

# Rapportage Pilot Bodemvruchtbaarheid in Veenweide



# Rapportage Pilot Bodemvruchtbaarheid in Veenweide

A. Jansma, J. Fopma & R. Jochems. 2024. Rapportage pilot bodemvruchtbaarheid in veenweide. It Lege Midden, Akkrum.

Datum: 27 februari 2025

Gefinancierd door: Provinsje Fryslân



## Inhoudsopgave

1. Inleiding.....	1
2. Opzet en Methoden.....	3
2.1 Monitoring bodemchemie.....	4
2.2 Monitoring bodemleven .....	4
2.2.1 Regenwormen.....	4
2.2.2 Biologische activiteit .....	5
2.3 Monitoring opbrengst en voederwaarde.....	5
2.4 Monitoring grondwater en bodemvocht .....	6
2.5 CO2 metingen .....	6
2.5 Advisering en monitoring bedrijfskringloop .....	6
2.6 Evaluatie deelnemers .....	7
3. Resultaten .....	8
3.1 Bodem .....	8
Calcium en Ca/Mg verhouding .....	8
Organische stof.....	11
pH .....	12
3.2 Bodemconditiescore .....	13
3.3 Bodemleven .....	14
Regenwormen .....	14
Microbiologie .....	19
3.4 Gewas .....	25
Opbrengst.....	25

Plantsapanalyses .....	26
Voederwaarde analyses.....	28
3.5 Water .....	29
Bodemvocht .....	29
Hydrofobie metingen .....	30
3.6 Praktijkervaringen deelnemers .....	30
4. Conclusies .....	31
4.1 Bodem.....	31
4.2 Gewas .....	32
4.3 Water .....	32
4.4 Bedrijfskringloop .....	32
Literatuur .....	33
Bijlage I.....	34

# 1. Inleiding

Het idee om in 2018 te starten met de Pilot Bodemvruchtbaarheid in Kansrijk Gebied Aldeboarn / De Deelen is voortgekomen uit de Verkenningfase Uitvoering Veenweidevisie die Gebiedscoöperatie It Lege Midden i.s.m. de Stichting Beekdallandschap Koningsdiep | de Nije Boarn en de provincie Fryslân, programma Veenweidevisie. In deze verkenning hadden de boeren uit het gebied 5 thema's naar voren gebracht waar het volgens hen om ging als je nadenkt over het tegengaan van veenoxidatie en toekomstbestendig boeren op veen. Het ging daarbij om kennisvragen én vragen over het instrumentarium dat nodig is om die transitie op termijn mogelijk te kunnen maken. Een van die thema's was Bodemvruchtbaarheid inclusief alternatieve manieren van bemesten.

Onderzoek naar het verbeteren van de bodembiologie en bodemvruchtbaarheid, met het oog op het verbeteren van de bodemkwaliteit en vochthuishouding binnen de transitie naar een natuurinclusieve landbouw, is waardevol en wenselijk. De bovenste grondlaag van 20 tot 30 cm is de grondlaag waarop voedsel geproduceerd wordt. Tegelijkertijd wordt deze bovenlaag bereiden en bewerkt met machines, worden er chemische middelen zoals kunstmest en bestrijdingsmiddelen op toegepast en wordt deze beïnvloed door de omliggende slootwaterstanden. De fysische, chemische en biologische toestand van deze bovenste grondlaag bepaalt welke gewassen er op een grondsoort geproduceerd kunnen worden. Tevens heeft de toestand van deze bovenlaag ook grote invloed op de processen in de onderliggende grondlagen. Werken aan bodemvruchtbaarheid betekent dat de bodem zowel fysisch, chemisch als biologisch beïnvloed moet worden.

In de periode 2018-2021 (fase 1) en 2021-2024 (fase 2) is binnen de pilot bodemvruchtbaarheid in de praktijk onderzoek gedaan naar het effect van het werken aan bodemvruchtbaarheid op bodembiologie, bodemchemie, bodemfysiologie en waterhuishouding (bodemvocht). Hierbij lag de focus op het verbeteren van de bodemvruchtbaarheid en de vochthuishouding in relatie tot de veenweideopgave. De gedachte is dat wanneer de bodem chemisch, fysisch en biologisch op orde is de bodem in staat is om water en nutriënten te bufferen wat veenoxidatie kan reduceren. Naast het toepassen en monitoren van het effect van een aantal specifieke maatregelen om de bodemvruchtbaarheid te verbeteren zijn de deelnemers vanuit een integrale benadering vanuit het bedrijfssysteem geadviseerd over het optimaliseren van de bedrijfskringloop. Werken aan de bodem hangt namelijk samen met keuzes die de melkveehouder maakt op het gebied van bemesting en rantsoen. De 8 bedrijven die aan de pilot deelnemen hebben hierover jaarlijks, zowel individueel als in groepsverband, advies gekregen en veranderingen zijn bijgehouden in het binnen de pilot ontwikkelde radardiagram.

Het **doel** van de pilot was om te onderzoeken of door middel van het verbeteren van de bodemvruchtbaarheid de bodembiologie, bodemchemie en fysiologie verbeterd kan worden en het bodemvochtgehalte kan worden verhoogd, als bijdrage aan een toekomstbestendige landbouw op klei op veengronden in het veenweidegebied.

## Theoretisch kader

Door verdichting door machines en een verstoorde mineralenhuishouding is de bodembioogie door gebrek aan zuurstof niet meer in staat om de bovenlaag te beluchten. Gevolg hiervan is dat deze bovenlaag slecht water en lucht doorlaat en absorbeert. Een gezonde bodem zou makkelijk een bui van 40 tot 50 mm water op een dag moeten kunnen absorberen. Een verdichte bovenlaag zorgt ervoor dat het meeste water rechtstreeks naar de sloot wordt afgevoerd of stagneert op het land. Grondwater zakt in de zomer van nature langzaam aan weg. Wanneer een bodem verdicht is en weinig water doorlaat, wordt er dus van boven af ook weinig water toegevoegd aan het grondwater.

Daarnaast zorgt een verdichte structuur ervoor dat het gewas moeilijk kan doorwortelen in de bodem. Een tekort aan doorworteling en verdichting zorgt ervoor dat het volume aan poriën in de bodem te beperkt is, waardoor er maar in geringe mate sprake is van capillaire opstijging van grondwater.

Deze twee zaken veroorzaken dat het veen direct onder de verdichte bovenlaag droog komt te liggen; en soms zelfs in de winter droog blijft. Werken aan bodemverbetering werkt altijd van boven naar beneden. Alles wat er op of in de bovenste 20 cm gebeurt heeft invloed op de onderliggende lagen.

Het uitgangspunt van de pilot is dat een verbeterde bodemvruchtbaarheid (o.a. Ca/Mg verhouding) leidt tot een betere bodemstructuur, een beter bodemleven, een betere waterinfiltratie, een beter vochtvasthoudend vermogen van de bodem (Dontsova & Norton, 2002), en daarmee naar verwachting tot een vochtiger veenpakket onder de kleilaag. In deze kleilaag zal door de verbeterde bodemstructuur in droge periodes daarnaast minder scheurvorming plaatsvinden, waardoor er minder zuurstof bij de onderliggende veenlagen komt.

Het bemesten met organische mest draagt bij aan een betere schimmel/bacterie verhouding en stimuleert het aantal rode wormen. Binnen de hedendaagse landbouw wordt de bodembioogie gedomineerd door bacteriën, met bijbehorende hoge stikstofmineralisatie (Van Eekeren et al., 2003), en mogelijke gevolgen voor veenafbraak. Voor bomen (bos) is aangetoond dat schimmels een cruciale rol hebben in het beschikbaar maken van voedingsstoffen voor de plant via symbiose met o.a. mycorrhizaschimmels (Terrer et al., 2016). Ditzelfde principe geldt voor grasland (Van Eekeren et al., 2013).

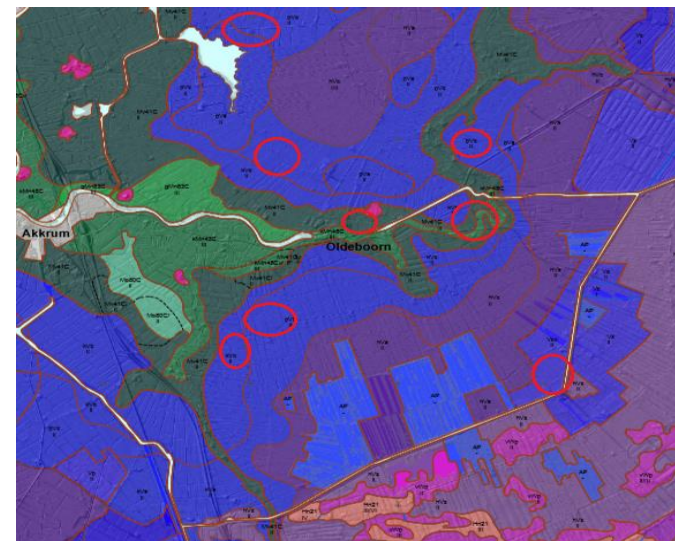
Daarnaast leidt verbetering van de bodembioogie en bemesten in kleinere giften tot een betere gewasopbrengst en- kwaliteit (lager kalium gehalte in gewas en hogere eiwitkwaliteit, terwijl het gebruik van kunstmest kan worden gereduceerd. Een gezonde bodem met een goede waterhuishouding en een goed bodemleven (insecten en wormen) levert meerdere ecosysteemdiensten (Deru et al., 2012). Belangrijke elementen in het toegroeien naar een meer 'natuurinclusieve landbouw'.

## 2. Opzet en Methodes

Voor het project zijn in 2018 acht bedrijven geselecteerd in het gebied Aldeboarn/De Deelen (figuur 1). De helft van de bedrijven is biologisch, de andere helft gangbaar. De grondsoort in het gebied is veen met een kleipakket variërend in dikte. Twee van de deelnemers zitten vlak bij de rivier de Boorn en hebben een dik kleipakket op de percelen (>60 cm). Op elk bedrijf is een proef- en referentieperceel geselecteerd. Informatie over het bodemprofiel, bodemtype, dikte kleidek en een indicatie van de grondwaterstand van alle percelen is te vinden in Bijlage 1. Deze gegevens zijn verzameld bij aanvang van de pilot voorafgaand aan het plaatsen van de Aquapins.

De deelnemers hebben jaarlijks bodemverbeteringsproducten toegevoegd, in de vorm van eierschalenkalk/ zeeschelpenkalk (1 ton/ha/j) en zeeminerale (SEA-90) (0,1 ton/ha/j), ter verbetering van de bodemvruchtbaarheid. Eierschalenkalk bestaat voornamelijk uit calciumcarbonaat (ca. 98%), en komt gedurende een periode van 6-10 maanden beschikbaar. Daarmee is eierschalenkalk een langzaamwerkende kalkmeststof. Daarnaast bevat eierschalenkalk per ton 6,2 kg stikstof, 2,8 kilo fosfor, en 3,8 kilo kali. Zeeschelpenkalk (grit) bestaat voor 96% uit calciumcarbonaat, en per ton uit 15 kg kali en 1,2 kg fosfor en daarnaast kleine hoeveelheden spoorelementen zoals natrium, magnesium en kobalt. Zeeschelpenkalk heeft een langdurige en gedoseerde werking, en een tragere werking langzamer dan eierschalenkalk. Doordat vanuit de certificering van biologisch (SKAL) de eisen gedurende de projectperiode werden aangepast is vanaf 2021 in plaats van eierschalenkalk zeeschelpenkalk toegepast. De kalkmeststoffen en zeeminerale werden jaarlijks in de periode september/oktober uitgereden. Qua bemesting is op het proefperceel de drijfmest over 4 sneden verdeeld (kleinere giften) en alleen voor de eerste en de tweede snede kunstmest op ureumbasis gebruikt. De referentie percelen bemest volgens de reguliere bemesting die wordt toegepast binnen de bedrijven. De totale N-bemesting op proef- en referentiepercelen was vergelijkbaar, gemiddeld 277 kg N per hectare per jaar op het proefperceel en 280 kg N per hectare per jaar op het referentieperceel. Voor aanvang van de tweede fase in 2021 zijn twee bedrijven gestopt met de pilot. In de periode 2021-2024 waren er zes deelnemende bedrijven.

De proef – en referentiepercelen zijn gedurende drie momenten bemonsterd. In 2018/2019 heeft de nulmeting plaatsgevonden, in 2021 de tussentijdse meting en in 2024 de eindmeting.



Figuur 1. Locaties van de 8 deelnemende bedrijven bij aanvang in 2018.

## 2.1 Monitoring bodemchemie

In november 2018, 2021 en 2024 zijn bodemmonsters gestoken (0-20 cm) en geanalyseerd volgens de bodembalansanalyse. Op elk perceel is met een Eijkelkamp guts van 20 centimeter lang en 16mm doorsnede, bodemmateriaal verzameld met een frequentie van 40 steken per hectare. Er wordt gewerkt met een frequentie van gemiddeld 40 steken per hectare. De verzamelde grond is gemengd in een emmer (mengmonster) en hiervan worden monsters van 1 liter opgestuurd naar het laboratorium voor analyse.

De bodembalans-analyse is gebaseerd op de Albrecht-methode en geeft inzicht in de verhoudingen van mineralen en sporenelementen zoals deze in de bodem voorkomen. De Albrecht-methode kijkt niet alleen naar de absolute hoeveelheden van elementen in de bodem, maar kijkt juist ook naar de verhouding tussen de elementen. Als een bepaald element in hoge concentraties in de bodem voorkomt, kan dat de opname van andere elementen door de plant verhinderen, of juist bevorderen. Er is dan sprake van een onbalans. Een bodem die niet in balans is, kan de plant onvoldoende voeden, mede doordat de opname van sporenelementen wordt bemoeilijkt. Alleen wanneer de verhoudingen van de elementen calcium, magnesium, kalium en fosfor in balans zijn, is de plant in staat goed sporenelementen op te nemen. De balans wordt mede bepaald aan de hand van de CEC en TEC. De CEC, het uitwisselingscomplex, bepaalt de capaciteit van de bodem om voedingsstoffen te binden en vast te houden. De verhouding waarin de belangrijkste kationen op het uitwisselingscomplex voorkomen is bovendien een belangrijke factor voor de bodemstructuur en het zuur bufferend vermogen van de bodem.

Naast het aandeel en verhouding van elementen en sporenelementen is het organische stofgehalte en de pH in de laag 0-20 cm bepaald.

## 2.2 Monitoring bodemleven

Het bodemleven is gemonitord door gedurende de pilot metingen te doen aan regenwormen en de biologische activiteit. Voor het inzichtelijk maken van de biologische activiteit zijn drie methoden gebruikt binnen de pilot.

### 2.2.1 Regenwormen

Op elk bedrijf zijn in maart 2019, 2021 en 2024 op zowel het proefperceel als het referentieperceel twee plaggen van 20x20x20 cm gestoken. De plaggen zijn in het lab doorzocht op wormen. Hierbij is gekeken naar aantallen wormen, de biomassa en wormen zijn getermineerd en ingedeeld op functionele groep strooiselbewoner, bodembewoner en pendelaars aan de hand van de gids Regenwormen van Nederland (Krediet, 2019), en andere identificatiegidsen. Bodembewoners worden ook wel geclassificeerd als grijze wormen en strooiselbewoners en pendelaars als rode wormen.

