kg P/ha). Deze daalt sterk bij alle behandelingen.



Figuur 62 Vergelijking van de pH per behandeling in 2018-2021 op bedrijf C

Er is weinig variatie tussen de pH op de bokashi en drijfmestveldjes aan de start van de proef in 2018 en 2021. Beide behandelingen dalen licht. Op de controlevelden daalt de pH sterker.



Figuur 63 Vergelijking van de Ca bodemvoorraad per behandeling in 2018-2021 op bedrijf C

De voorraad Ca in de bodem laat een dalende trend zien voor zowel de bokashi als de controlevelden. Opvallend is dat de drijfmestvelden stabiel blijven. De daling is ontstaan door een lagere bezetting van de CEC (2018: 96, 93, 95 ; 2021: 86, 86, 82). De bezetting van de Ca daalt bij bokashi (2018: 75 ; 2021: 70) en controle (2018: 74 ; 2021: 68) maar blijft op gelijk niveau op de drijfmestvelden (2018: 71 ; 2021: 71).

6. Resultaten bedrijf D (klei)

6.1 Resultaten

6.1.1 Organische stofbalans



Figuur 64 OS balans bokashiveldjes na 3 jaar (kg/ha) bedrijf D

Het OS gehalte in de bodem 0-10 cm is in drie jaar tijd met 2.39% afgenomen van 12,6% naar 11,05%. Dit wijkt af van de verwachtingen aan de start van de proef. De OS berekening start met 117180 kg OS in de laag 0-10 cm grond. In drie jaar wordt in theorie 7189 kg OS afgebroken en 15043 kg OS aangevoerd doormiddel van de afbraak van wortelresten en bemesting. Hierdoor zou het % OS juist toenemen ipv de gemeten afname.



Figuur 65 OS balans drijfmestveldjes na 3 jaar (kg/ha) bedrijf D

Op de drijfmestveldjes laat de OS balans een duidelijke daling van 3.65% OS zien tussen 2018 (15% OS) en 2021 (11.35% OS). Net als de bokashiveldjes komt dit niet overeen met de verwachtingen voorafgaand aan de proef en de OS berekening (+0.67% OS).



Figuur 66 OS balans controleveldjes na 3 jaar (kg/ha) bedrijf D

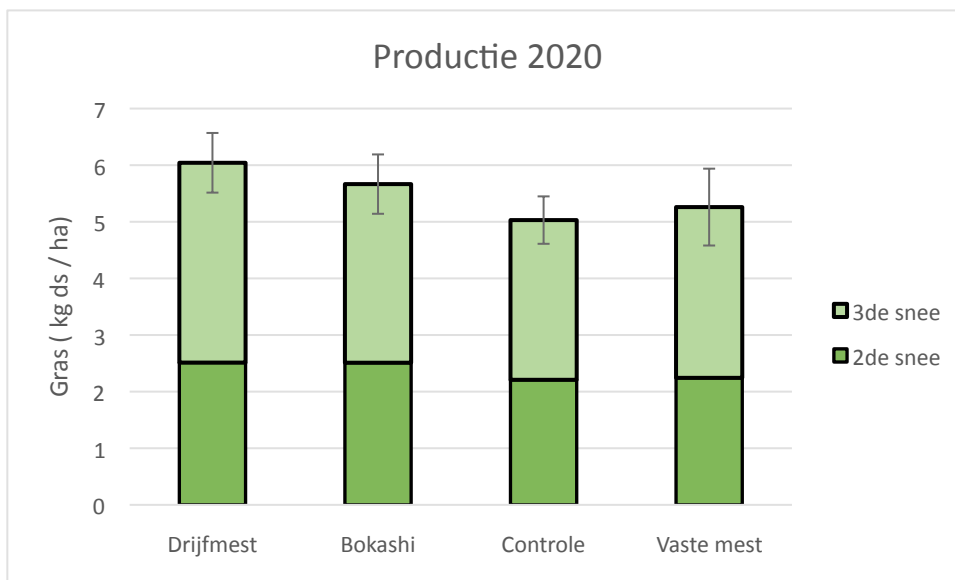
De OS op de controleveldjes is afgenomen van 13.1% (2018) naar 10.98% (2021). Dit is een afname van 2.13%. De OS berekening geeft hierbij een kleine toename aan (+0.18%).



Figuur 67 OS balans vaste mest veldjes na 3 jaar (kg/ha) bedrijf D

Figuur 67 laat het effect van het gebruik van vaste mest op de OS balans zien. Net als eerder genoemd (bij Figuur 64, Figuur 65 en Figuur 66) wijkt de berekening van de OS balans af van de analyseresultaten. De vaste mestveldjes starten in 2018 met 13.28% OS gemiddeld in de laag 0-10 cm. Dit daalt in drie jaar tijd met 1.98% tot 11.3% OS in 2021.

6.1.2 Productie



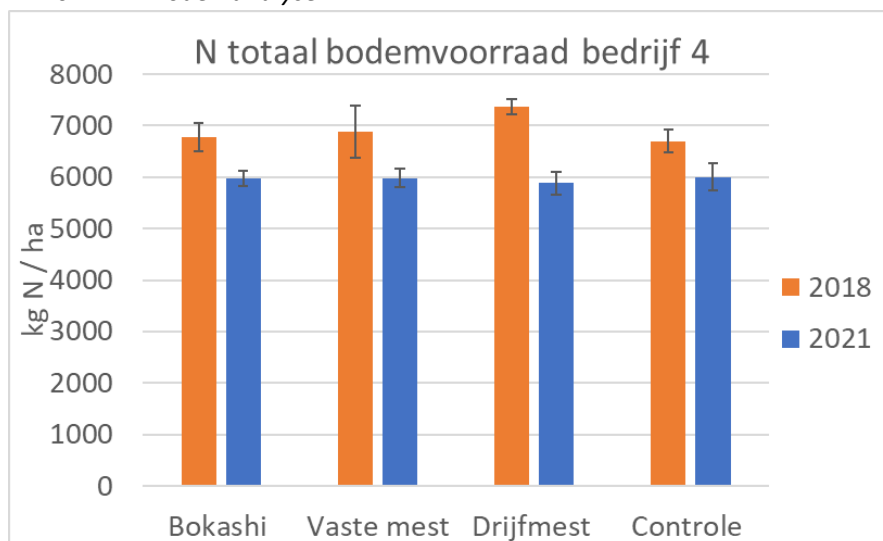
Figuur 68 Graslandproductie in kg ds/ha bij de verschillende behandelingen in 2020 op bedrijf D

Bovenstaande Figuur 68 geeft de grasopbrengst in ton ds per ha weer voor de 2^e en 3^e snede op bedrijf D. Opvallend is dat de veldjes met bokashi behandeling de hoogste ton ds opbrengst geven (6 ton ds per ha). De drijfmestveldjes produceren gem. 5.6 ton ds per ha. Zoals verwacht produceren de controleveldjes het slechtste vanwege de afwezigheid van bemesting (5 ton ds/ha). De veldjes met een vaste mestgift produceren slechter dan de bokashiveldjes, terwijl er evenveel kg N is gebruikt. Wel zijn de NPK gehalten in de vaste mest lager dan de gehalten van de bokashi.

6.1.3 Voederwaarde

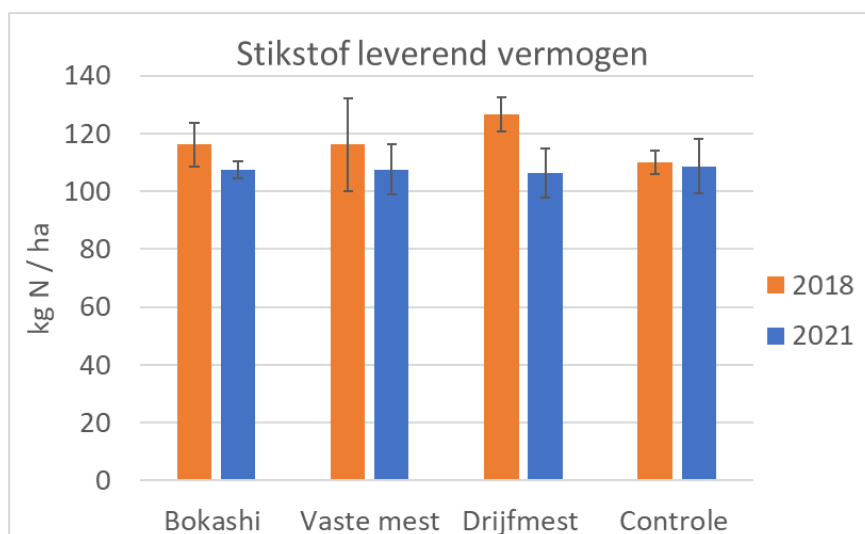
Hier zijn geen resultaten van beschikbaar.

6.1.4 Bodemanalyse



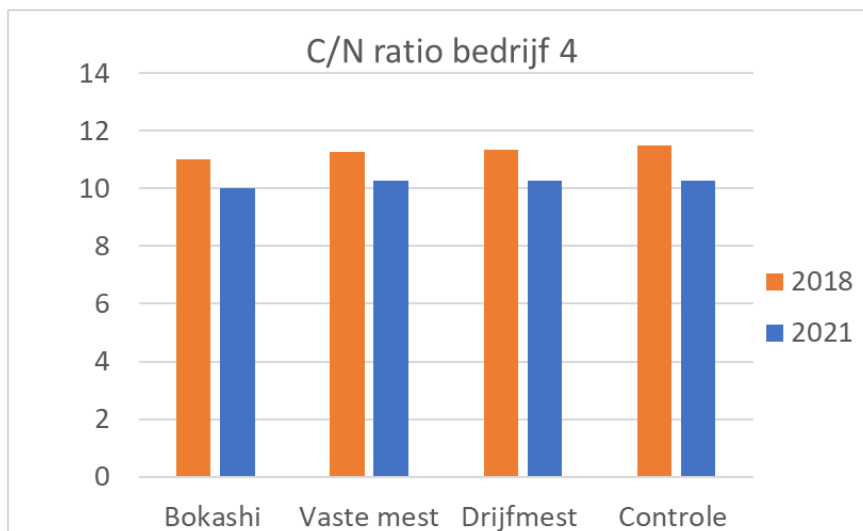
Figuur 69 Vergelijking van de N totale bodemvoorraad 2018-2021 op bedrijf D

Op alle veldjes is een afname zichtbaar van de totale hoeveelheid N in de laag 0-10 cm. De grootste daling doet zich voor op de drijfmestveldjes (2018, 7367 kg N ; 2021, 5883 kg N). Opvallend is dat deze daling zich ook voordoet op bedrijf C (veengrond). Alle zandgronden laten een stijging in N totaal zien.



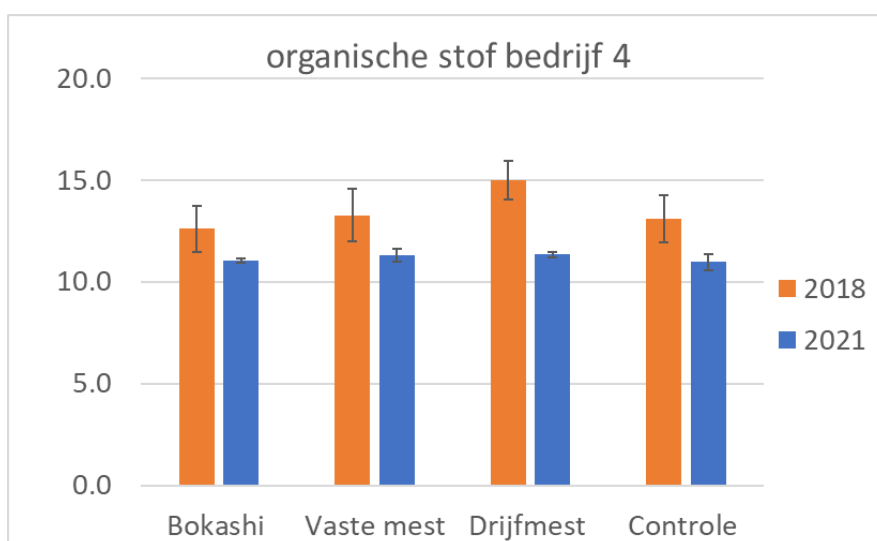
Figuur 70 Vergelijking van het stikstof leverend vermogen (NLV) bij de verschillende behandelingen 2018-2021 op bedrijf D

Net als de N bodemvoorraad is ook het NLV bij alle behandelingen gedaald. Ook hier is de grootste daling zichtbaar bij de drijfmestveldjes (2018, 127; 2021, 106). Opvallend is dat op de veengrond ook de grootste daling op de drijfmestveldjes zichtbaar is.



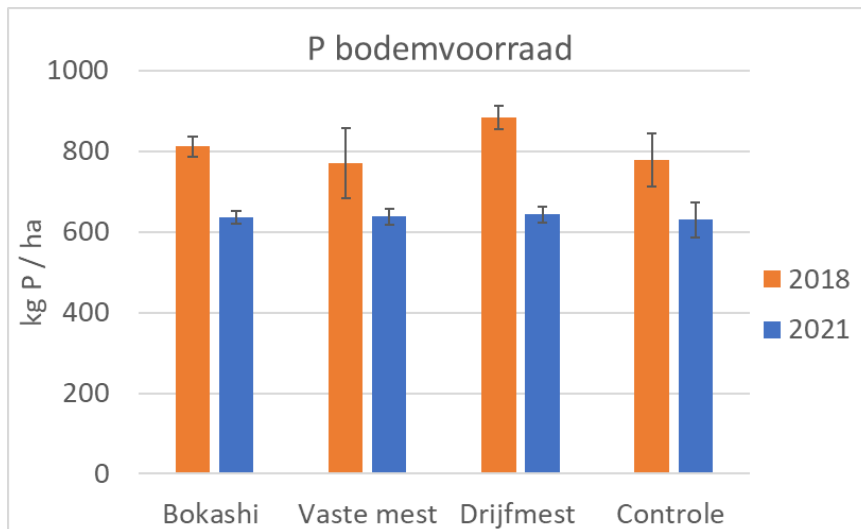
Figuur 71 Vergelijking van de C/N ratio bij verschillende behandelingen van 2018-2021 op bedrijf D

De C/N ratio is bij alle behandelingen afgenomen. Dit betekent dat er in verhouding meer stikstof vrijgemaakt wordt bij afbraak van OS door de bodem. De daling van het C/N ratio varieert van 1 (bokashi, vaste mest, drijfmest) tot 1,3 (controle).



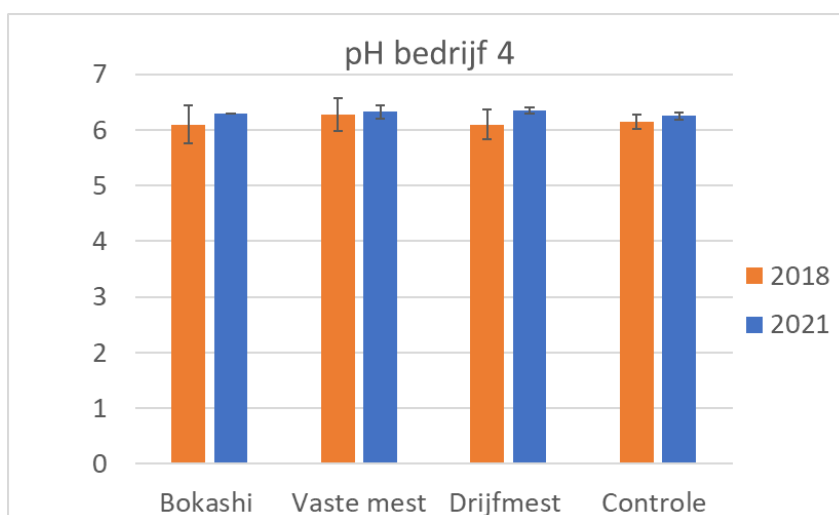
Figuur 72 Vergelijking van de organische stof (OS) bij verschillende behandelingen van 2018-2021 op bedrijf D

Alle behandelingen laten een daling van het percentage organische stof zien. Dit is opvallend ten opzichte van de andere bedrijven waar het percentage organische stof ongeveer gelijk is gebleven of gestegen. De grootste daling is te zien bij de drijfmestveldjes. Deze startten in 2018 ook hoger dan de rest van de veldjes.



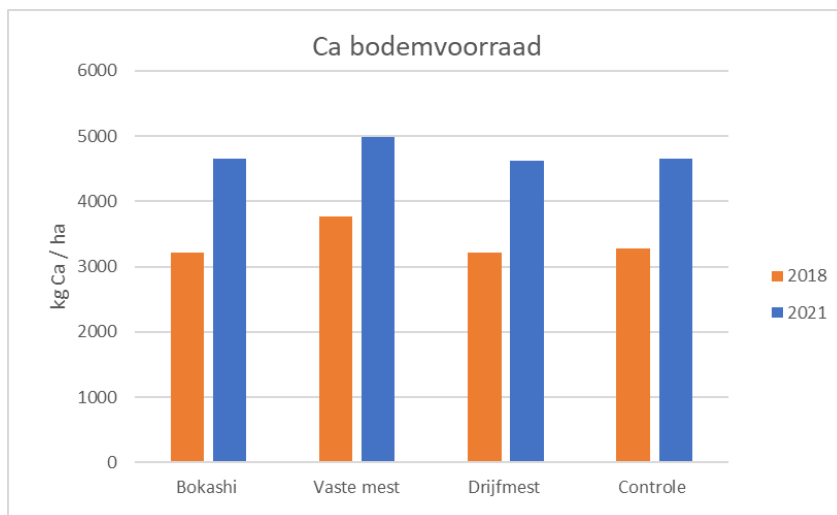
Figuur 73 Vergelijking van de P bodemvoorraad (kg P/ha) bij verschillende behandelingen van 2018-2021 op bedrijf D

Er is een significante daling van de hoeveelheid P per ha bij elke behandeling. Fosfaat is het meest gedaald op de drijfmestveldjes. Deze starten in 2018 het hoogst (883 kg P ha^{-1}) en komen in 2021 overeen met de andere behandelingen ($630\text{-}643 \text{ kg P ha}^{-1}$).



