

Microbiologische veenafbraak in Aldeboarn - De Deelen

Rapportage

Opdrachtgever: Provincie Fryslân



creating with the power of nature

OPDRACHTGEVER: Provincie Fryslân
PROJECTTITEL: Microbiologische veenafbraak in Aldeboarn -
De Deelen
PROJECTCODE: 20235993/13688
DOCUMENTTYPE: Rapportage
PUBLICATIEDATUM: 28 november 2024
PROJECTLEIDER: Jidske Knigge
AUTEUR(S): Jidske Knigge
COLLEGIALE TOETS: Eline Keuning

Bioclear earth b.v.
Rozenburglaan 13C; 9727 DL Groningen
Telefoon: 050 571 84 55
Email: info@bioclearearth.nl
Website: www.bioclearearth.nl



Bioclear earth is gecertificeerd conform
ISO 9001:2015.



Bioclear earth beschikt over de
procescertificaten BRL SIKB 2000, BRL SIKB
6000 en de onderliggende protocollen 2002 en
6002.

Alle rechten voorbehouden. Niets uit deze uitgave mag worden
vermenigvuldigd en/of openbaar gemaakt door middel van druk,
fotokopie, microfilm of op welke andere wijze dan ook, zonder
voorafgaande toestemming van Bioclear earth.

© Bioclear earth b.v.

Bioclear earth adviseert bedrijven, overheden en dienstverlenende
organisaties op het terrein van Bodem, Water en Klimaat.

Op opdrachten aan Bioclear earth zijn van toepassing de Algemene
Voorwaarden voor onderzoeksopdrachten aan Bioclear earth, zoals
gedeponeerd bij de Kamer van Koophandel te Groningen.

Inhoudsopgave

1	Inleiding	1
2	Pilotopzet	3
3	Bemonstering	4
4	Resultaten	5
4.1	Multi-dimensional scaling: welke microbiomen lijken het meest op elkaar?	5
4.2	Biodiversiteit	6
4.3	Soorten in relatie tot veenafbraak	8
4.4	Soorten in relatie tot bodemgezondheid	11
4.4.1	De stikstofkringloop	11
4.4.2	Plantgroei bevorderende soorten	12
5	Conclusie en aanbevelingen	14

Bijlage 1 Literatuur

Bijlage 2 MDS analyses toplaag

Bijlage 3 MDS analyses meso- en catotelm

Bijlage 4 Achtergrondinformatie stikstofkringloop

1 Inleiding

In opdracht van de Provincie Fryslân heeft Bioclear earth een verkennend onderzoek uitgevoerd naar de bodemmicrobiologie in het veenweidegebied Aldeboarn – De Deelen. Hier is bij een veehouderij gemeten die sinds 2018 deelneemt aan de pilot bodemvruchtbaarheid onder leiding van Agreco Advies. Het doel van deze pilot is het verbeteren van de bodemvruchtbaarheid en de vochthuishouding door middel van maatregelen zoals vaker bemesten met een kleinere mestgift en het toevoegen van het zeemineralenmengsel Sea-90. Het verkennende onderzoek naar de bodemmicrobiologie heeft drie doelstellingen:

1. Onderzoeken of er microbiologie met de potentie om veen af te kunnen breken voorkomt in drie verschillende bodemlagen en zo ja; of en hoe deze verschilt tussen het pilotperceel en het referentieperceel.
2. Het onderzoeken van het effect van het seizoen (grondwaterstand) op soorten die veen af kunnen breken.
3. Het onderzoeken van de verschillen in microbiologie met een relatie tot bodemgezondheid tussen het referentieperceel en het pilotperceel in de toplaag (klei).

In de wetenschappelijke literatuur is nog weinig bekend over de exacte rol van microbiologie in veenafbraak. Algemeen bekend is dat het droogleggen van veen zorgt voor zuurstof in de bodem, wat resulteert in meer microbiële activiteit en het afbreken van organisch materiaal. Hierbij zijn een aantal groepen bacteriën en schimmels met name interessant vanwege hun cellulolytische en lignolytische activiteit. Deze soorten behoren met name tot de bacteriële phyla *firmicutes*, *bacteroidetes*, *actinobacteria* en *proteobacteria* en de saprotrofe schimmels (Agbor *et al.*, 2014). In een recent onderzoek uit Australië zijn verschillen gevonden in microbiologie tussen gezond veen en veen waar veenafbraak plaats vindt; zo bleek onder andere dat de biodiversiteit van het intacte veen hoger was en dat er meer saprotrofe schimmels voorkwamen in het afgebroken veen (Birnbaum *et al.*, 2023). Een verlaging van de biodiversiteit bij drooggelegde venen blijkt ook uit een ander onderzoek, waarbij door heel Europa intacte, vernatte en drooggelegde laagvenen (fen peats) zijn onderzocht (Emsens *et al.*, 2020). Daarnaast blijkt uit dit onderzoek ook dat in intact veen *Proteobacteria* in de diepere veenlagen minder voorkomen en dat herstel van de microbiële samenstelling door vernatting mogelijk is, mits de kwaliteit en het gehalte organische stof niet te veel is veranderd.

Het onderzoeken van de rol van microbiologie in veenweide gebieden is een nieuwe invalshoek die door de vele keuzes in beheer die agrariërs maken mogelijk interessante handelingsperspectieven en perspectieven voor beheer kan bieden om veenafbraak te verminderen en als nieuwe monitoring.

De veenbodem in Aldeboarn – De Deelen

De kleilaag op het veen in Aldeboarn was op de bemonsterde locaties circa 30 cm dik. Uit de inventarisatie van de bodemstructuur van Agreco Advies blijkt dat onder het klei zich een veraard veenpakket bevindt van circa 20-35 cm dik met daaronder niet geoxideerd veen (voor meer details zie “Vastleggen 0-situatie percelen bodemvruchtbaarheidsonderzoek veenweidegebied Aldeboarn”, Agreco Advies). In het niet geoxideerde veen is wederom een kleilaag aanwezig van 5-10 cm met daaronder veen. Het zand begint op 160-170 cm onder het veen. De bodemlagen zijn ook chemisch-fysisch geanalyseerd, uit deze analyse blijkt dat de veenlagen van het pilotperceel een lager organisch stofgehalte (21%) hebben dan het referentieperceel (24%). Tevens is het lutum gehalte in de toplaag van het pilotperceel (36%) lager dan in het referentieperceel (46%), dit betekent dat het pilot perceel lichtere grond heeft. Tijdens de bemonstering in augustus heeft er aanvullend een bemonstering van de chemie plaatsgevonden door Bioclear van de twee veenlagen. Hieruit blijkt dat het organische stofgehalte in het pilotperceel lager ligt in de mesotelm (45%) en catotelm (68%) dan het organische stofgehalte in het referentieperceel in de mesotelm (86%) en catotelm (85%).

Leeswijzer

Bij ieder van de onderzoeksvragen speelt verschillende microbiologie een rol. Bij de onderzoeksvraag over de bodemgezondheid in de toplaag spelen soorten een rol die de agrariër helpen een zo gezond mogelijk gewas te laten groeien met een zo hoog mogelijke gewasopbrengst. Functies die hierbij horen zijn bijvoorbeeld stikstof fixatie, nitrificatie en het produceren van planthormonen. Bij de onderzoeksvragen over de veenafbraak zijn deze soorten niet (of minder) van belang, maar spelen juist soorten een rol die organisch materiaal af kunnen breken. Om deze reden wordt per onderzoeksvraag naar verschillende functies gekeken.