## 2.2.2 Biologische activiteit

### *Theezakjesmethode*

De biologische activiteit is bepaald aan de hand van de theezakjesmethode (Tea bag Index; Keuskamp et al., 2013; Iepema et al., 2015). Door middel van het ingraven van zowel snel afbreekbare groene thee, als langzaam afbreekbare rooibos thee kan de afbraakcurve van organische stof worden bepaald. Op elk bedrijf zijn per perceel 2\*8 theezakjes worden geplaatst, welke na ca. 3 maanden weer zijn opgehaald en gewogen. Op basis van de makkelijk afbreekbare groene thee is de stabilisatiefactor vastgesteld (S-factor) (S=0 volledige afbraak, S=1 geen afbraak). De S factor zegt iets over de hoeveelheid organisch materiaal dat is afgebroken en geeft een indicatie van de biologische activiteit. Aan de hand van de afbraak van rooibos thee is de K-factor bepaald, de snelheid waarmee de organische stof is afgebroken. Een hoge K-factor (0-1) betekent een hoge afbraaksnelheid.

### *Nova-Bioscan*

Daarnaast is er een Nova-Bioscan uitgevoerd om de biologische activiteit in kaart te brengen. Met een Nova-Bioscan wordt de toestand van het bodemleven in een bodem bepaald. De Bioscan is gebaseerd op het werk van de Amerikaanse bodembiooloog Elaine Ingham. Ingham heeft in de jaren '80 een techniek ontwikkeld om het bodemleven in kaart te brengen ([www.soilfoodweb.com](http://www.soilfoodweb.com)). De bioscan is op deze techniek gebaseerd en door het bedrijf Horti Nova verder doorontwikkeld. Van een aantal belangrijke groepen binnen het bodemleven: bacteriën, schimmels, protozoa en nematoden, wordt de aanwezigheid en diversiteit bepaald en voorzien van een "score" op een schaal van 0-6. Deze score is een beoordeling van de kwaliteit van de bodem op basis van een vast referentiebeeld.

### *Chroma*

Een chroma analyse is een techniek waarbij een fotografisch beeld van de bodem wordt gemaakt met behulp van een filtreerpapier en zilvernitraat. Een bodemmonster wordt volgens een vast protocol opgelost in een natronloog oplossing en vanuit het midden uitgevloeid over een van tevoren met zilvernitraat geprepareerd rond filtreerpapier. Onder de invloed van licht kleurt het zilvernitraat, in reactie met de stoffen uit het bodemmonster - vergelijkbaar met een fotoafdruk - in een bepaald patroon van donkere en lichte tinten. Een chroma bestaat uit 4 zones (van buiten naar binnen), waarbij elke zone afzonderlijk, alsook de overgangen en interacties tussen de zones, informatie geeft over de gesteldheid van de bodem. De samenhang en interacties tussen bodembioologie, organische stof en mineralen wordt in één beeld gevat.

## 2.3 Monitoring opbrengst en voederwaarde

In 2020 en 2024 is gedurende elke maai- en weidesnede de opbrengst van het proef- en referentieperceel bepaald. De voederwaarde en -kwaliteit is bepaald door middel van het uitvoeren van plantssapmetingen en versgrasanalyses. Met een plantsapanalyse kan op een snelle en nauwkeurige wijze de actuele opname van voedingsstoffen in de plant geanalyseerd worden. Hiermee kun je inzicht krijgen in de kwaliteit van het gras, de mineralenverhouding en indirect inzicht in de activiteit van het bodemleven.

De plantsap en opbrengstmeting zijn telkens voor negen uur 's ochtends vlak voor een maai of weide snede uitgevoerd. Er zijn 40 grasmonsters afgeknipt op een hoogte van 5 cm die vervolgens in een mengmonster dezelfde dag zijn verstuurd. Daarnaast is met de graslandhoogtemeter (40 metingen per perceel) de gemiddelde drogestofopbrengst gemeten met de instellingen van Koe en Wij (richtlijn schatten droge stofopbrengst grasland).

Aanvullend is de bemesting en het beheer van de percelen vastgelegd.

## 2.4 Monitoring grondwater en bodemvocht

In 2020 zijn op de meetpercelen peilbuizen (aquapins) geplaatst om het grondwater en het bodemvocht te meten. Op 2 bedrijven zijn op elk perceel 3 peilbuizen geplaatst om een uitgebreide monitoring uit te kunnen voeren. Op de andere zes bedrijven is op het proef- en referentieperceel één peilbuis geplaatst. In oktober 2020 zijn bodemvochtsensoren in de peilbuizen aangebracht. Hiermee kan het effect op het grondwater en het bodemvocht worden gemeten. Gedurende de looptijd vielen de aquapins geregeld uit en was de betrouwbaarheid van de data laag. Om die reden zijn er in 2024 op drie momenten losse bodemvochtmetingen met een Soil-tech bodemvochtmeter op de percelen gedaan. Deze gegevens zijn opgenomen in de resultaten.

## 2.5 CO2 metingen

Het potentiële effect op veenoxidatie wordt binnen het project niet (direct) gemeten. Wel is er in 2023 een koppeling gemaakt met het veenweideprogramma Fryslân, waardoor op 1 locatie op het proefperceel CO2 metingen worden gedaan. Naast de uitstoot van CO2 wordt hierin ook de vastlegging van CO2 meegenomen (verhouding afbraak en vastlegging), naast weersfactoren zoals hoeveelheid neerslag, zon, temperatuur, etc.. Deze resultaten zullen in een later stadium apart worden gerapporteerd. De uitstoot van lachgas wordt niet meegenomen in bovenstaande metingen en analyse. Op de proefpercelen wordt het kunstmestgebruik gereduceerd en geadviseerd dit toe te dienen in de vorm van ureum. Het reduceren van het kunstmestgebruik leidt tot een reductie in lachgasemissie, een zeer sterk broeikasgas (298 CO2 equivalenten) (Van Dijk et al., 2020). Daarnaast komt ook bij de productie van kunstmest veel CO2 vrij door het gebruik van aardgas.

## 2.5 Advisering en monitoring bedrijfskringloop

Koe, mest, bodem en gewas hebben allemaal invloed op de bodemvruchtbaarheid. Jaarlijks zijn alle deelnemers individueel bezocht om de bedrijfskringloop inzichtelijk te krijgen. Voor elk bedrijf is een radardiagram opgesteld bestaande uit een set van indicatoren waaraan een score van 1 tot 5 is gegeven, waarbij 1 de laagste score (slecht) is en 5 de hoogste (zeer goed). De indicatoren zijn zo gekozen dat ze uiteindelijk allemaal een relatie hebben met de bodem. De resultaten op de parameters betreffen gegevens vanuit de kringloopwijzer, de kuilanalyse, de BBA, de bodemconditiescore, de drijfmestanalyse en tijdens het bedrijfsbezoek geïnventariseerde gegevens. Vervolgens is gekeken op welke onderdelen de

melkveehouder goed scoort en waar mogelijkheden liggen voor verbetering. Aan de hand hiervan hebben boeren jaarlijks concrete adviezen gekregen over het verbeteren van de bedrijfskringloop. Denk hierbij aan het verbeteren van de krachtvoer/ruwvoer verhouding in het rantsoen, de samenstelling van het krachtvoer, het eiwitgehalte in het rantsoen en het optimaliseren van de (N) bemesting.



Figuur 2. Opzet van het spinnenwebdiagram met de bijbehorende parameters.

## 2.6 Evaluatie deelnemers

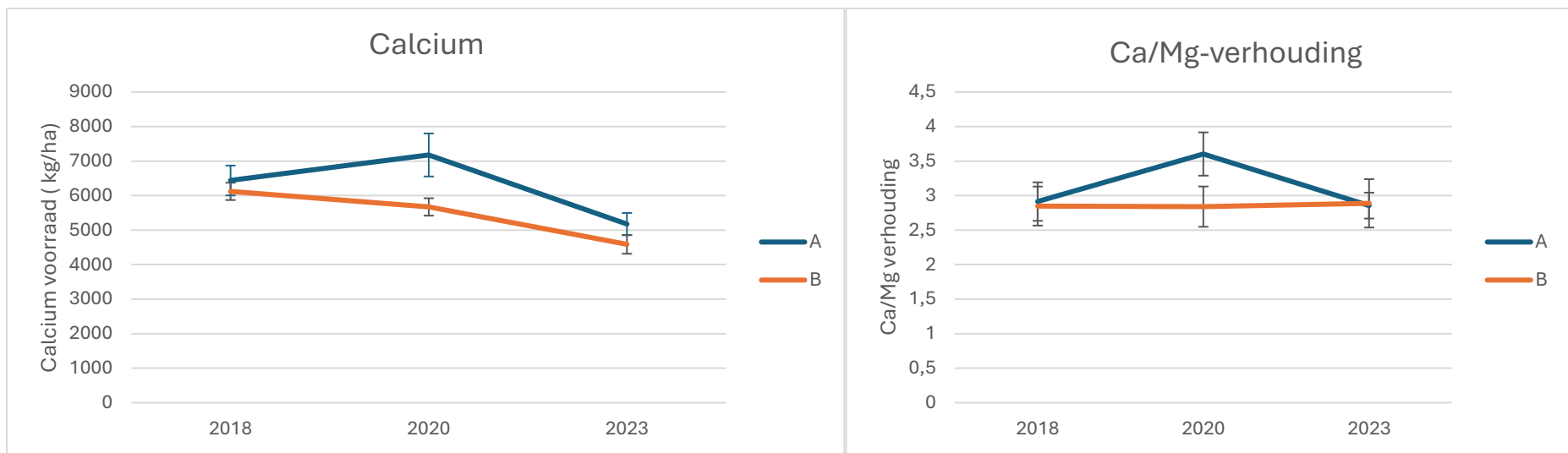
Aan het einde van de pilot is naar de deelnemende boeren een enquête gestuurd over wat zij geleerd hebben van de pilot, hun ervaringen en of en of en hoe ze verder gaan met de opgedane kennis binnen de pilot.

## 3. Resultaten

### 3.1 Bodem

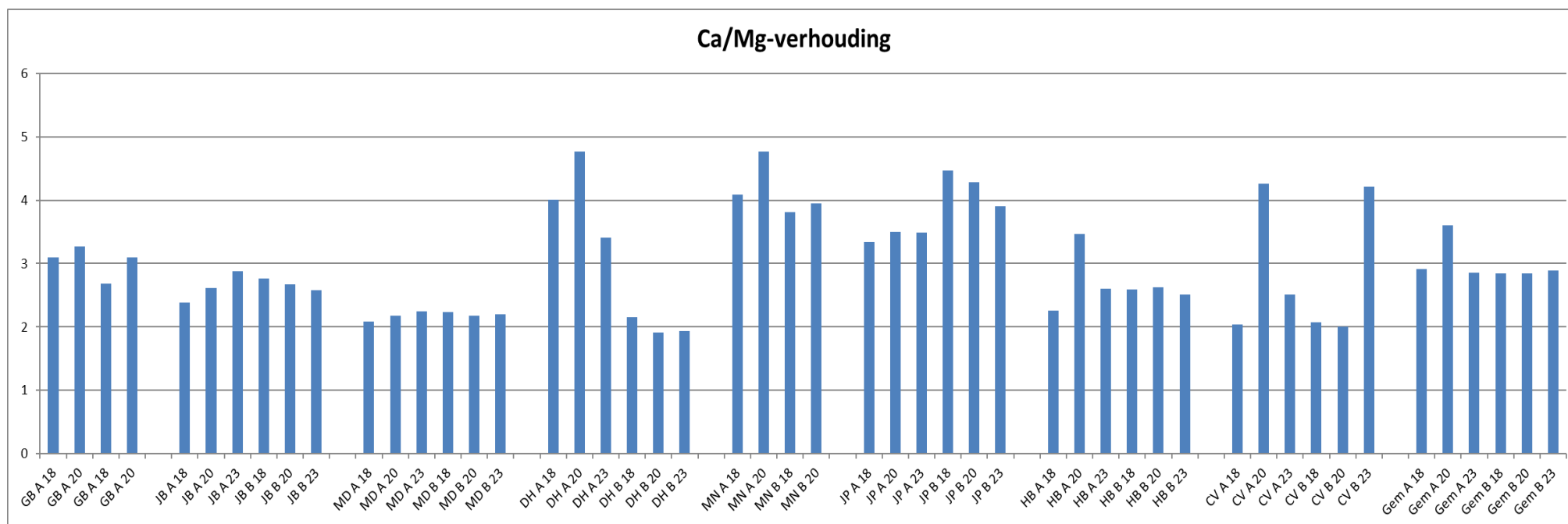
#### Calcium en Ca/Mg verhouding

De voornaamste maatregel binnen de pilot om de bodemvruchtbaarheid te verbeteren is het strooien van calcium met als proef de verhouding tussen calcium en magnesium te verbeteren. Uit de nulmeting in 2018 bleek dat deze verhouding op alle percelen niet goed was. In 2021 zijn de percelen opnieuw bemonsterd. Hieruit bleek dat de Ca/Mg verhoudingen op de meeste bedrijven was gestegen, zowel de calcium voorraad als de ca/mg verhouding is in 2020 hoger op de proefpercelen (figuur 3a, 3b). Voor de calciumvoorraad was dit verschil significant. In 2023 is er opnieuw gemeten. De calcium voorraad is ten opzichte van 2020 gemiddeld afgenomen op zowel het proef als referentieperceel en de ca/mg verhouding is gemiddeld gelijk gebleven op het schaduwperceel en afgenomen op het proefperceel (figuur 3a, 3b). Mogelijke oorzaak is dat er in 2021 is gewisseld van kalkmeststof. De eerste jaren is er gebruik gemaakt van eierschalen. Doordat deze eierschalen voor de biologische landbouw niet meer is toegestaan is er voor zeeschelpenkalkmeel gekozen als meststof. Zeeschelpenkalk werkt trager dan eierschalenkalk, en in het eerste jaar is er een vrij grove zeeschelpenkalk gebruikt. Dit kan een verklaring zijn voor het feit dat de Ca/mg verhouding na 2021 weer afvlakt, doordat calcium trager vrijkomt.



Figuur 3. a) Calcium voorraad en b) ca/mg verhouding op proef (A) en referentie (B) perceel in 2018, 2020 en 2023 (gemiddelde +- standaardfout).