Figuur 74 Vergelijking van de pH bij verschillende behandelingen van 2018-2021 op bedrijf D

Bij alle behandelingen heeft een lichte stijging van de pH plaatsgevonden. Deze veranderingen zijn niet significant.



Figuur 75 Vergelijking van de Ca bodemvoorraad bij verschillende behandelingen van 2018-2021 op bedrijf D

De Ca bodemvoorraad is gestegen bij alle behandelingen. De CEC is toegenomen van 2018 (259; 287; 284; 267) tot 2021 (341; 359; 344; 343). Hierbij is de CEC bezetting vrijwel gelijk gebleven (96-100%). Wel zijn de verhoudingen licht veranderd. Het Ca gehalte is 5-10% gestegen, Mg 5-10% gedaald.

7. Resultaten bedrijf E (zand)

7.1 Resultaten

7.1.1 Organische stof balans



Figuur 76 OS balans bokashiveldjes na 3 jaar (kg/ha) bedrijf E

Figuur 76 geeft de OS balans weer van de veldjes behandeld met bokashi. De veldjes starten in 2018 op gemiddeld 5.1% OS in de laag 0-10 cm (68513 kg OS/ha). Er wordt in drie jaar tijd 12299 kg OS aangevoerd (vertering wortelresten, bemesting). De afbraak per jaar ligt op 2% OS per jaar (-4276 kg OS). In 2021 is het percentage OS in theorie gestegen naar 5.3% (+0.2%).



Figuur 77 OS balans drijfmestveldjes na 3 jaar (kg/ha) bedrijf E

Voor de met drijfmest behandelde veldjes is ook een OS balans opgesteld. In 2018 zijn de veldjes gemeten op gemiddeld 5.05% OS in de bovenste 10 cm grond. Het eerste jaar is een bemesting toegepast van 15 m³/ha. In 2019 en 2020 is er 30 m³ drijfmest per ha toegepast. Terwijl de aanvoer in theorie hoger is dan de afvoer, is het percentage OS gedaald naar 4.75% (-0.3%).



Figuur 78 OS balans controleveldjes na 3 jaar (kg/ha) bedrijf E

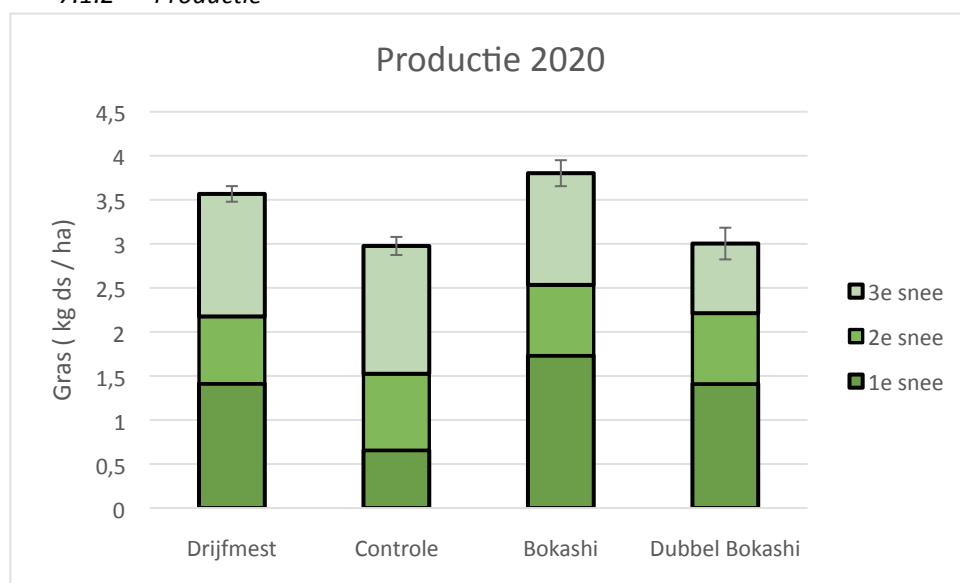
De controleveldjes starten in 2018 met een gemiddelde OS van 5.10% in de laag 0-10 cm (68850 kg OS/ha). In drie jaar tijd is er een berekende toename van 9000 kg OS. De afvoer ligt op -4228 kg OS per ha. Dit resulteert in een toename van 0.2% OS na drie jaar.



Figuur 79 OS balans dubbele bokashiveldjes na 3 jaar (kg/ha) bedrijf E

De OS balans van veldjes behandeld met een dubbele hoeveelheid bokashi laten de grootste stijging van OS over drie jaar zien, namelijk +0.3% OS in de laag 0-10 cm. De hoeveelheid toegevoegde organische stof door bemesting en afbraak van wortelresten is 14414 kg OS over drie jaar. Dit is hoger dan de rest van de veldjes. De afbraak is 2% OS per jaar.

7.1.2 Productie



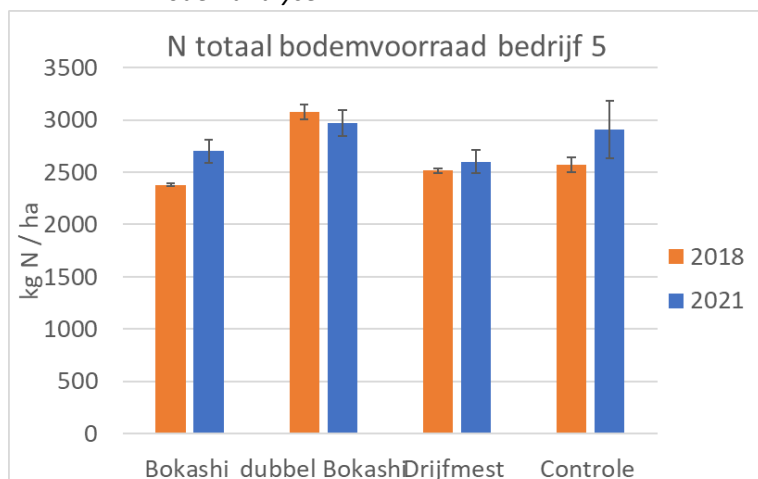
Figuur 80 Grasproductie (kg ds/ha) per behandeling in 2020 op bedrijf E

In 2020 is de graslandproductie gemeten op de proefveldjes van bedrijf E. De graslandproductie zoals te zien is in Figuur 80 geeft een vertekend beeld van de volledige graslandproductie. Dit omdat de koeien ook de proefveldjes beweiden. De gewogen graslandproductie is 2.9 tot 3.95 ton per ha. De bokashiveldjes presteerden hierbij het beste. Opvallend is dat de productie van de behandelingen dubbel bokashi en controle overeenkomen.

7.1.3 Voederwaarde

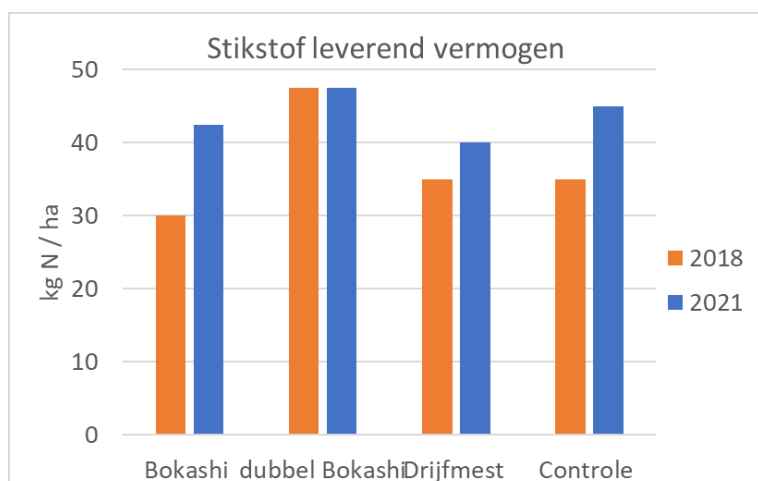
De voederwaarde van gras is bij dit bedrijf niet bepaald.

7.1.4 Bodemanalyse



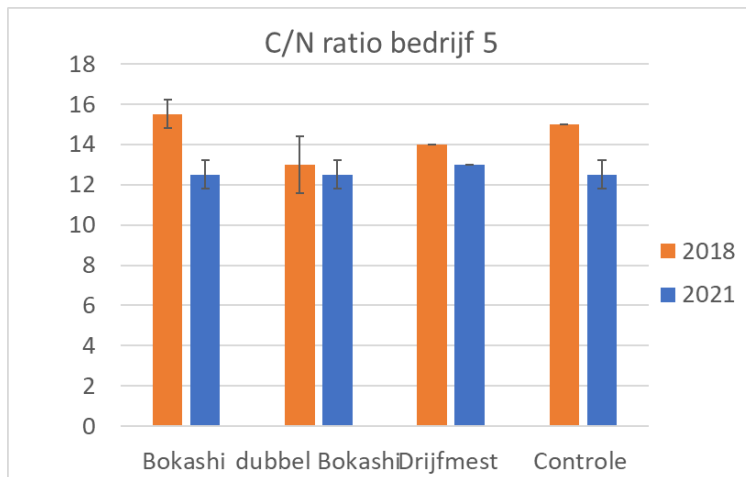
Figuur 81 Vergelijking van de N totale bodemvoorraad bij verschillende behandelingen 2018-2021 op bedrijf E

De totale stikstof bodemvoorraad is na 2018 toegenomen voor de bokashi en drijfmest en controlevelden. Bij de met dubbel bokashi behandelde velden is de N bodemvoorraad licht afgenomen. Het gaat hierbij niet om een significant verschil.



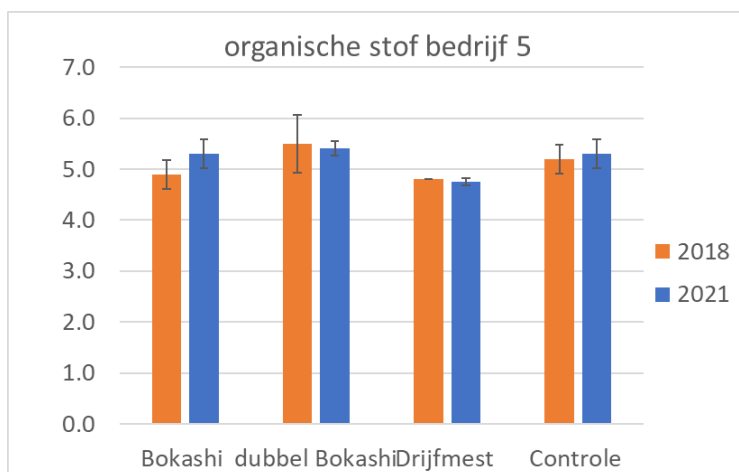
Figuur 82 Vergelijking van het stikstof leverend vermogen (NLV) bij verschillende behandelingen 2018-2021 op bedrijf E

Bij het NLV zijn er grotere verschillen zichtbaar tussen de velden. Het NLV op de bokashiveldjes neemt toe van 30 kg N/ha (2018) tot 43 kg N/ha (2021). Ook op de controlevelden stijgt het NLV (2018, 35; 2021, 45). Opvallend is dat de dubbel bokashiveldjes gelijk blijven terwijl de rest van de behandelingen stijgt. Verklaring voor de grotere verschillen zou kunnen zijn dat er maar 2 proefveldjes per behandeling zijn meegenomen in de proef. Dit omdat de uitvoering is mislukt op de andere veldjes. Dit geeft een grotere spreiding.



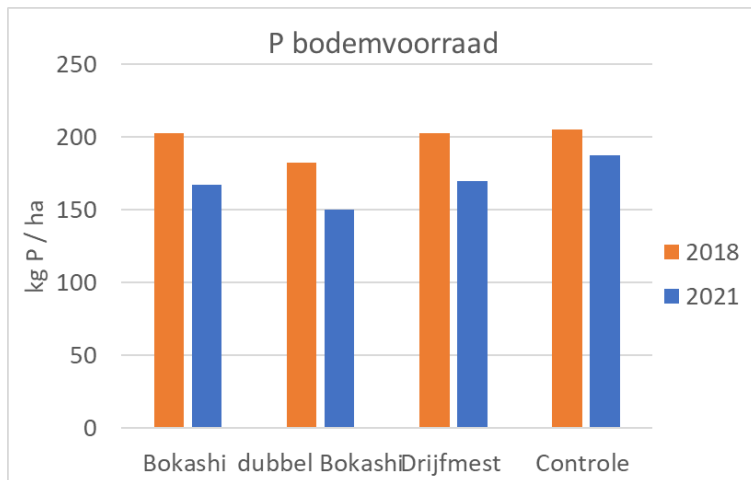
Figuur 83 Vergelijking van de C/N ratio bij verschillende behandelingen 2018-2021 op bedrijf E

Figuur 83 laat een vergelijkbaar beeld qua verloop van het C/N ratio zien dan de bedrijven A t/m D. De C/N ratio daalt voor alle behandelingen. Op de bokashiveldjes is het NLV erg gestegen (Figuur 82). Ook stijgt de OS licht (Figuur 84). Omdat de NLV meer stijgt daalt de C/N ratio het meest bij deze veldjes.



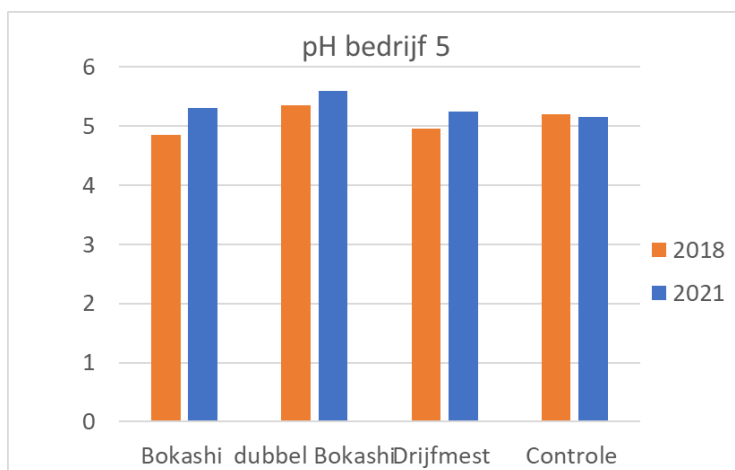
Figuur 84 Vergelijking van het OS gehalte per behandeling 2018-2021 op bedrijf E

Het OS gehalte op de bokashi en controleveldjes stijgt licht van 2018-2021. Opvallend is dat het OS gehalte van de drijfmest en dubbel bokashiveldjes gelijk blijft tot licht daalt.



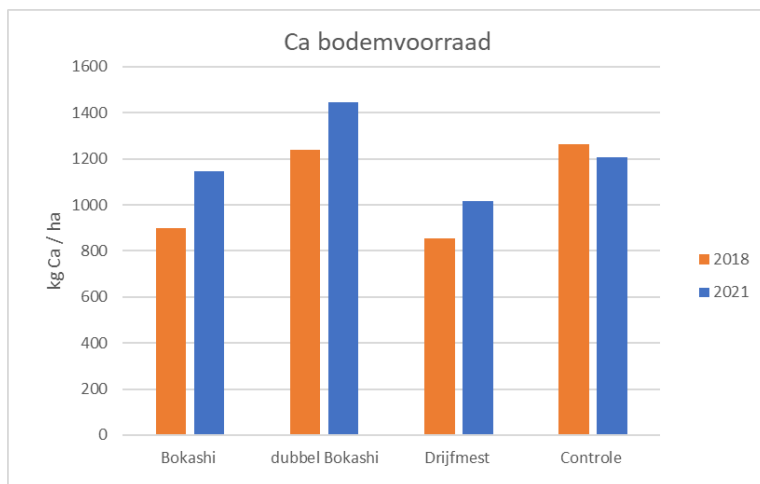
Figuur 85 Vergelijking van de P bodemvoorraad (kg P/ha) per behandeling 2018-2021 op bedrijf E

De P bodemvoorraad daalt tussen 2018 (203; 183; 203; 205) en 2021 (168; 150; 170; 188). De bemesting op de veldjes is lager dan op de andere bedrijven (zie Tabel 2 op blz. 7), namelijk 15 m³, 30 m³, 30 m³ op de drijfmestveldjes en 7 m³, 14 m³, 14 m³ op de bokashiveldjes. Op de bokashiveldjes is 15 ton, 10 ton en 15 ton bokashi uitgereden van 2018 tot 2021.



Figuur 86 Vergelijking van de pH per behandeling 2018-2021 op bedrijf E

De pH stijgt op drie van de vier behandelingen. Dit beeld is ook zichtbaar bij de andere 4 bedrijven. De helft van de bedrijven laat een stijging van pH zien, de andere helft een daling. De pH van de controleveldjes blijft op alle bedrijven achter.



Figuur 87 Vergelijking van de Ca bodemvoorraad per behandeling 2018-2021 op bedrijf E

De voorraad Ca in de bodem stijgt bij drie van de vier behandelingen. Opvallend is dat de controleveldjes dalen. De daling is ontstaan door een lagere bezetting van de CEC (2018: 68 ; 2021: 60). De totale CEC stijgt bij alle behandelingen van 58, 77, 54 en 73 in 2018 naar 73, 84, 65 en 79 in 2021. De bezetting van de CEC daalt van gemiddeld 90 % in 2018 naar 85 % in 2021. Hierbij laten de controleveldjes de grootste daling zien (2018; 92%, 2021; 81%).