De resultatensectie van het rapport begint met het schetsen van een algemeen beeld van de microbiologie in de bodem van de verschillende veenlagen (MDS, biodiversiteit), hierbij wordt nog niet naar functies gekeken. Het rapport gaat daarna in op de soorten die een rol spelen in de afbraak van veen. Het rapport eindigt met microbiële functies die een rol spelen in bodemgezondheid in de toplaag. Hierbij worden de diepere lagen buiten beschouwing gelaten, omdat de functies die bij de onderzoeksvraag passen niet relevant zijn voor de diepere lagen.

De omvang van de proef in combinatie met de verschillen in bodemsamenstelling tussen en binnen de percelen lenen zich minder goed voor het statistisch onderbouwen van de resultaten. Het doel van dit verkennende onderzoek is om een eerste inzicht in de potentie van het meten van de microbiologie in het veenweidegebied te onderzoeken. De resultaten dienen daarom ter indicatie en de kunnen in een vervolgonderzoek nader onderzocht en onderbouwd worden.

2 Pilotopzet

De bemonstering van de percelen van de pilot bodemvruchtbaarheid heeft plaatsgevonden in overleg met Anne Jansma van Agreco Advies. Het perceel waar sinds 2018 de pilot plaatsvindt wordt in dit rapport aangeduid als “pilotperceel”, het aangrenzende perceel waar het gangbare beheer plaatsvindt wordt aangeduid als het “referentieperceel”. Beide percelen betreffen blijvend grasland en zijn op twee momenten bemonsterd: in april en in augustus (tabel 1).

Tijdens ieder bemonsteringsmoment zijn de volgende bodemlagen bemonsterd: de toplaag (klei), de mesotelm (afwisselend aeroob/ anaeroob, geoxideerd) en de catotelm (permanent verzadigd, intact). Van iedere bodemlaag zijn tijdens ieder bemonsteringsmoment twee mengmonsters gestoken, wat heeft geresulteerd in 24 monsters in totaal (tabel 1).

Voor ieder monster is vervolgens doormiddel van Next Generation Sequencing (NGS) bepaald welke bacteriën, schimmels en archaea aanwezig waren in de bodem (16S en ITS sequencing).

Tabel 1. Overzicht van de bemonsterde bodemlagen.

Aldeboarn – De Deelen				
	Pilotperceel		Referentieperceel	
Diepte	April	Augustus	April	Augustus
Onverzadigd deel	2	2	2	2
Scheidslijn verzadigd/onverzadigd	2	2	2	2
Verzadigd deel	2	2	2	2
Totaal monsters	24			
Totaal datasets	24 * 3 (bacteriën, archaea, schimmels) = 72			

3 Bemonstering

De bemonstering heeft zo steriel mogelijk plaatsgevonden en de monsters zijn in het veld direct geconserveerd in een EtOH-buffer oplossing. Voor de bemonstering van de toplaag is een guts van 30 cm lang en 1 cm breed gebruikt. De guts is voor iedere bemonstering gesteriliseerd met ethanol en per conditie is iedere eerste steek weggedaan om de gesteriliseerde guts te homogeniseren met de microbiologie die aanwezig is in de bodem. Per conditie is een mengmonster gemaakt van 4 steken van 0-25 cm. Hierbij is visueel bepaald of er veen in de steek zat en zo nodig is dit veen weggedaan. De diepere veenlagen zijn bemonsterd met een Edelman grondboor. De grondboor is voor iedere bemonstering gesteriliseerd met ethanol. De omhoog gehaalde bodem is uitgelegd op schoon plastic, waarnaar visueel de meso- en catotelm bepaald zijn. Vervolgens is met een steriele lepel een deel van het veen dat niet aan de lucht en het plastic is blootgesteld bemonsterd.

Het najaar en voorjaar van 2023-2024 waren erg nat, zowel in het najaar van 2023 als in de maanden januari, februari en april van 2024 is meer neerslag dan gemiddeld gevallen in het bemonsterde gebied (Bron: KNMI). Dit was te merken aan de verzadiging van de bodem in april. Tijdens de bemonstering in augustus was het warm en al enkele dagen droog, desondanks waren beide veenlagen zeer vochtig.

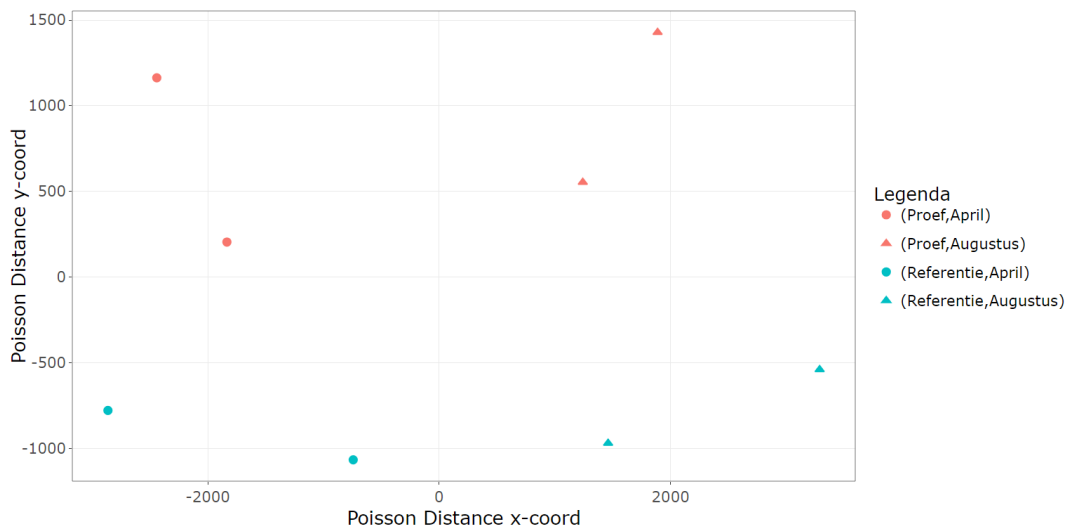
4 Resultaten

4.1 Multi-dimensional scaling: welke microbiomen lijken het meest op elkaar?

Voor ieder type micro-organisme (bacteriën, schimmels en archaea) is bepaald welke monsters het meest op elkaar lijken middels een multi-dimensional scaling (MDS) analyse. Deze analyse wordt gebruikt als eerste inzicht in de data. In de MDS bevat iedere stip de informatie van alle bacteriën, schimmels of archaea in een bodemonster. Hoe dichter de stippen bij elkaar liggen, hoe meer de monsters op elkaar lijken.

