

“Effectiviteit van steenmeel als herstelmaatregel van droge heide (H4030) in het Natura 2000-gebied Strabrechtse heide”

Eindrapportage

Status: definitief



“Effectiviteit van steenmeel als
herstelmaatregel van droge heide
(H4030) in het Natura 2000-gebied
Strabrechtse heide”

Eindrapportage

Status: definitief

Provincie Noord-Brabant



Titel rapport: Effectiviteit van steenmeel als herstelmaatregel van droge heide (H4030) in het Natura 2000-gebied Strabrechtse heide. Eindrapport

Status: Definitief

Datum: 25-9-2025

Auteurs: Evi Verbaarschot, Daniël Tak, Joost Vogels, Bas van de Riet, Erik Verbruggen, Willem-Jan Emsens, Sophia Findeisen, Maaïke Weijters & Roland Bobbink

Rapportnummer: RP-21.081.25.12

Projectnummer: PR-21.081

Opdrachtgever: Provincie Noord-Brabant

Contactpersoon:
Evi Verbaarschot
Tel: 024-2122204
e.verbaarschot@b-ware.eu
www.b-ware.eu

Inhoud

1	Inleiding en opzet experiment	1
1.1	Aanleiding	1
1.2	Doel van het experiment	2
1.3	Proefopzet	4
2	Bodemchemie	9
2.1	Inleiding	9
2.2	Referentiebeeld droge heide	9
2.3	Effecten van het steenmeel soilfeed	11
2.4	Effecten van het steenmeel lavagruis	16
2.5	Effecten van het steenmeel biolit	21
2.6	Effecten van dolokal	27
2.7	Stikstoffluxen	32
2.8	Bezetting van het bodemadsorptiecomplex	33
2.9	Conclusies bodemchemie	37
3	Plantchemie	39
3.1	Inleiding	39
3.2	Effecten op Ca-, Mg- en K-gehaltenes	39
3.3	Effecten op de N- en P-gehaltenes	40
3.4	Effecten op sporenelementen	42
3.5	Nutriënteninhoud in de vegetatie	44
3.6	Conclusies	44
4	Vegetatiesamenstelling	47
4.1	Inleiding	47
4.2	Autonome vegetatieontwikkeling in de controleserie	47
4.3	Effecten op de vegetatie	48
4.4	Effecten op de soortenrijkdom en soortgroepen	51
4.5	Introductie experiment	56
4.6	Conclusies	60
5	Bacteriën en Schimmels	61
5.1	Resultaten	61
5.2	Conclusies	68
6	Fauna	69
6.1	Opzet en methoden	69
6.2	Gegevensanalyse	69
6.3	Resultaten	70
6.4	Conclusies	83
7	Inzicht in de verwerkingssnelheid van steenmelen	85

8	Synthese en Conclusies	87
8.1	Doel van het experiment	87
8.2	Synthese van de resultaten	88
8.3	Vertaling naar beheer	96
8.4	Kennislacunes	96
9	Literatuur	98
10	Bijlagen	102

1 Inleiding en opzet experiment

1.1 Aanleiding

De kwaliteit en het areaal van heideterreinen in Noordwest-Europa staat al sinds het begin van de 20^{ste} eeuw onder druk. Naast het verminderen van het areaal zijn verzuring en vermisting een grote bedreiging van de kwaliteit van nog bestaande heidegebieden (o.a. Verstrael et al., 2017). Hierdoor is de verwerking van bodemmineralen versneld en het historische kapitaal aan deze bufferende elementen afgenomen. Tegelijkertijd nemen de in de bodem aanwezige uitwisselbare basische kationen (Ca, K en Mg) af (o.a. Mol et al., 2003; Bobbink et al., 2012). In combinatie met de toegenomen beschikbaarheid van stikstof, vooral in de vorm van ammonium, heeft dit sterk negatieve consequenties voor de biodiversiteit van veel habitattypen van het heidelandschap (Bobbink et al., 2021).

Het effect van de belasting met stikstof in vergraste droge en natte heide is in de afgelopen decennia onder andere bestreden door maatregelen als plaggen, chopperen, maaien en begrazen. Uit recent onderzoek blijkt dat deze maatregelen weliswaar effectief zijn in het verwijderen van geaccumuleerd stikstof en het verkrijgen van door dwergstruiken gedomineerde vegetatie, maar dat dit zeker nog niet heeft geleid tot volledig herstel van deze habitattypen (Vogels et al., 2017a, 2019, Wallis de Vries et al., 2018). Daarnaast wordt er met deze maatregelen niet enkel stikstof uit het systeem verwijderd, ook andere voedingsstoffen worden afgevoerd.

Verzuringbestrijding door middel van bekalking is in het verleden uitvoerig getest (De Graaf et al, 1998b; Dorland et al, 2004, 2005; Vogels et al, 2019) maar wordt in de praktijk weinig toegepast zonder eerst te plaggen. Aan het gebruik van kalkproducten zit een risico, zo kan bekalking van (sterk) organische bodems leiden tot verzuuring (Van Dobben, 2010; Bobbink et al., 2018). Bovendien verhoogt kalk alleen de concentratie van de kationen Ca en soms Mg in de bodem, waardoor binding aan fosfaat kan optreden waardoor dit verminderd beschikbaar is voor de fauna (Siepel et al., 2018, 2019). Dit treedt vooral op in de mineraalarmere zandgronden. Gehalten van basische kationen (Ca, K, Mg) en sporenelementen leverende mineralen worden met een kalkgift niet of in een soms erg onnatuurlijke verhouding hersteld. Onder mineralen worden de in vaste vorm aanwezige stoffen in de bodem zoals veldspaten verstaan die na verwerking, d.w.z. na zure hydrolyse, elementen zoals Ca, K, Mg en P leveren. In deze rapportage wordt de term "mineralen" niet gebruikt voor de voor planten beschikbare voedingsstoffen.

Er is behoefte aan een bufferherstelmaatregel die op droge en natte heide kan worden toegepast met zo min mogelijk kans op negatieve effecten. Het gebruik van slow-release mineralen (in dit rapport verder steenmeel genoemd) werd als kansrijke maatregel gezien om de bodembuffering te herstellen op een andere manier dan door toevoeging van kalk.

In de periode 2014-2019 is een eerste onderzoek uitgevoerd naar de korte termijn effectiviteit van slow release mineralengiften ("steenmeel") als herstelmaatregel in droge en natte heide. Het betrof een tweetal experimenten in het Nationale Park de Hoge Veluwe (droge en natte heide; gefinancierd door OBN) en een experiment op de Strabrechtse heide (alleen droge heide; gefinancierd door prov. Noord-Brabant). Na vijf jaar onderzoek is duidelijk geworden dat steenmeel toevoeging kansrijk is, maar dat er nog te veel kennisgaten over werkingsmechanismen en middellange termijn effecten bestaan om het als praktijkrijpe herstelmaatregel in te kunnen voeren (Verbaarschot et al., 2020). Modelberekeningen (de Vries et al., 2019) over de verwerking van steenmeel hebben laten zien dat na 5-10 jaar de effecten van de maatregel op de bodembuffering veel duidelijker aanwezig zullen zijn, maar het is natuurlijk nog niet zeker of deze maatregel uiteindelijk ook in de veldsituatie tot voldoende ecologisch herstel van het

heidesysteem zal leiden. Bovendien kunnen eventuele negatieve effecten op het biotische systeem op basis van vijf jaar veldonderzoek nog niet worden uitgesloten (van Diggelen et al., 2019).

Vervolgens werd in de periode 2019-2022 een vervolg onderzoek uitgevoerd naar de middellange termijn effecten van steenmeeltoevoeging in de tweetal experimenten in het Nationale Park de Hoge Veluwe (Weijters et al., 2023). Uit deze experimenten is gebleken dat zowel met soilfeed als met biolit in de droge en vochtige heideproefvlakken enkel positieve effecten gevonden werden. Desondanks kon op basis van die resultaten niet gesteld worden dat de geteste steenmelen zorgden voor een duidelijk systeemherstel binnen 9 jaar na toediening. Kenmerkende plantensoorten van een iets beter gebufferd milieu kwamen niet terug in de proefvlakken, de bodembuffering herstelde (nog) niet richting referentiewaarden voor iets kruidenrijke droge heide en ook wat bovengrondse fauna betreft was er geen sprake van duidelijk systeemherstel. De toegediende steenmelen hadden ook nauwelijks effect op het in het systeem geaccumuleerde stikstof, en leverden daarmee enkel een (deel)oplossing voor het knelpunt verzuring, en niet of nauwelijks voor de negatieve vermestende effecten van de langdurig verhoogde stikstofdepositie. Het snel verlagen van de N-depositie blijft dus essentieel. Naast de geteste steenmelen werd ook 4 ton dolokal als herstelmaatregel getoetst. Dit was een bewust hoge dosering om inzicht te krijgen in mogelijk negatieve effecten van (dolomieten)kalk toediening op bestaande heide vegetaties. Met name in de vochtige proefvlakken bleek deze dosering duidelijk te hoog te zijn. Er werden negatieve effecten van dolokal toediening gevonden op de dichtheden van fauna, met name bij strooiselafbrekende larven van tweevleugeligen (Diptera), de bodembuffering schoot door naar waardes kenmerkend voor heischrale vegetaties, de P beschikbaarheid nam af en ook de elementratio's in de vegetatie werden sterk negatief beïnvloed. In de droge heide werden deze effecten niet of nauwelijks waargenomen. De sleutel voor deze "overdosering" met dolokal ligt zeer waarschijnlijk in de CEC (de cation exchange capacity), die in de vochtige heide veel lager was dan in de droge heide. Daarnaast waren de effecten van de steenmeeldoseringen in de vochtige heide over het algemeen groter en duidelijker dan in de droge heide. Dit wordt bevestigd in proeven op recent of in het verleden geplagde droge heides en op stuifzandheides, waar de effecten van eenzelfde dosering steenmeel of kalk groter waren dan in proeven met een hoger organische stofgehalte in de bodem, en daarmee ook een hogere CEC.

Parallel aan het hierboven beschreven onderzoek naar de middellange termijn effecten van steenmeeltoediening in de twee experimenten in de Veluwe werd ook vervolgonderzoek in het droge heide experiment op de Strabrechtse heide uitgevoerd. In deze rapportage staan de resultaten van deze vervolgmetingen beschreven. Bij de uitwerking van de resultaten is dezelfde presentatie-opzet aangehouden als in de OBN-rapportage 'Herstel van droge- en vochtige heide door middel van silicaatmineralen (steenmeel). Resultaten van negen jaar steenmeelonderzoek' (OBN-2019-109-DZ; Weijters et al., 2023).

In deze studie zijn de lange termijn effecten van deze bufferherstelmaatregelen onderzocht. Steenmeel, en dan met name soilfeed, wordt gezien als kansrijk om grootschalig in te zetten als herstelmaatregel in aangetaste, structuurarme heide. Daarom is het 1) van groot belang om beter te begrijpen welke processen ten grondslag liggen aan de hierboven geschetste verschillen in respons en 2) welke van de vastgestelde veranderingen ook duurzaam zijn op de langere termijn.