8. Evaluatie en conclusie

In dit praktijkexperiment zijn op 5 verschillende bedrijven 3 jaar lang de effecten van bokashi bemesting op bodem, gewas en water onderzocht. Bokashi + drijfmest is daarbij vergeleken met puur drijfmest en een controle (geen bemesting). Het doel van het onderzoek was het verkrijgen van een onderbouwd overzicht van de werking, mogelijkheden en kansen van bokashi.

Het betreft hier een praktijkexperiment met een beperkte steekproef grote en een grote variatie in percelen, resultaten van dit onderzoek moeten dan ook in dat licht gezien worden. Aangezien drie jaar beperkt is om bijvoorbeeld de effecten op bodemleven, organische stof goed te kunnen duiden moet je een experiment als in dit onderzoek langer laten doorlopen. De projectgroep en deelnemende agrariërs zijn dat ook voornemens. En tijdens het schrijven van dit rapport is voor het vierde jaar op rij bokashi toegediend op de percelen. De in dit rapport gepubliceerde resultaten zijn dan ook tussenresultaten van een proef die langer doorgezet zal worden.

Voor de graslandpercelen zien we na 3 jaar bokashi toedienen, een trend dat de productie van het gras bemest met bokashi hoger is dan de percelen zonder bemesting of met alleen drijfmest. De gehalten aan P, N-totaal en stikstofleverend vermogen zijn op de bokashi percelen gemiddeld ook hoger. Deze trends zijn op de zand percelen duidelijker dan op het klei perceel met gras. Er is op de graspercelen geen significant verschil in de ontwikkeling van het organische stofgehalte tussen de behandelingen. Het ouder worden van het grasland (geen grondbewerking en aanvoer via wortel en gewasrest) lijkt hier belangrijker te zijn dan de toediening van organisch meststoffen. Wel is er een duidelijk verschil tussen de behandelingen wanneer het om de bodembioïologie gaat. Het aantal regenwormen is op de graspercelen met drijfmest en bokashi hoger dan zonder bemesting waarbij het aantal wormen op de drijfmest percelen weer iets hoger ligt dan op de bokashi percelen. De verhouding tussen volwassen en juvenile wormen verschilt tussen de bokashi en drijfmest percelen. Waarbij er meer volwassen wormen zijn op de bokashi percelen dan op de drijfmest percelen. Een mogelijke verklaring hiervoor is het moment van bokashi toedienen (voorjaar) en het moment van meten (najaar). Ook zien we op de bokashi percelen meer en een andere verhouding in de soort nematoden in vergelijking met drijfmest en de controle. Op bokashi zijn er significant meer bacterie etende nematoden aanwezig en minder plantenetende nematoden dan in andere behandelingen. Dit is een indicatie dat het bodemecosysteem aan het wijzigen is en er meer microbieel bodemleven aanwezig is in de bokashi percelen.

Concluderend kun je stellen dat bokashi op grasland een toegevoegde waarde lijkt te hebben t.o.v. drijfmest, de productie ligt hoger, de waarden voor bodemchemie zijn positiever en ontwikkeling van nematoden is gunstiger. Terwijl er geen grote verschillen zijn in organische stof opbouw en aantal wormen.

Het maisperceel laat een ander beeld zien dan de graspercelen. De mais productie op de bokashi ligt lager dan op de percelen met uitsluitend drijfmest. De percelen waar bokashi is toegediend hadden bij aanvang gemiddeld ook een lagere N voorraad en stikstofleverend vermogen dan de drijfmest percelen. Dit heeft mogelijk een beperkt effect gehad op de verschillen in opbrengst. Echter op zowel het drijfmest perceel als het bokashi perceel is het totale stikstof en stikstofleverend vermogen toegenomen. In vergelijking met de controle percelen, opbrengst na 3 jaar < 1 ton ds/ha, doen de bokashi percelen het gewoon goed, >15 ton ds/ha. Op de bokashi percelen is het organische stof gestegen, met 0,1 % OS/jaar, terwijl op de drijfmest en de controle percelen het organische stofgehalte gemiddeld gedaald is. Het OS gehalte op de bokashi percelen lag bij aanvang van het experiment echter ook lager dan op de andere percelen. In 2021 lag het OS gehalte op de bokashi percelen gemiddeld net boven dat van drijfmest, dit verschil is niet significant. Komende jaren moet blijken of de stijging in OS gehalte op de bokashi percelen

doorzet t.o.v. de overige behandelingen. Ondanks dat de OS gehalten in 2021 voor de drie behandelingen op hetzelfde niveau lagen is de C/N verhouding op de bokashi gedaald van ongeveer 15 naar 12. Dit is een mogelijke indicatie dat het bodemleven toeneemt. Kijken we naar de wormen dan zien we een vergelijkbaarbeeld als op de graspercelen. Het aantal wormen is bij de drijfmest behandeling hoger dan op de bokashi percelen en ook de verhouding volwassen vs. juveniele wormen ligt op de bokashi maispercelen hoger dan op de drijfmest maispercelen. Daarentegen zien we op mais een ander nematoden beeld dan op grasland. Het aantal nematoden is in de bokashi en drijfmest percelen ongeveer gelijk. Op de bokashi percelen zijn er echter minder bacterie eters en meer plant eters dan op de drijfmest percelen.

Concluderend lijkt bokashi op maispercelen van minder toegevoegde waarde t.o.v. drijfmest dan op grasland. De productie ligt aanzienlijker lager. Vervolgonderzoek moet uitwijzen of de stijging in OS gehalte doorzet.

9. Bibliografie

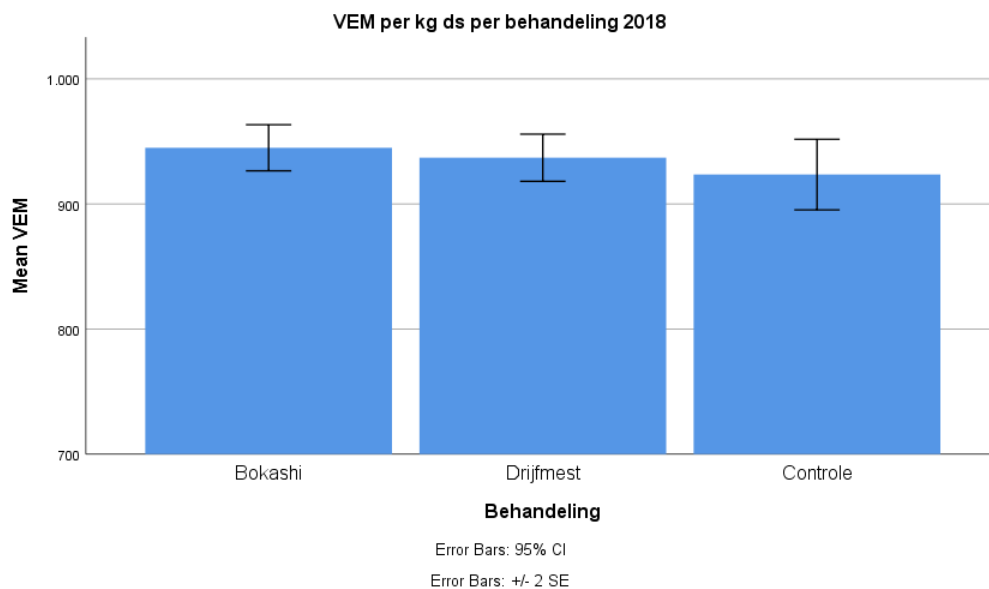
- CBAV. (2013). *Handboek bodem en bemesting*. Opgehaald van <https://www.handboekbodemenbemesting.nl/nl/handboekbodemenbemesting/Handeling.htm>
- Eekeren, N. v., Deru, J., Hoekstra, N., & Wit, J. d. (2018). Opgehaald van Organische stofmanagement op melkveebedrijven: <https://www.louisbolk.org/downloads/3319.pdf>
- Eekeren, N. v., Heeres, E., & Smeding, F. (2003). *Leven onder de graszode*. Bunnik: Louis Bolk instituut.
- Eijkelkamp. (2020). Opgehaald van <https://www.eijkelkamp.com/producten/laboratorium-apparatuur/zandbak-voor-pf-bepalingen.html>
- Eurofins agro. (2018). Bodemanalyse blijvend grasland.
- Hogenkamp, W. (2020, 03 05). Veel maisland kampt nog met te lage pH.
- Keidel, H. (2021). *Bokashiproef Mulder Agro B.V. en Van Hall Larenstein*.
- Koopmans, & Brands. (2002). *Testkit bodemkwaliteit*.
- NMI, ASG, LBI. (2009). *Werkblad organische stofbalans*. Opgehaald van <https://www.nmi-agro.nl/wp-content/uploads/2020/07/Werkblad-Organische-stof-balans-2010.pdf>
- Romkens, Spijker, J.H.(2020). Aanzet kennisprogramma circulair terreinbeheer; landbouwkundig relevante eigenschappen van maaisel, bokashi en compost. WUR, Alterra 3006, 46 pp.
- water, E. s. (2019, April). *eijkelkamp.com/producten*. Opgehaald van <https://www.eijkelkamp.com/producten/laboratorium-apparatuur/zandbak-voor-pf-bepalingen.html>
- Wikipedia. (2017, Oktober 31). *wikipedia.org/wiki/veldcapaciteit*. Opgehaald van [https://nl.wikipedia.org/wiki/Veldcapaciteit#:~:text=De%20veldcapaciteit%20is%20de%20hoeveelheid,\(maart%2Fapril\)%20bereikt.](https://nl.wikipedia.org/wiki/Veldcapaciteit#:~:text=De%20veldcapaciteit%20is%20de%20hoeveelheid,(maart%2Fapril)%20bereikt.)
- Wikipedia. (2020, Februarie 6). *wikipedia.org/wiki/zuigspanning*. Opgehaald van <https://nl.wikipedia.org/wiki/Zuigspanning>
- WUR. (2019). *Handboek snijmaïs*. Wageningen: Wageningen university en research.

10. Bijlagen

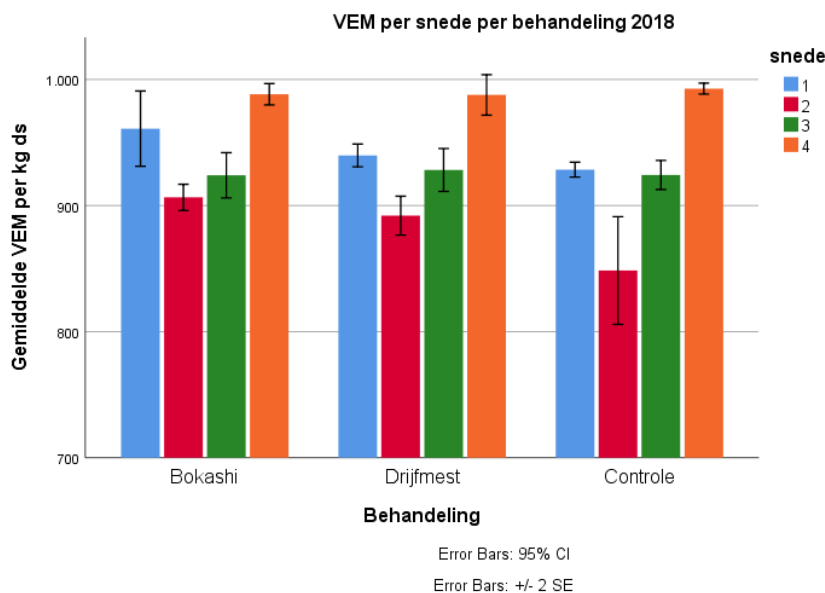
Als bijlage alle studentrapporten:

- Jansma, W. Invloed bokashi op bodemkwaliteit onder verschillende omstandigheden, 2019, stagerapport Hogeschool Van Hall Larenstein, 46 pp
- Schoonhoven, M. Effect bokashi op bodemkwaliteit, 2020, afstudeerrapport Hogeschool Van Hall Larenstein, 69 pp
- Jager, N de, Resultaten enquête bokashi in Noordoost-Friesland, 2020, stagerapport NHL, 10 pp
- Bontekoe, C. Bokashi, zit daar een luchtje aan? Een praktijkgericht juridisch onderzoek naar de juridische status van bokashi en de eventuele knelpunten die voortvloeien uit de lokale verwerking en toepassing hiervan, 2019, afstudeerrapport Hanze Hogeschool, 112 pp
- Hoving E. Bokashi als bodemverbeteraar. Onderzoek naar het effect van bokashi op de grasopbrengsten en bodemkwaliteit, 2020, afstudeerrapport Hogeschool Van Hall Larenstein, 76 pp
- Hamster, H.J. De invloed van bokashi op waterretentie, 2021, stageverslag Hogeschool Van Hall Larenstein, 51 pp
- Beekhuizen, C van, Broeikasgasemissie van bokashi en compost na aanwending op landbouwgrond. Bepaling van broeikasgassen (CO₂, CH₄), m.b.v. statische kamer methode, na het uitrijden van bokashi met compost als vergelijking, 2021, stageverslag Hogeschool Van Hall Larenstein, 71 pp
- Stremler, R. Bokashi toepassen in de kringloop van de boerderij, 2021, rapport minor project en advies, 35 pp
- Hartogh, N den, Bokashi gebruik gemeente Tytsjerksteradiel, 2018, stageverslag Hogeschool Van Hall Larenstein, 33 pp
- Berends L. Samenwerking van groene reststromen naar bokashi als bodemverbeteraar, 2018, afstudeerrapport Hogeschool Van Hall Larenstein
- Atsma, A. Invloed van bokashi op de bodemkwaliteit, 2019, stagerapport Hogeschool Van Hall Larenstein
- Fay Lexmond, Adrien-François Migeon, Nick Quist, Delphin Jamme, Thijs Gerritsen (WUR)
- Floris Andringa – grassendeterminatie
- Maryleen Blauw, trainee bij de gemeente NEF
- Els Wouda, trainee bij de gemeente NEF
- Koch-Eurolab, laboratoriumanalyses, 2018, 13 pp

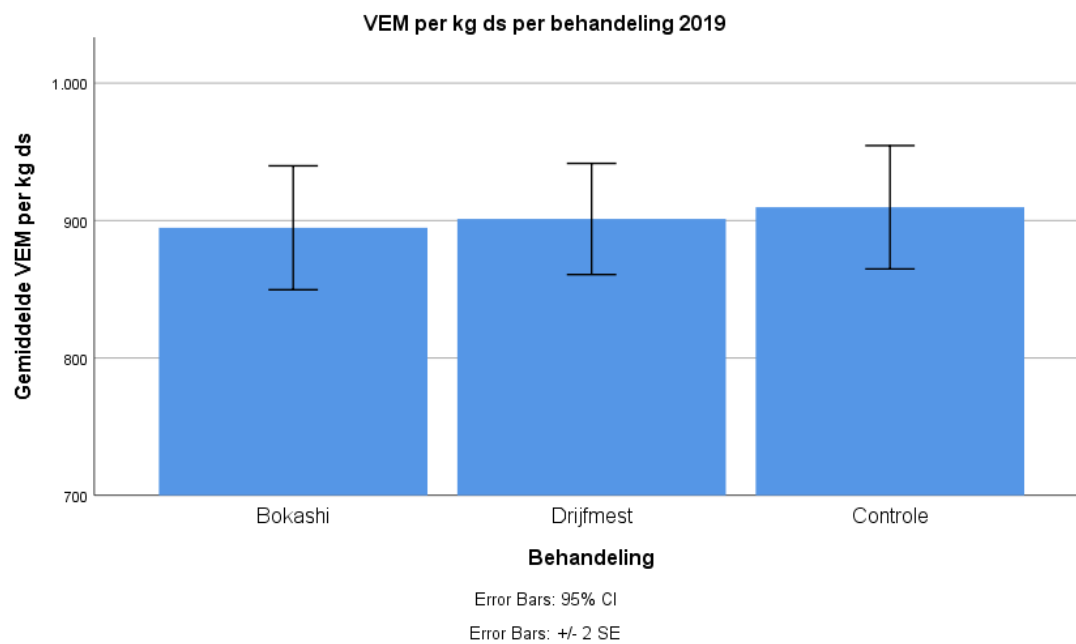
11. Bijlage 1 Voederwaarde gras bedrijf A 2018-2020