0-25 cm

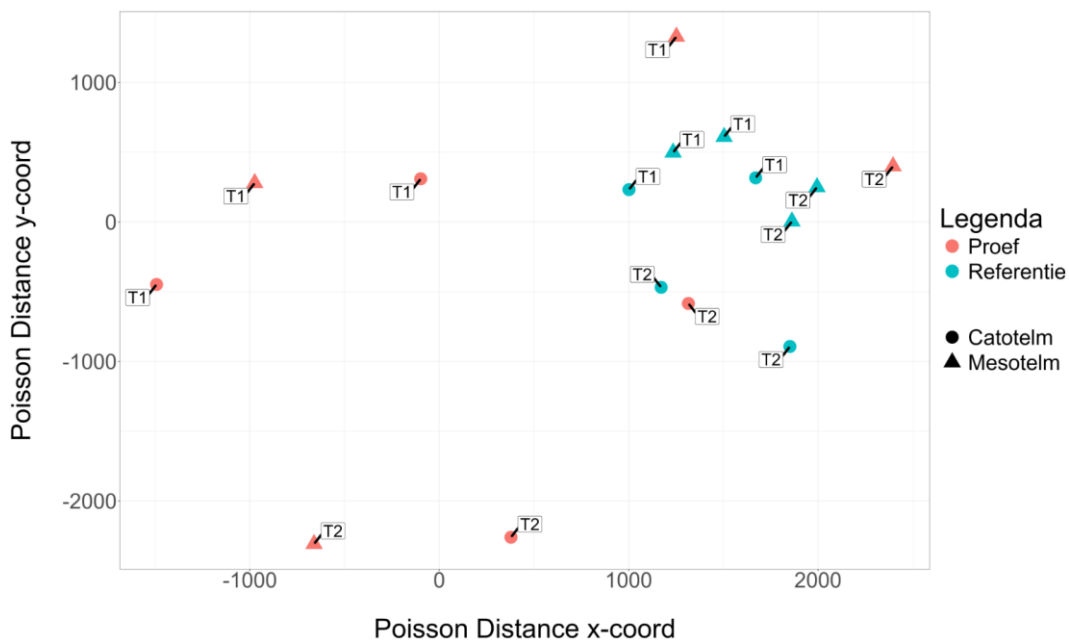
In de toplaag zijn duidelijke verschillen te zien tussen zowel het pilotperceel en het referentieperceel als het bemonsteringsmoment (figuur B1, bijlage 2). Dit betekent dat de samenstelling van de bacteriën, schimmels en archaea verschilt tussen het pilotperceel en het referentieperceel. Ook is de samenstelling van de microbiologie anders in augustus dan in april. Gezien de kleine omvang van de pilot is niet te bepalen door welke factoren de verschillen worden veroorzaakt, zoals het beheer, de chemie of een combinatie.



Figuur 1. MDS analyse van de bacteriën in de toplaag. In de analyse is te zien dat de duplo's van ieder perceel en ieder bemonsteringsmoment het meest op elkaar lijken.

Mesotelm en catotelm

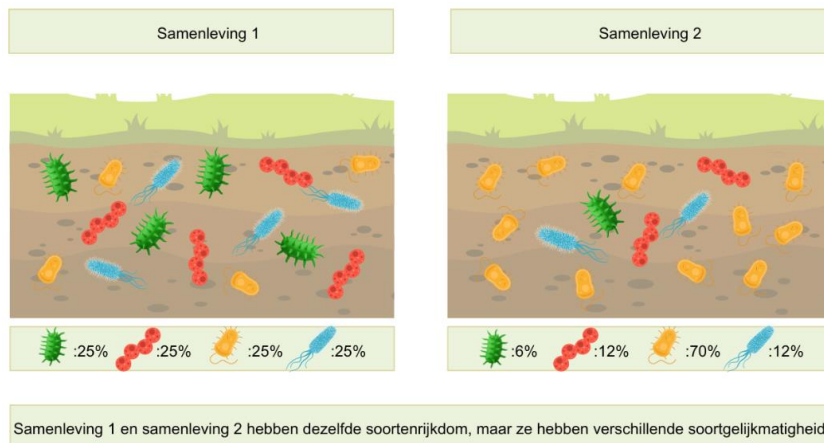
In de MDS van de mesotelm en catotelm valt op dat de samenstelling van de bacteriën, schimmels en archaea van het referentieperceel meer op elkaar lijkt (de stippen liggen dicht bij elkaar) dan van het pilotperceel (figuur B3, bijlage 3). Daarnaast is er, net zoals in de toplaag, een effect te zien van het bemonsteringsmoment. Het valt op dat in het pilotperceel de monsters verder uit elkaar liggen. Ook liggen de monsters van de twee bemonsteringsmomenten verder uit elkaar. Dit betekent dat het microbioom van het pilot perceel meer verandert door het seizoen heen dan het microbioom van het proefperceel.



Figuur 2. MDS van de bacteriën in de mesotelm en catotelm, T1 = april, T2 = augustus. Het valt op dat de stippen van de monsters uit het pilotperceel meer verdeeld zijn over de MDS dan bij het referentieperceel. Dit betekent dat de microbiologie van pilotperceel meer van elkaar verschilt dan bij het referentieperceel.

4.2 Biodiversiteit

Microbiële biodiversiteit wordt vaak gebruikt als maatstaf voor de gezondheid van de bodem. Omdat biodiversiteit geen rekening houdt met de functies van de soorten er in de bodem zitten en er verschillen in (gemiddelde) biodiversiteit zitten tussen bijvoorbeeld grondsoorten en gewassen is er geen ideale biodiversiteit aan te wijzen. Wel geeft de biodiversiteit in combinatie met andere analyses inzicht in de staat van de bodem. De Shannon-index is een bekende index uit de ecologie die niet alleen rekening houdt met het totaal aantal soorten ("richness") in de bodem, maar ook met hoe vaak deze soorten voorkomen ("evenness"). Dit concept is in figuur 3 gevisualiseerd: beide bodems bevatten evenveel unieke soorten, maar in de linker bodem zijn deze soorten evenrediger verdeeld. De linker bodem heeft daardoor een hogere Shannon-index dan de rechter bodem.



Figuur 3. Beide bodems bevatten evenveel unieke soorten bacteriën (4). De Shannon-index van samenleving 1 is hoger, omdat hier de soorten evenredig zijn verdeeld.

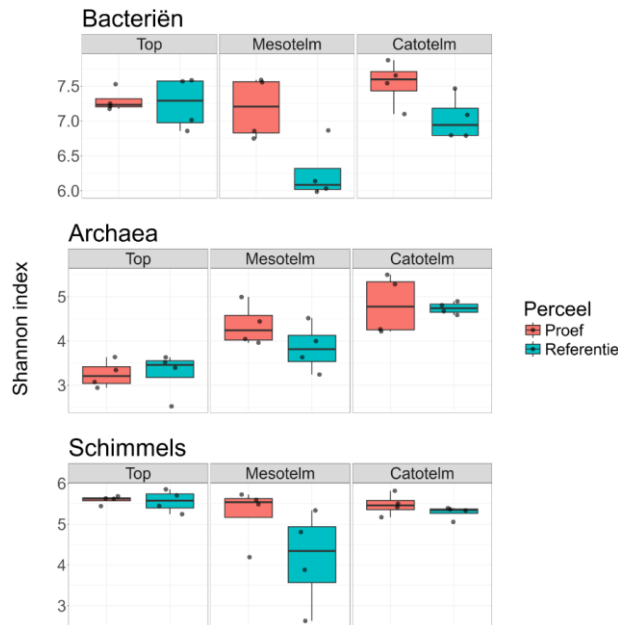
In figuur 4 zijn de biodiversiteitsindexen (Shannon-index) weergegeven van de bacteriën, schimmels en archaea, waarbij de twee bemonsteringsmomenten zijn samengevoegd. De biodiversiteit van de bacteriën, schimmels en archaea in de toplaag van het pilotperceel en het referentieperceel zijn gelijk (figuur 4). In de mesotelm is wel een verschil te zien tussen de twee percelen; de biodiversiteit van het pilotperceel is hoger dan het referentieperceel. Voor de bacteriën en schimmels is dit effect statistisch significant (respectievelijk $p=0.02$ & $p=0.04$).

De biodiversiteit verschilt ook tussen de bemonsteringsmomenten, de belangrijkste resultaten zijn hieronder puntsgewijs weergegeven. Vanwege het kleine aantal monsters per perceel per bemonsteringsronde in combinatie met de logaritmische schaal van de Shannon-index is het uitvoeren van statistiek lastig. De onderstaande observaties dienen ter verkenning:

- De biodiversiteit van de bacteriën, archaea en schimmels in de **toplaag** lijkt toe te nemen in augustus.
- In augustus is een opvallende afname van schimmeldiversiteit in de **mesotelm** van het referentieperceel (Shannon-index 4.4 naar 2.2), in het pilotperceel blijft de diversiteit gelijk (~4.8).
- In augustus neemt in het referentieperceel de diversiteit van de archaea af in de **mesotelm** (4.2 naar 3.4), terwijl er juist een lichte toename aan diversiteit lijkt te zijn in het pilotperceel (4.2 naar 4.5).
- In augustus neemt de bacteriediversiteit in de **catotelm** af in het pilotperceel (7.7 naar 7.3); de diversiteit in het referentieperceel blijft gelijk (~7.0).
- In augustus neemt de diversiteit van de archaea fors toe in de **catotelm** van het pilotperceel (4.2 naar 5.4), terwijl de diversiteit in het referentieperceel gelijk blijft (~4.7).