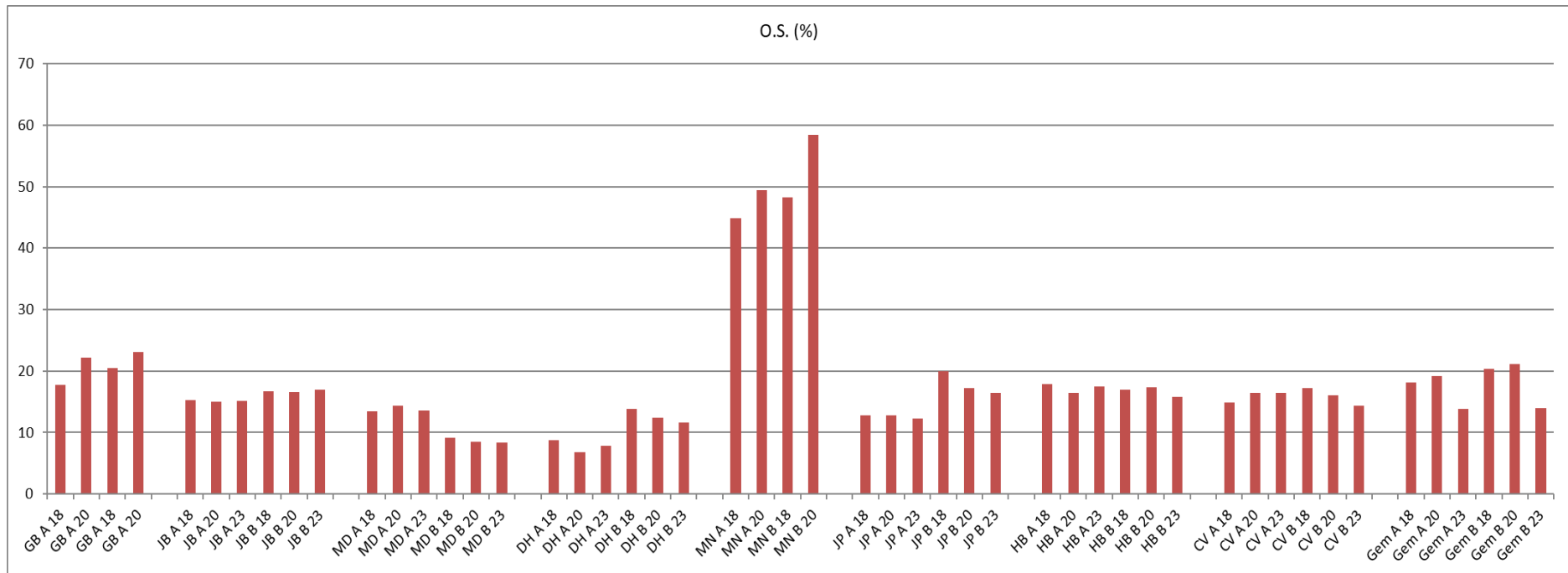
Als wordt gekeken naar de veranderingen binnen proef- en referentieperceel op bedrijfsniveau dan zien we dat bij bedrijven JB en JP de Ca/Mg verhouding op het proefperceel omhoog is gegaan en op het schaduwperceel gelijk is gebleven of is afgenomen. Dit zelfde beeld zien we bij DH, CV en HB, maar hier daalt de Ca/Mg verhouding in 2023. Wat verder opvalt is een hoge uitschieter bij bedrijf CV op het referentieperceel in 2023, welke niet direct valt te verklaren.



Figuur 4. Ca/Mg verhouding op de deelnemende bedrijven en het gemiddelde op de proef- en referentiepercelen over de jaren.

## Organische stof

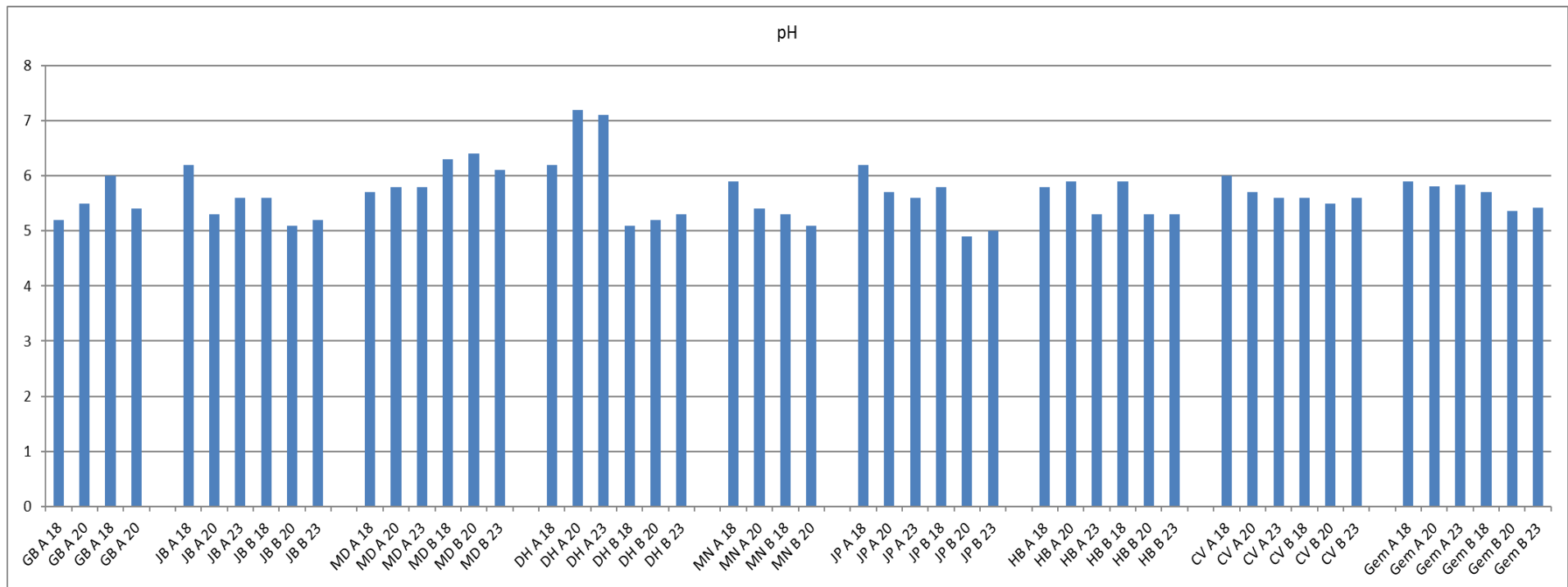
De score van de organisch stof is grondsoort afhankelijk. De meeste bedrijven hebben een kleilaag op het veen waarbij er minimaal 10% organische stof aanwezig moet kunnen zijn. Bij de bodemconditiescore krijgen percelen met een organische stofgehalte onder de 10% de score matig, boven de 10% goed en onder de 2% slecht. Bij een organische stof percentage van boven de 20% spreken we dan van veengrond. Alleen op de percelen van bedrijf MN is er sprake van puur veen (geen kleidek). Dit is duidelijk terug te zien in het organische stof percentage op de percelen. Perceel DH A valt op door het relatief lage organische stofgehalte. Het perceel heeft een extra dik kleipakket waardoor er geen invloed is op de onderliggen veenlaag op het OS percentage. Wel is er vanaf 2018 na een daling een lichte stijging te zien waarbij het schaduw perceel een daling laat zien. Ook bij bedrijf JB zien we een daling in het 2<sup>e</sup> jaar waarna er een toename is waar te nemen. Mogelijke oorzaak van een afname is een droge periode waardoor organische stof sneller afbreekt. Het referentie perceel blijft op een constant niveau. Perceel CV A valt op door de opbouw van OS op het proefperceel en het teruglopen op het referentie perceel.



Figuur 5. Organische stofgehalte op proef (A) en referentie (B) percelen op de deelnemende bedrijven over de meetjaren.

## pH

Over het algemeen geldt dat een pH gemeten via de Albrecht methode bij de bodemconditiescore een score matig krijgt onder de 5.5. Tussen 5.5 en 7 is goed. Onder de 5 of boven de 7 is slecht. De ideale pH van klei op veen is rond de 6. Dit was ook de gemiddelde pH van de proefpercelen bij de aanvang van de pilot in 2019. De pH was bij de start van de pilot al hoger op de proefpercelen, wat zo bleef gedurende de pilot. Op zowel proef als referentiepercelen nam de pH af in 2021 en weer licht toe in 2023. De bemesting met eierschalen en zeeschelpen kalk werken vrij traag, waardoor het effect op pH ook beperkt is.

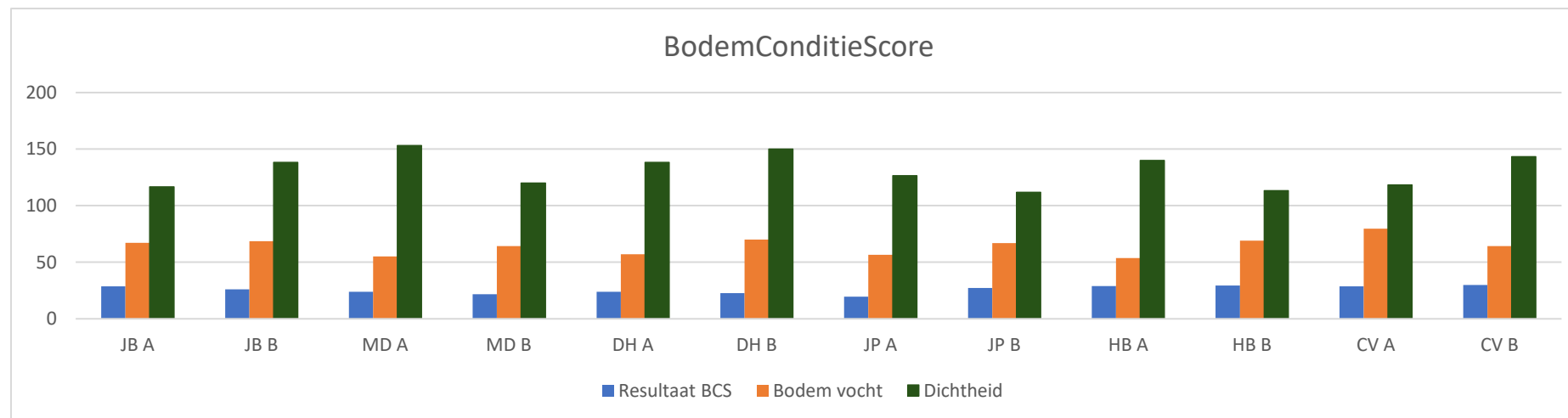


Figuur 6. pH op de proef (A) en referentie(B) percelen van de deelnemende bedrijven over de drie meetjaren.

## 3.2 Bodemconditiescore

In het voorjaar van 2024 zijn van alle percelen minimaal op drie plekken een bodemconditiescore (BCS) gemaakt. Bij een BCS worden er voor verschillende onderdelen (gewasbedekking, beworteling, verdichting ondergrond, regenwormen, bodemstructuur, zuurtegraad, organische stof, aantal gekleurde vlekken, plasmvorming, scheuren en spoorvorming/vertrapping) gescoord op onvoldoende, matig en goed. Elk onderdeel heeft zijn eigen wegingsfactor waardoor er een bodemconditiescore ontstaat (voor meer info [www.mijnbodemconditiescore.nl](http://www.mijnbodemconditiescore.nl)).

Voor de BCS geldt een score onvoldoende onder de 20 punten, matig tussen 20 en 30 en goed boven de 30. Er is geen verband te zien tussen een goede bodemconditiescore en bodemvocht. Een aantal percelen scoort slecht bij de BCS. Reden is een combinatie van slechte bodemstructuur, verdichting en spoor of plasmvorming. Naast de BCS zijn er vochtmetingen gedaan en is er met een penetrometer de weerstand in de bodem gemeten om verdichting te meten. Hoe hoger de hoogste gemeten weerstand hoe compacter de bodem en hoe slechter de doorlaatbaarheid. Bij een slechtere doorlaatbaarheid zal het water sneller oppervlakkig worden afgevoerd naar de greppels en zal de beworteling naar de diepere lagen slechter zijn. Deze meting is in het voorjaar van 2024 uitgevoerd op 6 van de 8 bedrijven. De verdichting zit meestal tussen de 25 en 40 cm onder de oppervlakte waargenomen. Er zijn verschillende factoren van belang voor het ontstaan van de verdichting. Het gebruik van zware machines wordt vaak als oorzaak gezien maar ook de verschillende grondlagen zoals knippige klei of schalterveen dragen bij aan dit probleem. In figuur 8 zijn 3 parameters die indicatief zijn voor de dichtheid van de bovenlaag weergegeven. De dichtheid per perceel kan enorm variëren en voor een goed beeld zijn meer metingen nodig. Toch geeft de onderstaande grafiek een beeld wat overeenkomt met de waarnemingen in het land en het gemeten bodemvocht.



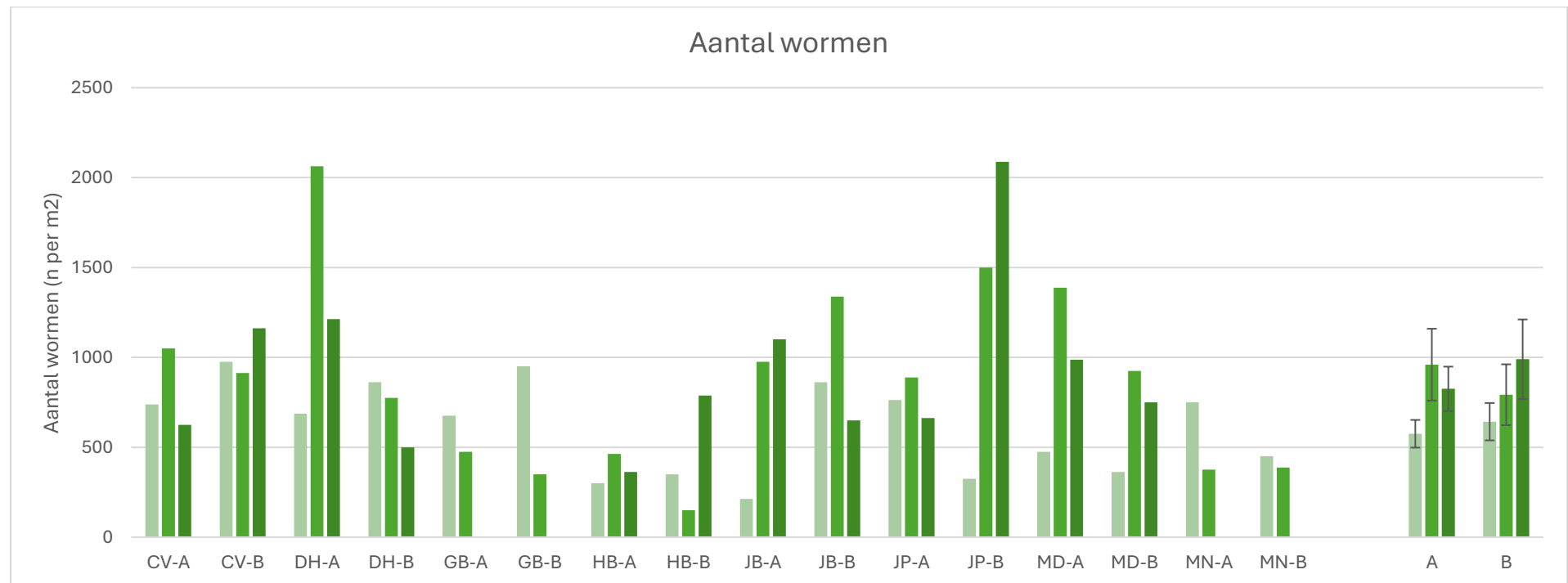
Figuur 7. BCS in punten, bodemvocht in% en hoogste dichtheid per perceel in N/cm<sup>2</sup>