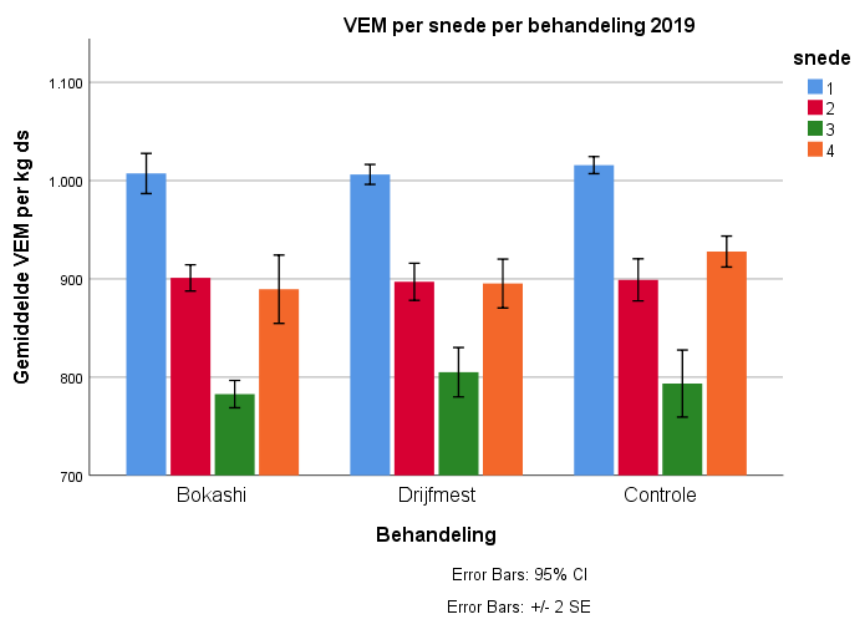
Opvallend: controlegroep laag



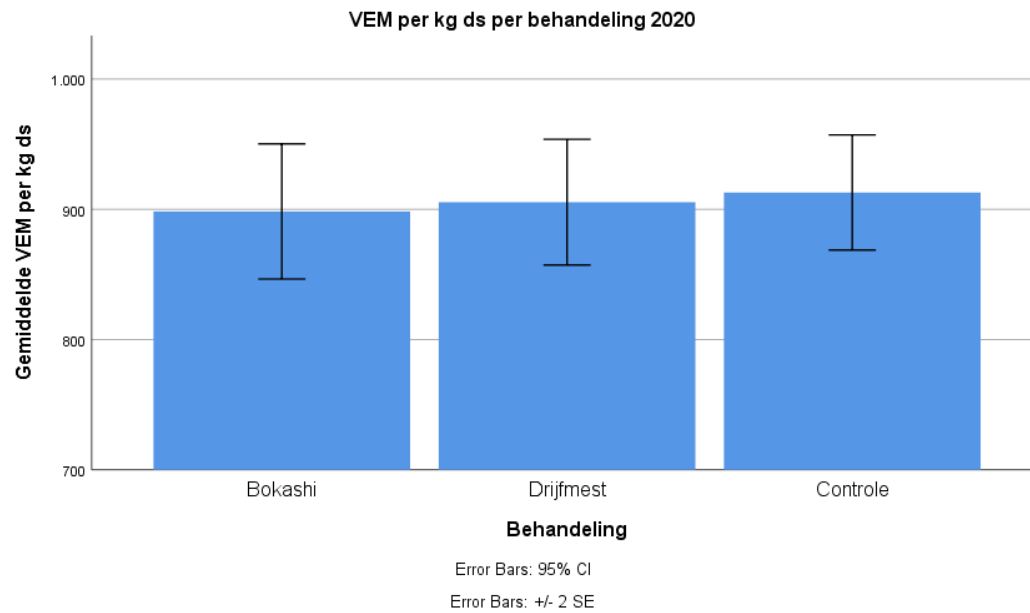
Opvallend: Bokashi eerste twee snedes hoog



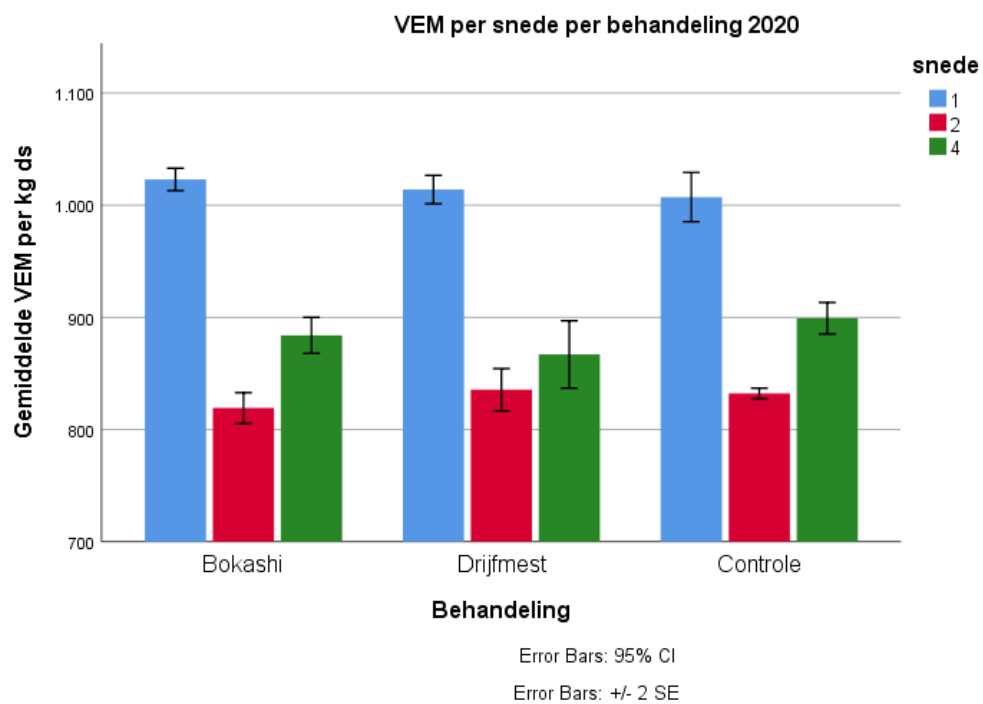
Opvallend: geen verschil



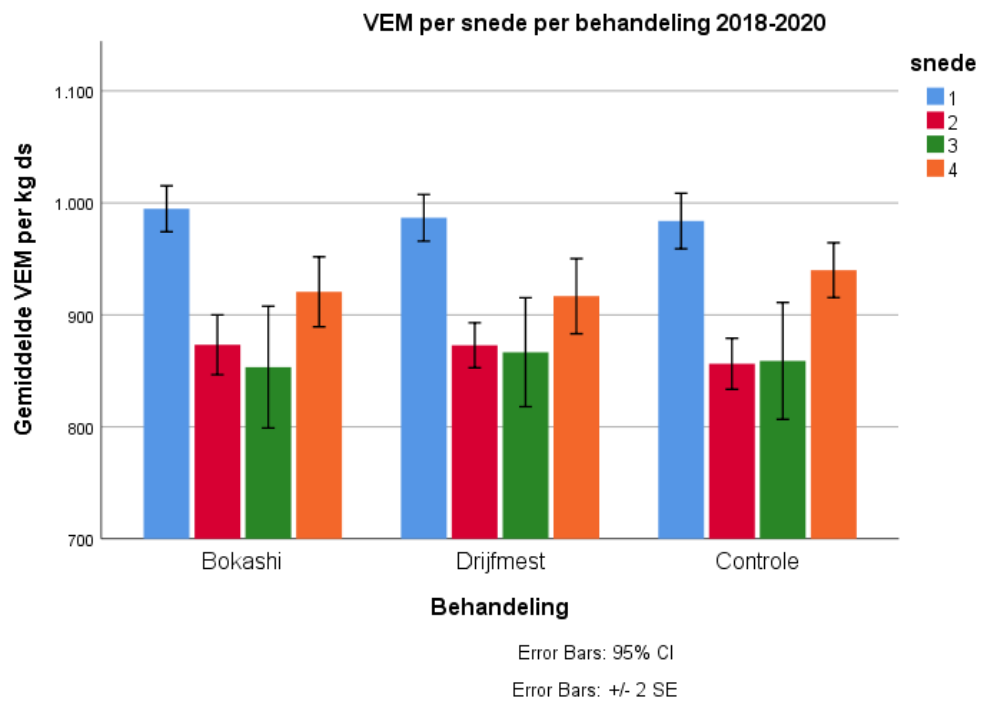
Opvallend: Derde snede bokashi lager dan drijfmest. 4^e snede controlegroep hoog



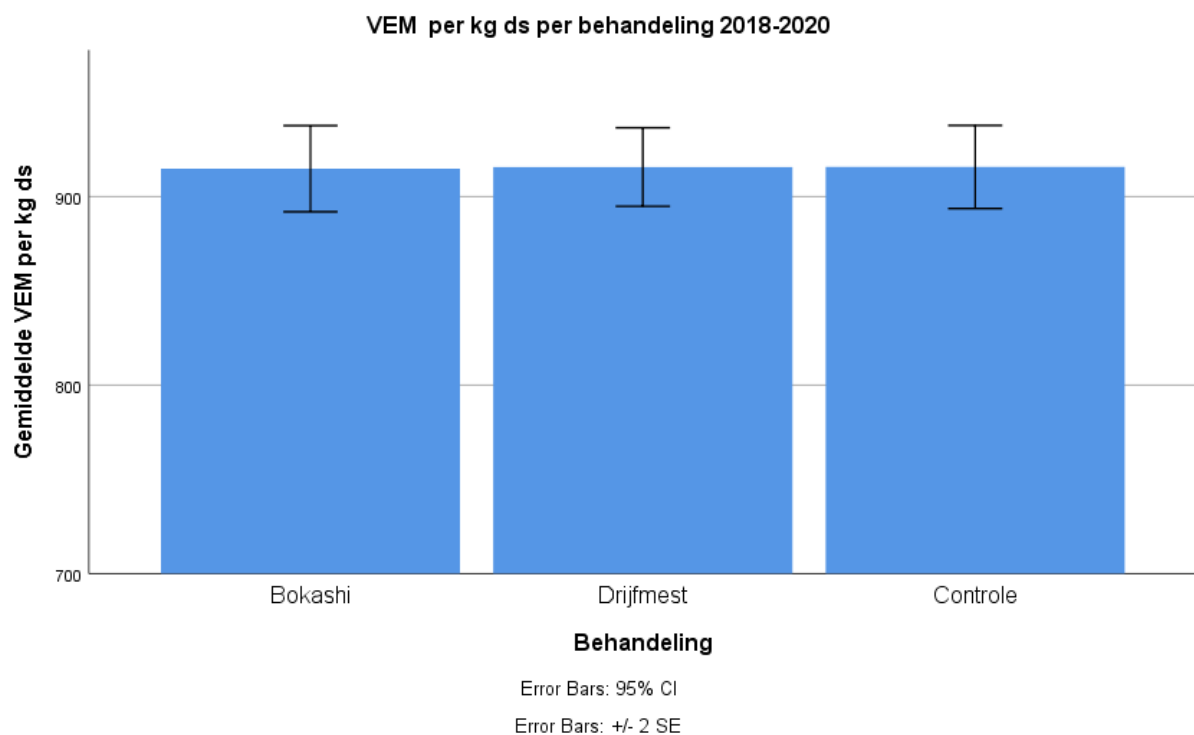
Opvallend: geen verschil



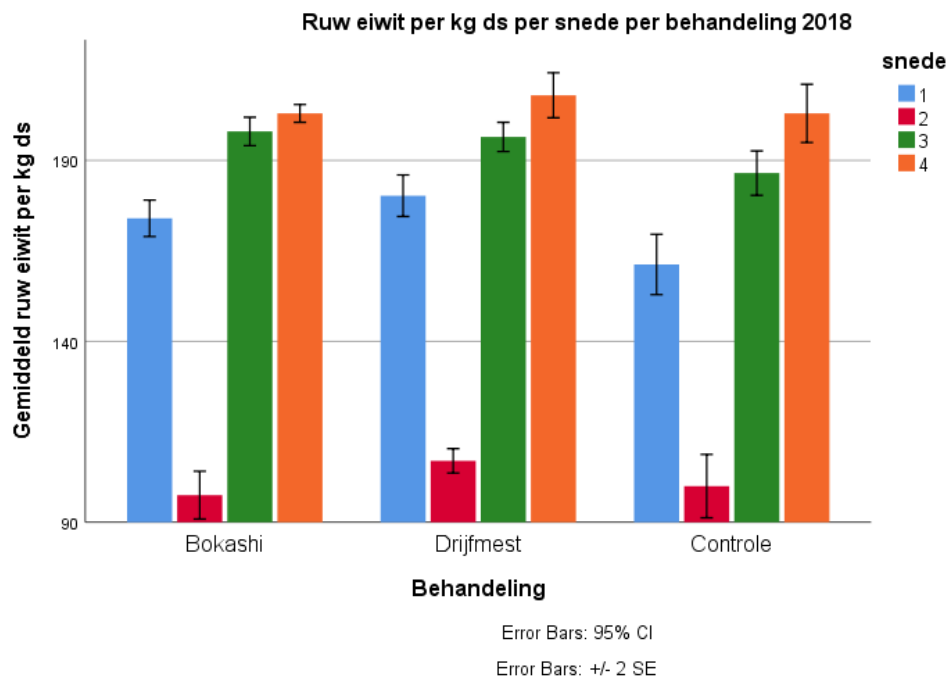
Opvallend: Bokashi eerste snede iets hoger. Tweede snede juist lager. Vierde snede hoger dan drijfmest maar lager dan controle



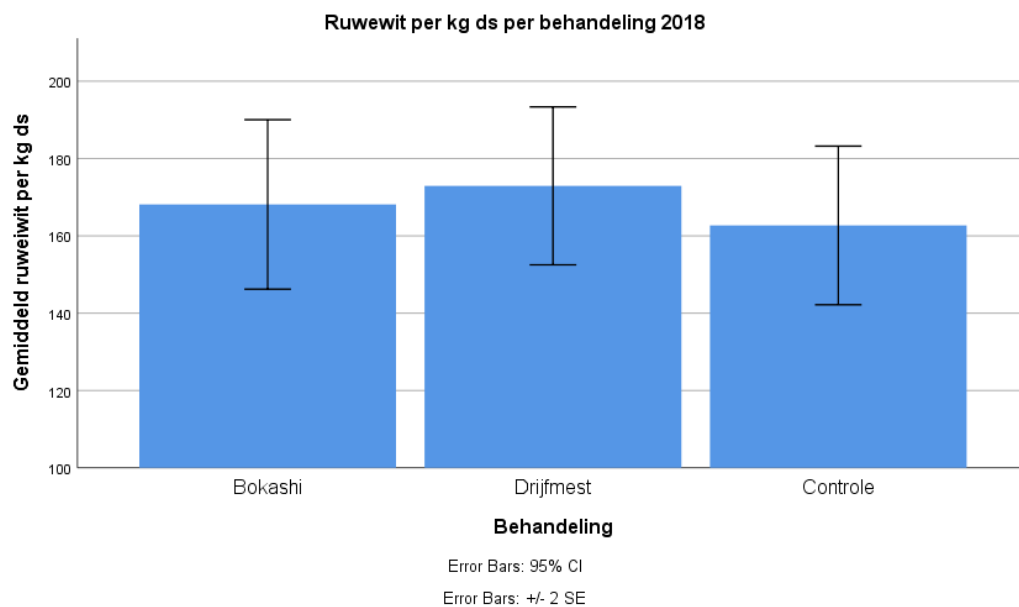
Opvallend: controlegroep lager in tweede snede en juist hoger in vierde snede



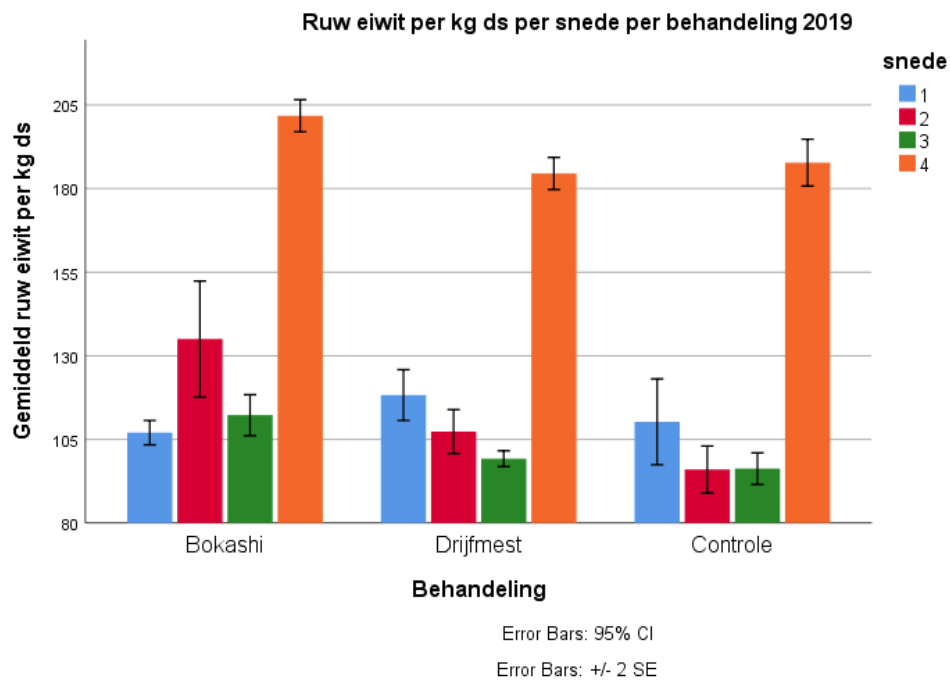
Opvallend: geen verschil



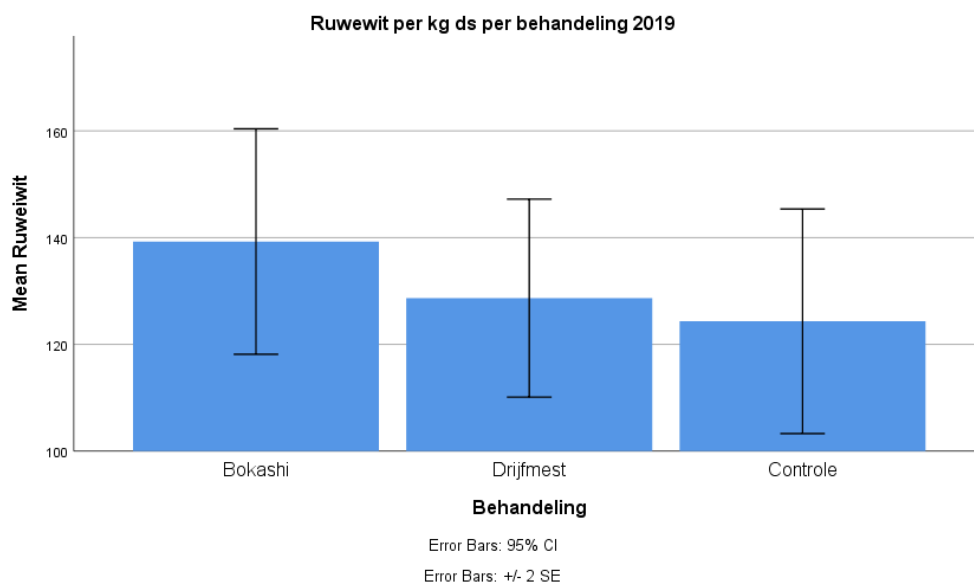
Opvallend: Eerste snede controle groep laag, drijfmest groep hoger dan bokashi. Tweede en vierde snede: drijfmest hoger dan bokashi. Derde snede controle groep lager.