Samengevat geven de resultaten weer dat de diversiteit gedurende het groeiseizoen verandert en dat er in de veenlagen verschillen zitten in diversiteit tussen het referentieperceel en het pilotperceel. Het is nog onbekend waardoor deze verschillen worden veroorzaakt en wat deze betekenen.

Verschillen in biodiversiteit zijn interessant, omdat vanuit de wetenschappelijke literatuur bekend is dat dit aanknopingspunten biedt voor veenafbraak (Birnbaum *et al.*, 2023; Emsens *et al.*, 2020).



Figuur 4. Biodiversiteit (Shannon index) van de verschillende soorten microbiologie in de verschillende bodemlagen

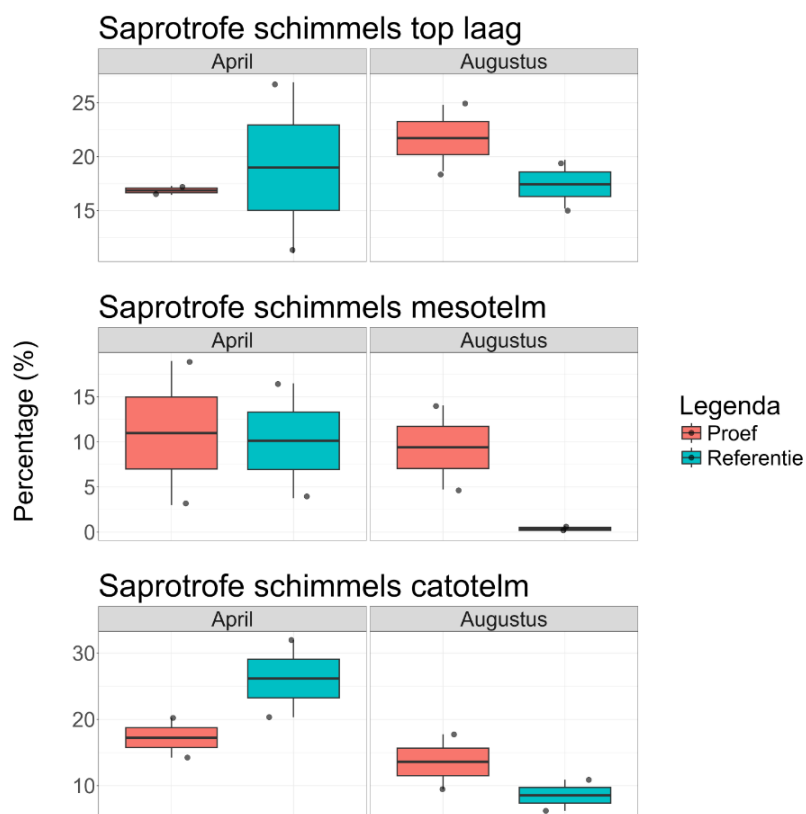
4.3 Soorten in relatie tot veenafbraak

De soorten die een rol spelen in veenafbraak in de bodem behoren tot bacteriën die o.a. cellulose en lignine kunnen afbreken en de saprotrofe schimmels. Deze soorten zijn in kaart gebracht voor de drie bodemlagen.

Saprotrofe schimmels

In alle bodemlagen lijkt het aandeel saprotrofe schimmels hoger te zijn in het pilotperceel dan in het referentieperceel in augustus (niet significant) (figuur 5). Er worden geen verschillen aangetroffen in het aandeel saprotrofe schimmels in de toplaag en de mesotelm tussen het pilotperceel en het referentieperceel in april. In de catotelm wordt het hoogste aandeel saprotrofe schimmels aangetroffen in april en dit aandeel is het hoogste in het referentieperceel (niet significant).

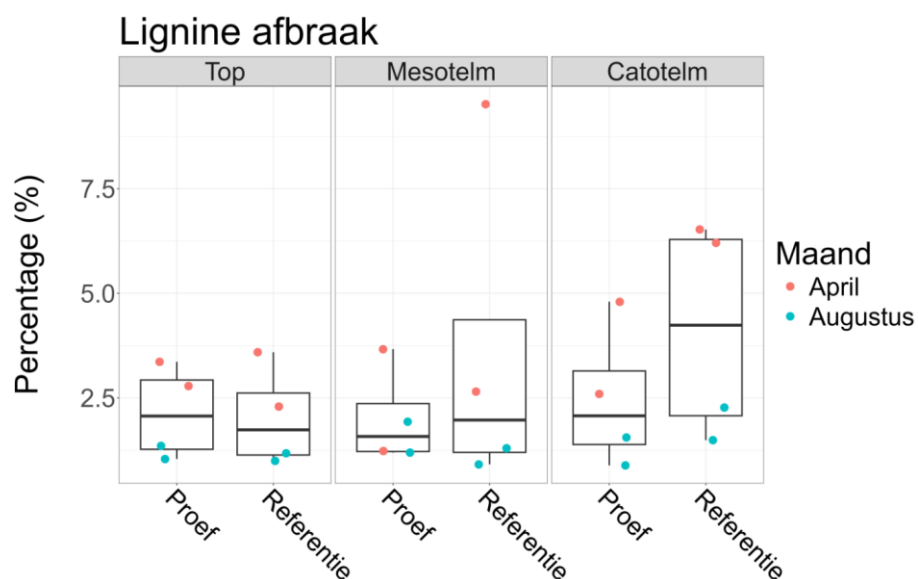
Het is nog onbekend wat deze verschillen betekenen en waardoor deze veroorzaakt worden, bijvoorbeeld door het onderliggende verschil in bodemstructuur, de pilot of een combinatie van beide. Desondanks biedt het inzicht dat dit type schimmels mogelijk verschilt onder andere omstandigheden aanknopingspunten voor verder onderzoek. Aanvullend lijkt het nuttiger om dit type schimmels te monitoren in de zomerperiode dan in het voorjaar.



Figuur 5. Het aandeel saprotrofe schimmels in de bodem.

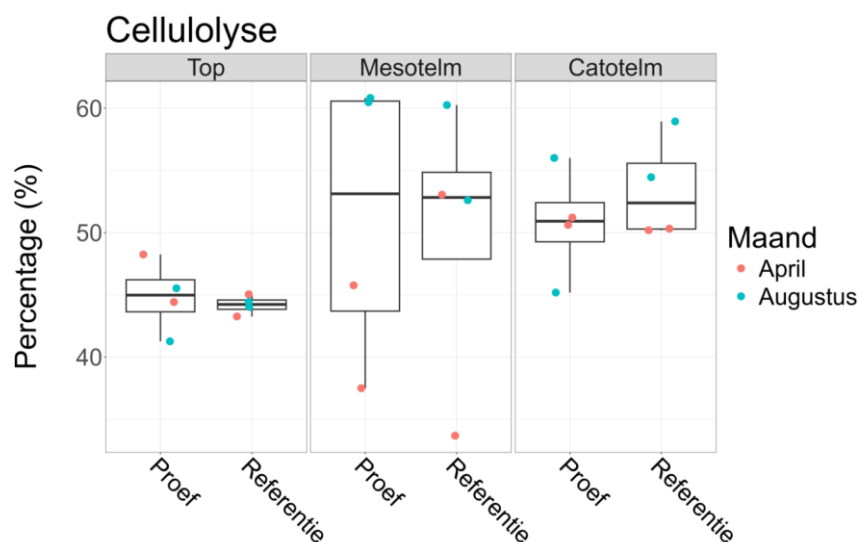
Organisch materiaal afbrekende bacteriën

Het aandeel lignine afbrekende soorten in de bodem is afhankelijk van het bemonsteringsmoment: in augustus worden meer lignine afbrekende soorten aangetroffen ($p=0.0008$). Er zijn geen verschillen in lignine afbrekende bacteriën tussen het pilotperceel en het referentieperceel.