### 3.3 Bodemleven

#### Regenwormen

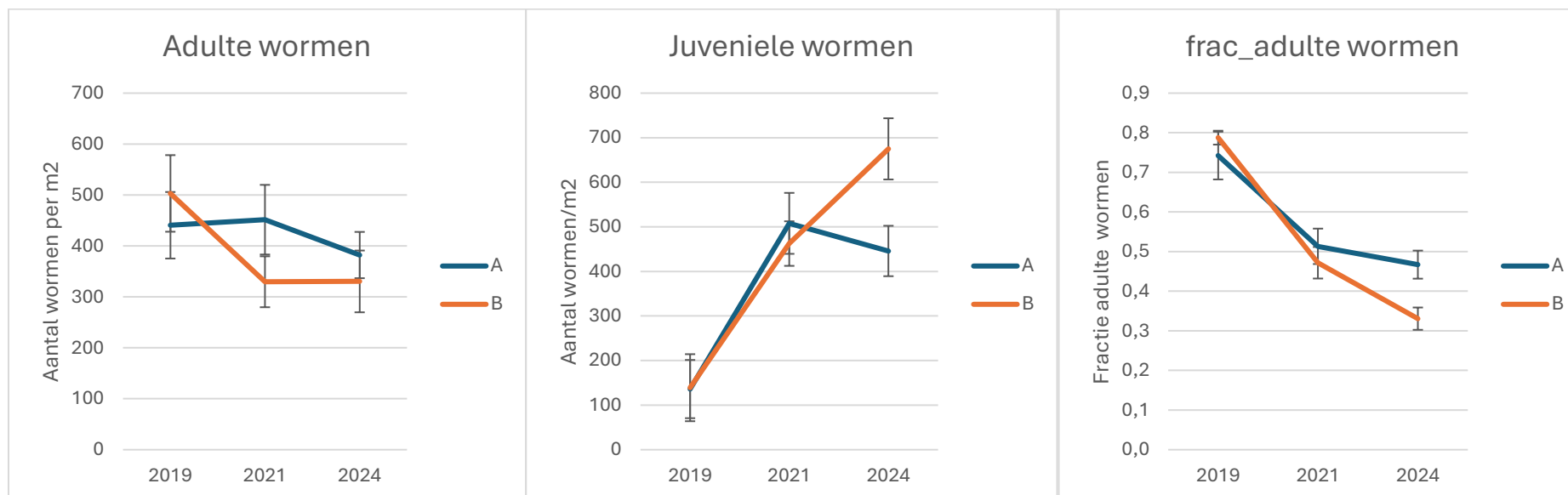
##### Aantallen

Het gemiddelde aantal regenwormen aangetroffen op de percelen nam toe over de jaren. De laagste aantallen, gemiddeld 600 wormen per vierkante meter, werden aangetroffen in het eerste meetjaar 2019 en de gemiddeld hoogste aantallen in 2024, gemiddeld 920 wormen per vierkante (figuur 9). Er waren geen significante verschillen in het totaal aantal wormen tussen het proefperceel (A) en het referentieperceel (B) (figuur 9). Dit komt mede door de grote variatie zowel binnen als tussen de percelen.



Figuur 8. Aantal wormen op de deelnemende bedrijven en het gemiddelde op proef (A) en referentieperceel (B) over de drie meetjaren (gemiddelde +/- standaardfout).

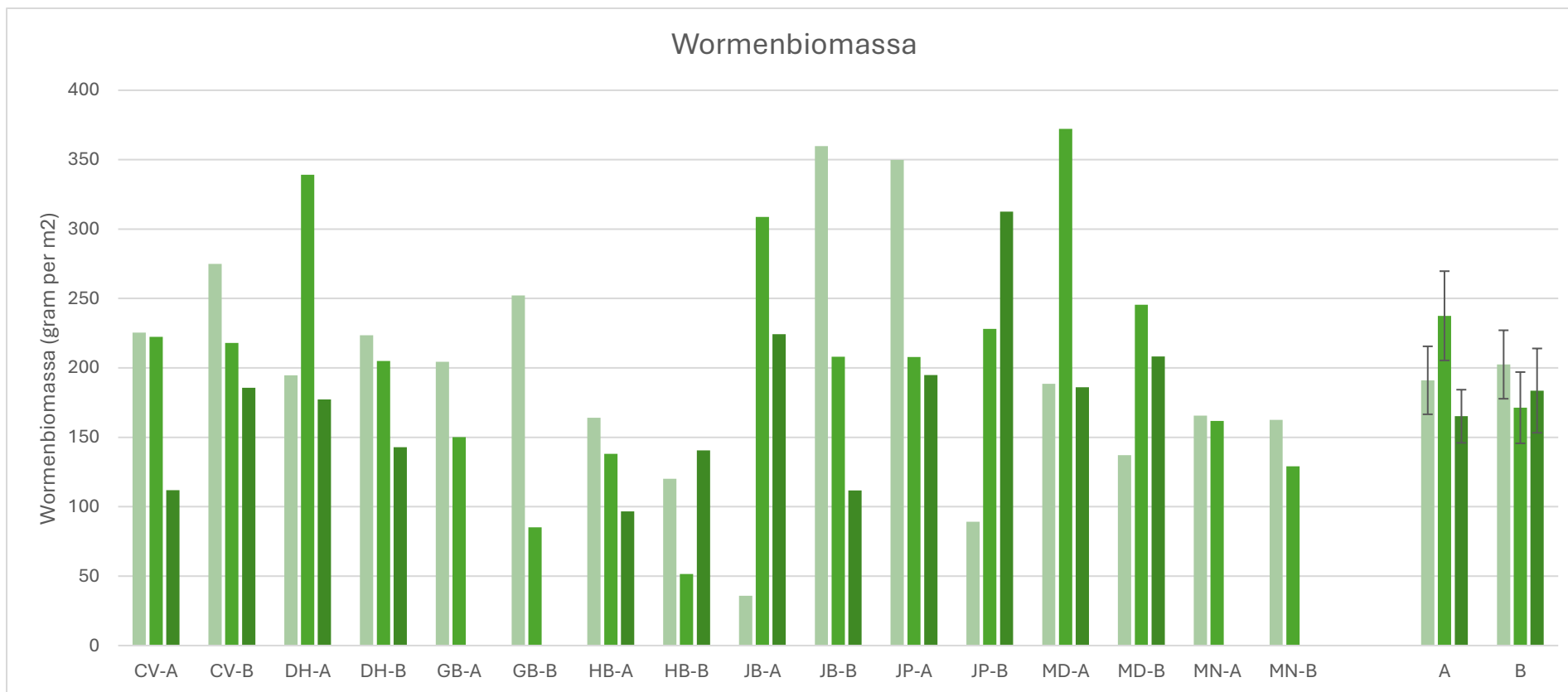
Naast het totaal aantal wormen is ook gekeken naar het aandeel adulte en juveniele wormen. Het aanwezige aandeel juveniele wormen zegt iets over de reproductie, en het aantal adulte wormen over de stabiliteit van de wormenpopulatie. Het aantal adulte wormen verschilde niet significant tussen het proef en referentieperceel, al lag het aantal in 2021 en 2024 gemiddeld wel hoger op het proefperceel (figuur 10a). Het aantal juveniele wormen was in 2024 hoger op de referentiepercelen (figuur 10b). Mede hierdoor was de fractie adulte wormen, verhouding adulte ten opzichte van het totaal aantal wormen, gemiddeld hoger op het proefperceel (figuur 10c).



Figuur 9. a) adulte b) juveniele en c) fractie adulte wormen op proef (A) en referentiepercelen (B) over de drie meetjaren (gemiddelde +/- standaard fout).

### Biomassa

De totale wormenbiomassa is logischerwijs sterk gecorreleerd aan het aantal wormen ( $r=0.723$ ). In 2021 was de wormenbiomassa hoger op het proefperceel in vergelijking tot het referentieperceel. Dit kwam mede door het hogere aantal adulte wormen op de proefpercelen in 2021. In 2019 en 2024 waren er geen significante verschillen in wormenbiomassa tussen proef- en referentieperceel..



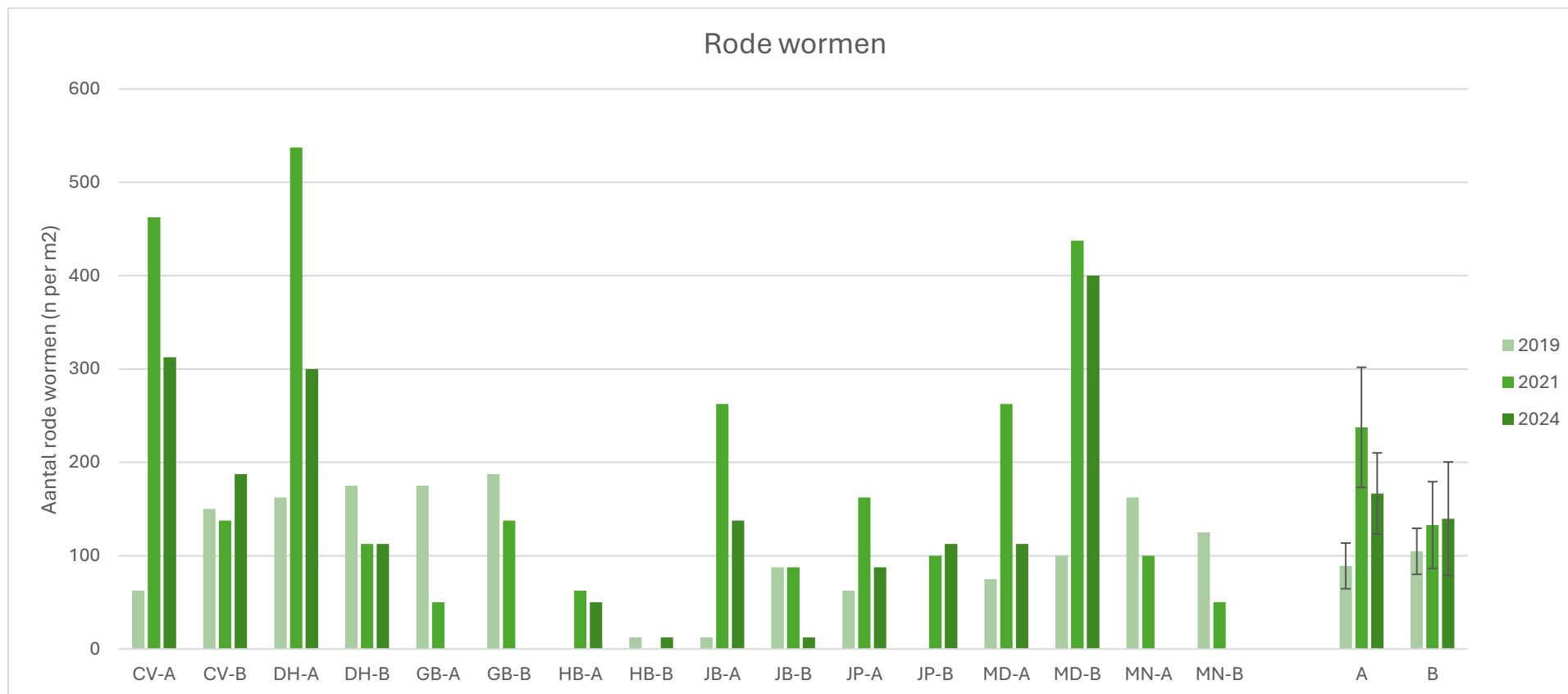
Figuur 10. Biomassa aan wormen op de deelnemende percelen en het gemiddelde op proef (A) en referentie (B) percelen over de drie meetjaren (gemiddelde +/- standaardfout).

De biomassa per worm nam af van 0,33 gram in 2019 naar 0,26 gram in 2021 en 0,21 gram worm in 2024, wat gerelateerd is aan de hogere aantallen juveniele wormen in 2021 en 2024. Tussen proef- en referentieperceel waren geen verschillen in het gewicht per worm. De behandelingen hadden daarmee geen effect op het gewicht per worm.

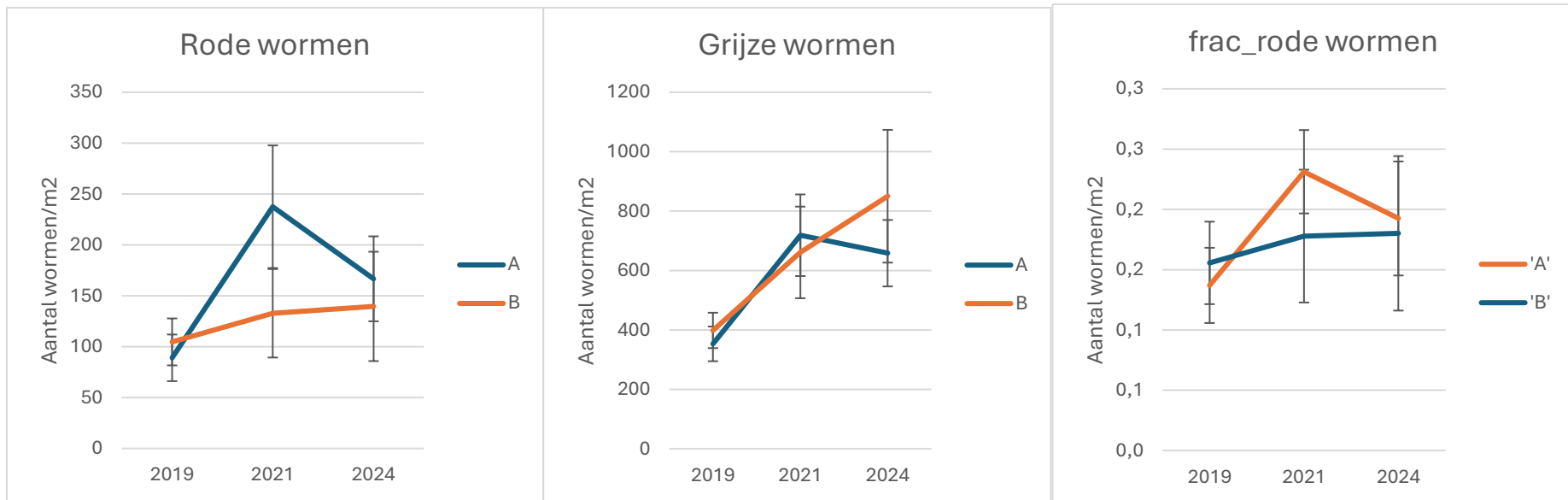
#### Rode wormen

Als er wordt gekeken naar de verschillende groepen regenwormen dan was er in 2021 op het proefperceel (A) in verhouding een hoger aandeel rode wormen (strooiselbewoners en pendelaars) ten opzichte van het referentieperceel (B) (figuur 12 en 13), maar de verschillen waren vanwege de grote

spreading tussen bedrijven en percelen niet significant. Voor het aantal grijze wormen (bodembewoners) waren er geen verschillen in aantallen tussen proef en referentieperceel tussen de jaren. Wel wat het aantal grijze wormen in 2019 lager in vergelijking met 2021 en 2024.