1.2 Doel van het experiment

In dit onderzoek ligt de focus nadrukkelijk op het invullen van kennislücken die zijn gebleken uit eerdere studies in deze proeven (Weijters et al., 2018 en Verbaarschot et al., 2020). Het doel van dit onderzoek is om de volgende vragen te beantwoorden:

- Wat zijn de (middel)lange termijneffecten van steenmeeltoediening op Strabrecht? Dit geeft inzicht of deze, toch kostbare toepassing, voor voldoende herstel van de abiotiek kan zorgen of dat aanvullende maatregelen nodig zijn.
- Wat zijn de langere termijneffecten van steenmeel op de fauna? Leidt steenmeeltoediening inderdaad tot een betere voedselkwaliteit van de vegetatie, en worden er ook op de langere termijn geen negatieve effecten gemeten op de fauna?
- Wat is de verwerkingssnelheid van het steenmeel? Dit geeft inzicht in de werkingsduur en werkingsnelheid van het opgebrachte steenmeel en is nodig voor het bepalen van doseringen en eventuele herhalingen van de toepassingen in de tijd. De verwerkingssnelheid wordt ingeschat op basis van de hoeveelheden basische kationen (Ca, Mg en K) gemeten in bodem en vegetatie;
- Wat is de rol van bodembioologische processen (schimmels, bacteriën) op de verwerkingssnelheid van de verschillende soorten steenmeel?
- Is er naast een bodemchemisch knelpunt in de structuur-arme droge heide op Strabrecht ook sprake van dispersielimitatie van karakteristieke kruiden?
- Zorgt het toedienen van steenmeel ook voor een effectieve verlaging van de N-gehalten in bodem en plant? Wordt de omzetting van ammonium naar nitraat gestimuleerd? Wordt dit dan veroorzaakt door veranderingen in het bodemleven en/of met name door een hogere bodem pH?

Om deze vragen te kunnen beantwoorden is sinds najaar 2014 onderzoek verricht naar de effecten van steenmeeltoediening (gemalen silicaatgesteente: soilfeed, lavagruis en biolite) en dolomietkalk (dolokalk) op de bodemchemie, plantchemie, vegetatiesamenstelling en fauna in soortenarme verzuurde droge ongeplagde heide (Verbaarschot et al., 2020). Vanaf najaar 2022 werd ook bodemleven (bacteriën en schimmels) aan het al lopende onderzoek toegevoegd. De behandelingen werden éénmalig opgebracht op de bestaande zode en vegetatie, en niet ingewerkt. De proeflocaties zijn gelegen in de Strabrechtse heide in ongeplagde soortenarme droge heide met dominantie van struikhei. Met de in deze experimenten toegediende steenmeel- en kalkgiften is gepoogd om in ieder geval een aanzienlijk deel van de door antropogene invloeden veroorzaakte verliezen van Ca-, K- en Mg bevattende mineralen aan te vullen. Er werd gekozen voor een dosering van 10 of 15 ton steenmeel/ha en een hogere dosering dolokalk van 4 ton/ha, het dubbele van de gebruikelijke 2 ton/ha.

Om aan te kunnen geven of veranderingen in de bodemchemie positief of negatief waren; en om inzicht te krijgen in hoeverre de bodemchemie lijkt op die gemeten in een kruidenrijke droge heide, werden gegevens gebruikt uit literatuur (o.a. De Graaf et al., 2009 en Bobbink 2008) en de GRIP database van Onderzoekcentrum B-WARE. Het heidelandschap bestond op veel plekken uit een mozaïek van relatief zure en soortenarme vegetatie associaties, soortenrijkere iets beter gebufferde kruidenrijkere associaties en overgangen naar heischraal grasland (Clerx & Bijlsma, 2003; Vogels et al., 2016). Het doel van bufferherstelmaatregelen is dan ook niet om het gehele areaal aan droge heide in een terrein te veranderen in de meest soortenrijke, kruidenrijke sub-associatie maar vooral het herstellen van gradiënten en variatie in soortenrijkdom en buffering in het landschap, en/of het verbeteren van de kwaliteit van zuurdere, soortenarmere sub-associatie. Uitgangspunt hierbij was dat het bodemadsorptiecomplex opgeladen wordt met basische kationen zonder een te snelle toename van de pH. De beschikbare concentraties Ca, K en Mg in de bodem worden idealiter verhoogd tot in de range gemeten in soortenrijke heideterreinen met een kenmerkende biodiversiteit, gecombineerd met een afname in de beschikbare aluminiumconcentratie in de bodem. Omdat er in sterk verzuurde en met stikstof opgeladen bodems een grote voorraad aan stikstof in de bovenste bodemlagen aanwezig kan zijn, en dan voornamelijk in de vorm van ammonium, bestaat er een reëel risico op het versneld vrijkomen van stikstof na bufferherstelmaatregelen. Een sterke toename in stikstofbeschikbaarheid of sterke verrijking van de vegetatie werd als ongewenst gedefinieerd. Een verschuiving in de verhouding tussen nitraat en ammonium in de bodem, waarbij het aandeel van ammonium afneemt, werd als een

gunstig signaal voor verbeterde omzettingsprocessen (nitrificatie) in de bodem gezien en gunstig voor doelsoorten die gevoelig zijn voor een verhoogde ammonium:nitraat verhouding (Kleijn et al., 2008).

In de vegetatie werd een toename van kenmerkende heidesoorten en een toename van soorten uit het meer gebufferd milieu als gunstig gedefinieerd, onder de voorwaarde dat grassen niet dominant werden en er geen sterke toename van ruderaal soorten optrad. De kieming en blijvende vestiging van ingebrachte soorten van karakteristieke kruiden werd gezien als een signaal van dispersielimitatie als deze soorten verder niet in de proeflocaties aangetroffen werden. Naast de soortensamenstelling van de vegetatie, is ook de element-samenstelling van de vegetatie van belang. Dit vormt immers het voedsel voor herbivore soorten. In deze studie werd materiaal van struikhei en bochtige smele op elementen geanalyseerd, waarbij zowel naar de absolute gehalten als de verhoudingen van elementen werd gekeken. Uit eerdere studies naar de relatie tussen bufferherstelmaatregelen en bodemfauna bleek dat met name de N/P-ratio en de verhouding tussen Mn, Mg en Zn van belang kunnen zijn (Vogels et al., 2017b, 2021).

Voor de microbiologie is het (nog) niet mogelijk een duidelijk hersteldoel of referentie te benoemen. Wel kunnen we stellen dat een te sterke verschuiving in de verhouding tussen schimmels en bacteriën en/of de samenstelling van de gemeenschappen als ongewenst wordt gezien, omdat dit een signaal is dat omzettingsprocessen in de bodem (te) sterk veranderen.

Effecten van de maatregelen op fauna zijn onderzocht via twee sporen. Effecten van steenmeel op de soortenrijkdom en abundantie van verschillende trofische niveaus (detritivoren, herbivoren, predatoren/carnivoren) zijn onderzocht om na te gaan of het toedienen van steenmeel en/of kalk invloed uitoefent op stofstromen. Om de respons van die verschillende trofische groepen zo vergelijkbaar mogelijk te houden is dit onderzocht aan de hand van één insectenfamilie; tweevleugeligen (Diptera). Tweevleugeligen kunnen zowel op soort, familie als trofische groep worden ingedeeld, variërend van detritivoor tot carnivoor. Ook hier geldt dat voornamelijk grote veranderingen in trofische groepen, met andere woorden: sterke afnames van het aantal soorten en/of individuen als negatief wordt gezien. Voor de herbivoren wordt een toename gezien als een positief effect, vanuit de aanname dat er een versterkte limitatie in de abundantie van herbivore fauna optreedt als gevolg van verzuring en vermisting en als onbedoeld bij-effect van mitigerend beheer (Vogels et al., 2017b). Daarnaast is onderzocht of de maatregel ook invloed uitoefende op de samenstelling van ongewervelde gemeenschappen, en zo ja, wat daarvoor de meest plausibele verklaring is. Dit is uitgevoerd door middel van een bemonstering en eigenschappenanalyse van loopkevers (Carabidae). Van loopkevers is veel ecologische informatie beschikbaar: van elke aangetroffen soort is dezelfde informatie over onder meer voedselvoorkeur, vliegvermogen, vocht- of warmteminnendheid bekend. Dit maakt het mogelijk de mogelijke oorzaken en/of processen verantwoordelijk voor veranderingen in deze gemeenschap te kunnen duiden.

1.3 Proefopzet

1.3.1 Proeflocatie en opgebrachte producten

Het experiment werd uitgevoerd op (lang) niet geplagde heideterreinen met een oude heidevegetatie en oude, intacte heidebodem. Er werd voorafgaand aan het experiment dus niet geplagd, gemaaid of gehopperd. De proeflocatie is gelegen op dekzandruggen, op de bodemkaart wordt voor deze locatie Hd21 gegeven: Haarpodzolgronden; leemarm en zwak lemig fijn zand. Na het bepalen van de proeflocatie werd de mineralogie in kaart gebracht, en op basis hiervan werden de behandelingen en de soorten steenmeel gekozen en de dosering bepaald (Weijters et al., 2015).

Met de in deze experimenten toegediende mineralengiften is gepoogd om in ieder geval een aanzienlijk deel van de door antropogene invloeden veroorzaakte verliezen aan te vullen. Hierbij is

gezocht naar stoffen die zo goed mogelijk zouden kunnen aansluiten bij de oorspronkelijke mineralogie van het onderzoeksterrein. Soilfeed en biolit zijn geselecteerd omdat ze, afgaande op de informatie die bekend was bij aanvang van het project, een brede nutriëntensamenstelling, weinig gebiedsvreemde mineralen (alleen de veldspaatvervangers) en lage concentraties aan zware metalen hebben (Tabel 1.1). Soilfeed is daarnaast één van de weinige bekende steenmeelsoorten met een kaliumleverend vermogen. Biolit bevat in tegenstelling tot soilfeed ook zo'n 10% dolomiet waarmee er snelwerkende carbonaten in zitten en 1,4% apatiet waardoor het ook fosfor kan leveren. Van het steenmeel biolit werden 2 malingen geselecteerd (100 en 200 µm) om het verschil in verwerkingssnelheid van een fijne en grovere maling te onderzoeken. Er werd voor het steenmeel lavagruis gekozen omdat het qua samenstelling goed vergelijkbaar is met het commercieel makkelijk verkrijgbare eifergold, alleen veel goedkoper. Het steenmeel lavagruis is veel grover dan de andere soorten steenmelen (15µm) en bevat relatief veel P in vergelijking met soilfeed.