Figuur 6. Het aandeel bacteriën in de bodem met de potentie om lignine af te kunnen breken. De monsters zijn ingekleurd op bemonsteringsmoment (links) of pilot/referentie (rechts).

Ook in bacteriën die cellulose kunnen afbreken worden tussen het pilotperceel en het referentieperceel geen verschillen aangetroffen in de drie verschillende bodemlagen (figuur 7). Wel is er wederom een effect van het seizoen te zien; in de veenlagen (mesotelm en catotelm) zijn de aandelen bacteriën die cellulose kunnen af kunnen breken hoger in april. In de veenlagen is het aandeel bacteriën met de potentie om cellulose af te breken hoger dan in de toplaag.



Figuur 7. Het aandeel bacteroides, firmicutes, actinobacteria en proteobacteria in de bodem. Deze 4 phyla staan bekend om het produceren van cellulolytische enzymen. De monsters zijn ingekleurd op bemonsteringsmoment (links) of pilot/referentie (rechts).

4.4 Soorten in relatie tot bodemgezondheid

Schimmels en bacteriën in het bouwvoor (0-25 cm) spelen een belangrijke rol in de kwaliteit van de bodem en de gezondheid van het gewas. Er zijn verschillende manieren waarop micro-organismen dit kunnen doen, bijvoorbeeld door het produceren van plantengroeihormonen en antibiotica tegen ziekteverwekkers, of het beschikbaar maken van voedingsstoffen zoals stikstof, fosfaat en ijzer. Het aandeel soorten dat een rol speelt in plantgezondheid en de nutriëntenkringlopen is voor het pilotperceel en referentieperceel bepaald.

4.4.1 De stikstofkringloop

In de stikstofkringloop spelen bacteriën en archaea een belangrijke rol. Archaea zijn net als bacteriën eencellige organismen en spelen met name een rol in de stikstofkringloop en het produceren van methaan. Achtergrondinformatie over de rol die bacteriën en archaea spelen in de stikstofkringloop is te vinden in bijlage 4.

Nitrificatie

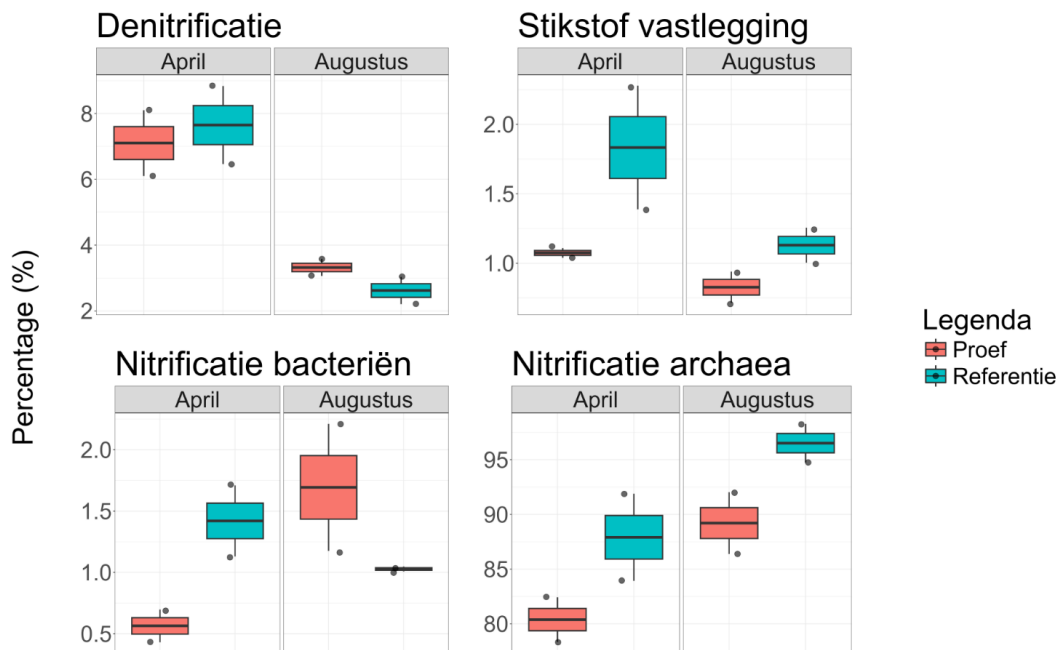
In vergelijking met het referentieperceel is het aandeel soorten dat kan nitrificeren lager in het pilotperceel in april, behalve voor de bacteriën in april (niet significant, figuur 8). Dit verschil wordt niet verklaard door het totaal stikstof in de bodem of de pH (chemie toplaag Agreco advies). Een mogelijke verklaring voor het verschil is een verschil in bemestingsstrategie: op het pilotperceel wordt vaker een kleinere mestgift gegeven in plaats van een regulier bemestingsschema waarbij een paar keer per jaar een grotere hoeveelheid aan stikstof wordt aangebracht. In augustus is het aandeel nitrificerende archaea hoger in het pilotperceel ten opzichte van het referentieperceel (significant, $p=0.04$). Aangezien archaea nitrificeren bij lagere stikstofconcentraties ligt dit in lijn met de hypothese dat de verschillen verklaard worden door een verschil in bemestingsstrategie.

Stikstof vastlegging (fixatie)

In het referentieperceel worden de hoogste aandelen van soorten gevonden die stikstof kunnen vastleggen uit de lucht (Niet significant, figuur 8). Deze soorten zijn gunstig voor agrariërs omdat ze “gratis” stikstof vastleggen uit de lucht in de bodem. Daarnaast hebben veel stikstof vastleggende soorten ook andere plantgroeibevorderende eigenschappen, zoals het produceren van groeihormonen. Zowel bij het pilotperceel als het referentieperceel lijken de stikstofvastleggende soorten minder aanwezig in augustus (niet significant, $p=0.1$).

Denitrificatie

Er worden geen verschillen gevonden in het aandeel denitrificerende soorten tussen de pilot en de referentie (figuur 8). Echter, in april is het aandeel denitrificerende soorten in de bodem een stuk hoger dan gemiddeld in graslanden op klei. Een verklaring hiervoor is de grote hoeveelheid regen die in de periode voor april is gevallen, waardoor de bodem volledig verzadigd en daardoor anaeroob (zuurstofarm) was. Denitrificatie is een anaeroob proces en vindt plaats zonder de aanwezigheid van zuurstof. In augustus is de bodem droger en bevat meer zuurstof, het aandeel denitrificerende soorten ligt dan in lijn der verwachting.