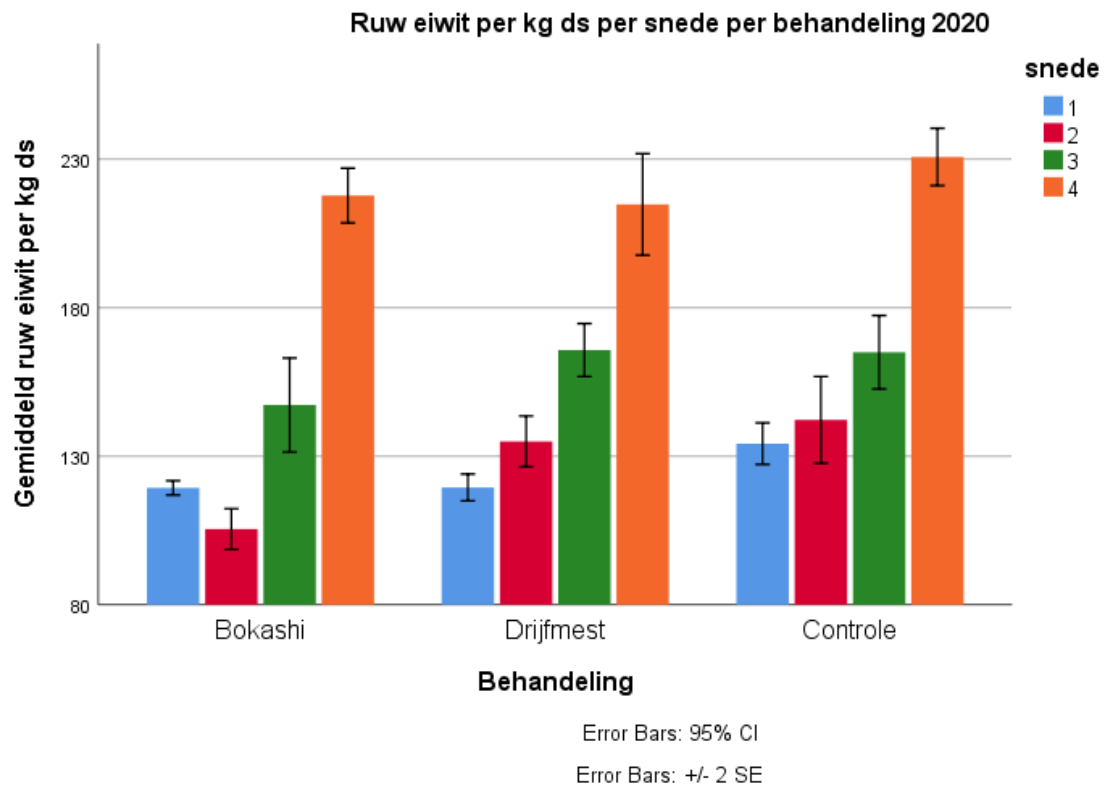
Opvallend: geen verschil



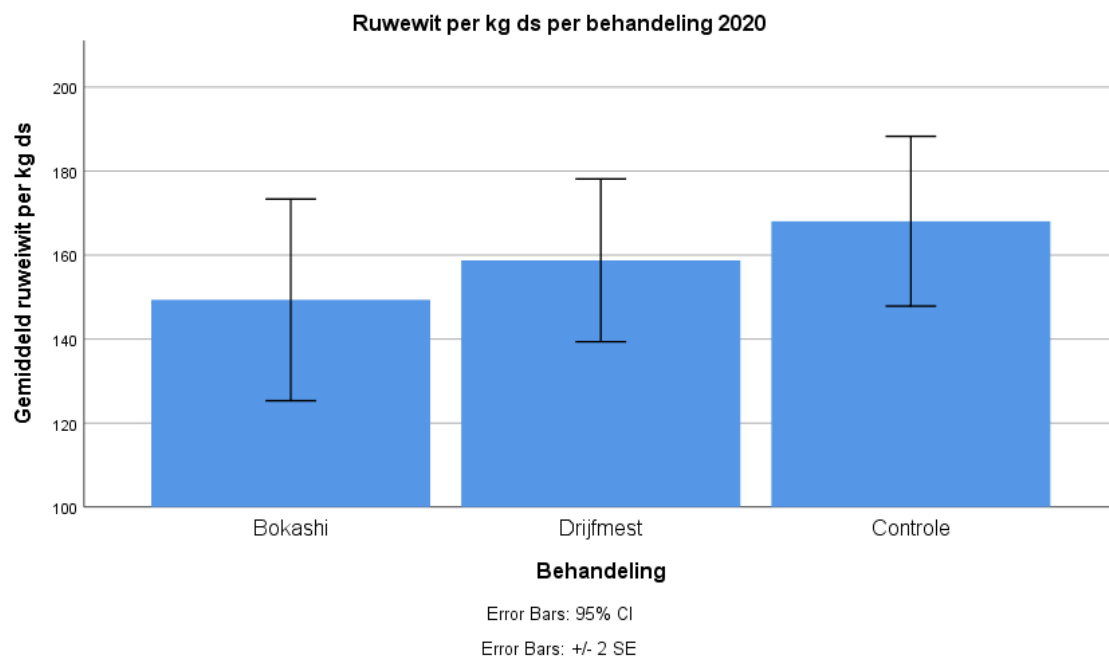
Opvallend: Bokashi lager dan drijfmest eerste snede. Tweede, derde en vierde snede: bokashi hoger dan beide groepen.



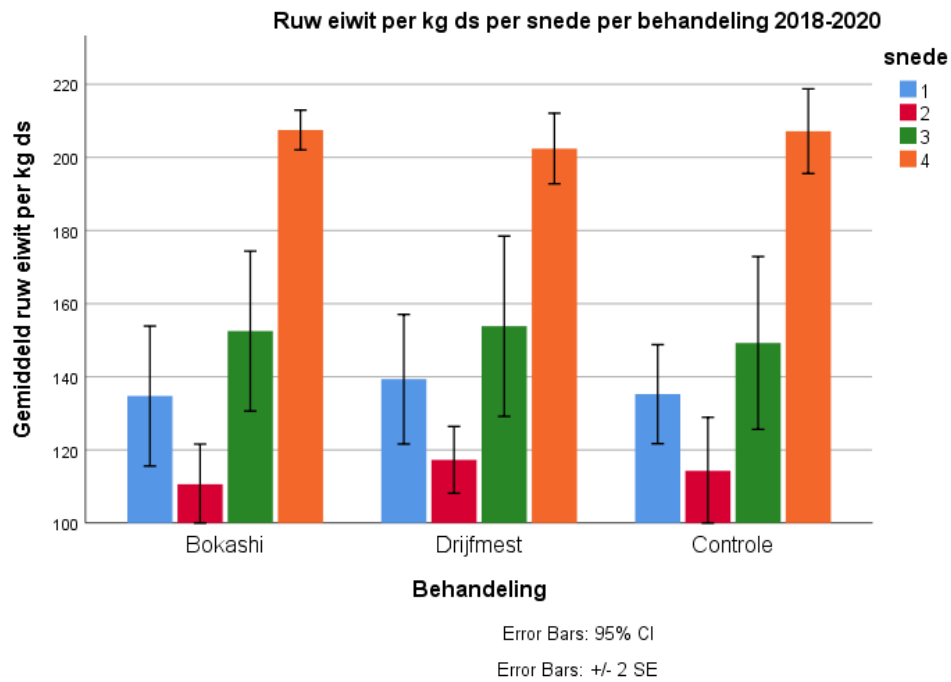
Opvallend: geen significant verschil (0.05)



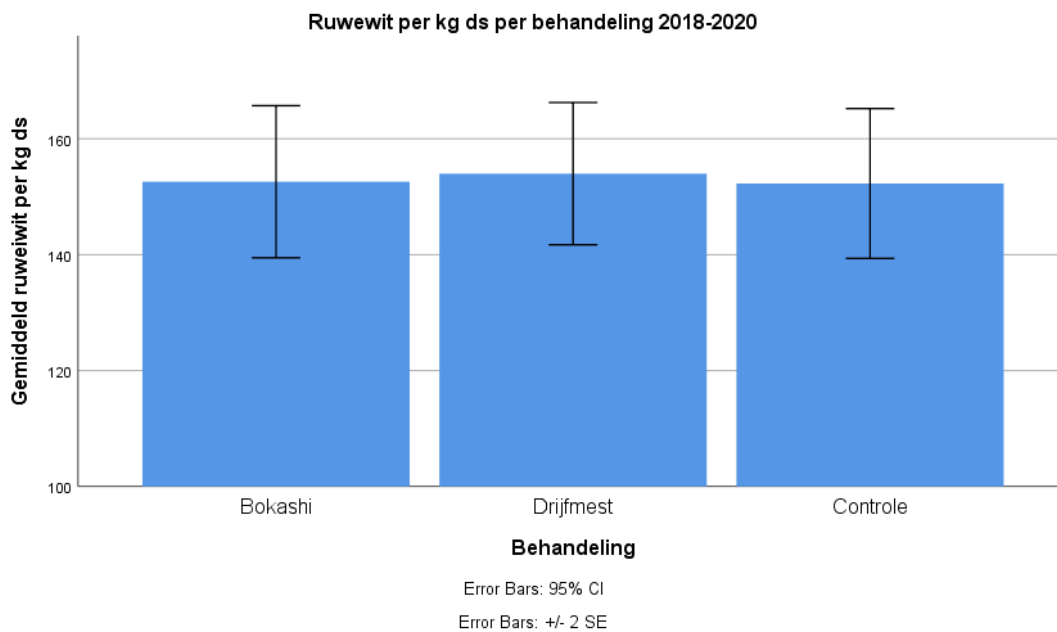
Opvallend: eerste snede controlegroep hoger, tweede en derde snede bokashi groep lager, vierde snede controlegroep hoger dan bokashi



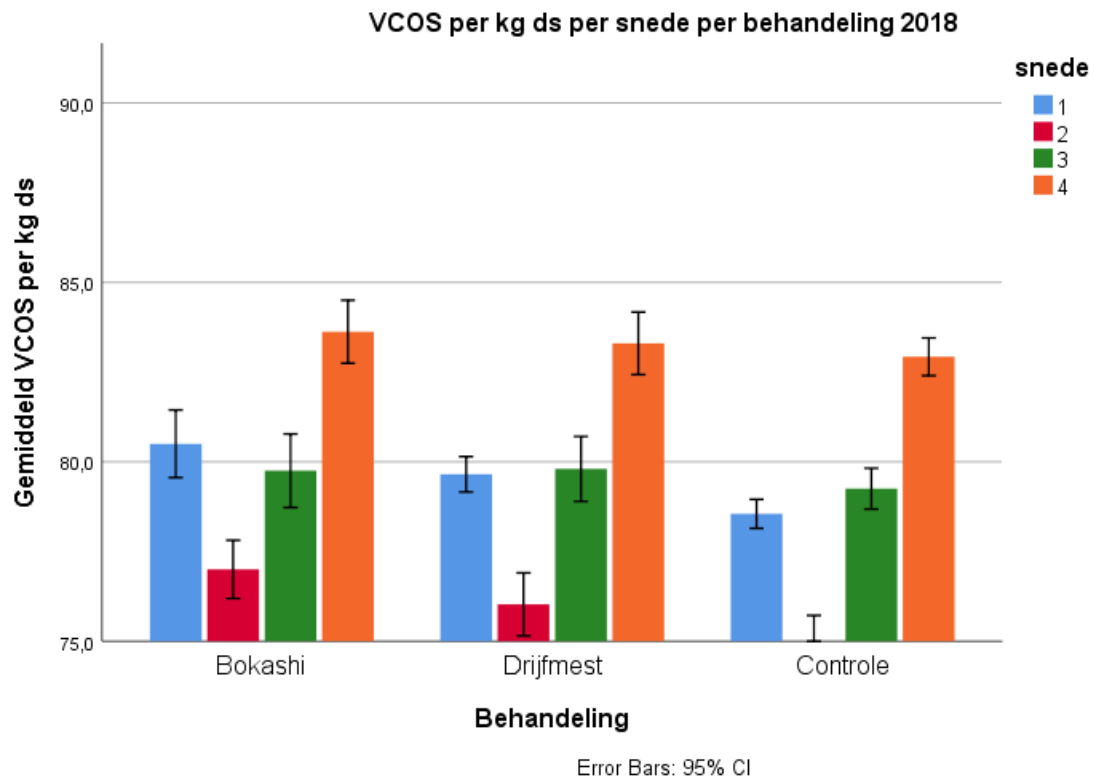
Opvallend: geen verschil



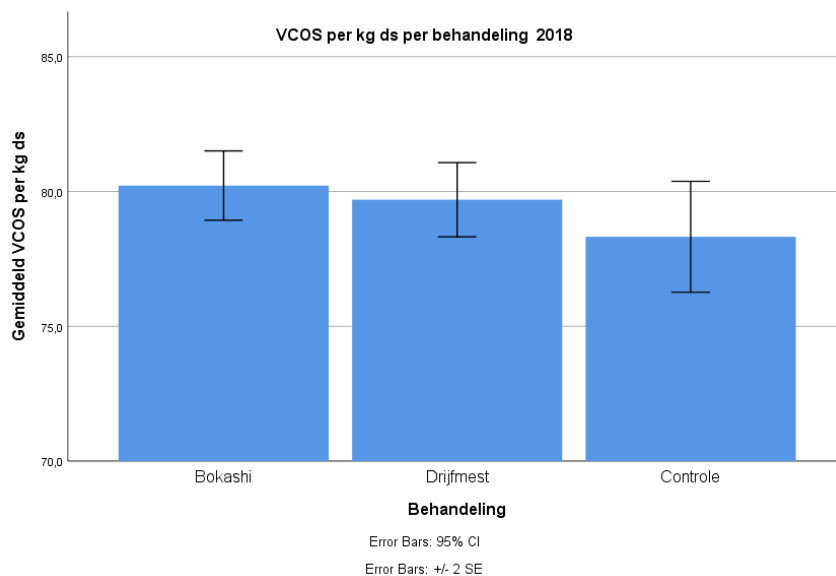
Opvallend: Geen verschillen tussen de behandelingen



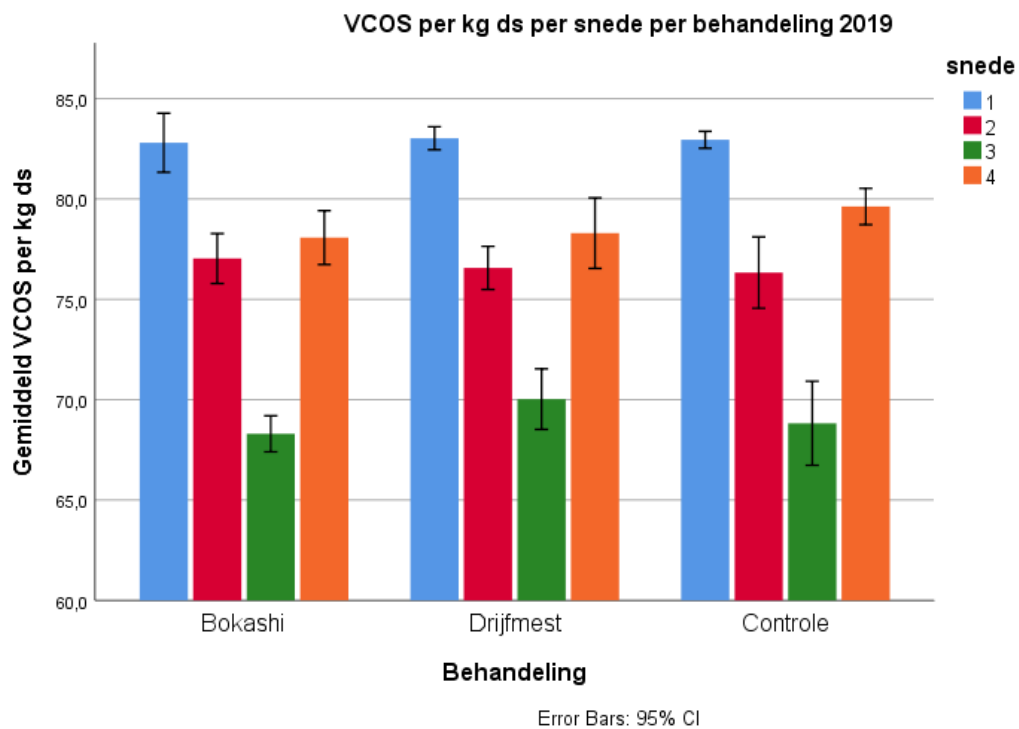
Opvallend: geen verschil



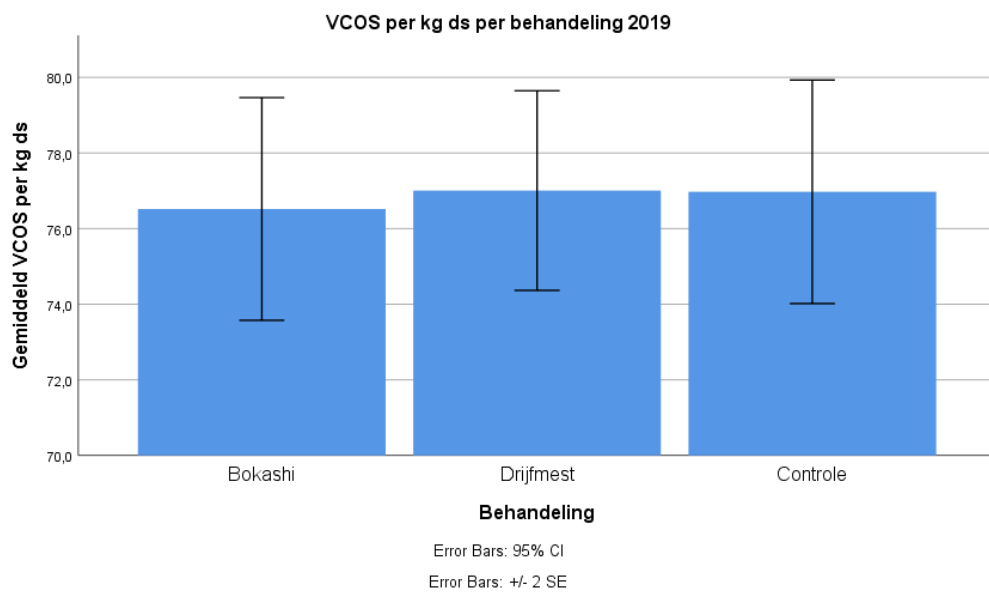
Opvallend: Bokashi hoog en controle laag eerste en tweede snede.