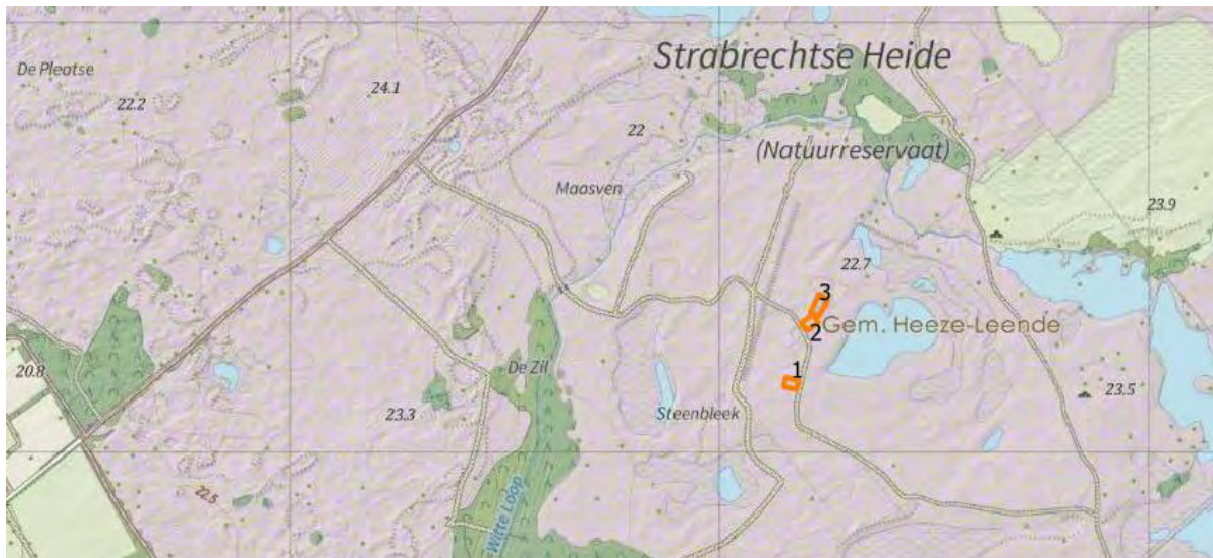
Als contrast werd ook dolokal (dolomietenkalk) (15% Mg) opgebracht, enkel bestaande uit magnesium- en calciumcarbonaten waardoor een snelle pH-stijging verwacht wordt en eveneens snelle toename in vrij beschikbaar Ca en Mg. Hiermee kan het adsorptiecomplex snel opgeladen worden, de toxiciteit van vrij aluminium geremd (betere verhouding tussen Al en Ca) en de beschikbaarheid van Ca en Mg voor de planten worden verhoogd.

Tabel 1.1 Weergave van de mineralogische en chemische samenstelling van de opgebrachte producten, de gebruikte dosering en de opgebrachte hoeveelheid van verschillende elementen bij de gegeven doseringen.

	Minerale samenstelling (%)						
	Kwarts	Kaliveldspaat	Plagioklaas	Biotiet	Muscoviet	Chloriet	Olivijn
Soilfeed		19,1	38,2	15			
Lavagruis			7,3	2,8			5
Biolit	17,5	3,4	29,3		10,2	23,3	
Dolomiet							
	Minerale samenstelling (%)						
	Amfibool	Veldspaatvervangers	Dolomiet	Calciet	Apatiet	Clinopyroxeen	Hematiet
Soilfeed	17,3	10					
Lavagruis		25				48,3	4,2
Biolit		0,3	9	0,4	1,4		
Dolomiet			100				
	Elementensamenstelling o.b.v. magnetrondestructie (mmol/kg)						
	Ca	K	Mg	Al	Fe	P	ANC
Soilfeed	276	324	178	1497	214	21	1204
Lavagruis	262	567	636	1407	198	70	2363
Biolit	684	54	1022	926	1063	94	3467
Dolomiet (15% Mg)	5129	2,5	4653	42	83	3	19566
	Elementensamenstelling o.b.v. magnetrondestructie (mol/ha)						
	Ca	K	Mg	Al	Fe	P	ANC
Soilfeed (10 ton/ha)	2760	3240	1780	14970	2140	210	12,3
Lavagruis (15 ton/ha)	3935	8509	9539	21100	2977	1051	35,5
Biolit (10 ton/ha)	6843	543	10218	9264	10629	937	34,7
Dolomiet (4 ton/ha)	20516	10	18610	170	333	12	78,3

De gekozen doseringen van de steenmelen zijn conservatief, waarbij rekening werd gehouden met een mogelijke onderschatting van de elementen die vrij kunnen komen uit soilfeed door het relatief grote verschil tussen de XRF-metingen en de metingen met de magnetrondestructie (zie Weijters et al., 2018); en met het doel de dosering van basen niet boven de dosering van 2 ton kalk uit te laten komen, de in de literatuur en praktijk gehanteerde maximale dosering van kalkproducten na bijvoorbeeld plagwerkzaamheden. Als contrast werd er 4 ton dolokal/ha opgebracht. Doel van deze relatief hoge dosering was om eventueel optredende verzuuring en de achterliggende processen van eventuele negatieve effecten van kalkproducten op fauna beter inzichtelijk te maken.

Uiteindelijk werd een globale dosering van zuur-bufferend vermogen of "acid neutralising capacity" (oftewel de som van het equivalent aan basische kationen Ca, K, en Mg) opgebracht van grofweg 10.000 meq/ha met soilfeed, 35.000 meq/ha met lavagruis en biolit en 80.000 meq/ha met dolomiet, waarbij de aandelen en opgebrachte minerale vormen van Ca, K, Mg maar ook van Al en Fe sterk verschilden tussen de geteste producten.



Figuur 1.1 Boven: Locatie van de drie proef-blokken van het Noord-Brabantse experiment op de Strabrechtse heide. Linksonder: een proefvlak op Strabrecht vlak na het toedienen van het steenmeel op 24 november 2014. Rechtsonder: het steenmeel wordt handmatig opgebracht.

1.3.2 Proefopzet

Het in 2014 gestarte onderzoek naar de effecten van steenmeeltoediening op herstel van droge heide bestond uit vijf blokken met zes proefvlakken (zie voor meer detail Verbaarschot et al., 2020). Op basis van de gegevens uit voorgaande fases en om financiële redenen, zijn in deze onderzoeksperiode alleen metingen verricht in de proefblokken die gelegen zijn in het voormalige door Schotse hooglanders begraasde deel van de heide (drie proefblokken van de oorspronkelijke vijf). Daarnaast bleek dat er nauwelijks verschil was tussen de twee malingen bioliet. In het huidige onderzoek zijn daarom de metingen enkel uitgevoerd in de proefvlakken met de 100 μm maling van bioliet, naast de controle, dolokal, lavagruis en de met soilfeed behandelde proefvlakken (vijf van de zes oorspronkelijke behandelingen). In totaal werden er metingen verricht in 15 proefvlakken van 10m bij 10m groot. Alle producten werden eenmalig met de hand uitgestrooid op de bestaande vegetatie, er werd niets in de bodem gewerkt. Dit gebeurde op 24 en 25 november 2014.

1.3.3 Uitgangssituatie bodem en vegetatie

In het najaar van 2014 werd een nulmeting uitgevoerd waarbij de bodemchemie van alle proefvlakken is gemeten voordat er steenmeel of dolokal is opgebracht. Er werden, zoals verwacht, nauwelijks significante verschillen gevonden binnen het terrein. Alleen in de proefvlakken waar de behandeling soilfeed aan werd toebedeeld werd in de nulmeting een grote variatie in beschikbaar Ca- en Mg gemeten en waren deze concentraties significant hoger ten opzichte van de controle proefvlakken, hierdoor werd ook een significant hogere basenverzadiging gemeten voor aanvang van het experiment.

De top laag van de bodem bevatte 7% organisch materiaal en de pH-NaCl was gemiddeld 3,4. De beschikbare calciumconcentratie was gemiddeld 1836 $\mu\text{mol/l}$ bodem en de beschikbare aluminiumconcentratie was gemiddeld 1519 $\mu\text{mol/l}$ bodem (Al/Ca-ratio van gemiddeld 1,0 mol/mol). De basenverzadiging, gebaseerd op het zoutextract, was gemiddeld 14%. De in de bodem gemeten buffering-gerelateerde parameters maken duidelijk dat de abiotiek van de proeflocatie behoort tot die van verzuurde droge heide (de Graaf et al., 2009).

Struikhei (*Calluna vulgaris*) was in alle proefvlakken de dominante en aspect bepalende soort. Bochtige smele (*Deschampsia cespitosa*), fijn schapengras (*Festuca filiformis*), pijpenstrootje (*Molinia caerulea*) en pilzegge (*Carex pilulifera*) waren de meest voorkomende grasachtigen. Het percentage grasachtigen (inclusief zeggen en russen) was gemiddeld 4-12% en het oppervlak aan kale bodem 2-4%. De moslaag was goed ontwikkeld (>80 bedekking). Grijs kronkelsteeltje (*Campylopus introflexus*) en heideklauwtjesmos (*Hypnum jutlandicum*) waren dominant.

Tabel 1.2 Gemiddelde en standaard fout gemeten in de bodem (0-10 cm) van alle proefvlakken tijdens de nulmeting (najaar 2014). Al, Ca, K en Mg als beschikbare kationen gemeten in het zoutextract (0,2M NaCl), PO_4 gemeten in het demiwaterextract. Basische kationen=som basische kationen Ca, K en Mg.

		Gemiddelde	St. fout
Organische stof	%	7	0,5
pH-NaCl		3,4	0,08
Beschikbaar Al	$\mu\text{mol/l}$ bodem	1501	147
Beschikbaar Ca	$\mu\text{mol/l}$ bodem	1890	134
Beschikbaar K	$\mu\text{mol/l}$ bodem	175	16
Beschikbaar Mg	$\mu\text{mol/l}$ bodem	479	42
Basische kationen	meq/l bodem	4911	352
$\text{PO}_4\text{-H}_2\text{O}$	$\mu\text{mol/l}$ bodem	1,2	0,10

2 Bodemchemie

2.1 Inleiding

In dit hoofdstuk staan de resultaten van de metingen aan bodemchemie beschreven voor de periode 2014 t/m 2024. Om eventuele effecten van de verschillende behandelingen te kunnen duiden, zijn de gegevens vergeleken met die gemeten in meer soortenrijke, niet verzuurde droge heideterreinen (paragraaf 2.2). Een overzicht van de uitgangssituatie aan de start van het experiment staat beschreven in hoofdstuk 1. Per behandeling (soilfeed, lavagruis, biolit en dolokal) is beschreven welke verschillen er werden gemeten t.o.v. de onbehandelde controle, en is aangegeven of deze veranderingen er voor zorgden dat de proefvlakken meer op de eerder beschreven referentie-situatie zijn gaan lijken.

Metingen aan bodemchemie zijn verricht in het najaar van 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2022 en 2024. In de bodem (0-10 cm) zijn de beschikbare concentraties van calcium, magnesium, kalium en aluminium, ammonium, nitraat, sporenelementen en pH gemeten in een zoutextract, de cation exchange capacity (CEC) en basenverzadiging zijn bepaald in een strontiumextract. Fosfaat is in dit project op twee manieren gemeten, via een Olsen-extractie waarmee de beschikbare fosfaatconcentratie wordt bepaald, die ook deels vrijgemaakt kan worden door planten, schimmels en bacteriën in de bodem en via een zoutextractie, die een maat geeft voor de vrij oplosbare fosfaatconcentraties. De stikstof flux (ammonium en nitraat) werd bepaald met Plant Root Simulator probes. Deze probes geven een maat voor de beschikbaarheid van nutriënten over een bepaalde tijdsperiode. De methodiek van de bodemanalyses staat beschreven in bijlage 1 en de gehele dataset is bijgevoegd in bijlage 2.