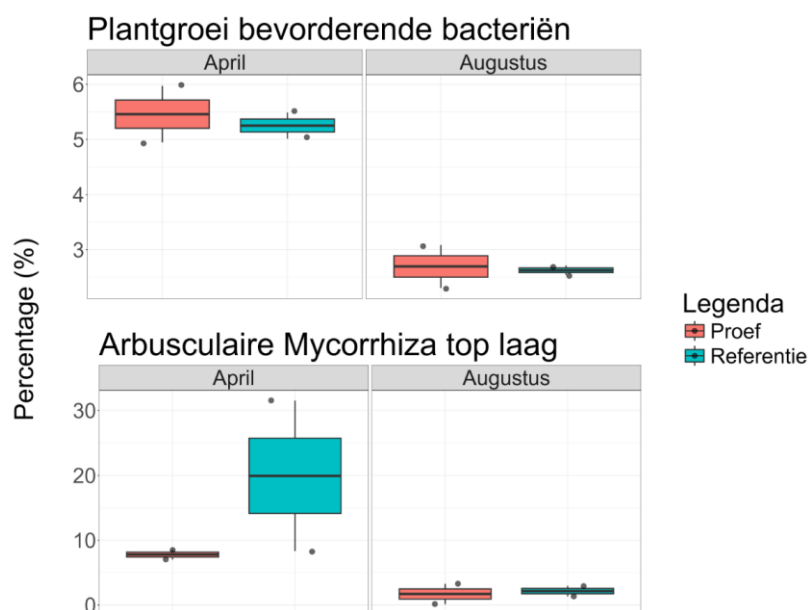
Figuur 8. Overzicht van de aandelen bacteriën of archaea in de bodem die een rol spelen in verschillende onderdelen van de stikstofkringloop.

4.4.2 Plantgroei bevorderende soorten

Plantgroei bevorderende bacteriën (PGBB) zijn soorten die eigenschappen hebben zoals het produceren van planthormonen en het produceren van antibiotica tegen ziekteverwekkers. Er zijn ook plantgroei bevorderende schimmels (PGBS); een van de meest bekende PGBS zijn de *Arbusculaire mycorrhiza* (AM) schimmels. Deze schimmels kunnen een samenwerking aangaan met de wortels van een groot aantal gewassen, waaronder, mais en aardappel. De AM-schimmels vergroten het worteloppervlakte en zorgen voor een verbeterde opname van voedingsstoffen en bescherming tegen ziekteverwekkers en droogte- en zoutstress (Begum et al., 2019).

Het totaal aandeel PGBB in de toplaag is gelijk tussen het pilotperceel en het referentieperceel (figuur 9). Wel is er een duidelijk effect van het seizoen te zien in beide percelen; het aandeel PGBB is lager in augustus ($p=0.001$).

In één van de referentiemonsters uit april worden meer AM-schimmels gevonden, op dit moment valt echter niet te zeggen of dit een uitschieter betreft. Er worden geen significante verschillen aangetroffen in andere plantgroei bevorderende schimmels tussen het pilotperceel en het referentieperceel.



Figuur 9. Het aandeel plantgroei bevorderende bacteriën en arbusculaire mycorrhizaschimmels in de bodem.

5 Conclusie en aanbevelingen

Dit verkennende onderzoek heeft als doel om in het veenweidegebied Aldeboarn – De Deelen in kaart te brengen of soorten bacteriën en schimmels die een rol spelen in veenafbraak geïdentificeerd kunnen worden en of deze soorten verschillen tussen de seizoenen. Daarnaast is gekeken of er verschillen zitten in de microbiologie tussen een meerjarige pilot om de bodemgezondheid te verbeteren en het aangrenzende referentieperceel. Hierbij zijn verschillen in soorten met plantgroei bevorderende eigenschappen die van belang zijn voor agrariërs in kaart gebracht.

Het blijkt dat de samenstelling van de bodemmicrobiologie van het pilotperceel anders is dan de samenstelling van het referentieperceel, zowel in april als in augustus. Door onderliggende verschillen in bodemstructuur is niet te zeggen of deze verschillen worden veroorzaakt door de pilot of door verschillen die inherent zijn aan het perceel, of een combinatie van beide. Eén van de verschillen betreft de biodiversiteit; de biodiversiteit van het pilotperceel is hoger in de veenlagen. De betekenis hiervan kan nog niet worden geduid; in de literatuur is verdroogd veen gelinkt aan een verlies van biodiversiteit (Birnbaum *et al.*, 2023, Emsens *et al.*, 2020). Echter, in Aldeboarn is geen sprake van verdroging en het uitgangspunt (startpunt) van de biodiversiteit is onbekend. Hierdoor kan een lagere biodiversiteit in het referentieperceel niet worden gekoppeld aan veendegradatie in dit onderzoek.

In de drie bodemlagen in Aldeboarn worden soorten bacteriën en schimmels aangetroffen die mogelijk een relatie hebben met veenafbraak. Dit zijn bacteriën met de potentie om cellulose en lignine af te breken en saprotrofe schimmels. Het aandeel saprotrofe schimmels verschilt tussen het pilotperceel en het referentieperceel: saprotrofe schimmels zijn in de zomer, als de meeste veenafbraak plaatsvindt, in hogere mate aanwezig in het pilotperceel. Mogelijk is de zomerperiode een beter moment om dit type schimmels te monitoren dan het voorjaar. Er zitten geen verschillen in soorten met de potentie om cellulose of lignine af te breken tussen de twee percelen. Wel is er een effect van het seizoen zichtbaar: het aandeel soorten dat cellulose af kan breken is hoger in augustus, terwijl het aandeel soorten dat lignine kan afbreken hoger is in april.

Om verschillen in bodemgezondheid tussen de percelen te kunnen duiden is de stikstofkringloop in kaart gebracht; hieruit blijkt dat het aandeel bacteriën dat stikstof uit de lucht kan vastleggen (stikstof fixatie) hoger is in het referentieperceel. Ook zijn hogere aandelen soorten die kunnen nitrificeren aanwezig in het referentieperceel. De verschillen in nitrificerende bacteriën kunnen mogelijk verklaard worden door de verschillende bemestingsstrategieën op de percelen: het pilotperceel ontvangt gedurende het jaar regelmatig een kleinere mestgift, terwijl het referentieperceel regulier wordt bemest. Gedetailleerde informatie over het bemestingsschema was niet beschikbaar en kan mogelijk betere inzichten bieden in de resultaten. Er zijn geen verschillen aangetroffen in plantgroei bevorderende bacteriën en schimmels tussen het pilotperceel en het referentieperceel.

Aanbevelingen

De resultaten van dit verkennende onderzoek laten zien dat veenafbrekende micro-organismen aangetoond kunnen worden in verschillende bodemlagen en dat er verschillen zitten tussen het referentieperceel en het pilotperceel. Het is nog onbekend in hoeverre er veenafbraak plaatsvindt in het gemeten gebied en of dit verschilt tussen de percelen. Om de microbiële samenstelling te kunnen koppelen aan veenafbraak is het nodig om een referentiekader op te zetten van de samenstelling van de microbiële gemeenschap van veen in het Friese veenweidegebied. Om tot een referentiekader te komen moeten bodems waarvan bekend is dat er veenafbraak plaatsvindt worden vergeleken met bodems waar geen afbraak plaatsvindt. Door met statistiek te onderzoeken welke soorten bacteriën en schimmels verschillen tussen de bodems kan mogelijk een microbiële indicator ontwikkeld worden voor veenafbraak. Deze indicatoren kunnen onderdeel worden van een quick-scan om de effecten van beheersmaatregelen op veenafbraak, zoals bemesting, te duiden en te monitoren.

Om uitspraken te kunnen doen over de effecten van de maatregelen die op het pilotperceel worden getroffen binnen de Pilot Bodemvruchtbaarheid is het nodig om de pilot uit te voeren op twee percelen waarvan de onderliggende bodemstructuur en chemie gelijkwaardig zijn of één perceel op te delen in twee proefstroken. Uit de data blijkt dat het organische stof gehalte van het pilotperceel lager ligt dan het referentieperceel, dit heeft mogelijk invloed op de microbiologie en hierdoor kunnen de aangetoonde verschillen niet zonder meer worden toegewezen aan de pilot. Ook is het nuttig om bij meerdere bedrijven te meten waar de pilot wordt uitgevoerd om te ontdekken of eventuele effecten onafhankelijk zijn van het bedrijf en de locatie.