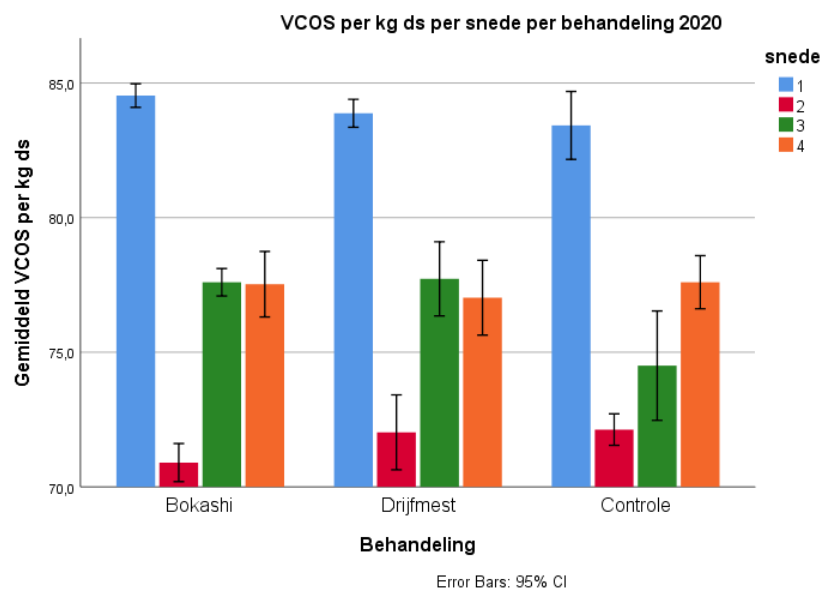


Opvallend: Controlegroep significant lager

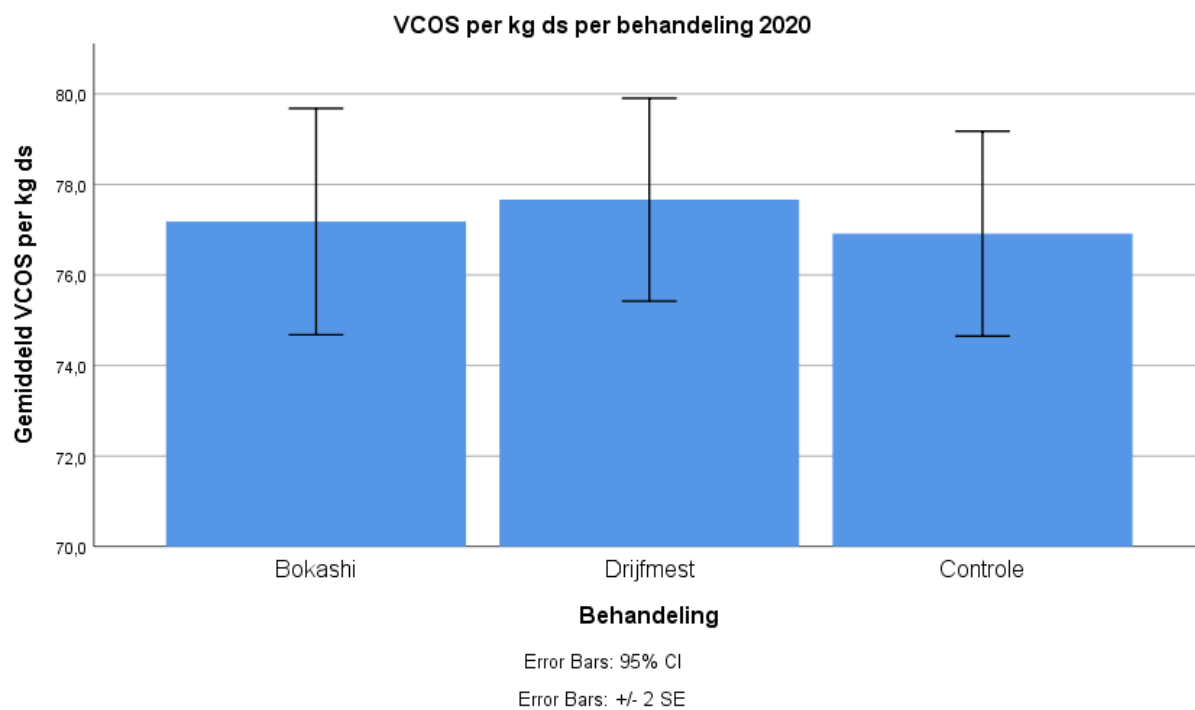


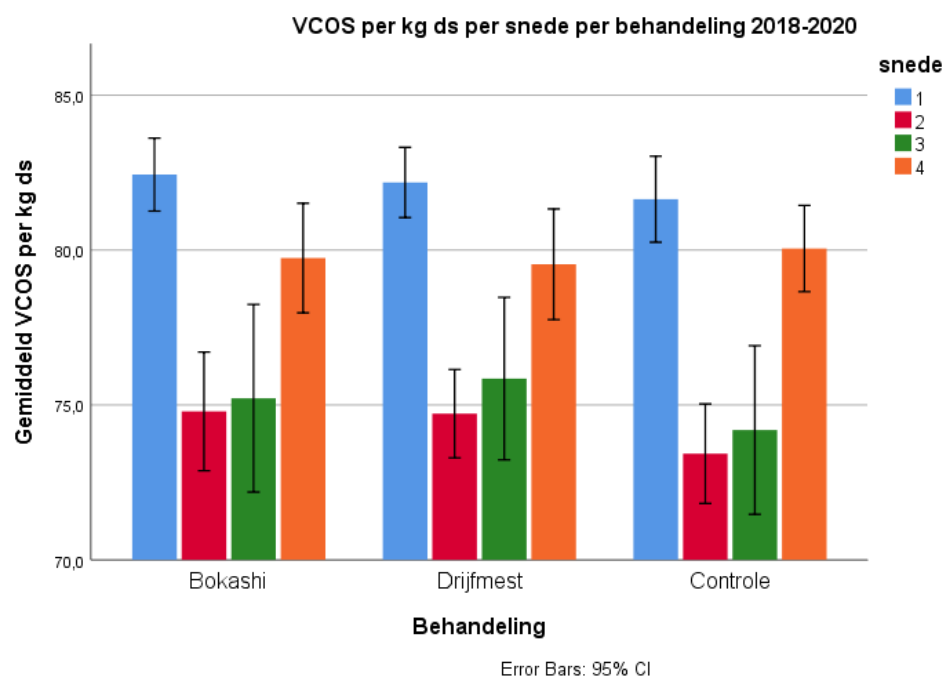
Opvallend: Bokashi lager dan drijfmest in derde snede. Vierde snede controlegroep hoog



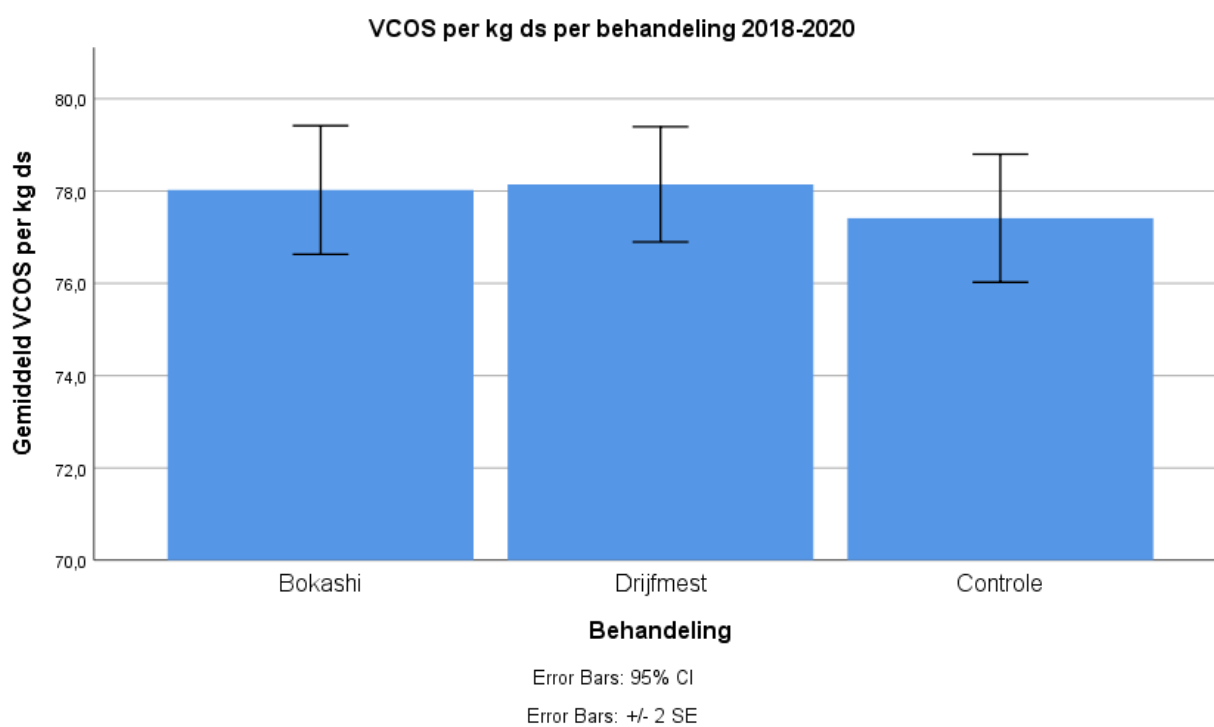


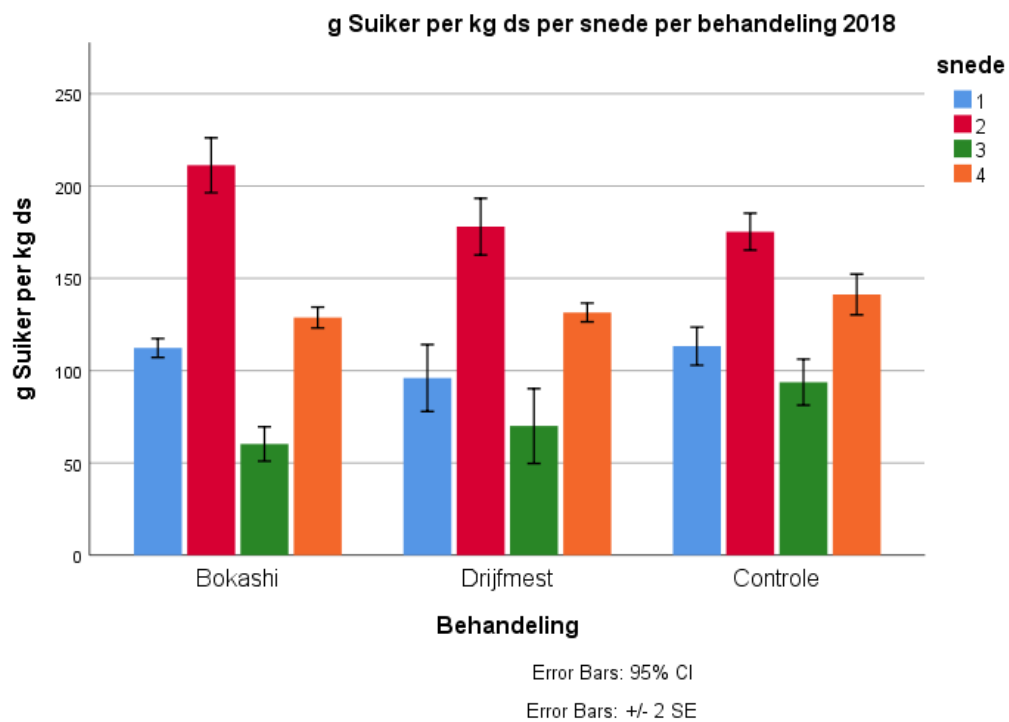
Opvallend: eerste snede bokashi hoog, tweede snede bokashi laag. Derde snede controlegroep laag.



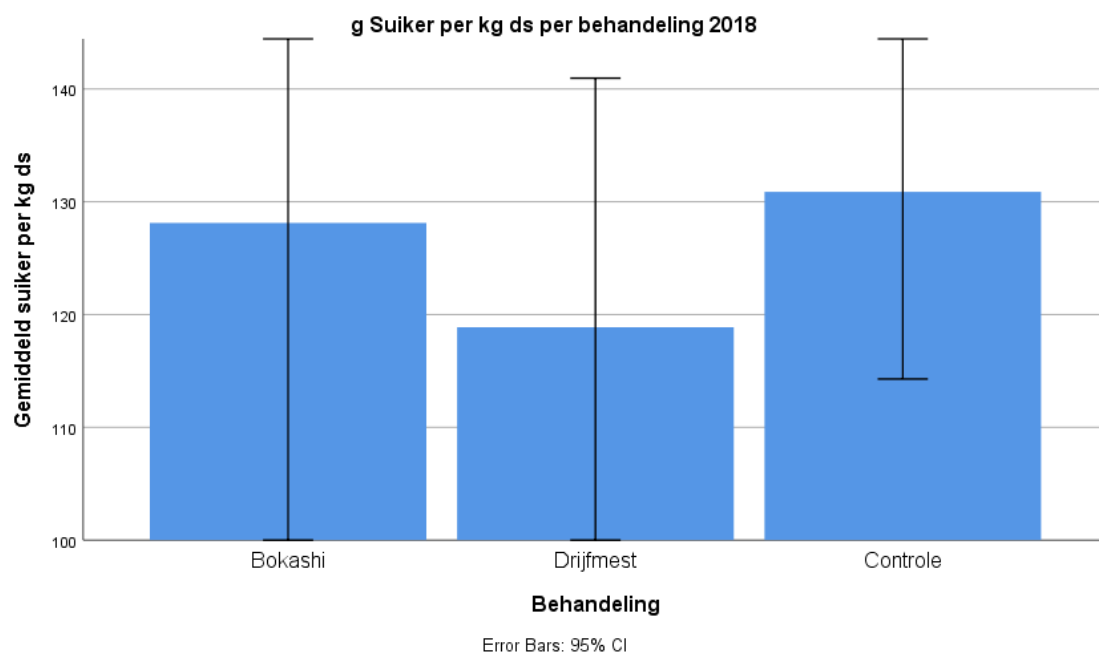


Opvallend: tweede snede controle lager dan drijfmest.