In onderstaande paragrafen zijn de resultaten per meetjaar weergegeven met de gemiddelde waarde ($n=3$) en de bijbehorende standaardfout en deze punten te verbinden met een rechte lijn. Verschillen tussen behandelingen en de controle werden getoetst in R Studio versie 4.1.1 met een general linear mixed-effect model per jaar met de behandeling als fixed-factor en de proefvlakken als random-factor. Daarnaast zijn de gegevens van alle jaren samen per behandeling (zonder de nulmeting; 2014) weergegeven in boxplots ($n=18$). De Box geeft het bereik tussen het 25^e en 75^e percentiel weer. De Whiskers (verticale lijnen) geven het bereik tussen het 10^e en 90^e percentiel. De horizontale streep in de box geeft de mediane waarde van de metingen weer. De gegevens van alle jaren samen (zonder de nulmeting; 2014) zijn per behandeling getoetst in R Studio versie 4.1.1 met een general linear mixed model met de behandelingen als fixed-factor en tijd als random-factor. Wanneer nodig werden parameters log-getransformeerd.

2.2 Referentiebeeld droge heide

2.2.1 Achtergrond

In de Nederlandse heideterreinen is in de afgelopen vier-vijf decennia een duidelijk patroon zichtbaar van toenemende vergrassing en versnelde successie als gevolg van de vermestende werking van de atmosferische N-depositie (Weijters & Bobbink, 2024). Daarnaast dragen verhoogde aluminiumconcentraties en verlaagde kationenbeschikbaarheid in de bodem bij aan het verlies van plant- en diersoorten die gevoelig zijn voor de verzurende effecten van de nog steeds verhoogde N depositie en S-depositie uit het verleden. Deze vermestende en verzurende effecten van de verhoogde atmosferische depositie zijn in hoge mate oorzaak van het verlies van soorten (zowel planten als dieren) in de droge en vochtige heide (o.a. Van den Burg et al., 2021; Bobbink et al., 2021, Vogels et al., 2020; Bobbink et al., 2017; Van Den Berg et al., 2005). Voor vochtige heide komt hier als extra bedreiging ook verdroging bij. Gevolgen van verzuring zijn het verlies van buffercapaciteit in de bodem, een daling van de bodem-pH, toename van beschikbaar aluminium en ammonium (ook door vermesting) en verlies aan beschikbaarheid van calcium, kalium en magnesium (Bobbink et al., 2014 & Bobbink et al., 2017).

2.2.2 Referentiewaarden Habitatype 4030: Droge Europese heide

Droge Europese heide is een door struikheide gedomineerde dwergstruikvegetatie. Typische soorten zijn struikheide (*Calluna vulgaris*), klein warkruid (*Cuscuta epithymum*), brem (*Cytisus scoparius*), stekelbrem (*Genista anglica*), kruipbrem (*Genista pilosa*), gaspeldoorn (*Ulex europaeus*), blauwe bosbes (*Vaccinium myrtillus*), fijn bekermos (*Cladonia chlorophaea*), rode heidelucifer (*Cladonia floerkeana*), gewoon gaffeltandmos (*Dicranum scoparium*) en gewoon peermos (*Pohlia nutans*). De aspectbepalende dwergstruikenlaag is vaak niet hoger dan 1 m, met plaatselijk voorkomen van boom- of struikopslag zoals grove den, zomereik, ruwe berk, spork, brem, jeneverbes of bramen. De half-natuurlijke vegetaties zijn van nature rijk aan mossen en korstmossen, vaak op oudere openvallende struiken. Het habitatype komt tegenwoordig enkel nog voor op droge, nutriëntenarme, doorgaans zure en voedselarme zandgronden. Bodems die beter gebufferd zijn tegen verzuring (dus zandbodems met een lemige fractie of met nogal wat organisch materiaal) hebben – of hadden - vaak een gevarieerdere, soortenrijkere vegetatie. Het heidelandschap bestond op veel plekken uit een mozaïek van relatief zure en soortenarme vegetatie associaties, soortenrijkere iets beter gebufferde kruidenrijkere associaties en overgangen naar heischraal grasland (Clerkx & Bijlsma, 2003; Vogels et al., 2016a). Het doel van bufferherstelmaatregelen is dan ook niet om het gehele areaal aan droge heide te veranderen in de meest soortenrijke, kruidenrijke subassociatie. Een goede aanleiding of doelstelling zou ook het herstellen van gradiënten en variatie in soortenrijkdom en buffering in het landschap kunnen zijn.

De typische droge heidevegetatie ontwikkelt in een koel, gematigd klimaat met een hoge luchtvochtigheid gedurende het grootste deel van het jaar. De vegetatie is grondwateronafhankelijk. De kritische depositiewaarde (KDW) voor stikstof is 10 kg N/ha/jaar (Wamelink et al., 2023), in het midden van de internationale bandbreedte van 5-15 kg N/ha/jaar (Bobbink et al., 2022). Hogere stikstofdeposities leiden tot vergrassing van droge heide, vroeger vooral met dominantie van bochtiges smele, nu vooral door pijpenstrootje (Bijlsma et al., 2024).

Gemeten referentiewaarden (GRIP)

Binnen de binnenlandse droge heide (Calluno-Geniston pilosae) komen in Nederland twee associaties voor, waarvan de meest voorkomende de associatie van struikheide en stekelbrem (**20Aa01**: Genisto anglicae-Callunetum) is. Binnen deze associatie worden op dit moment drie subassociaties onderscheiden, waaronder de typische vorm (**20Aa01b**: Genisto anglicae-Callunetum typicum), de van oorsprong meer soortenrijke heischrale subassociatie (**20Aa01d**: Genisto anglicae Callunetum danthonietosum) en de korstmosrijke subassociatie op vastgelegde stuifzand (**20Aa01a**). Steeds vaker wordt – en werd - ook de rompgemeenschap van pijpenstrootje en bochtige smele (**20RG1**), een sterk gedegradeerde vorm van de droge heidevegetatie of soms heischraal grasland, aangetroffen.

Op basis van vegetatie-opnames (droge heide) uit de GRIP-database (Gemeten Referentiewaarden in Plantengemeenschappen) van B-WARE zijn deze ingedeeld tot op subassociatieniveau of rompgemeenschap. Aangezien per vegetatie-opname ook bodemchemische gegevens bekend zijn, kon een overzicht van de bodemchemie per (sub)associatie of rompgemeenschap worden verkregen. Aan de hand van deze analyse zijn bodemchemische randvoorwaarden opgesteld voor het voorkomen van genoemde vegetatie-eenheden (Tabel 2.1). Hierbij bleek dat pH-NaCl, de concentratie uitwisselbaar Ca, de Al/Ca-ratio en de NH₄-concentratie de belangrijkste sturende parameters zijn voor het al dan niet voorkomen van deze vegetatie-eenheden (De Graaf et al., 2009 en Bobbink 2008). Naast de in Tabel 2.1 genoemde parameters zal ook de voor planten beschikbare fosforconcentratie voldoende laag moeten zijn voor heide (150-500 µmol/l bodem). Daarnaast zijn er aanwijzingen dat kenmerkende kruiden in de typische subassociatie momenteel nog voorkomen bij een basenverzadiging van rond de (25)30-40% in de bovengrond (expert judgement), maar deze is vroeger waarschijnlijk hoger geweest (bijv. in een kleine dataset op de Asselse heide werd er voor 1990 een basenverzadiging van 50-70% gemeten in de typische droge heide).

Tabel 2.1 Waarden gemeten in de subassociatie van droge heide (H4030), waarbij de pH gemeten is in een zoutextract (pH-NaCl), de beschikbare calciumconcentratie in $\mu\text{mol/l}$ bodem (Ca-NaCl), de aluminiumcalciumratio in mol/mol (Al/Ca-ratio), de anorganische ammoniumconcentratie in $\mu\text{mol/l}$ ($\text{NH}_4\text{-NaCl}$) en de basenverzadiging in percentage (BV).

	pH-NaCl	Olsen-P	Ca-NaCl	Al/Ca-ratio	$\text{NH}_4\text{-NaCl}$	BV
		$\mu\text{mol/l}$ bodem	$\mu\text{mol/l}$ bodem	mol/mol	$\mu\text{mol/l}$ bodem	%
Typische subassociatie van Struikhei en Stekelbrem met kenmerkende kruiden	>3,5	<300	>1500	<2	<200	>30*

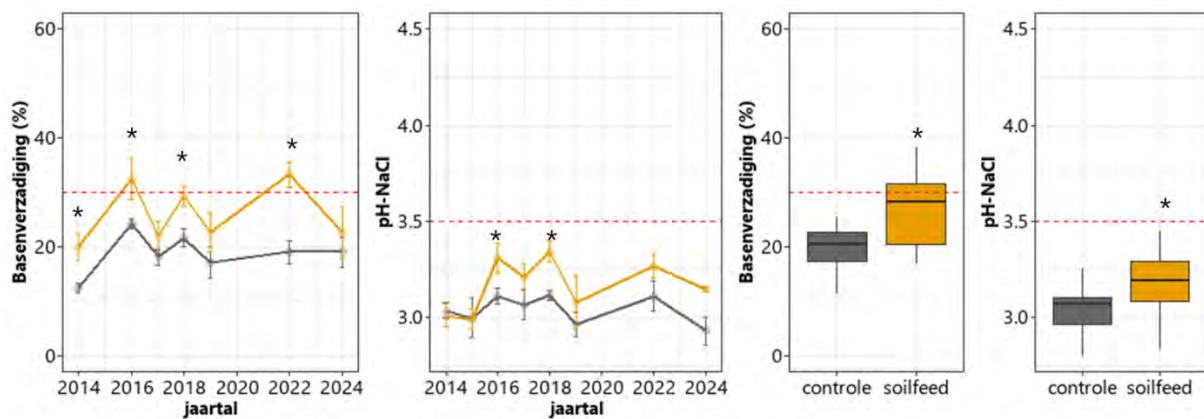
* grotendeels gebaseerd op deskundig oordeel

2.3 Effecten van het steenmeel soilfeed

Het opladen van het adsorptiecomplex met basische kationen (Ca, K en Mg) en daarmee het verhogen van de basenverzadiging en het verhogen van de beschikbaarheid van basische kationen is één van de doelen van het opbrengen van steenmeel, naast het verlagen van de verhoogde aluminiumconcentraties. Door middel van het opbrengen van gemalen silicaten (steenmeel) is geprobeerd om de bodem veelzijdig en geleidelijk aan te vullen. Het steenmeel soilfeed bevat relatief veel kalium, naast calcium, magnesium en een geringe hoeveelheid fosfor (Tabel 1.1). In dit experiment werd in de winter van 2014/2015 10 ton soilfeed per hectare opgebracht.