Het is mogelijk dat de absolute biomassa tussen de verschillende behandelingen en in de verschillende veenlagen niet gelijk is. Het is daarom aan te raden om naast NGS ook qPCR analyses uit te voeren op de absolute aanwezigheid van bacteriën en schimmels. Ook kan een aanvullende qPCR analyse meer inzicht geven in specifieke functies die belangrijk zijn voor bodemgezondheid, zoals de stikstofkringloop.

Bijlagen

Bijlage 1	Literatuur
Bijlage 2	MDS analyses toplaag
Bijlage 3	MDS analyses meso- en catotelm
Bijlage 4	Achtergrondinformatie stikstofkringloop

Bijlage 1 Literatuur

Agbor, V., Carere, C., Cicek, N., Sparling, R., & Levin, D. (2014). Biomass pretreatment for consolidated bioprocessing (CBP). *Advances in biorefineries*, 234-258.

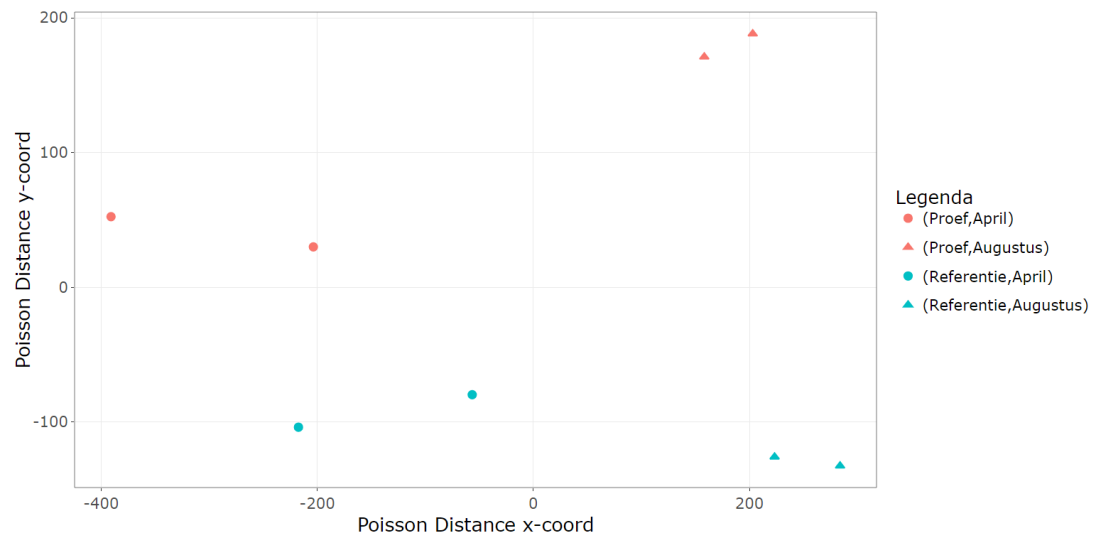
Begum, N., Qin, C., Ahanger, M. A., Raza, S., Khan, M. I., Ashraf, M., .. & Zhang, L. (2019). Role of arbuscular mycorrhizal fungi in plant growth regulation: implications in abiotic stress tolerance. *Frontiers in plant science*, 10, 1068.

Birnbaum, C., Wood, J., Lilleskov, E., Lamit, L. J., Shannon, J., Brewer, M., & Grover, S. (2023). Degradation reduces microbial richness and alters microbial functions in an Australian peatland. *Microbial ecology*, 85(3), 875-891.

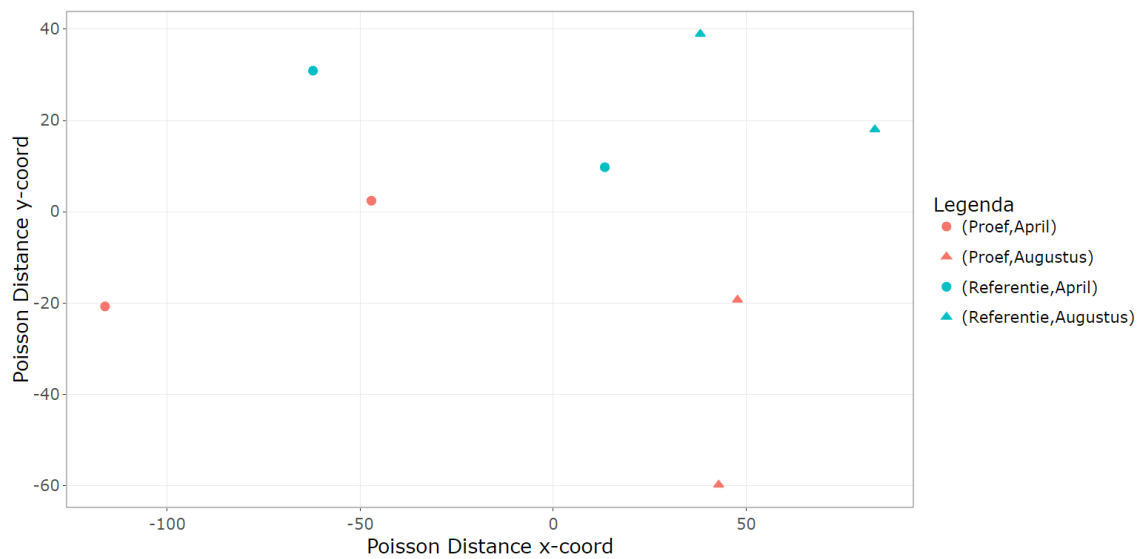
Emsens, WJ., van Diggelen, R., Aggenbach, C.J.S. *et al.* Recovery of fen peatland microbiomes and predicted functional profiles after rewetting. *ISME J* **14**, 1701–1712 (2020).

Begum, N., Qin, C., Ahanger, M. A., Raza, S., Khan, M. I., Ashraf, M., .. & Zhang, L. (2019). Role of arbuscular mycorrhizal fungi in plant growth regulation: implications in abiotic stress tolerance. *Frontiers in plant science*, 10, 1068.

Bijlage 2 MDS analyses toplaag

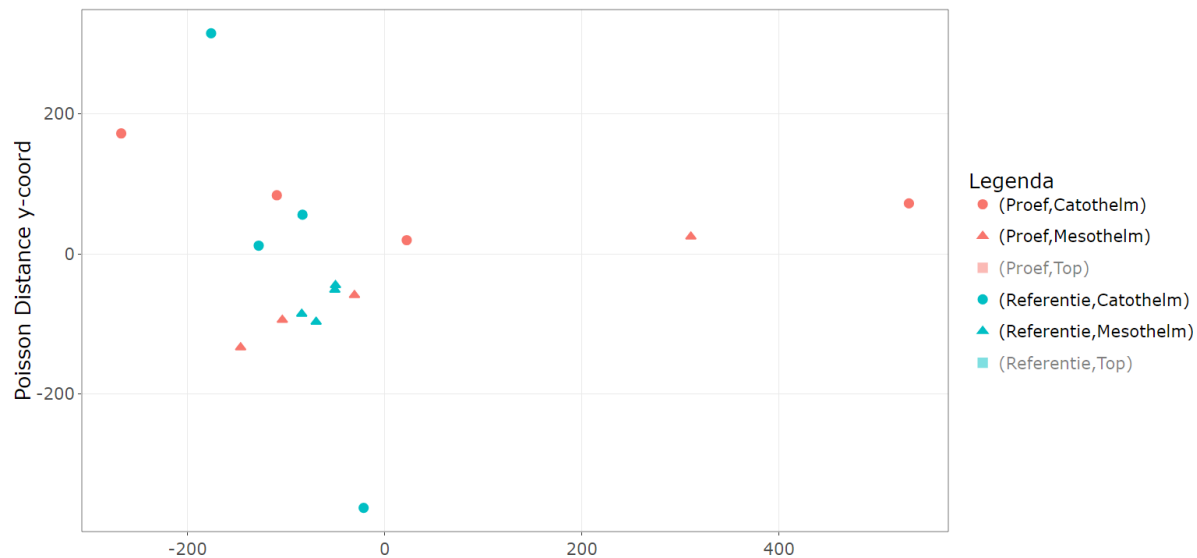


Figuur B1. MDS van de schimmels in de toplaag.