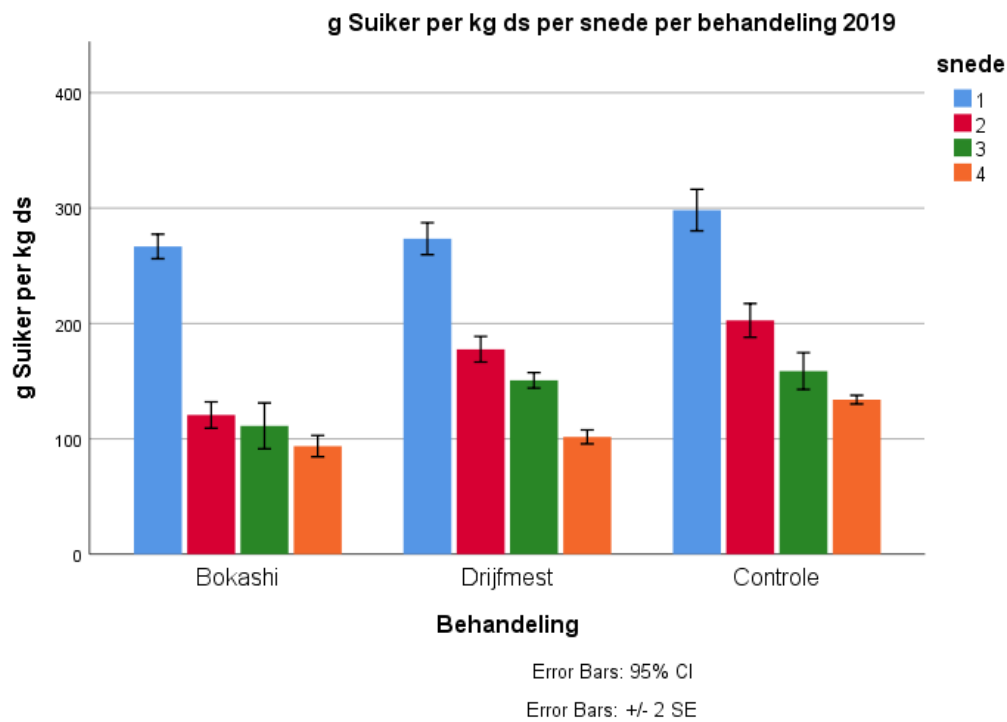




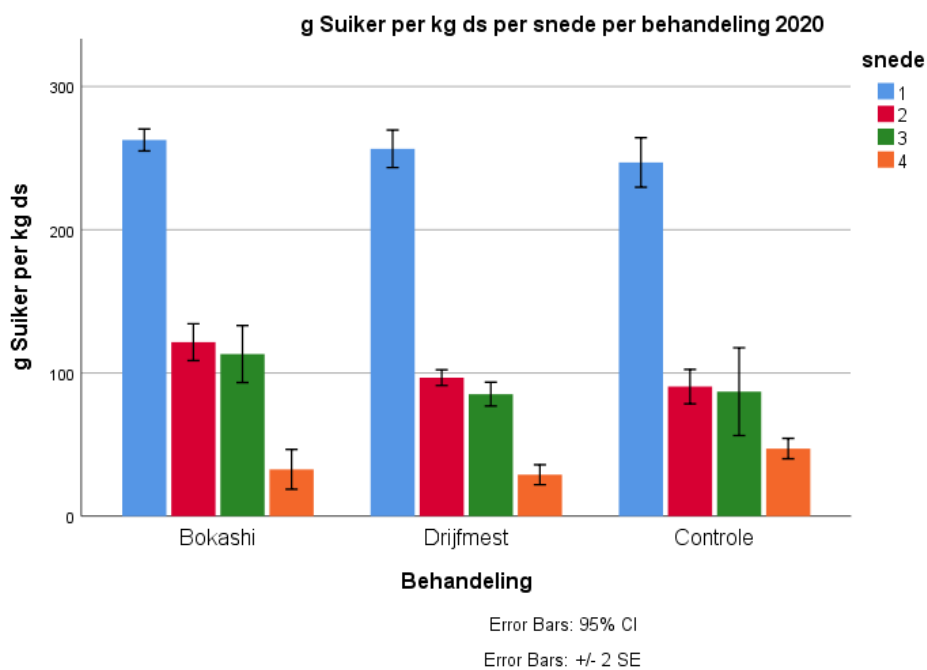
Opvallend: 1^e snijde drijfmest laag. Tweede sneede bokashi hoog. Vierde snede controle groep hoog



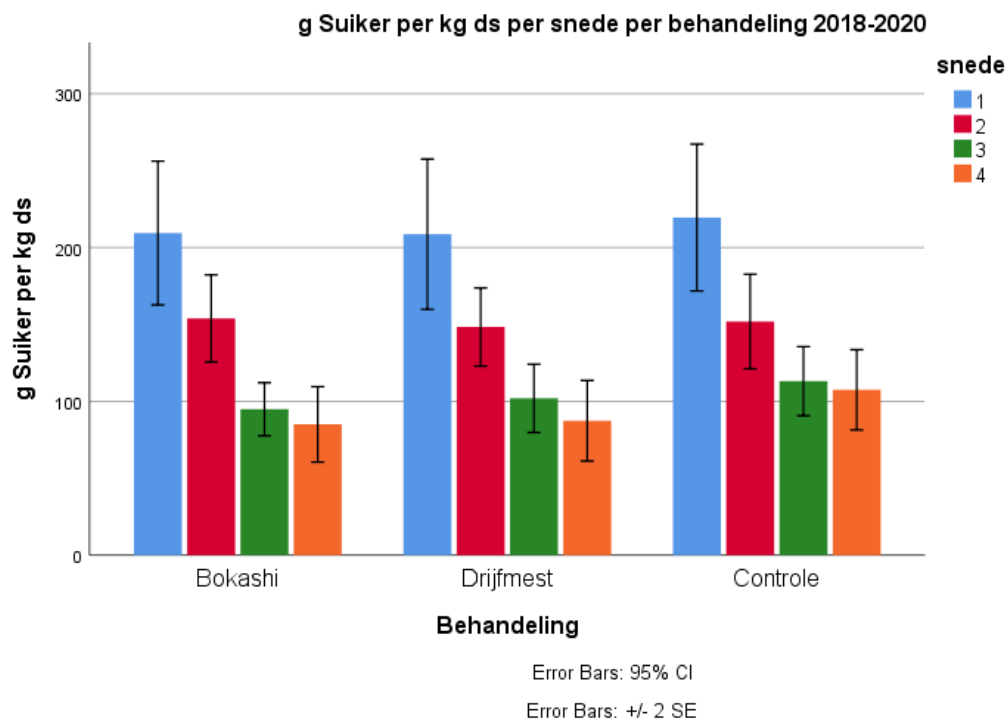
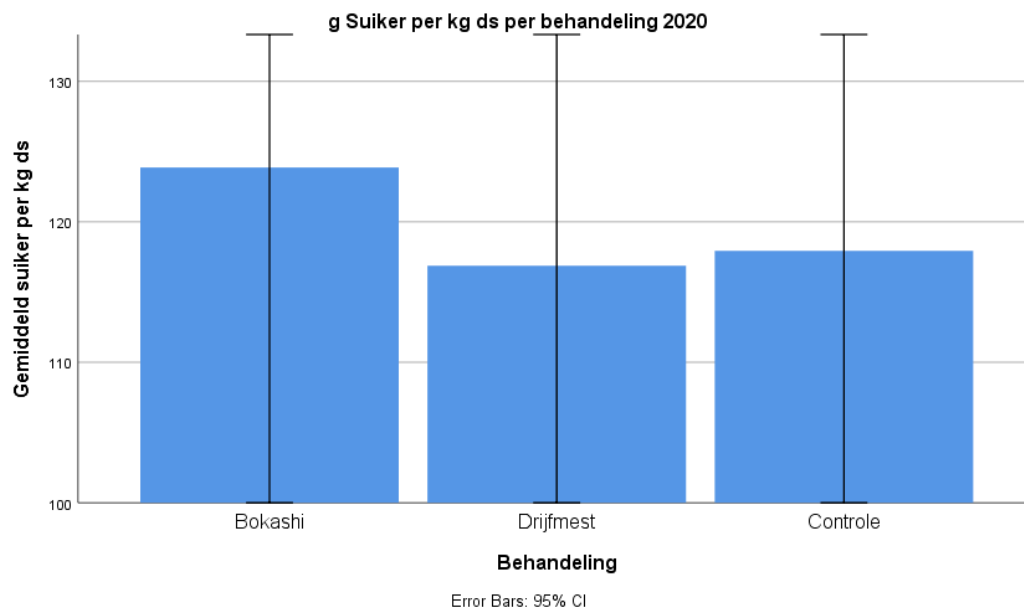
Opvallend: bokashi signiicant lager dan controlegroep



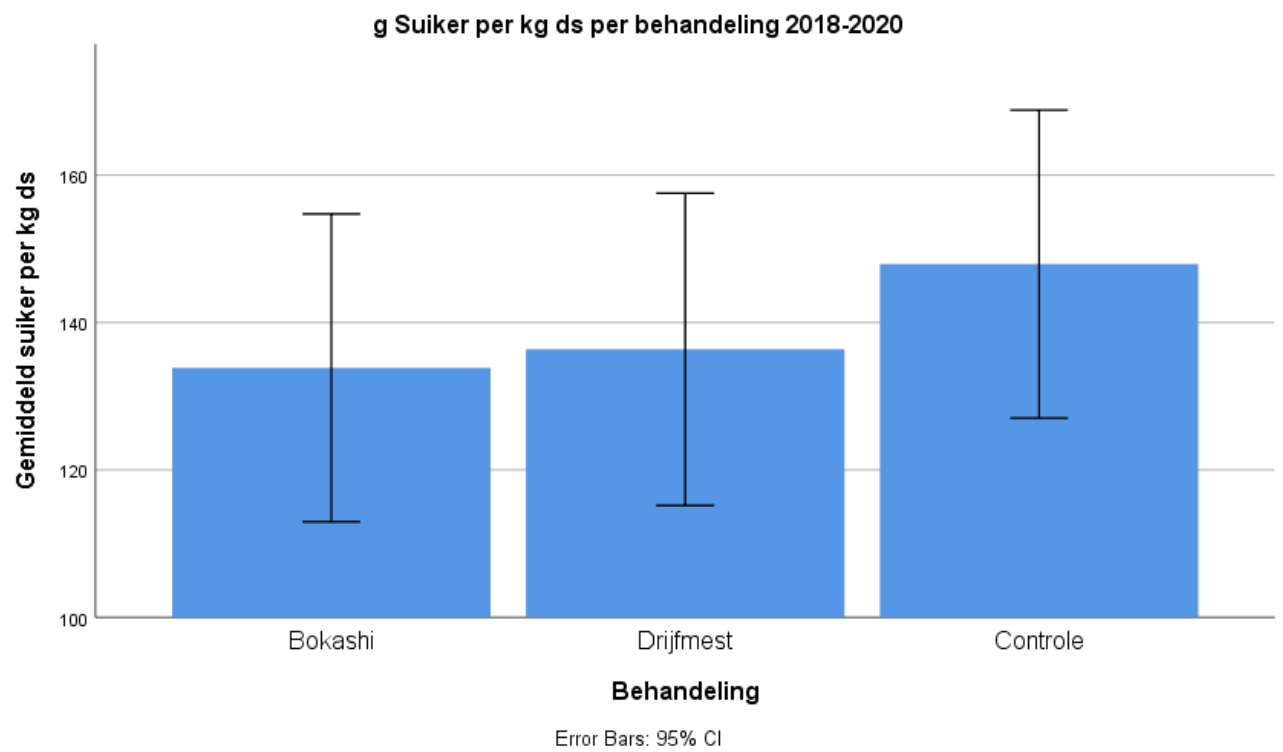
Opvallend: eerste, tweede, derde en vierde snede controlegroep hoog. Tweede, derde en vierde snede drijfmest hoger dan bokashi lager dan controle.



Opvallend: eerste snede controlegroep lager dan bokashi. Tweede en derde snede bokashi hoger dan beide groepen. Vierde snede controlegroep hoger

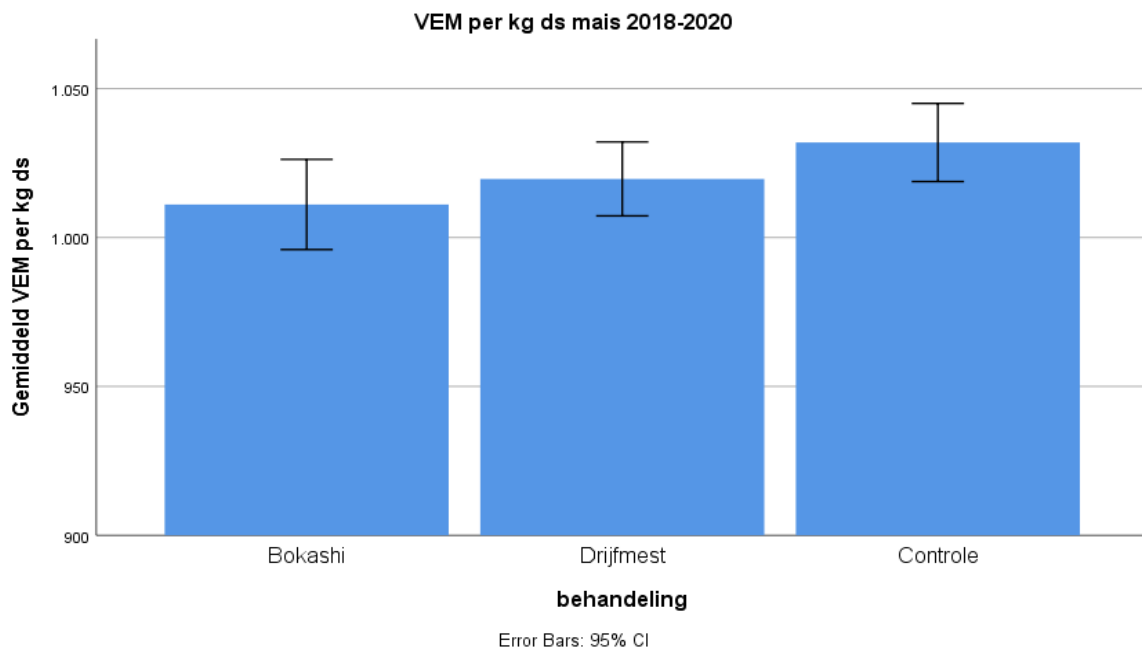


Opvallend: geen significante verschillen

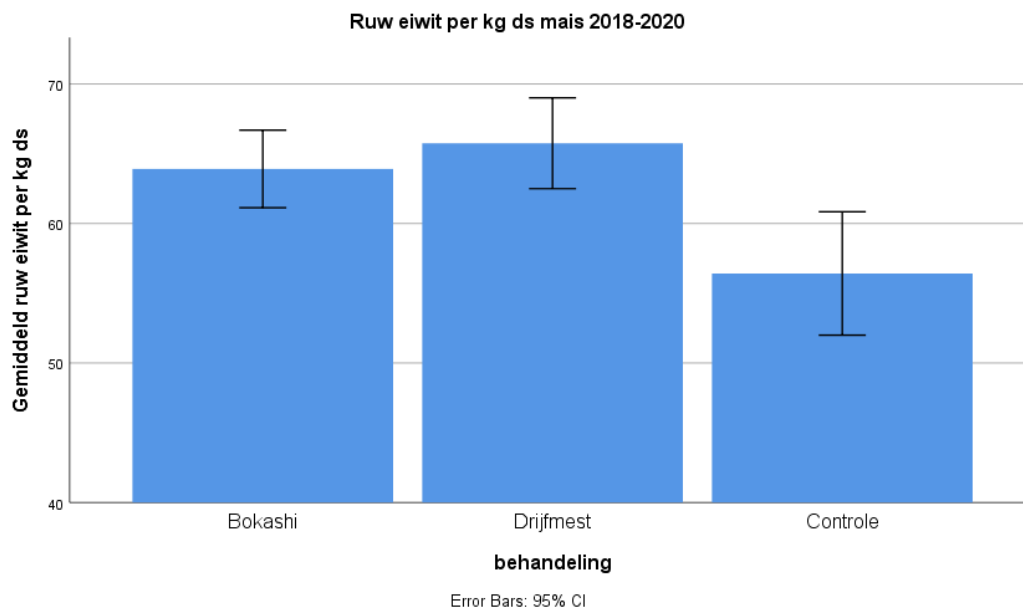


12. Bijlage 2 Voederwaarde maïs bedrijf B 2018-2020

VEM (voedereenheid Melk) en ruw eiwit opbrengst bij bedrijf 2 (maïs) in 2018 -2020

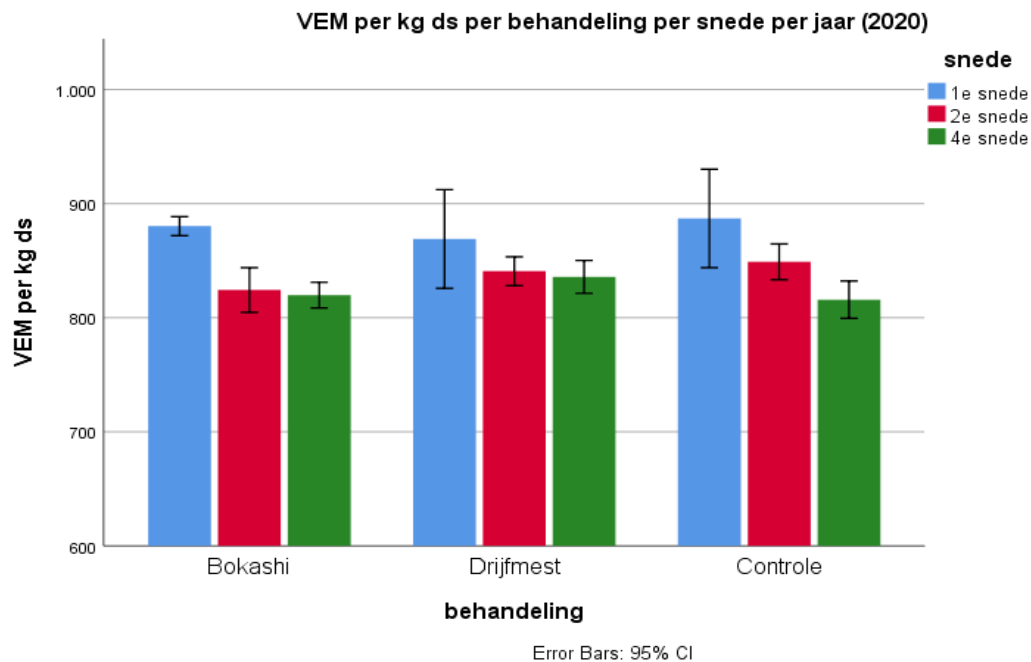


Opvallend: controlegroep hoger dan andere groepen. De productie was wel een stuk lager in de controlegroep, dus kg VEM ook lager