2.3.1 Basenverzadiging en pH-NaCl

In de proefvlakken met soilfeed werd in de nulmeting al een significant verschil in basenverzadiging gemeten ten opzichte van de controle van 8 procentpunten (Figuur 2.1). Gedurende het experiment was het verschil tussen de controle en behandeling met soilfeed 6 procentpunten (Tabel 2.2) en wordt het verschil ten opzichte van de controle dus niet groter gedurende het experiment. Het steenmeel soilfeed leidt binnen tien jaar niet tot een verbetering van de basenverzadiging in droge heide. De pH-NaCl gemeten in de met soilfeed behandelde proefvlakken was in het tweede meetjaar (2016) significant hoger ten opzichte van de controle en bleef gedurende het experiment hoger ten opzichte van de controle. Getoetst over alle jaren samen, werd een significante toename in pH-NaCl gemeten van 0,1 pH-eenheden tot een gemiddelde pH-NaCl van 3,2. Met een pH-NaCl van 3,2 wordt de ondergrens van de referentiewaarde voor droge heide met kenmerkende kruiden niet gehaald. Het toedienen van soilfeed leidde niet tot veranderingen van de CEC of organische stof in de bodem.



Figuur 2.1 Basenverzadiging (%) gemeten in een strontiumextract (SrCl) en pH gemeten in het zoutextract (NaCl) in de 0-10 cm bodemlaag (gemiddeld \pm standaardfout) per meetjaar en boxplots van alle jaren samen. * = significant verschil ten opzichte van de controle ($p < 0.05$). De rode stippellijn geeft de ondergrens weer van de range gemeten in droge heide van de basenverzadiging en pH-NaCl (Tabel 2.1).

Tabel 2.2 GLMM-uitkomsten van alle meetjaren samen getoetst over de gehele looptijd van het experiment voor de pH-NaCl, CEC in meq/l, BV en OS in procenten. *, **, ***: significant verschil van $p = 0.05$; 0.01 en 0.001.

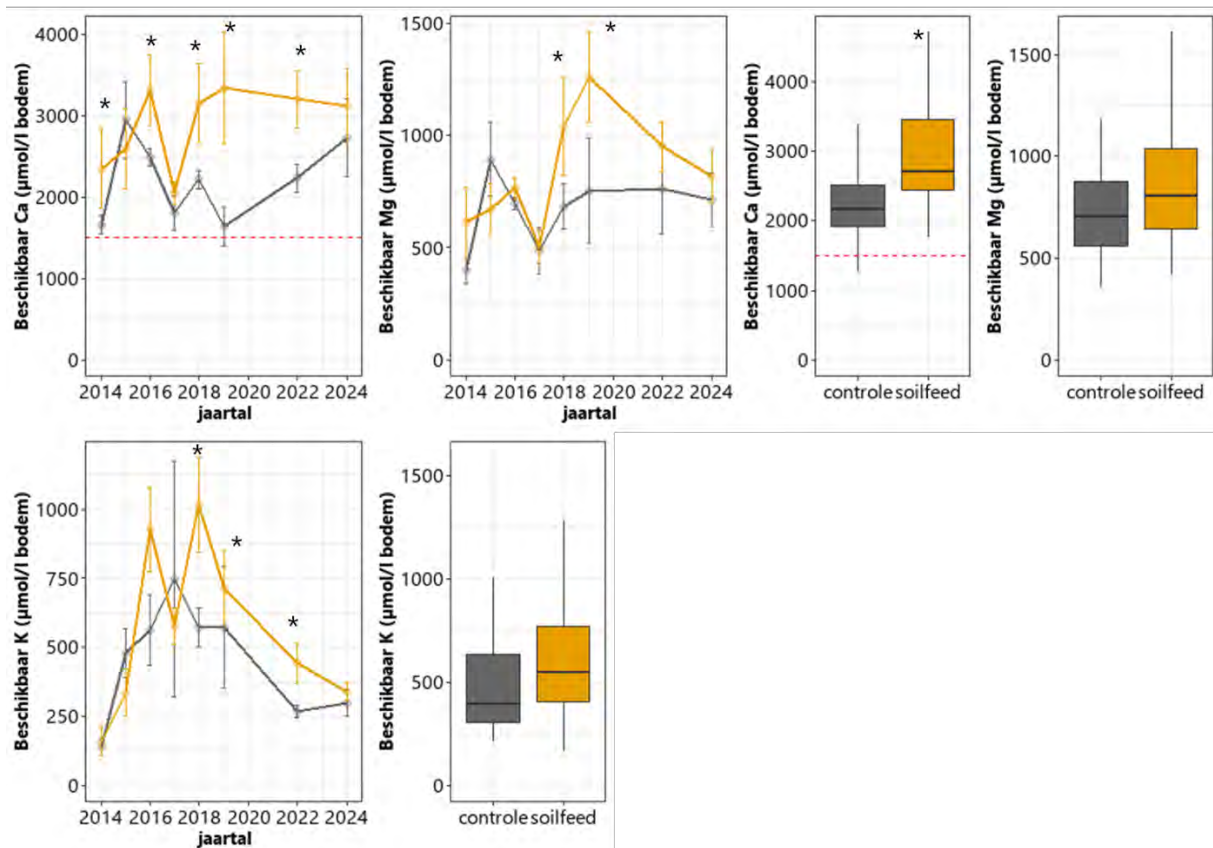
	pH-NaCl		OS		CEC		BV	
	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t
intercept	3,1 (0,11)	28,59***	7,8 (0,8)	10,50***	38 (3,5)	10,98***	22 (3,6)	6,08***
soilfeed	0,1 (0,06)	2,35*	0,9 (0,6)	1,53	0,5 (2,6)	0,19	6 (1,7)	3,80***

*intercept = gemiddelde van de controle; waarde voor soilfeed = (geschatte) gemiddelde afwijking van de intercept.

2.3.2 Beschikbare concentraties kationen

In de proefvlakken met soilfeed werden getoetst over alle jaren samen geen significante verschillen gemeten in de beschikbare Mg-concentraties ten opzichte van de controle (Tabel 2.3 en Figuur 2.2 Beschikbare Ca-, Mg en K-concentraties in $\mu\text{mol/l}$ bodem gemeten in het zoutextract (NaCl) in de 0-10 cm bodemlaag (gemiddeld \pm standaardfout) per meetjaar en boxplots van alle jaren samen. * = significant verschil ten opzichte van de controle ($p < 0.05$). De rode stippellijn geeft de ondergrens weer van de range gemeten in droge heide van de beschikbare Ca-concentratie (Tabel 2.1).

). De beschikbare Ca-concentratie was bij de nulmeting (in 2014) significant hoger in de met soilfeed behandelde proefvlakken ten opzichte van de controle met een verschil van 521 $\mu\text{mol/l}$ bodem. Getoetst over alle jaren samen werd een significant verschil in beschikbaar Ca gemeten van 719 $\mu\text{mol/l}$ bodem ten opzichte van de controle. Het effect van soilfeed op de beschikbare Ca-concentratie in de bodem is minimaal, verschil van circa 200 $\mu\text{mol/l}$ Ca. Naast calcium bevat het steenmeel soilfeed een hoog aandeel kalium leverende mineralen. Vanaf het tweede meetjaar werden al hogere kaliumconcentraties in de bodem gemeten, met significant hogere concentraties ten opzichte van de controle in het vierde, vijfde en achtste meetjaar. In het tiende meetjaar werden in de met soilfeed behandelde proefvlakken vergelijkbare K-concentraties gemeten als in de controle. Getoetst over alle jaren samen werd geen significante toename in beschikbaar K gemeten met soilfeed, mogelijk vindt er opname van kalium door de vegetatie plaats.

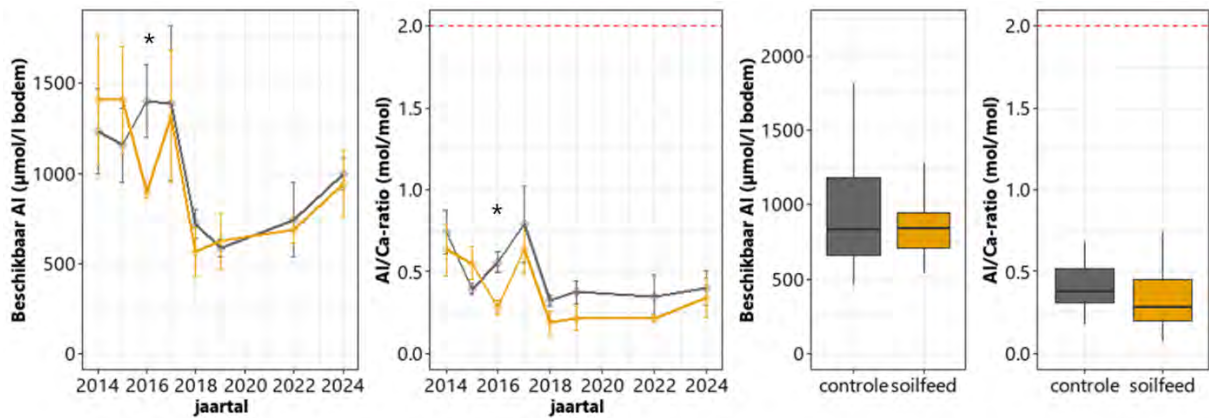


Figuur 2.2 Beschikbare Ca-, Mg en K-concentraties in $\mu\text{mol/l}$ bodem gemeten in het zoutextract (NaCl) in de 0-10 cm bodemlaag (gemiddeld \pm standaardfout) per meetjaar en boxplots van alle jaren samen. * = significant verschil ten opzichte van de controle ($p < 0.05$). De rode stippellijn geeft de ondergrens weer van de range gemeten in droge heide van de beschikbare Ca-concentratie (Tabel 2.1).

Tabel 2.3 GLMM-uitkomsten van alle meetjaren samen getoetst over de gehele looptijd van het experiment voor de beschikbare Ca-, Mg- en K-concentraties in $\mu\text{mol/l}$ bodem. *, **, ***: significant verschil van $p = 0.05$; 0.01 en 0.001.

	Beschikbaar Ca		Beschikbaar Mg		Beschikbaar K	
	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t
intercept	2353 (74)	31,97***	801 (95)	8,40***	506 (54)	9,30***
soilfeed	719 (85)	8,49***	93 (69)	1,34	81 (52)	1,55

Naast de verhoging van de beschikbaarheid van basische kationen is bij bufferherstelmaatregelen met slow-release mineralen ook het verlagen van de aluminiumconcentratie essentieel. De toediening van het steenmeel soilfeed resulteerde gedurende het gehele experiment niet tot significante verschillen in beschikbaar aluminium of in de aluminium/calcium-ratio ten opzichte van de controle (Figuur 2.3). Dit wijkt af van het experiment in de Hoge Veluwe waarin met soilfeed toediening duidelijk een afname van de beschikbare aluminiumconcentratie werd gemeten (Weijters et al., 2023). Het hoge aandeel aluminium, dat in silicaatsteenmelen als soilfeed aanwezig is, resulteerde echter niet tot een toename van de beschikbare aluminiumconcentratie in de bodem.