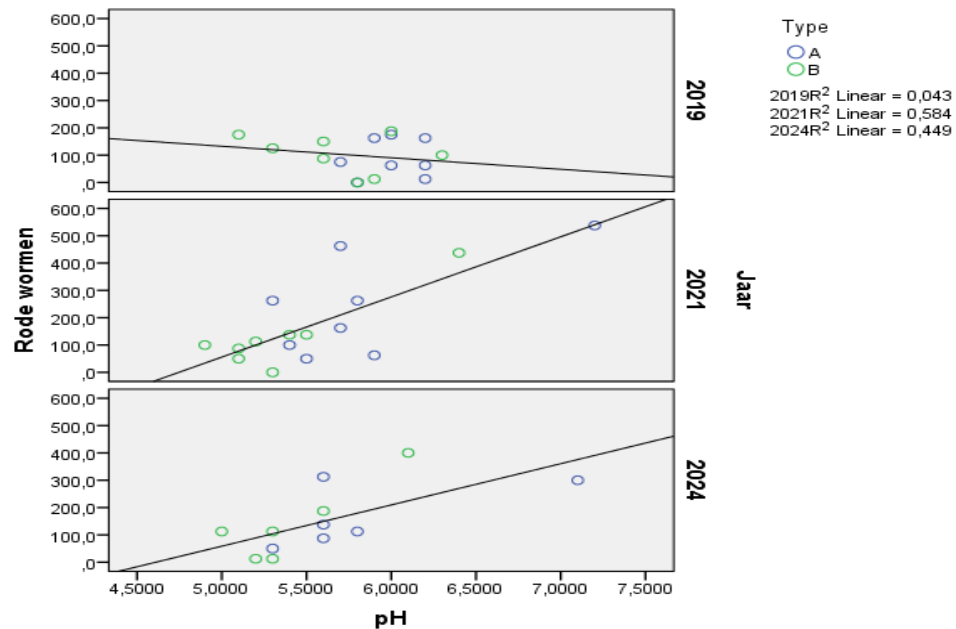


Figuur 11. Het aantal rode wormen op de deelnemende percelen en het gemiddelde op proef (A) en referentie (B) percelen over de drie meetjaren (gemiddelde +/- standaardfout).



Figuur 12. Het gemiddeld aantal a) rode wormen, b) grijze wormen en c) fractie rode wormen op proef (A) en referentie (B) percelen over de drie meetjaren (gemiddelde  $\pm$  standaardfout).

Voor de rode wormen is er een positieve correlatie gevonden tussen het aantal rode wormen en de hoeveelheid calcium in de bodem ( $r=0.425$ ;  $p=0.004$ ) en de daaraan gerelateerde pH ( $r=0.492$ ;  $p=0.001$ ) (figuur 14). Het verhogen van de hoeveelheid calcium in de bodem is daarmee een goede maatregel om het aantal rode wormen in de bodem te stimuleren. Deze correlatie werd gevonden voor zowel strooiselbewoners als pendelaars. Het aantal strooiselbewoners was daarnaast negatief gecorreleerd aan het organische stofpercentage ( $r=-0.318$ ;  $p=0,35$ ), wat waarschijnlijk is gerelateerd aan de lagere pH op venigere gronden met een hoger OS percentage.



Figuur 13. Relatie tussen pH en aantal rode wormen in 2019, 2021 en 2024.

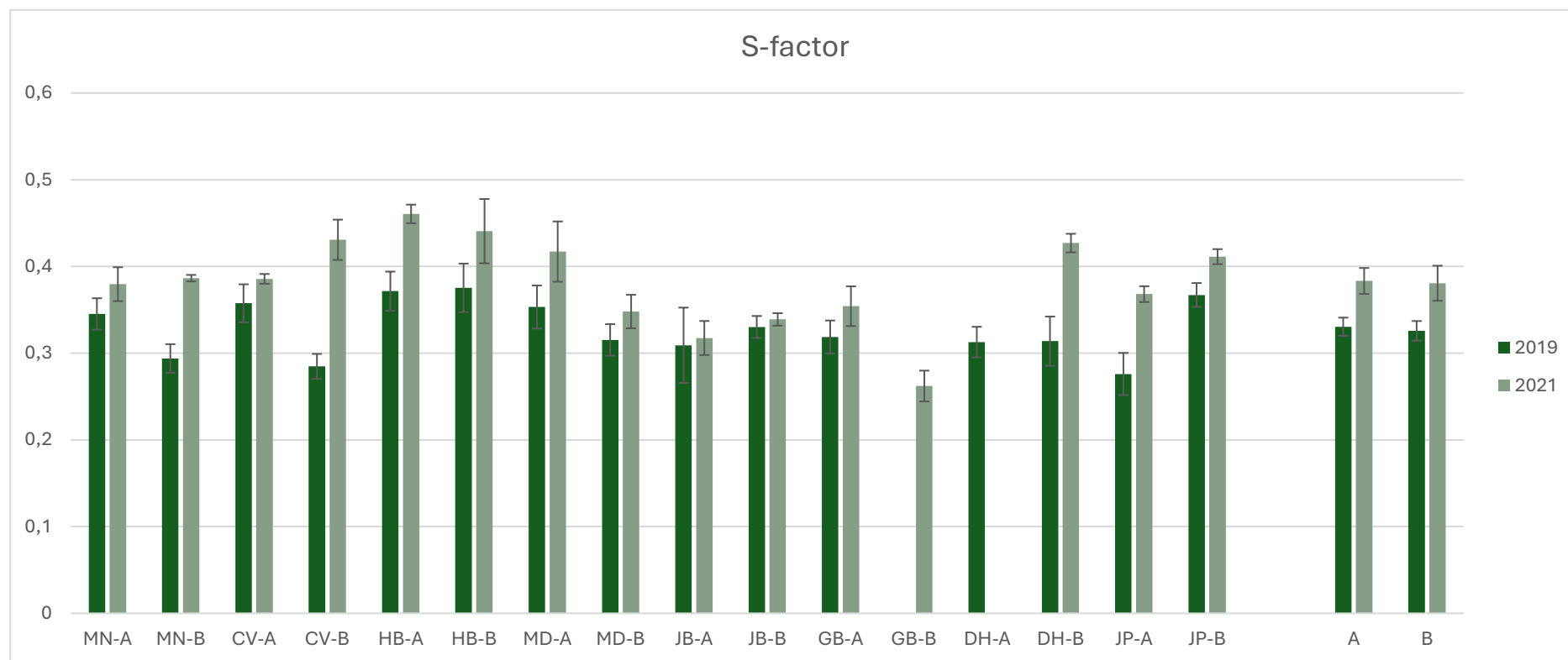
## Microbiologie

### Theezakjesmethode

#### S-factor

De S-factor zegt iets over de hoeveelheid organisch materiaal dat is afgebroken, en daarmee iets over de activiteit van het bodemleven. Hoe dichter de waarde bij nul ligt, hoe hoger de afbraak. Uit figuur 15 blijkt dat de S-factor, en daarmee de afbraak van organisch materiaal, gemiddeld over de percelen niet verschilde tussen proef (A) en referentieperceel (B). Wel was er in 2019 een significante negatieve correlatie tussen de S-factor en het aantal rode regenwormen. Meer rode wormen is een hogere afbraak (lagere S-factor), wat indiceert dat rode wormen een indicator zijn van het bodemleven en de microbiële activiteit. Doordat rode wormen organisch materiaal de bodem in brengen stimuleren zij de afbraak door schimmels en microarthropoden in de bodem. Daarnaast is er voor de S-factor een duidelijk jaareffect te zien. In 2021 was de S-factor hoger dan in 2019, wat betekent dat er in 2021 minder organisch materiaal is afgebroken dan in 2019. De afbraak hangt samen met de activiteit van de microbiologie wat

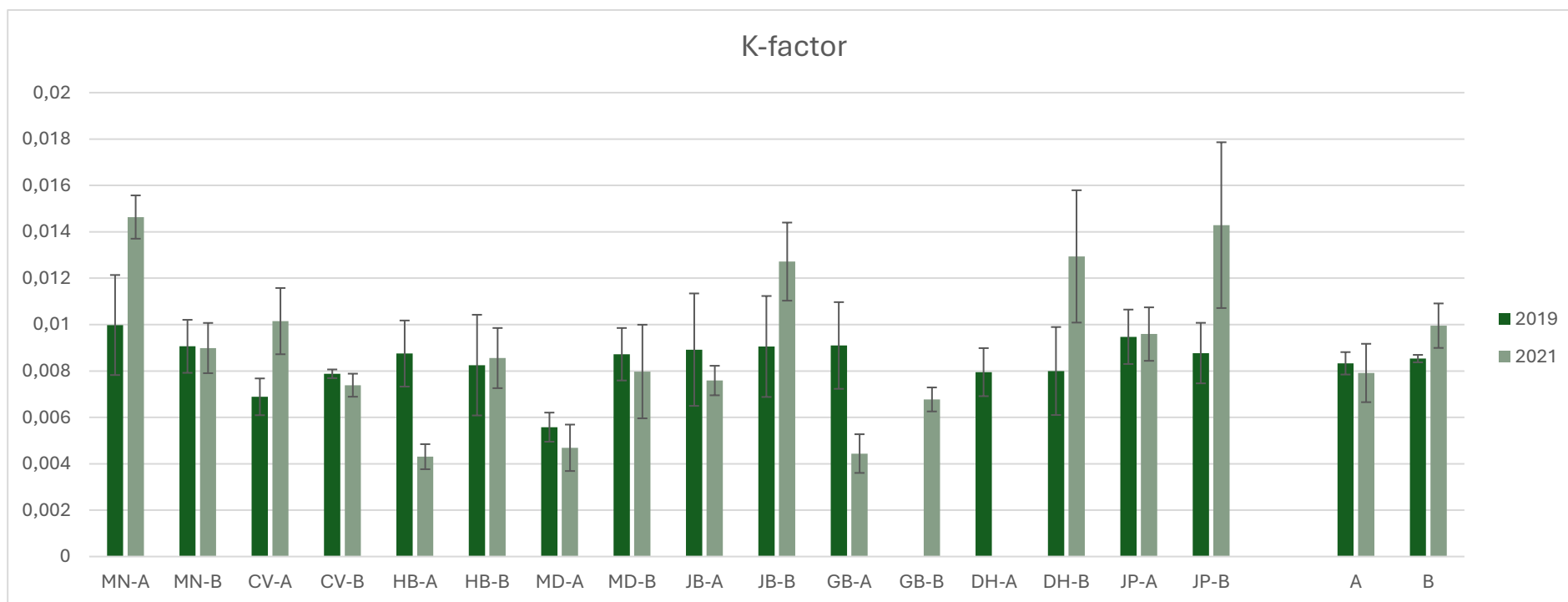
deels gerelateerd is aan de weersomstandigheden gedurende het groeiseizoen (neerslag, temperatuur). In 2024 konden op maar 2 bedrijven op beide percelen genoeg theezakjes teruggevonden worden waardoor 2024 niet is meegenomen in de analyse.



Figuur 14. De S-factor op de deelnemende percelen en het gemiddelde voor alle proef (A) en referentie (B) percelen in 2019 en 2021 (gemiddelde +/- standaardfout)

## K-factor

De K-factor (decompositie factor) zegt iets over de afbraaksnelheid. Hoe hoger de K-factor hoe hoger de afbraaksnelheid. Ook voor de K-factor was er gemiddeld geen verschil tussen proef- en referentieperceel, maar was er wel een duidelijk jaareffect (figuur 16). Wel was er een significant effect van Ca/Mg verhouding op de K-factor ( $F=7.53$ ;  $p=0.011$ ), en was er daarnaast een sterke correlatie tussen beiden ( $r=0.438$ ;  $p=0.012$ ). De Ca/Mg verhouding was in 2021 hoger op het proefperceel (Ca:Mg 3,63) in vergelijking met het referentieperceel (Ca:Mg 2,85). Een hogere Ca/Mg verhouding zou daarmee een positief effect hebben op de biologische activiteit (afbraaksnelheid organisch materiaal), wat bevordert wordt door middel van het toepassen van de eierschalenkalk en zeeschelpenkalk op het proefperceel. De K-factor was daarnaast positief gecorreleerd aan de hoeveelheid gemeten microbiologie met de Nova-Bioscan (NBS\_nr) ( $r=0.430$ ;  $p=0.014$ ), daarmee bevestigend dat een hoog aandeel schimmels en bacteriën in de bodem een positief effect heeft op de afbraaksnelheid van organisch materiaal.



Figuur 15. De K-factor op de deelnemende percelen en het gemiddelde voor alle proef (A) en referentie (B) percelen in 2019 en 2021 (gemiddelde +/- standaardfout)

## Nova-Bioscan

Naast een BBA zijn er uit alle bodemonsters een bioscan genomen. Met een Nova-Bioscan wordt de toestand van het bodemleven in een bodem bepaald. De score loopt van 0 tot 10 (0 is slecht en 10 zeer goed) waarbij als laagste een 4 wordt gescoord. Over het algemeen scoren aerobe bacteriën hoger dan aerobe schimmels wat betekent dat de bodem nog relatief bacterie gedreven is. Voor het behoud en opbouw van organische stof zou je liever meer schimmels zien. Wat opvalt is dat MD A en DH A een verbetering laten zien in aerobe schimmels. JP A laat daarentegen een verslechtering zien. Gedurende de pilot is gemiddeld op zowel proef- als referentieperceel de score verbeterd, met over het algemeen een sterkere toename op de referentiepercelen.