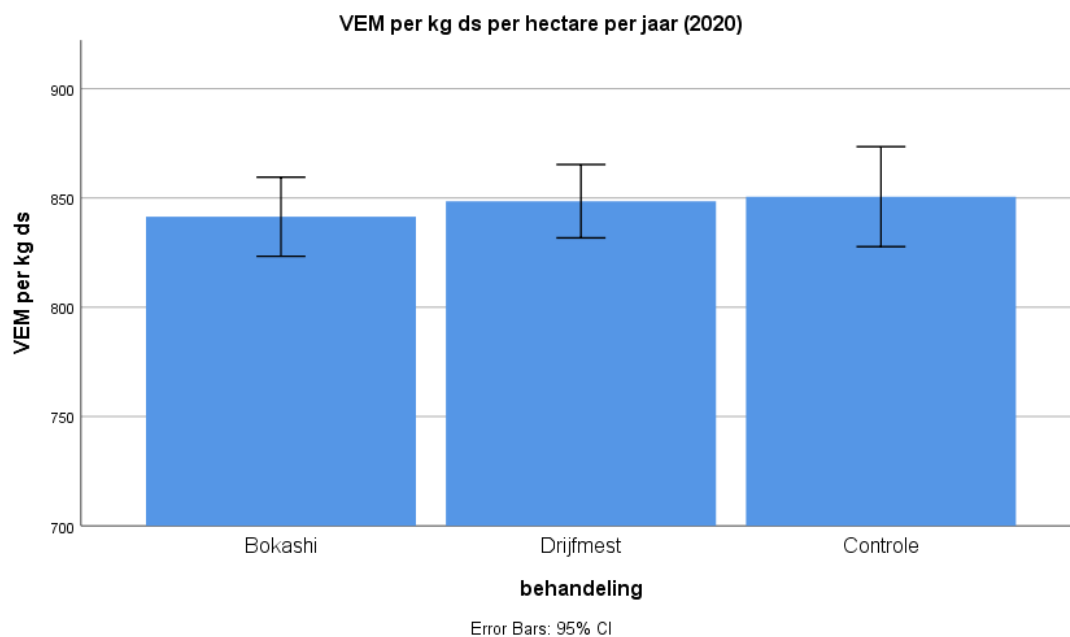


Opvallend: Controle lager dan andere groepen

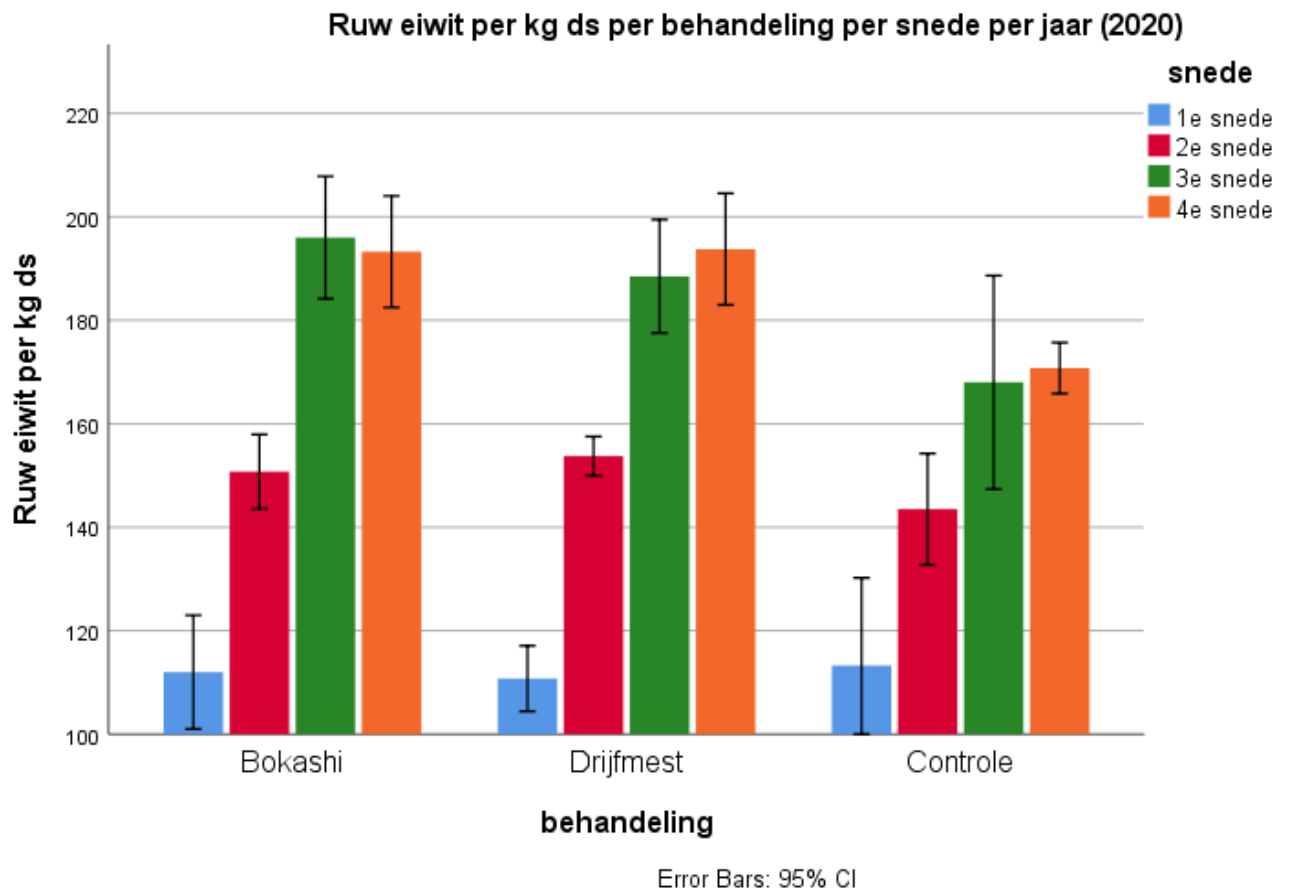
13. Bijlage 3 Voederwaarde gras Bedrijf C 2018-2020



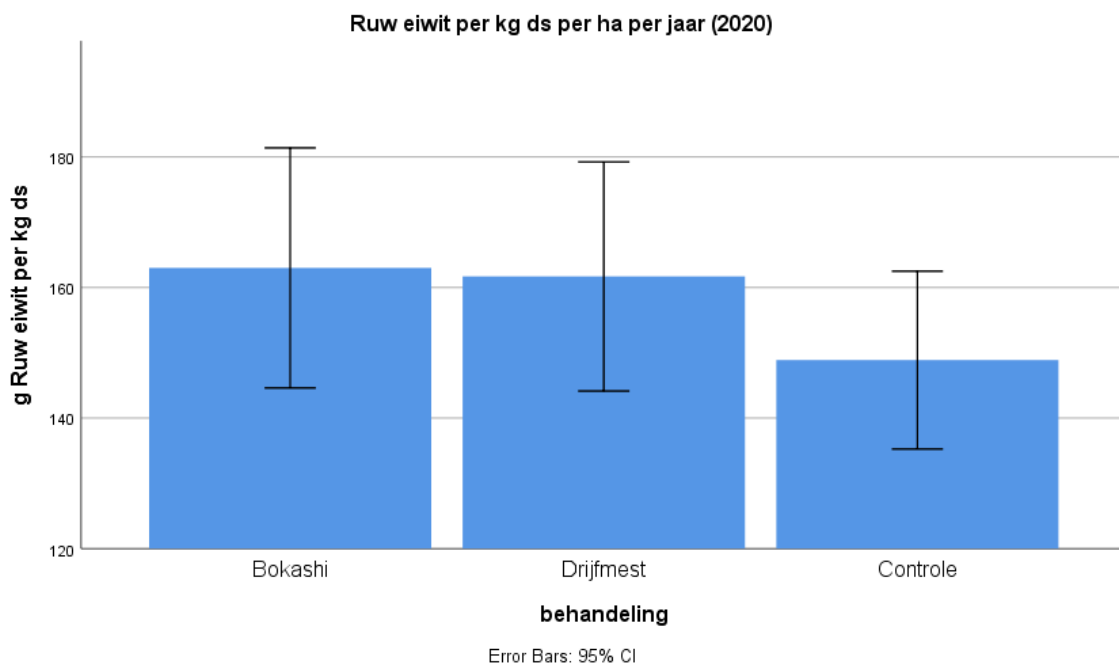
Opvallend: tweede snede bokashi lager dan andere groepen, vierde snede drijfmest hoger dan anderen



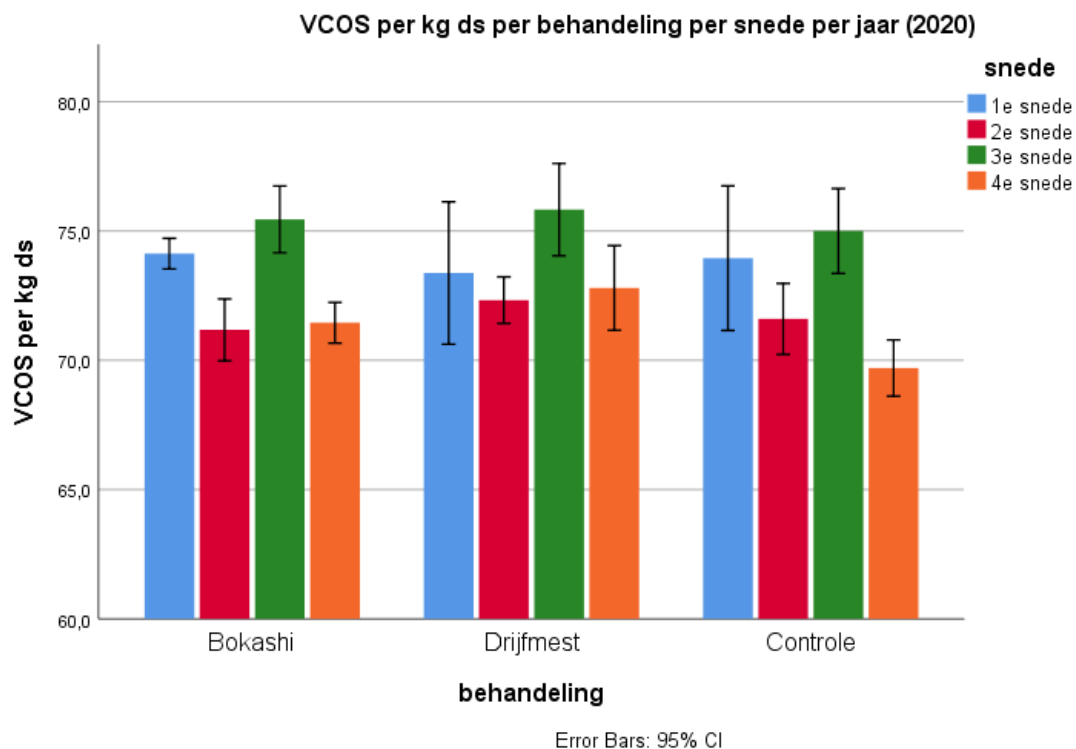
Alles bij elkaar opgeteld geen verschil



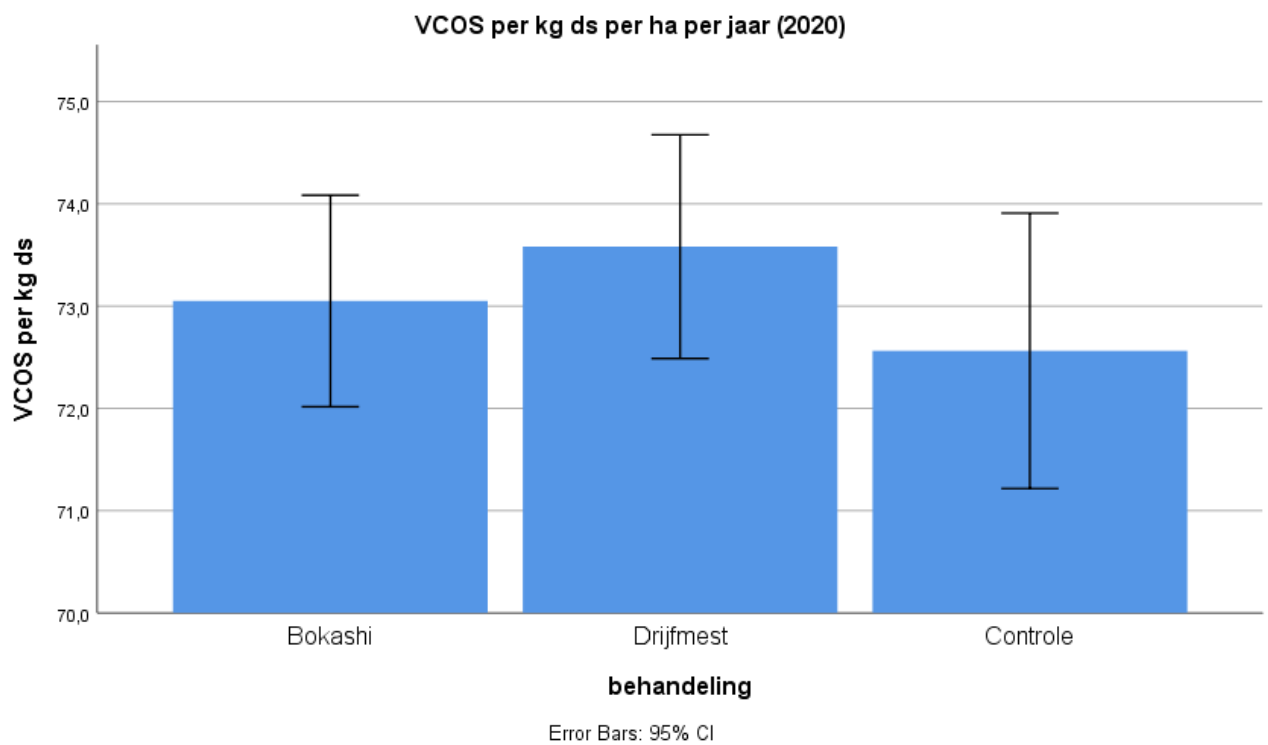
Opvallend: Tweede, derde en vierde snede controlegroep lager dan andere groepen.

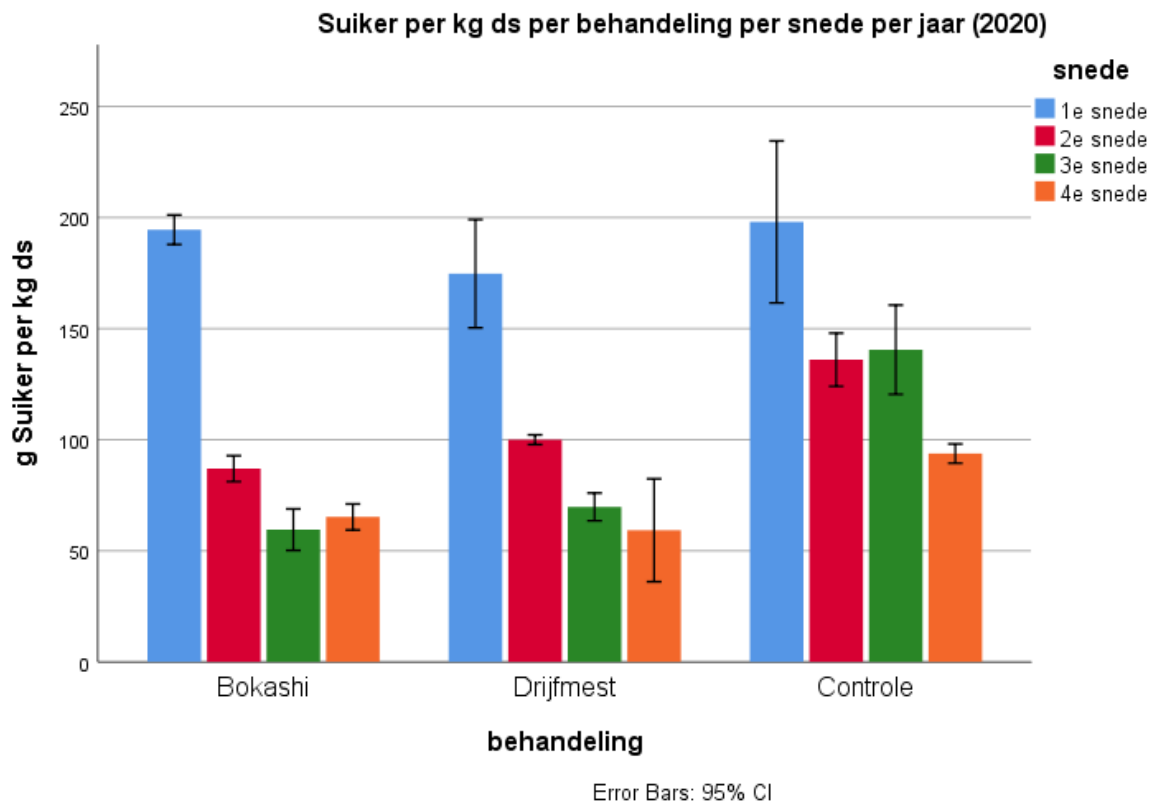


Alle snedes bij elkaar geen significant verschil maar controlegroep wel lager



Opvallend: Eerste snede bokashi hoger dan drijfmest, vierde snede controle lager dan beide groepen, drijfmest iets hoger dan bokashi





Opvallend: Tweede, derde en vierde snede controlegroep het hoogst. Tweede en derde snede drijfmest iets hoger dan bokashi