Figuur 2.3 Beschikbare Al-concentraties in $\mu\text{mol/l}$ bodem en Al/Ca-ratio in mol/mol gemeten in het zoutextract (NaCl) in de 0-10 cm bodemlaag (gemiddeld \pm standaardfout) per meetjaar en boxplots van alle jaren samen. * = significant verschil ten opzichte van de controle ($p < 0.05$). De rode stippellijn geeft de ondergrens weer van de range gemeten in droge heide van de Al/Ca-ratio (Tabel 2.1).

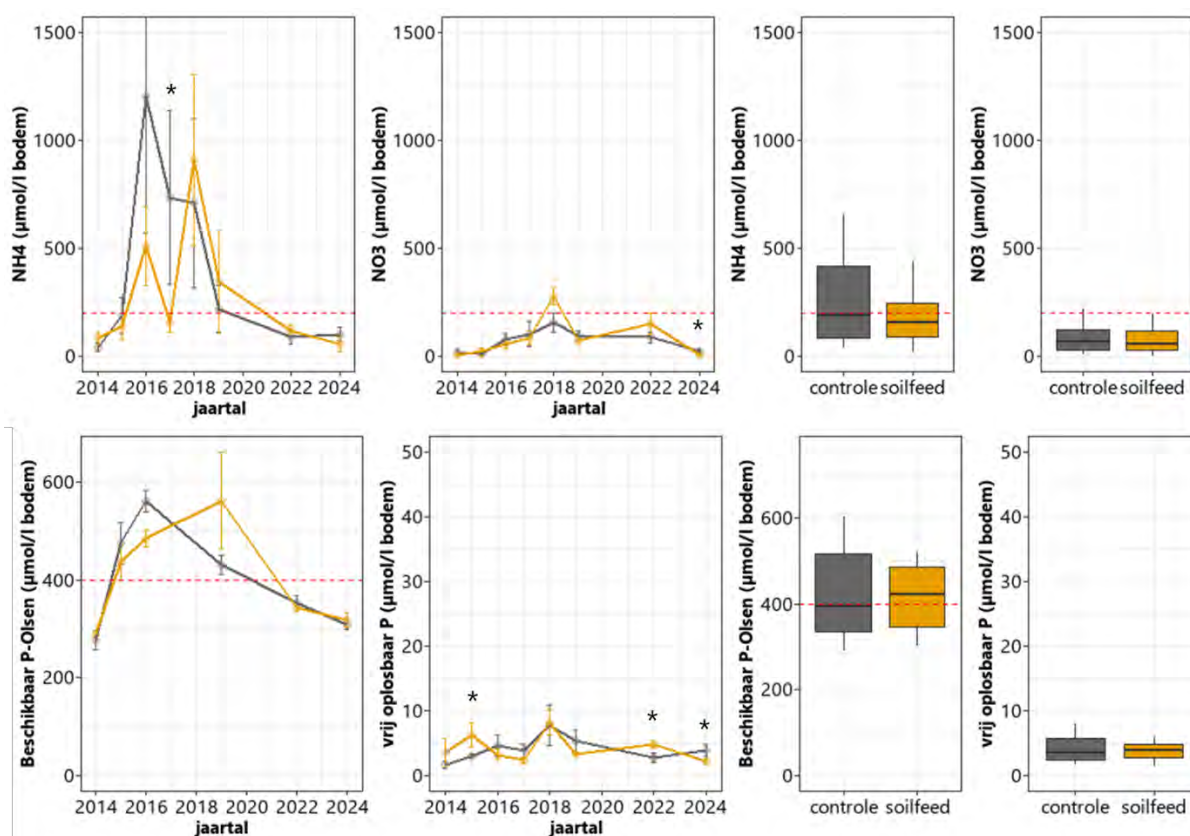
Tabel 2.4 GLMM-uitkomsten van alle meetjaren samen getoetst over de gehele looptijd van het experiment voor de beschikbare Al-concentratie in $\mu\text{mol/l}$ bodem en de Al/Ca-ratio in mol/mol. *, **, ***: significant verschil van $p = 0.05$; 0.01 en 0.001.

	Beschikbaar Al (log)		Al/Ca-ratio	
	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t
intercept	6,87 (0,24)	28,66***	0,46 (0,07)	6,55***
soilfeed	-0,11 (0,16)	-0,68	-0,13 (0,08)	-1,71

2.3.3 Stikstof en fosfaat

Met het toedienen van bufferstoffen als anti-verzuringmaatregel op langdurig niet-geplagde, organische heidebodems bestaan er zorgen over het vrijkomen of juist binden van nutriënten (N en P). Bij aanvang van het experiment waren de anorganische stikstofconcentraties in de bodem over het algemeen laag, met ammoniumconcentraties lager dan $200 \mu\text{mol/l}$ bodem en nitraatconcentraties lager dan $50 \mu\text{mol/l}$ bodem (Figuur 2.4). In de droge periode werden sterk verhoogde ammoniumconcentraties in de bodem gemeten. In de met soilfeed behandelde proefvlakken werden gedurende het experiment weinig significante effecten gemeten op de ammonium- en nitraatconcentraties in de bodem. In het tiende meetjaar werd een significant lagere nitraatconcentratie gemeten in de met soilfeed behandelde proefvlakken van 3 tegen $24 \mu\text{mol/l}$ in de controle.

Wat fosfaat betreft, werden in de met soilfeed behandelde proefvlakken vergelijkbare plantbeschikbare fosfaatconcentraties (Olsen-P) gemeten als in de controle. De vrij oplosbare P-concentratie, gemeten in een zoutextract, varieerde sterk door de jaren heen en was getoetst over alle jaren samen niet verschillend in de soilfeed behandelde proefvlakken ten opzichte van de controle.



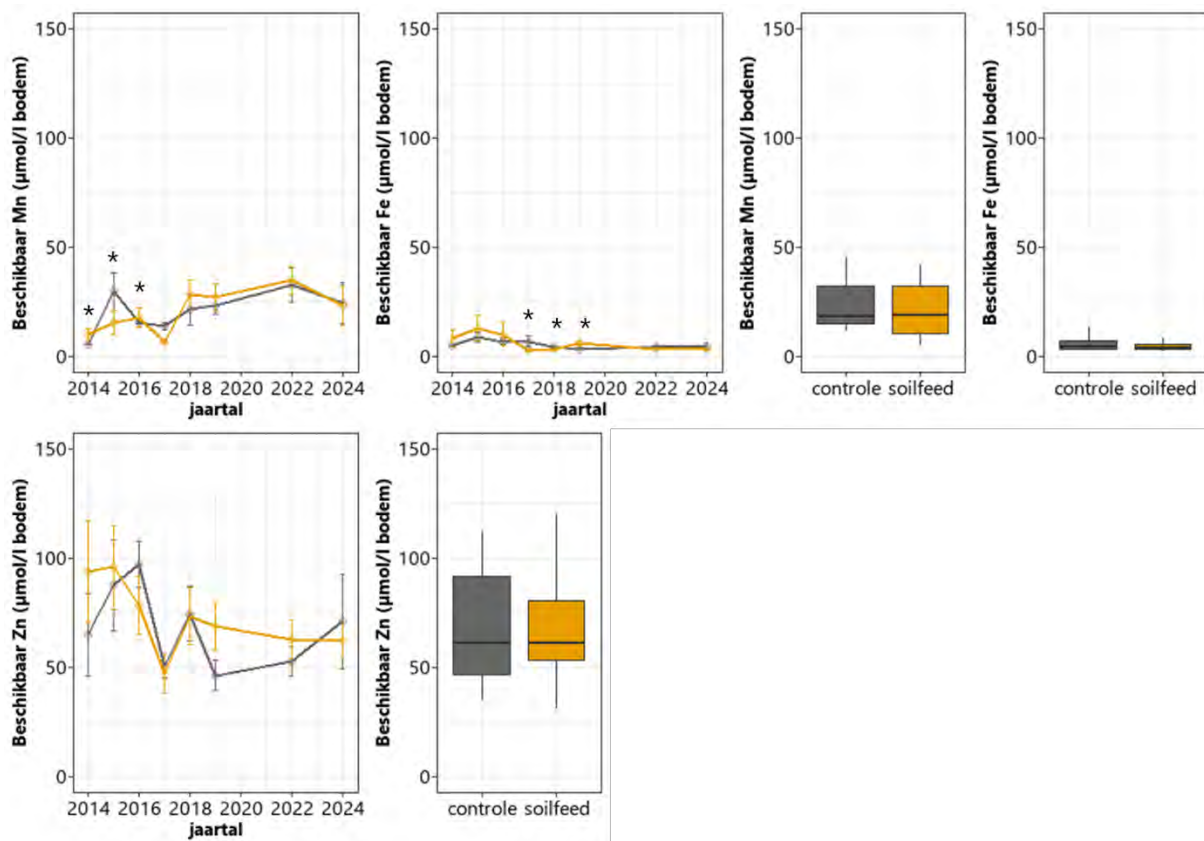
Figuur 2.4 Boven: ammonium-(NH₄) en nitraat-(NO₃)concentraties in $\mu\text{mol/l}$ bodem gemeten in het zoutextract (NaCl) in de 0-10 cm bodemlaag. Onder: beschikbare P-concentraties gemeten in een Olsen-extract en vrij oplosbare P-concentraties gemeten in het zoutextract (NaCl) in $\mu\text{mol/l}$ bodem in de 0-10 cm bodemlaag (gemiddeld \pm standaardfout) per meetjaar en boxplots van alle jaren samen. * = significant verschil ten opzichte van de controle ($p < 0.05$). De rode stippellijn geeft de ondergrens weer van de range gemeten in droge heide van de stikstof- en Olsen-P concentratie (Tabel 2.1).

Tabel 2.5 GLMM-uitkomsten van alle meetjaren samen getoetst over de gehele looptijd van het experiment voor de NH₄⁻, NO₃⁻, Olsen-P- en vrij oplosbare P-concentraties in $\mu\text{mol/l}$ bodem. *, **, ***: significant verschil van $p = 0.05$; 0.01 en 0.001.

	NH ₄		NO ₃		Olsen-P		P-NaCl	
	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t
intercept	463 (89)	5,20***	99 (23)	4,37***	439 (50)	8,73***	4,7 (1,0)	4,88***
soilfeed	-54 (55)	-0,99	-18 (10)	-1,87	6 (24)	0,26	-0,1 (0,7)	-0,17

2.3.4 Sporenelementen mangaan, ijzer en zink

De beschikbare concentraties sporenelementen mangaan, ijzer en zink varieerden per meetjaar (Figuur 2.5). Getoetst over alle jaren samen werden geen significante effecten van de toediening van soilfeed gemeten op de beschikbare mangaan-, ijzer- en zinkconcentraties in de bodem (Tabel 2.6).



Figuur 2.5 Boven: beschikbare Mn- en Fe-concentraties in $\mu\text{mol/l}$ bodem gemeten in het zoutextract (NaCl) in de 0-10 cm bodemlaag. Onder: beschikbare Zn-concentraties gemeten in het zoutextract (NaCl) in $\mu\text{mol/l}$ bodem in de 0-10 cm bodemlaag (gemiddeld \pm standaardfout) per meetjaar en boxplots van alle jaren samen. * = significant verschil ten opzichte van de controle ($p < 0.05$).