	GB A 18	GB A 20	GB B 18	GB B 20	JB A 18	JB A 20	JB A 23	JB B 18	JB B 20	JB B 23	MD A 18	MD A 20	MD A 23	MD B 18	MD B 20	MD B 23	DH A 18	DH A 20	DH A 23	DH B 18	DH B 20	DH B 23	MN A 18	MN A 20	MN B 18	MN B 20	JP A 18	JP A 20	JP A 23	JP B 18	JP B 20	JP B 23	HB A 18	HB A 20	HB A 23	HB B 18	HB B 20	HB B 23	CV A 18	CV A 20	CV A 23	CV B 18	CV B 20	CV B 23	GEM A 18	GEM A 20	GEM A 23	GEM B 18	GEM B 20	GEM B 23
algemeen	6,2	6,5	6,3	6,4	6,4	7,1	6,6	5,9	7,4	6,4	6,2	6,5	7,1	6,3	7,1	7,1	6,3	6,4	6,6	6,7	6,5	6,7	6,4	7,1	6,0	7,8	6,7	6,5	6,4	6,2	6,5	6,7	6,2	5,6	6,7	6,3	6,8	7,5	6,7	6,7	6,9	6,7	7,0	6,7	6,4	6,6	6,7	6,3	6,9	6,9
Aantallen	7,6	7,9	7,6	7,7	7,6	8,1	7,9	7,2	8,3	7,9	7,6	7,9	8,1	7,6	8,1	8,1	7,6	7,7	7,9	7,8	7,9	7,9	7,6	8,1	7,3	8,3	8,0	7,9	7,8	7,6	7,9	7,9	7,6	6,6	8,0	7,6	8,0	8,2	7,9	8,0	8,0	7,6	8,0	7,9	7,7	7,8	8,0	7,5	8,0	8,0
Variatie	4,8	4,8	4,8	4,8	4,9	5,5	4,9	4,9	5,6	4,8	4,8	4,8	5,5	4,8	5,5	5,5	4,8	4,8	4,9	5,4	4,8	4,9	4,9	5,6	5,5	5,9	4,9	4,8	4,8	4,8	4,8	4,9	4,8	4,8	4,9	4,8	5,0	5,7	5,0	4,8	5,4	4,8	5,5	4,9	4,9	5,0	5,1	5,0	5,2	5,1
Aerobe bacteriën	7,3	7,9	7,3	7,4	7,3	7,9	7,9	6,0	7,9	7,9	7,3	7,9	7,9	7,3	7,9	7,9	7,3	7,4	7,9	7,3	7,9	7,9	7,3	7,4	6,0	7,4	7,9	7,9	7,9	7,3	7,9	7,9	7,3	7,9	7,9	7,3	7,9	7,9	7,4	7,8	7,8	7,0	7,8	7,9						
Aerobe bacteriën variati	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,6	5,3	5,3	5,6	5,3	5,3	5,3	5,7	5,3	5,6	5,7	5,3	5,3	5,3	5,6	5,3	5,3	5,3	5,7	5,6	5,8	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,3	5,7	5,3	5,3	5,6	5,3	5,6	5,3	5,3	5,4	5,4	5,4	5,5	5,4
Aerobe schimmels	4,0	5,7	5,6	4,0	6,5	6,5	5,7	4,0	6,5	4,0	4,0	5,7	6,5	5,6	6,5	6,5	4,0	4,0	5,7	5,7	5,7	6,5	6,5	6,5	5,7	6,5	6,5	5,7	4,0	4,0	5,7	6,5	4,0	5,7	4,0	5,6	7,1	5,7	4,0	4,0	5,7	4,0	5,7	6,5	4,9	5,5	5,3	5,0	6,0	6,0
Aerobe schimmel variati	4,0	5,4	5,4	4,0	6,2	6,3	5,4	4,0	6,3	4,0	4,0	5,4	6,3	5,4	6,3	6,3	4,0	4,0	5,4	5,4	5,4	6,3	6,2	6,3	5,4	6,3	6,2	5,4	4,0	4,0	5,4	6,3	4,0	5,4	4,0	5,4	6,6	5,4	4,0	4,0	5,4	4,0	5,4	6,3	4,8	5,3	5,1	4,9	5,7	5,8

Figuur 16. Score op de verschillende parameters van de Nova-Bioscan voor alle percelen en gemiddeld voor proef en referentieperceel over de jaren 2018, 2020 en 2023.

## Chroma

Tabel hieronder laat de beoordeling van de chroma's zien in getallen van 1 t/m 10. Het bedrijf MN scoort duidelijk als slechtste op alle zones. Dit bedrijf bevindt zich op puur veen waarbij de andere bedrijven een redelijk klei pakket hebben. Het bedrijf MD en DH scoren het beste. Verder valt op dat er veel variatie zit tussen de monsters en dat je geen eenduidige lijn kunt vinden. Bij het bedrijf JP zien we dat het proef perceel beter scoort over de gehele linie dan het schaduw perceel. De verwachte toename van de scores bij het proefperceel door de bodem verbeterende maatregelen is niet consequent terug te zien.

Hieronder de grafiek van de algemene beoordelingen van de Chroma's. Op de volgende pagina wordt de score van de chroma's toegelicht. De Chroma's van bedrijf 5 scoren duidelijk slechter dan die van de andere bedrijven. Bedrijf 5 is het enige bedrijf op een pure veengrond. De andere bedrijven zijn klei op veen. Er is over het algemeen nog geen duidelijke verbetering te zien ten opzichte van de nul meting.

	GB A 18	GB A 20	GB B 18	GB B 20	JB A 18	JB A 20	JB A 23	JB B 18	JB B 20	JB B 23	MD A 18	MD A 20	MDA 23	MD B 18	MD B 20	MD B 23	DH A 18	DH A 20	DHA 23	DH B 18	DH B 20	DH B 23	MN A 18	MN A 20	MN B 18	MN B 20	JP A 18	JP A 20	JP A 23	JP B 18	JP B 20	JP B 23	HB A 18	HB A 20	HB A 23	HB B 18	HB B 20	HB B 23	CV A 18	CV A 20	CV A 23	CV B 18	CV B 20	CV B 23	A 18	A 20	A 23	B 18	B 20	B 23	
Algemene beoordeling	5,5	3,5	4,0	5,0	6,5	6,5	5,5	6,0	4,0	5,5	7,0	4,0	6,5	7,5	9,0	8,0	7,0	7,0	7,5	7,0	7,0	6,5	2,0	1,5	2,0	1,5	7,5	7,0	8,0	5,5	5,0	5,5	4,5	4,0	5,0	6,0	5,0	5,5	5,5	6,5	6,5	5,5	6,0	4,5	5,5	5,7	5,0	6,3	5,5	5,1	6,1
Centrale zone kleur	5	5	4	5	5	6	5	5	6	5	3	5	5	4	5	6	5	5	5	4	6	4	5	2	1	2	1	4	6	7	4	6	5	4	5	5	4	6	5	3	6	5	7	7	5	3,9	4,9	5,3	4,3	5,3	5,0
Centrale zone formaat	5	7	5	5	5	4	5	5	7	4	5	7	4	6	9	9	7	7	6	6	5	6	6	1	1	2	1	7	6	7	5	7	4	4	7	4	3	7	4	5	4	4	6	4	4	4,9	5,4	4,8	4,8	5,6	5,2
Binnenste zone doorluchting	5	3	4	2	7	5	5	7	3	4	6	3	4	8	8	7	8	6	5	7	6	6	6	4	1	4	1	7	6	7	6	3	4	5	3	4	6	3	4	6	5	4	5	4	5	6,0	4,0	4,8	5,9	3,8	5,0
Middelste zone (tanden)	3	3	2	3	6	5	3	5	3	4	6	4	5	6	7	5	4	6	6	6	5	4	4	2	1	2	1	8	6	6	5	3	4	3	3	4	5	4	4	5	5	4	4	3	4	4,6	4,1	4,7	4,4	3,6	4,2
Buitenste zone OS - Humus	4	2	2	2	7	3	3	6	2	3	7	2	4	7	7	6	6	8	7	6	5	4	4	1	1	1	1	7	5	5	5	3	3	4	2	2	4	3	3	6	3	3	3	3	4	5,3	3,3	4,0	4,3	3,3	3,8
Buitenste zone Humuswolkes	4	2	2	2	4	3	4	3	2	3	5	1	3	5	6	4	4	5	6	4	4	4	4	3	1	1	1	6	4	4	3	3	3	3	2	3	3	2	3	3	3	3	2	4	4,0	2,6	3,8	3,0	2,8	3,5	
Buitenste zone kleur	4	3	4	4	6	6	4	5	4	6	6	4	6	6	6	5	6	4	5	5	6	6	6	2	1	2	1	6	7	6	5	5	5	4	3	5	4	5	5	5	5	5	6	5	7	4,9	4,1	5,2	4,6	4,5	5,7
Onderlinge verhouding	5	4	5	4	6	4	4	6	4	4	7	4	5	8	9	7	7	7	7	7	7	5	5	2	1	2	1	6	5	7	6	4	4	5	4	4	5	4	4	6	4	4	5	4	4	5,5	4,1	5,2	5,5	4,4	4,7
Overgang	6	4	4	4	6	7	4	6	4	4	8	4	6	8	7	6	8	5	6	8	8	6	6	2	1	2	1	6	8	7	5	4	4	5	4	4	5	4	4	6	7	4	6	4	4	5,9	5,0	5,2	5,5	4,5	4,7

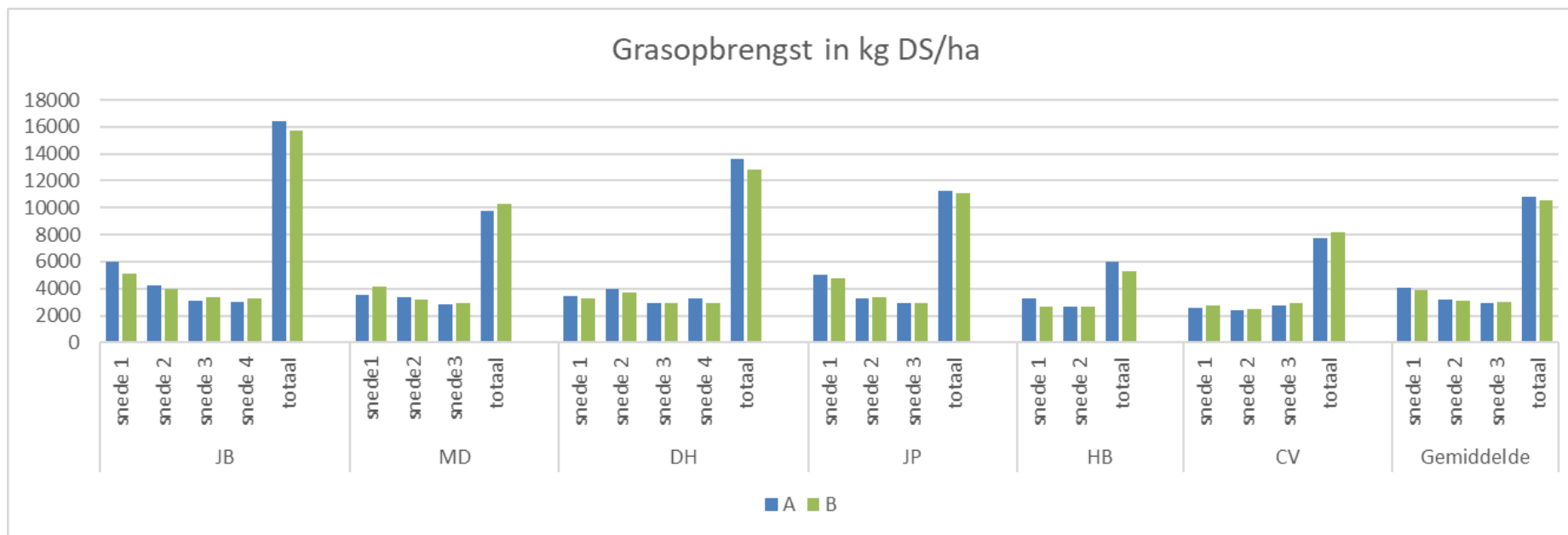
Figuur 17. Resultaten van de beoordeling van de chroma op de verschillende indicatoren voor alle percelen en gemiddeld voor proef en referentieperceel over de jaren 2018, 2020 en 2023.

1. **Algemene beoordelingen**: De gemiddelde beoordelingen in verschillende categorieën vertonen variatie, waarbij sommige groepen aanzienlijk hoger scoren dan andere. De gemiddelde beoordeling voor groep MD A is bijvoorbeeld opvallend hoog, terwijl MN A een zeer laag gemiddelde heeft.
2. **Zonebeoordelingen**: De beoordelingen voor de kleur en het formaat van de centrale zone zijn over het algemeen consistent tussen groepen, waarbij de meeste groepen tussen de 4 en 6 scoren. Er zijn echter uitschieters, zoals MN A, die in deze categorieën zeer laag scoorde en MD B hoog.
3. **Kenmerken van de buitenzone**: De beoordelingen van de buitenzone voor humus en kleur vertonen een gemengde prestatie. Groepen zoals JB A en MD B hebben hogere scores in deze gebieden, wat duidt op een betere kwaliteit of kenmerken in die zones.
4. **Overgangsbeoordelingen**: De overgangsbeoordelingen variëren sterk, waarbij sommige groepen zo laag scoren als 1 (MN A) en andere zo hoog scoren als 8 (MD B). Dit suggereert dat de kwaliteit van de overgang een significante onderscheidende factor is tussen de groepen.
5. **Algemene trends**: Groepen met hogere algemene beoordelingen hebben doorgaans betere scores in de binnenste en buitenste zones, wat duidt op een correlatie tussen de algehele kwaliteit en specifieke zonekenmerken.
6. **Uitschieters**: MN A scoort consistent laag in alle categorieën, wat duidt op mogelijke problemen of tekortkomingen in die groep. Groepen zoals MD B en JB A vertonen daarentegen sterke prestaties in meerdere categorieën.
7. **Consistentie**: Sommige groepen, zoals DH A en DH B, vertonen consistente scores in verschillende zones, wat duidt op een stabiele kwaliteit in hun kenmerken.
8. **Variabiliteit in scores**: De gegevens tonen een hoge mate van variabiliteit in scores, met name in de buitenste zones, wat kan duiden op verschillende omgevingsomstandigheden of beheerpraktijken die van invloed zijn op die gebieden."

### 3.4 Gewas

#### Opbrengst

Met de graslandhoogte meter is er op 40 plekken per perceel de gemiddelde drogestofopbrengst gemeten met de instellingen van Koe en Wij (richtlijn schatten droge stofopbrengst grasland). De drogestof opbrengst zoals weergegeven is de opbrengst tot aan de bodem, zonder correctie van stoppel. Bij zware snedes is het meten met een graslandhoogtemeter minder nauwkeurig. Bedrijf JP heeft de percelen in natuurbeheer en zijn dus pas na 15 juni voor de eerste keer gemeten. Daarna is er vooral geweid. Ook bedrijf HB en CV weiden veel waardoor de werkelijke drogestof opbrengst over het jaar kan verschillen met de gemeten waarden. Wat opvalt is dat 4 van de 6 bedrijven over het jaar een hogere opbrengst hebben bij het proef perceel. Ook nu valt bedrijf JB op met hogere opbrengsten voor de eerste 2 snedes op het proef perceel. Later in het jaar is dit wel iets bijgetrokken. Verklaring is het koude en natte voorjaar in combinatie met de verdichte grond op het referentie perceel. Na juli is de opbrengst op het referentieperceel hersteld.