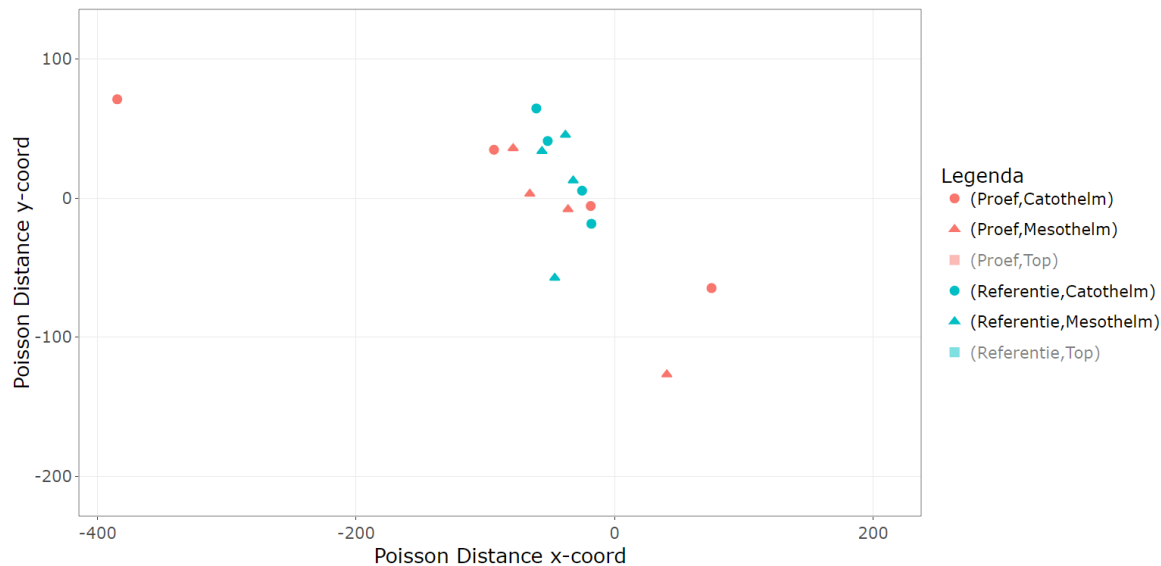


Figuur B2. MDS van de archaea in de toplaag.

Bijlage 3 MDS analyses meso- en catotelm



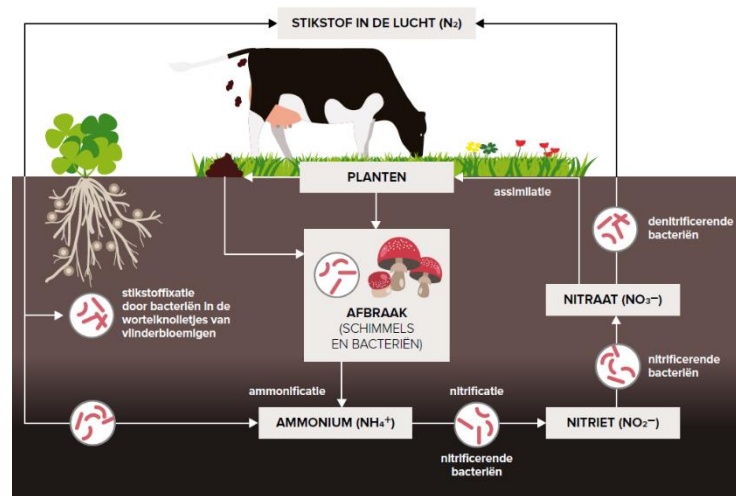
Figuur B3. MDS van de archaea in de mesotelm en catotelm.



Figuur B4. MDS van de schimmels in de mesotelm en catotelm.

Bijlage 4 Achtergrondinformatie stikstofkringloop

Al het leven heeft het element stikstof (N) nodig. Daarmee speelt dus alles wat leeft een rol in de stikstofkringloop. In het Figuur B3 is een versimpelde weergave van deze kringloop weergegeven. Hierin wordt meteen duidelijk dat micro-organismen belangrijke spelers zijn. Ze zijn betrokken bij de vastlegging vanuit de lucht, de afbraak van organisch materiaal waarbij ammonium en nitraten vrijkomen, en het omzetten van bijvoorbeeld ammonium in nitraat. Het feit dat stikstof in vele vormen voorkomt en op meerdere manieren kan worden omgezet maakt de kringloop redelijk complex.



Figuur B5. Overzicht van de verschillende processen in de stikstofkringloop. Binnen dit project is gekeken naar de micro-organismen die betrokken zijn bij nitrificatie (ammonium naar nitriet en nitraat), denitrificatie (het omzetten van stikstofverbindingen naar stikstofgas) en stikstof fixatie (het vastleggen van stikstof naar de lucht).

Het is bekend welke soorten bacteriën en archaea betrokken zijn bij ieder onderdeel van de stikstofkringloop. Om de invloed van bedrijfsvoering op deze soorten te onderzoeken, is het aandeel van deze soorten in de bodem bepaald. Op deze manier zijn de verschillende processen in de stikstofkringloop te volgen en wordt het effect van bedrijfsvoering op de organismen betrokken bij de stikstofkringloop inzichtelijk.

De bodemmicrobiologie is een dynamisch systeem dat zich goed kan aanpassen aan de omstandigheden in de bodem: wanneer er minder stikstof in de bodem beschikbaar is zullen bacteriën die stikstof (N_2) kunnen vastleggen uit de lucht in aantal toenemen en wanneer er meer stikstof aanwezig is zullen de micro-organismen die stikstof (ammonium) kunnen omzetten in nitraat (nitrificeerders) toenemen (Volkogon et al., 2021). Om deze reden geeft het bepalen van het aantal micro-organismen die gelinkt zijn aan een bepaalde functie een goed beeld van wat er in de bodem gebeurt.

Nitrificatie en denitrificatie

Nitrificatie is het proces waarbij ammonium door bacteriën en archaea wordt omgezet in nitraat. Nitraat is een vorm van stikstof die goed opneembaar is door de plant. Voor vorming van nitraat is zuurstof nodig. Wanneer er meer nitraat in de bodem aanwezig is dan de plant kan opnemen ontstaat er een kans op uitspoeling. Denitrificerende bacteriën kunnen nitraat omzetten in stikstofgas (N_2) en het sterke broeikasgas lachgas (N_2O), dit gebeurt met name wanneer er een overschot aan nitraat in de bodem aanwezig is. Wanneer bacteriën nitraat omzetten naar N_2 is er geen zuurstof nodig. De gevormde N_2 gaat verloren in de lucht waardoor planten er geen gebruik meer van maken.



Bioclear earth bv

Rozenburglaan 13
9727 DL Groningen
The Netherlands

T +31 (0)50 571 84 55

info@bioclearearth.nl
www.bioclearearth.nl