Tabel 2.6 GLMM-uitkomsten van alle meetjaren samen getoetst over de gehele looptijd van het experiment voor de beschikbare Mn-, Fe- en Zn-concentraties in $\mu\text{mol/l}$ bodem. *, **, ***: significant verschil van $p = 0.05$; 0.01 en 0.001.

	Beschikbaar Mn		Beschikbaar Fe		Beschikbaar Zn	
	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t
intercept	24 (3)	7,47***	6 (1,1)	5,92***	74 (9)	7,92***
soilfeed	-3 (4)	-0,76	-0,7 (0,7)	-1,04	1 (7)	0,15

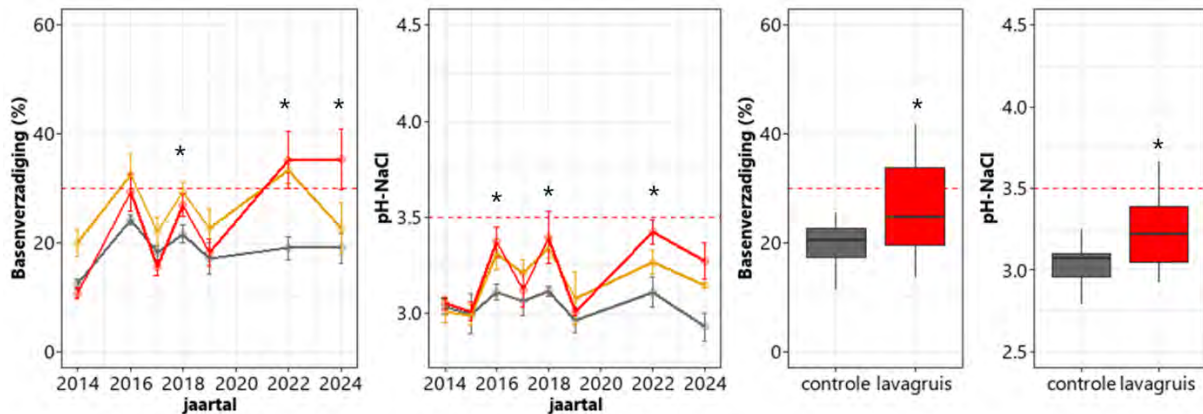
2.4 Effecten van het steenmeel lavagruis

Het steenmeel lavagruis bevat relatief veel kalium, naast calcium, magnesium en fosfor (Tabel 1.1). Het steenmeel lavagruis is minder fijn gemalen dan de andere soorten steenmelen en bestaat dus uit wat grover materiaal. In dit experiment werd 15 ton lavagruis per hectare opgebracht.

2.4.1 Basenverzadiging en pH-NaCl

In de proefvlakken met lavagruis werd vanaf het achtste meetjaar (2022) een verschil in basenverzadiging gemeten ten opzichte van de controle, met in het tiende meetjaar een basenverzadiging van 35 procentpunten ten opzichte van 19 procentpunten in de controle (Figuur 2.6). De ondergrens van de referentiewaarde voor droge heide met kenmerkende kruiden wordt met lavagruis in de laatste twee meetjaren gehaald. Ook getoetst over alle jaren samen nam de basenverzadiging met toediening van

lavagruis significant toe (Tabel 2.7). De pH-NaCl in de bodem van de met lavagruis behandelde proefvlakken was vanaf het tweede meetjaar significant hoger ten opzichte van de controle. Ook getoetst over alle jaren samen werd een significante toename in pH-NaCl gemeten van 0,2 pH-eenheden met toediening van lavagruis. Met een pH-NaCl van 3,3 wordt de ondergrens van de referentiewaarde voor droge heide met kenmerkende kruiden niet gehaald. Ook het toedienen van lavagruis leidde niet tot veranderingen van de CEC of hoeveelheid organische stof in de bodem.



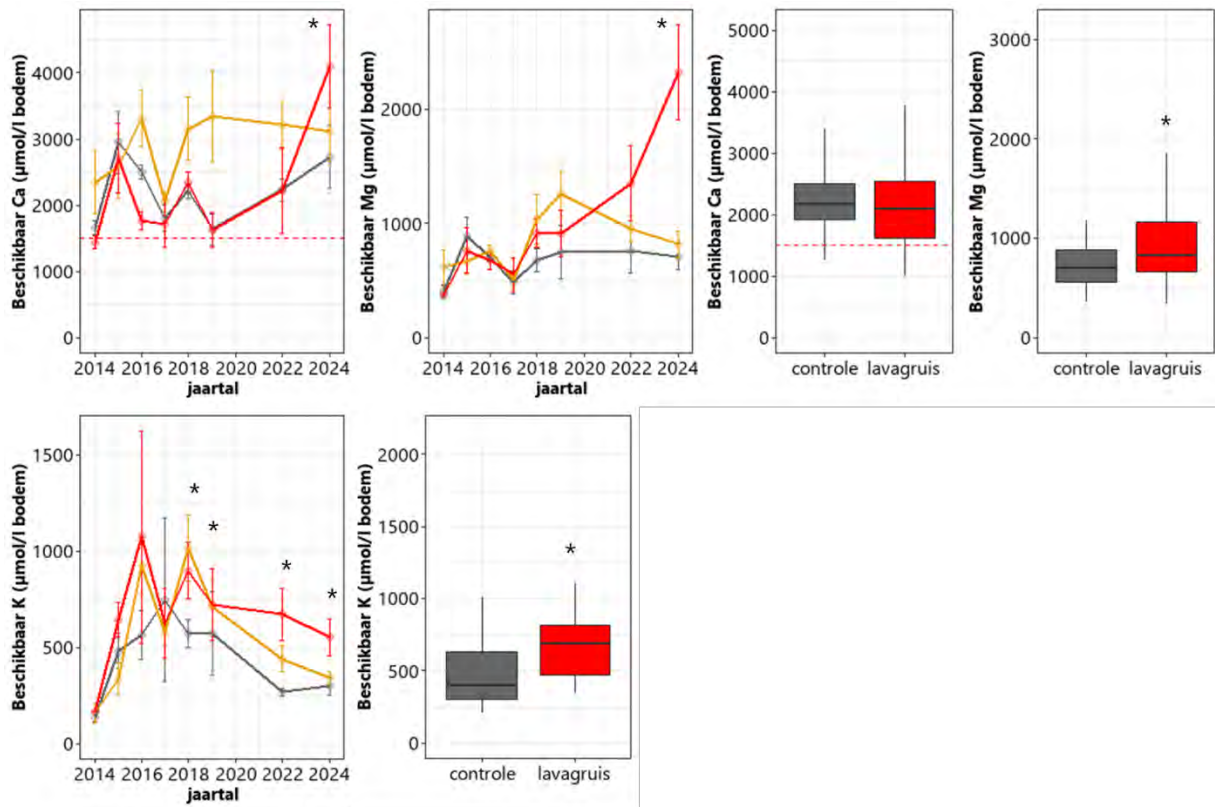
Figuur 2.6 Basenverzadiging (%) gemeten in een strontiumextract (SrCl) en pH gemeten in het zoutextract (NaCl) in de 0-10 cm bodemlaag (gemiddeld \pm standaardfout) per meetjaar en boxplots van alle jaren samen. * = significant verschil ten opzichte van de controle ($p < 0.05$). De rode stippellijn geeft de ondergrens weer van de range gemeten in droge heide van de basenverzadiging en pH-NaCl (Tabel 2.1).

Tabel 2.7 GLMM-uitkomsten van alle meetjaren samen getoetst over de gehele looptijd van het experiment voor de pH-NaCl, CEC in meq/l, BV en OS in procenten. *, **, ***: significant verschil van $p = 0.05$; 0.01 en 0.001.

	pH-NaCl		OS		CEC		BV	
	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t
intercept	3,1 (0,11)	28,59***	7,8 (0,8)	10,50***	38 (3,5)	10,98***	22 (3,6)	6,08***
soilfeed	0,1 (0,06)	2,35*	0,9 (0,6)	1,53	0,5 (2,6)	0,19	6 (1,7)	3,80***
lavagruis	0,2 (0,06)	2,89**	0,7 (0,6)	1,30	-2,6 (2,5)	-1,01	5 (1,7)	2,93**

2.4.2 Beschikbare concentraties kationen

In de proefvlakken met lavagruis werd tot en met het achtste meetjaar geen significante verschillen in beschikbaar Ca- en Mg-concentraties gemeten ten opzichte van de controle (Figuur 2.7). In het tiende meetjaar werd zowel een significant hogere beschikbare Ca- als Mg-concentratie gemeten in de met lavagruis behandelde proefvlakken van 4091 $\mu\text{mol Ca/l}$ en 2325 $\mu\text{mol Mg/l}$ tegen 2733 en 714 $\mu\text{mol/l}$ in de controle (1.5x meer Ca en 3x meer Mg ten opzichte van de controle). Naast calcium en magnesium bevat het steenmeel lavagruis een hoog aandeel kalium. Vanaf het vierde meetjaar (2018) werd in de met lavagruis behandelde proefvlakken bijna 2x zoveel beschikbaar kalium gemeten (significant hoger) als in de controle. Ook getoetst over alle jaren samen werd een significante toename in beschikbaar kalium gemeten met lavagruis van 239 $\mu\text{mol/l}$ (Tabel 2.8).

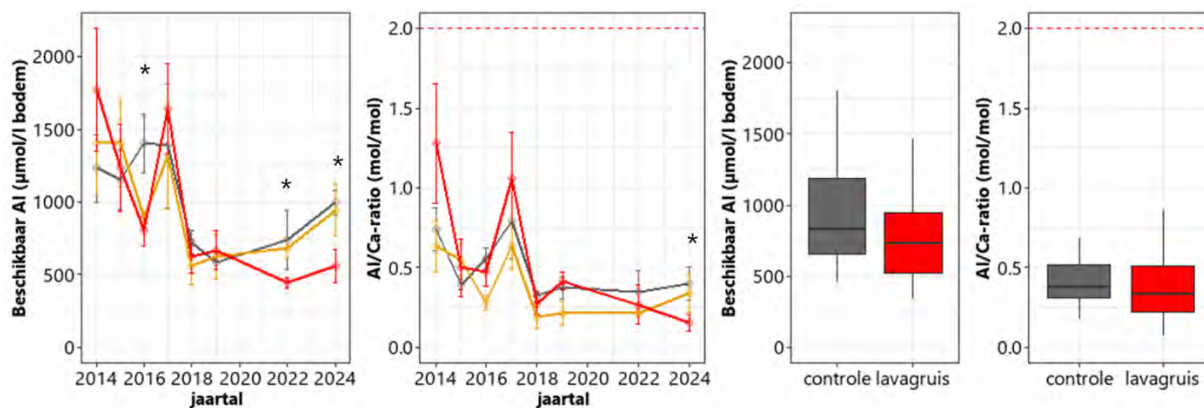


Figuur 2.7 Beschikbare Ca-, Mg- en K-concentraties in $\mu\text{mol/l}$ bodem gemeten in het zoutextract (NaCl) in de 0-10 cm bodemlaag (gemiddeld \pm standaardfout) per meetjaar en boxplots van alle jaren samen. * = significant verschil ten opzichte van de controle ($p < 0.05$). De rode stippellijn geeft de ondergrens weer van de range gemeten in droge heide van de beschikbare Ca-concentratie (Tabel 2.1).