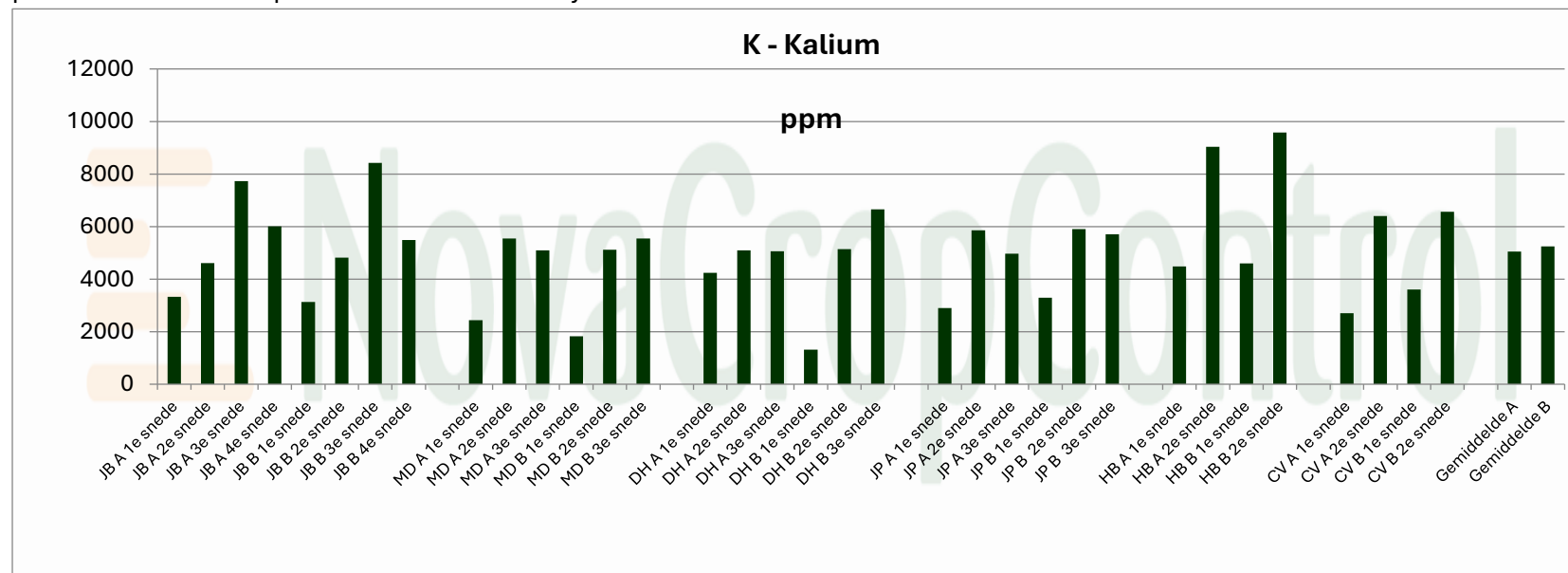


## Plantsapanalyses

### Kalium in gewas

Doel binnen de pilot was om, naast het toepassen van kalk en zeeminerale, op de proefpercelen de drijfmest beter over het jaar te verdelen om de hoeveelheid kalium in het gras minder te laten pieken. De plant neemt in het voorjaar onder koude omstandigheden makkelijk kalium uit dierlijke mest op. Door het natte voorjaar in 2024 is het op een aantal percelen niet gelukt om dierlijke mest uit te rijden. Daarom zien we geen hoge waarden van kalium in de plantsapmetingen tijdens de eerste snede, maar wel later in het jaar. Weersomstandigheden en het tijdstip van de drijfmestgift zijn van grote invloed op het kaliumgehalte in het gras. Over het algemeen kunnen we zien dat verdelen van drijfmest positief is voor Kalium in de plant, het kaliumgehalte in het plantsap is over het algemeen lager op de proefpercelen.

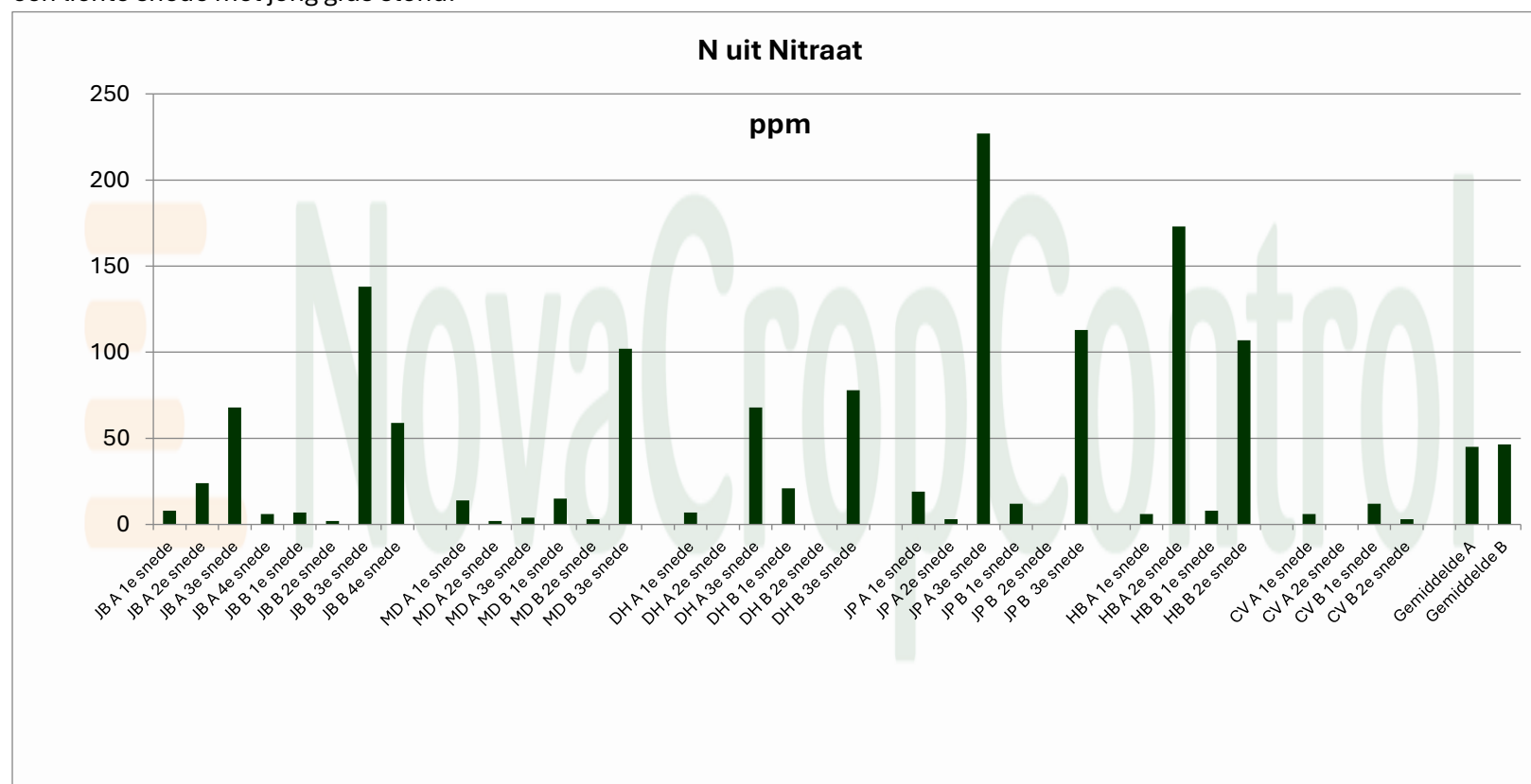
Lage Kalium gehalten in het ruwvoer van koeien betekent een hogere drogestof opname en dat er minder aanvullingen van andere mineralen zoals Magnesium in het rantsoen nodig zijn. Minder magnesium in het rantsoen is minder magnesium in de mest en dus op de bodem wat gunstig is voor de Ca/Mg verhouding. Om het gewas weerbaar te maken en de eiwit kwaliteit naar een hoger plan te trekken komen er vaak nog een aantal elementen in het gewas tekort. Vaak zit bijvoorbeeld Magnesium meer dan voldoende in de grond maar komt door te veel Kalium niet goed in de plant. Hierdoor verloopt de aanmaak van koolhydraten en eiwitten moeizaam.



Figuur 18. Kalium gehalte (ppm) in het plantsap gedurende de verschillende maaisnedes per bedrijf en gemiddeld over alle proef- en referentiepercelen.

## Nitraat in gewas

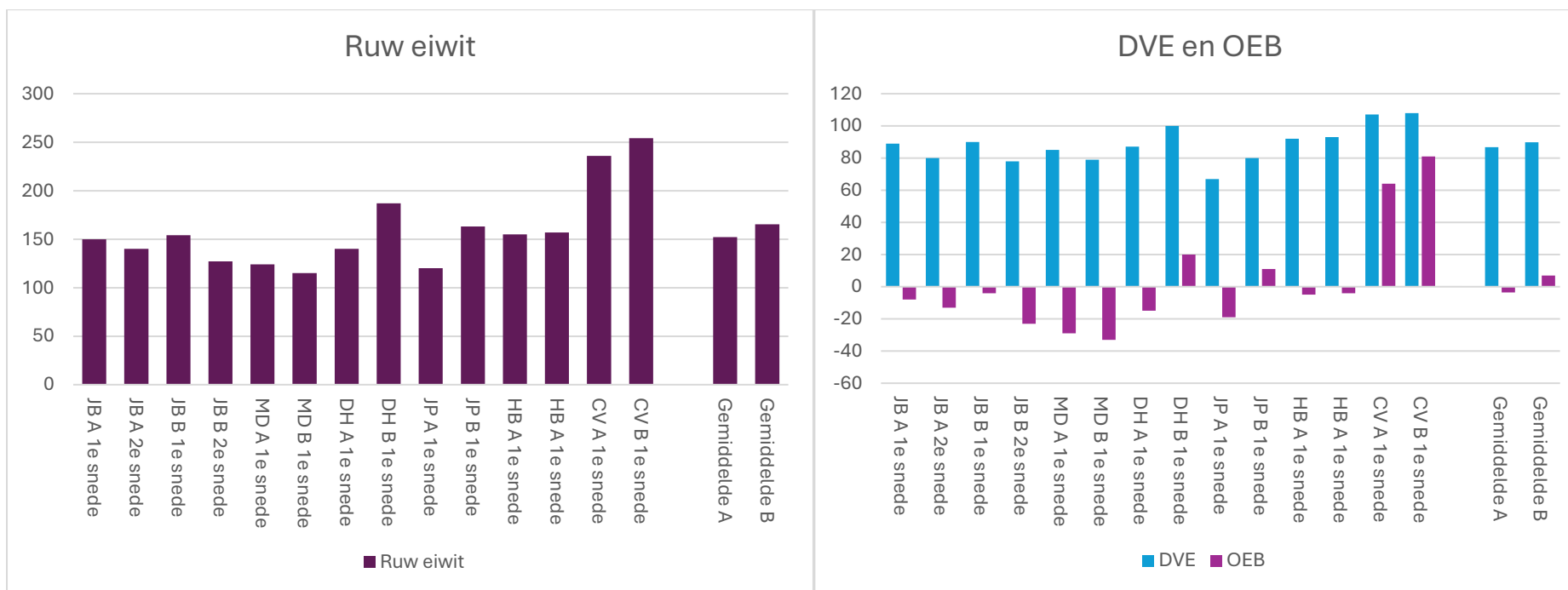
Nitraat in plantsap geeft de mate van stikstof in de plant aan die niet is omgezet in eiwit. Voor de situatie van gras vlak voor de oogst of voor beweiden geldt hoe lager hoe beter. De hoogte van het nitraat heeft te maken met het tijdstip van bemesten, de mest soort, en de tijd plus weersomstandigheden tussen bemesting en oogst. Over het algemeen is nitraat in het plantsap lager op de proefpercelen. Bij bedrijf JB valt op dat er een stijgende lijn zit voor het proef perceel t/m de derde snede. Waarschijnlijk is deze grond sneller opgewarmd waardoor het bodemleven eerder actief wordt. Door de koude en natte bodem is bij JB de stikstof op het referentie perceel minder opgenomen en komt later vrij. Verder is er een piek in nitraat te zien op het proefperceel bij bedrijf HB tijdens de 2<sup>e</sup> snede. Op het moment van monsternamen werd er op het perceel geweid waardoor er een lichte snede met jong gras stond.



Figuur 19. N uit nitraat (ppm) in het plantsap gedurende de verschillende maaisnedes per bedrijf en gemiddeld over alle proef- en referentiepercelen.

## Voederwaarde analyses

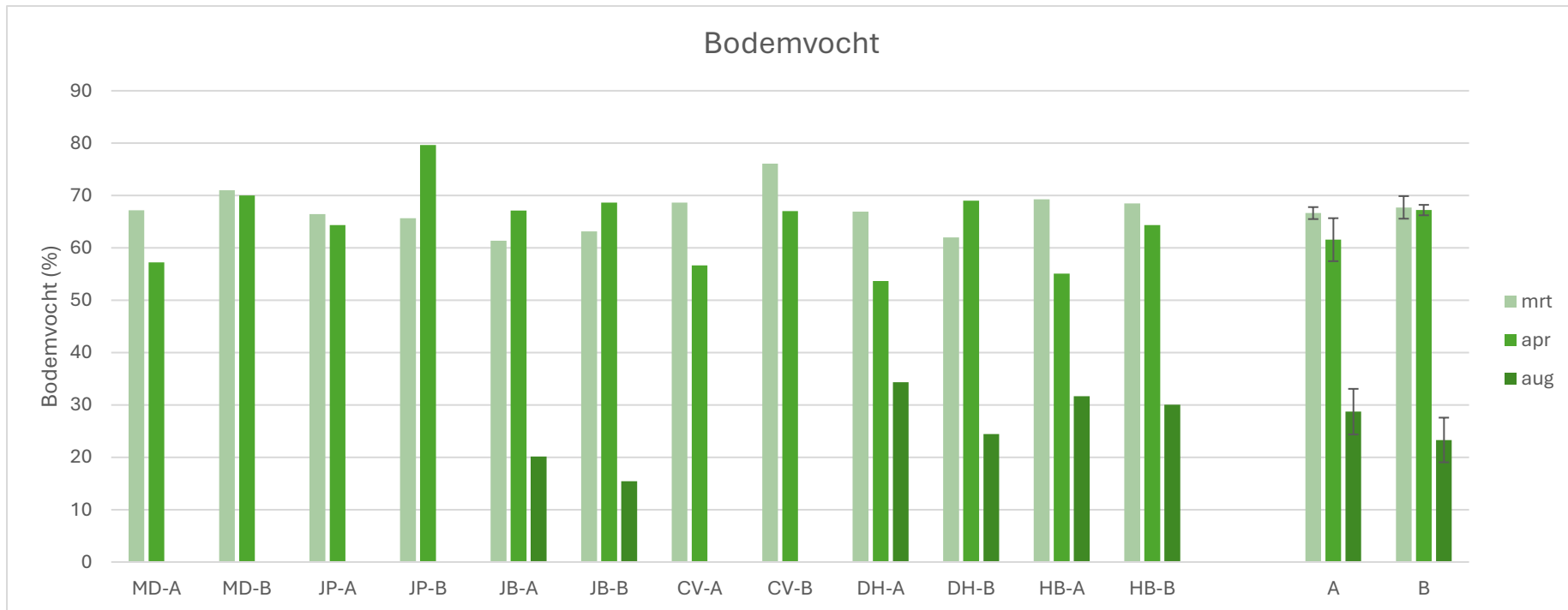
Voor de eerste snede (bedrijf JB ook voor de 2<sup>e</sup> snede) zijn er versgras monsters naar Eurofins gestuurd voor voederwaarde onderzoek. Het ruw eiwit in het gras is een belangrijk kengetal. Hieronder wordt het RE in gram/kg ds uitgedrukt. RE is stikstof x 6.25 en geeft dus ook de hoeveelheid stikstof in het gewas weer. In een goed bedrijf systeem hangen bodem gewas koe en mest sterk met elkaar samen. Kilo's RE en stikstof zeggen hierbij niet alles. Het gaat om de kwaliteit van de stikstof of van het ruweiwit. DVE/OEB verhouding is de verhouding tussen snel beschikbaar pens eiwit en het eiwit wat op darmniveau vrijkomt. De verhouding tussen deze twee getallen zeggen meer over de kwaliteit van het eiwit. In versgras zit in het voorjaar relatief weinig eiwit en veel suikers. Daarom is op veel percelen het OEB negatief gemeten in het monster.



## 3.5 Water

### Bodemvocht

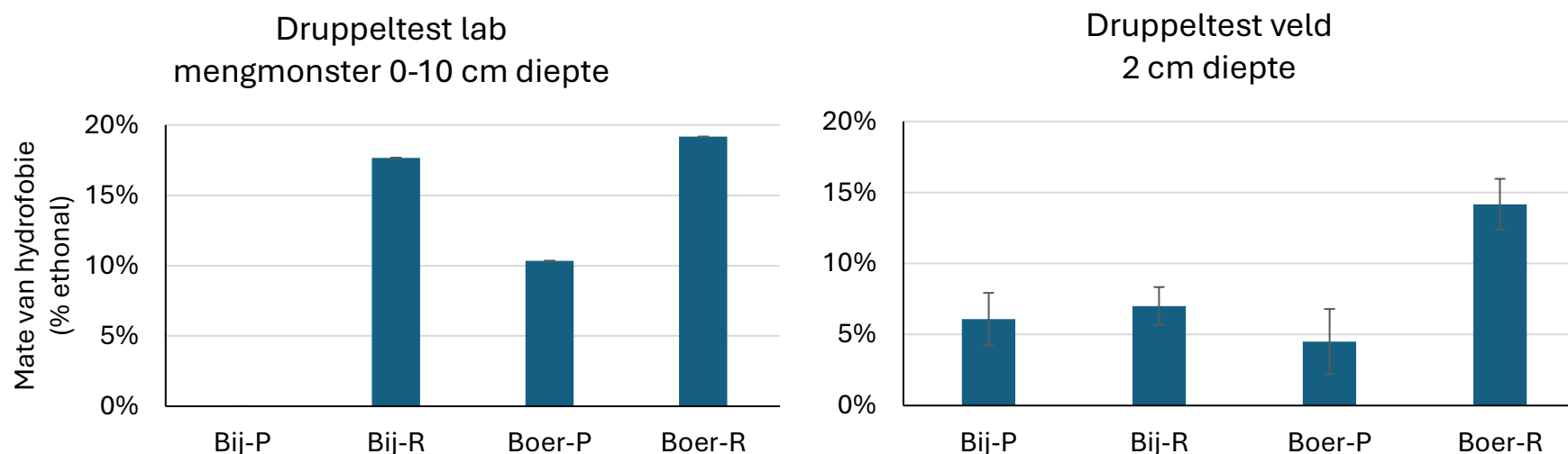
In maart, april en augustus (deel van de percelen) zijn bodemvochtmetingen uitgevoerd in de laag 0-10 cm. In maart is op de meeste bedrijven het bodemvochtgehalte op de proef- en referentiepercelen vergelijkbaar. Een maand later in april is het bodemvocht gehalte op de meeste bedrijven hoger op de referentiepercelen (mogelijk mindere infiltratie/waterstagnatie), terwijl dit in de zomer gedurende een drogere periode in augustus juist hoger was op de proefpercelen (mogelijk beter vochtvasthoudend vermogen). De weken voor de meting in april is er veel regen gevallen. Een aantal percelen (JB-B, JP-B en CV-B) waren erg nat en waren plassen (waterstagnatie) waarneembaar.



Figuur 20. Bodemvochtgehalte op de deelnemende percelen en het gemiddelde bodemvochtgehalte voor de proef (A) en referentie (B) percelen in maart, april en augustus 2024 (. Gemiddelde +/- standaardfout).

## Hydrofobie metingen

Op twee bedrijven zijn in september 2023 hydrofobiemetingen in het lab en in het veld uitgevoerd op het proef- en schaduwperceel van twee van de deelnemende bedrijven. Dit waren de bedrijven waar proef- en schaduwperceel het meest vergelijkbaar waren (dikte kleidek, OS%, etc.). Uit figuur 18 blijkt dat zowel bij de druppeltest in het veld als onder lab condities de waterinfiltratie beter, en de waterafstotendheid (mate van hydrofobie) lager is op de proef percelen in vergelijking met de referentiepercelen, uitzondering hierop is het bedrijf Bij, bij de druppeltest in het veld op 2 centimeter diepte. Dit sluit aan bij de hypothese dat het verbeteren van de bodemvruchtbaarheid door het toepassen van kalk en zeemineralen en een betere Ca/Mg verhouding resulteert in een betere waterinfiltratie.



Figuur 21. Hydrofobiemetingen via een druppeltest in a) het lab en b) het veld op de proef (P) en referentie (R) percelen uitgevoerd door het Louis Bolk Instituut. %Ethanol: 0 zeer hydrofiel, 3 hydrofiel, 5 licht hydrofoob, 8,5 matig hydrofoob, 13 zeer sterk hydrofoob, 24 zeer sterk hydrofoob, 36 extreem hydrofoob. (Hoekstra et al., in prep).

## 3.6 Praktijkervaringen deelnemers

Aan het einde van de pilot is de boeren gevraagd naar hoe zij terugkijken op de pilot. Wat hebben ze er van geleerd, waar lag de meerwaarde en gaan ze de opgedane kennis blijvend toepassen op hun bedrijf. Hierbij gaf het merendeel van de deelnemers (5 van de 6) geeft aan dat de pilot ze nieuwe inzichten heeft opgeleverd en ziet de pilot als een meerwaarde. Hierbij gaven deelnemers aan: "Kennis is ontwikkelt waardoor ik veel vertrouwen heb

in het werken aan het verbeteren van de bodemvruchtbaarheid”; “ bezig zijn met bodemvruchtbaarheid is altijd leerzaam” en “Het heeft kennis en kunde gebracht over de bodem. Het proefperceel is in mijn ogen ook daadwerkelijk vooruit gegaan qua opbrengst en bewerkbaarheid”. Daarnaast geeft 80% van de deelnemers aan dat ze na de pilot verder gaan met het toepassen van kalk en zeeminerale en het bemesten van drijfmest in kleinere giften per keer op de percelen. En alle deelnemers gaan dit doen als de kosten gedekt worden vanuit een ANLb pakket. Vanwege de voordelen voor bodemkwaliteit en bodemleven heeft collectief it Lege Midden een pakketvoorstel bemesten met kalk en zeeminerale ingediend bij BoerenNatuur. Dit ANLb pakket kan toegepast worden binnen zowel het leefgebied open grasland als klimaat (bodemverbetering).

Deelnemers hebben daarnaast jaarlijks advies gekregen over het verbeteren van de gehele bedrijfskringloop (naast bodem, ook gewas, dier en mest). Naar aanleiding van deze adviezen heeft 40% van de deelnemers aanpassingen gedaan om de bedrijfskringloop te optimaliseren, 60% heeft dit niet gedaan. Wel gaf 80% van de deelnemers aan dat het bedrijfsadvies voor hun van meerwaarde was. ‘Lager ureum wil ook melken, en geeft voordelen in de mestafzet’ en ‘Veel wist ik al, de meerwaarde is vooral samen met de schep de grond in’.

## 4. Conclusies

De grote verschillen tussen de bedrijven onderling en de variatie (in o.a. bodemprofiel) tussen percelen maken het lastig om harde conclusies te trekken over de effecten van de genomen maatregelen. Wel komen er een aantal duidelijke relaties uit de data naar voren die aansluiten bij de hypothesen.

### 4.1 Bodem

Het opbrengen van eierschalenkalk heeft, zoals beoogd, geresulteerd in een hogere calciumvoorraad en Ca/Mg verhouding in 2021. Dit effect verdween na 2021, waarschijnlijk omdat er toen is overgestapt naar trager werkende (grovere) zeeschelpkalk. In 2021 was ook het aantal rode wormen gemiddeld genomen hoger op de proefpercelen. De verschillen waar echter niet significant, echter de gevonden positieve correlatie tussen het aantal rode wormen en de calciumvoorraad en pH van de bodem geeft wel aan dat het toepassen van kalk een positief effect op rode wormen. Rode wormen bleken daarnaast een indicator te zijn voor de kwaliteit van het bodemleven. Het aantal rode wormen was positief gecorreleerd aan de afgebroken hoeveelheid organisch materiaal in de bodem via de theezakjesmethode. Daarnaast was er een positieve correlatie tussen de afbraaksnelheid van organisch materiaal (K-factor) en de Ca/Mg verhouding in de bodem. Wat indirect impliceert dat de Ca/Mg verhouding een positief effect heeft op de hoeveelheid en activiteit van de microbiologie. Dit werd bevestigd door de gevonden positieve relatie tussen de afbraaksnelheid (K-factor) en de hoeveelheid microbiologie in de bodem gemeten via de Nova Bioscan (NBS\_nr). Hieruit kan opgemaakt worden dat het toedienen van kalk, in het specifiek eierschalenkalk, resulteren in een hogere calciumvoorraad en daaraan gerelateerde pH in de bodem een positief effect heeft op het bodemleven.

## 4.2 Gewas

Uit de metingen vanuit de plantsapanalyses en voederwaarde analyses blijkt dat een betere verdeling van de drijfmest (kleinere giften) resulteert in een lager kali gehalte in het gras. Een lager kaligehalte in het gras geeft een hoger calcium gehalte. Over het algemeen is het nitraat in het plantsap nog te hoog dit is gerelateerd aan de hoge pieken gedurende de latere snedes (nazomer/najaar) wanneer de bodem begint te mineraliseren. Qua opbrengst en voederwaarde (VEM en DVE) is er geen verschil tussen proef en referentie perceel gemeten. Het OEB en Ruw eiwit (RE) gehalte waren over het algemeen juist lager op het proefperceel.

## 4.3 Water

Uit de uitgevoerde hydrofobiemetingen op twee van de deelnemende bedrijven door het Louis Bolk instituut blijkt daarnaast dat de waterinfiltratie hoger, en de waterafstotendheid lager is op de proefpercelen. Dit is een indicatie van een betere bodemstructuur en daaraan gerelateerde waterinfiltratie op de proefpercelen. Dit wordt indicatief ook bevestigd vanuit de bodemvochtmetingen, wat in het vroege voorjaar en tijdens natte omstandigheden resulteert in een lager bodemvochtgehalte op het proefperceel (betere waterinfiltratie) en tijdens droge omstandigheden juist in een hoger bodemvochtgehalte (beter watervasthoudend vermogen).

## 4.4 Bedrijfskringloop

Het verbeteren van de bodemvruchtbaarheid vraagt om een integrale benadering vanuit het bedrijf. De interactie tussen voer, dier, mest en bodem is complex en er zijn meerdere factoren die direct of indirect van invloed zijn op de bodemkwaliteit. Door de binnen de pilot ook te kijken naar het optimaliseren van de gehele bedrijfskringloop, met aandacht voor de kwaliteit van het ruwvoer, mestkwaliteit en bodemconditie, heeft dit bijgedragen om het gehele systeem inzichtelijk te krijgen. Uit deze gegevens blijkt dat de stikstof bodemoverschotten nog verder kunnen dalen en dat er nog ruimte zit om te sturen op een lager ruw eiwit gehalte in het rantsoen. Door minder eiwit te voeren zal ook de mestkwaliteit verbeteren en daarmee ook de bodemkwaliteit. Door de bodem op een betere manier te voeden en te beheren kan de bodembiologie beter zijn werk doen, wat bijdraagt aan een totale verbetering van de bedrijfskringloop.

## Literatuur

- Deru, J., Van Eekeren, N., Kloen, H., Dijkman, W. et al. 2012. Bodemindicatoren voor duurzaam bodemgebruik in de veenweiden; ecosysteemdiensten van landbouw- en natuurpercelen in het veenweidegebied. Deel A onderzoeksrapportage.
- Dontsova, K.M., Norton, L.D., 2002. Clay dispersion, infiltration, and erosion as influenced by exchangeable Ca and Mg. *Soil Science* 167, 184–193. doi:10.1097/00010694-200203000-00003
- Hoekstra, N., Sleiderink, J., Van de Logt, R. & Van Eekeren, N. 2021. Doorbreken pendelende regenwormen schalterveen? V-focus.
- Iepema, G, Domhof, B., Van Eekeren, N. 2015. Afbraak thee maat voor afbraak organische stof. V-focus, p. 19.
- Keuskamp, J.A., Dingemans, B.J.J., Lehtinen, T., Sarneel, J.M. & Hefting, M.M. 2013. Tea Bag Index: a novel approach to collect uniform decomposition data across ecosystems. *Methods in Ecology and Evolution* 4, 1070-1075.
- Krediet, A. 2019. De Nederlandse Regenwormen. Jeugdbondsuitgeverij.
- Terrer, C., Vicca, S., Hungate, B.A., Philipps, R. P. & Prentice, I.C.. 2016. Mycorrhizal association as a primary control of the CO<sub>2</sub> fertilization effect. *Science* 353.
- Van Dijk, W., de Boer, J.A., de Haan, M.H.A., Mostert, P., Oenema, J. & Verloop, J. 2020. Rekenregels van de Kringloopwijzer 2020. Achtergronden van BEX, BEA, BEN, BEP en BEC: actualisatie van de 2019-versie. Wageningen University & Research.
- Van Eekeren, N., Heeres, E. & Smeding, F. 2003. Leven onder de graszode; Discussiestuk of het beoordelen en beïnvloeden van bodemleven in de biologische melkveehouderij. Louis Bolk Instituut, Driebergen.
- Van Eekeren, N., Deru, J., Lenssinck, F. & Bloem, J. 2016. Bodemkwaliteit op veengrond; Effecten van drie maatregelen op een rij.
- Van Eekeren, N., Bokhorst, J., Deru, J., & de Wit, J. 2014. Regenwormen op het melkveebedrijf. Driebergen: Louis Bolk Instituut.
- Van Eekeren van, N., Iepema, G., & Domhof, B. 2016. Goud van oud grasland. Driebergen: Louis Bolk Instituut.

## Bijlage I.

<b>Bedrijf</b>	<b>Perceel</b>	<b>Bodemsoort</b>	<b>Kleidek (Dikte in cm)</b>	<b>Veraard veen (Diepte in cm)</b>	<b>GWP (cm omv)</b>
GB	A	pVc Weideveengronden	25-40	25-70	60
GB	B	pVc Weideveengronden	20-35	20-70	75
JB	A	pVs Weideveengronden	15-60	15-80	105
JB	B	pVs Weideveengronden	20-60	20-80	110
MD	A	kVc/pVs Waardveengronden	20-90	20-70	33
MD	B	Mv41C Drechtvaaggronden	40-60	40-110	75
DH	A	Mv41C Drechtvaaggronden	50-120	50->120	72
DH	B	Mv41C Drechtvaaggronden	30-100	30-100	81
MN	A	Vzc Vlierveengronden	n.a.	0-80	85
MN	B	Vzc Vlierveengronden	n.a.	0-70	95
JP	A	pVc Weideveengronden op zeggeveen	10--60	10-100	65
JP	B	pVc Weideveengronden op zeggeveen	20-50	20-80	88
HB	A	pVc Weideveengronden op zeggeveen	20-40	20-90	43
HB	B	pVc Weideveengronden op zeggeveen	20-50	20-90	75
CV	A	kVc Waardveengronden			
CV	B	kVc Waardveengronden			