Tabel 2.8 GLMM-uitkomsten van alle meetjaren samen getoetst over de gehele looptijd van het experiment voor de beschikbare Ca-, Mg- en K-concentraties in $\mu\text{mol/l}$ bodem. *, **, ***: significant verschil van $p = 0.05$; 0.01 en 0.001.

	Beschikbaar Ca		Beschikbaar Mg		Beschikbaar K	
	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t
intercept	2353 (74)	31,97***	801 (95)	8,40***	506 (54)	9,30***
soilfeed	719 (85)	8,49***	93 (69)	1,34	81 (52)	1,55
lavagruis	-28 (75)	-0.4	219 (81)	2,71**	239 (67)	3,57***

De toediening van het steenmeel lavagruis resulteerde vanaf het achtste meetjaar in een significant lagere aluminiumbeschikbaarheid in de bodem met in het tiende meetjaar een bijna 2x zo lage aluminiumbeschikbaarheid in de met lavagruis behandelde proefvlakken ten opzichte van de controle (561 tegen 997 $\mu\text{mol/l}$; Figuur 2.8). De toename in beschikbaar Ca in het tiende meetjaar resulteerde logischerwijs tot een significante afname van de Al/Ca-ratio (0,2 tegen 0,4 mol/mol in de controle). Getoetst over alle jaren samen werd er nog geen effect van lavagruis op de aluminiumbeschikbaarheid gemeten, omdat dit effect pas in de laatste jaren waargenomen wordt.



Figuur 2.8 Beschikbare Al-concentraties in $\mu\text{mol/l}$ bodem en Al/Ca-ratio in mol/mol gemeten in het zoutextract (NaCl) in de 0-10 cm bodemlaag (gemiddeld \pm standaardfout) per meetjaar en boxplots van alle jaren samen. * = significant verschil ten opzichte van de controle ($p < 0.05$). De rode stippellijn geeft de ondergrens weer van de range gemeten in droge heide van de Al/Ca-ratio (Tabel 2.1).

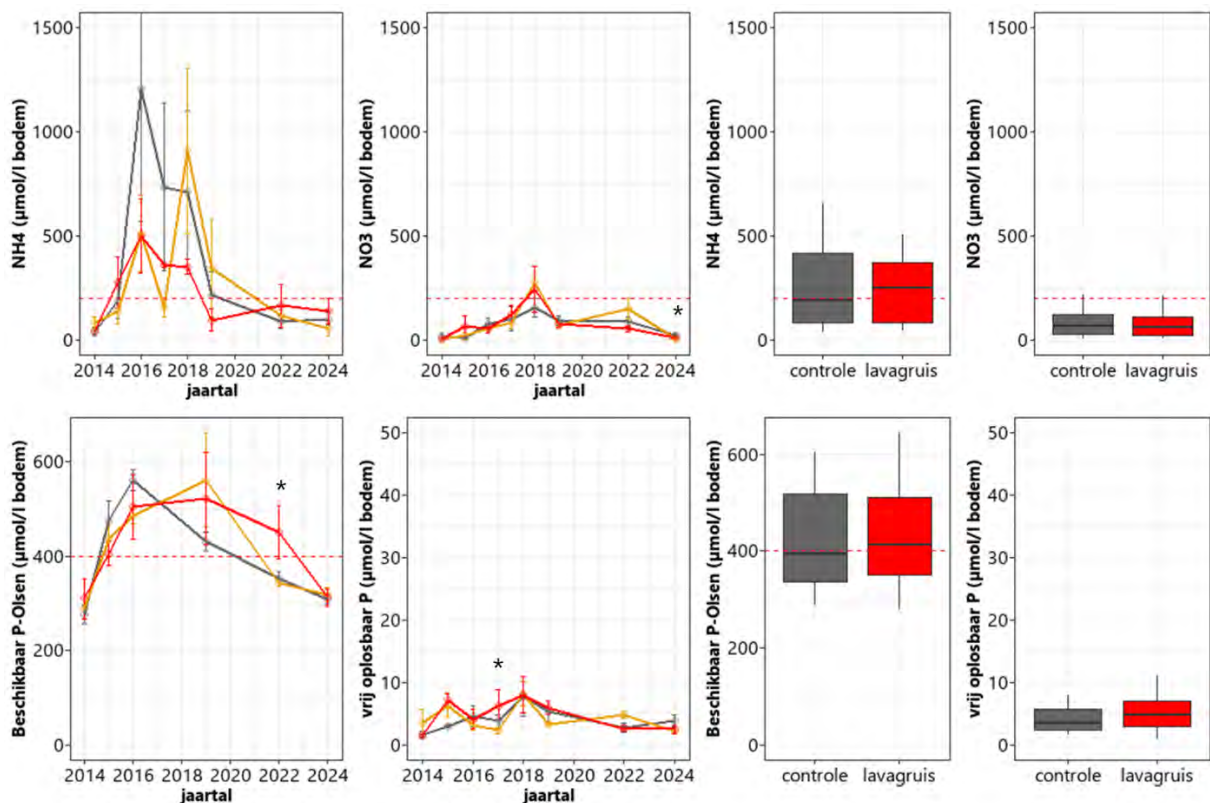
Tabel 2.9 GLMM-uitkomsten van alle meetjaren samen getoetst over de gehele looptijd van het experiment voor de beschikbare Al-concentratie in $\mu\text{mol/l}$ bodem en de Al/Ca-ratio in mol/mol. *, **, ***: significant verschil van $p = 0.05$; 0.01 en 0.001.

	Beschikbaar Al (log)		Al/Ca-ratio	
	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t
intercept	6,87 (0,24)	28,66***	0,46 (0,07)	6,55***
soilfeed	-0,11 (0,16)	-0,68	-0,13 (0,08)	-1,71
lavagruis	-0,20 (0,16)	-1,25	-0,05 (0,08)	-0,59

2.4.3 Stikstof en fosfaat

In de met lavagruis behandelde proefvlakken werden weinig significante effecten gemeten op de ammonium- en nitraatconcentraties in de bodem (Figuur 2.9). Net als bij de toediening van soilfeed werd in het tiende meetjaar een significant lagere nitraatconcentratie gemeten in de met lavagruis behandelde proefvlakken van 8 tegen 24 $\mu\text{mol/l}$ in de controle.

Er werden nauwelijks significante effecten van toediening van lavagruis gemeten op de fosfaatconcentraties in de bodem, ook al bevat lavagruis relatief veel P vergeleken met andere steenmelen (Tabel 1.1). Mogelijk komt er wel P beschikbaar maar wordt dit meteen opgenomen door de vegetatie.



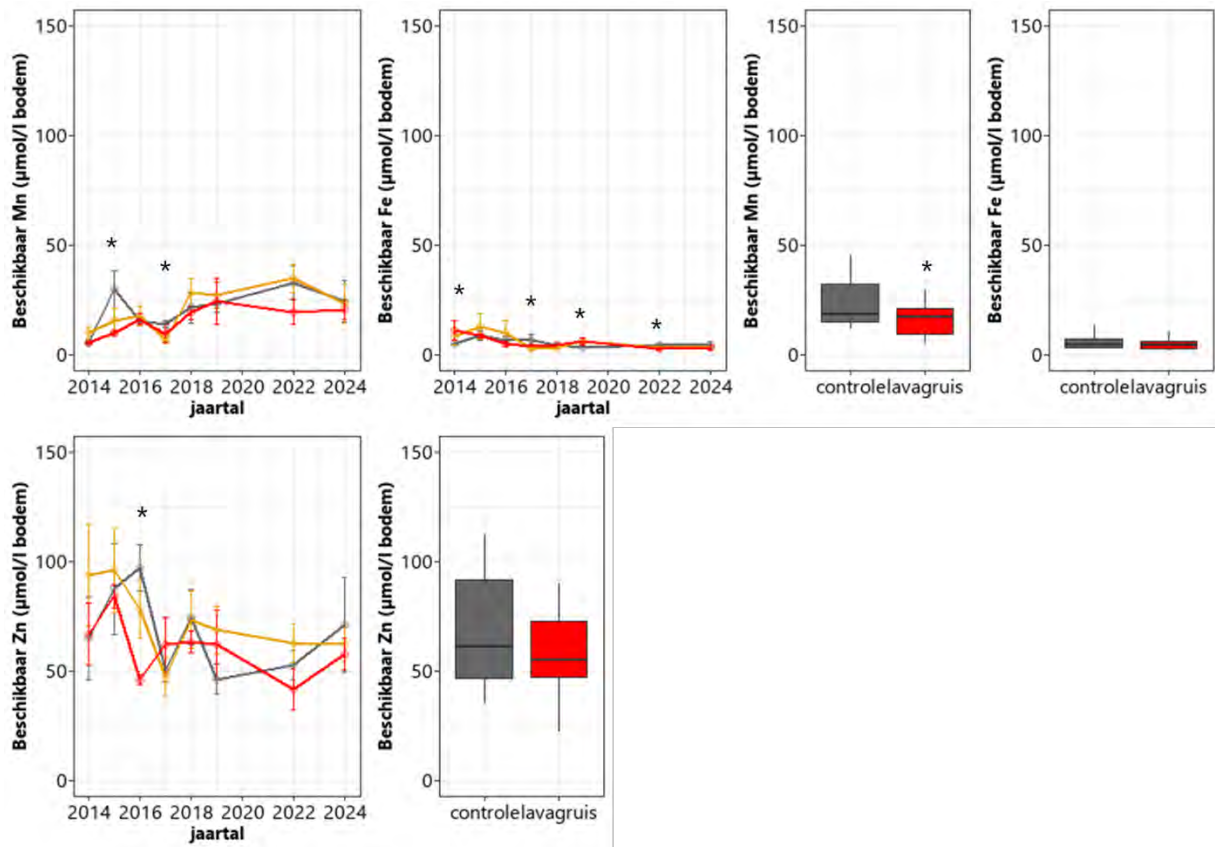
Figuur 2.9 Boven: ammonium-(NH₄) en nitraat-(NO₃)concentraties in μmol/l bodem gemeten in het zoutextract (NaCl) in de 0-10 cm bodemlaag. Onder: beschikbare P-concentraties gemeten in een Olsen-extract en vrij oplosbare P-concentraties gemeten in het zoutextract (NaCl) in μmol/l bodem in de 0-10 cm bodemlaag (gemiddeld ± standaardfout) per meetjaar en boxplots van alle jaren samen. * = significant verschil ten opzichte van de controle (p < 0.05). De rode stippellijn geeft de ondergrens weer van de range gemeten in droge heide van de stikstof- en Olsen-P concentratie (Tabel 2.1).

Tabel 2.10 GLMM-uitkomsten van alle meetjaren samen getoetst over de gehele looptijd van het experiment voor de NH₄⁻, NO₃⁻, Olsen-P- en vrij oplosbare P-concentraties in μmol/l bodem. *, **, ***: significant verschil van p=0.05; 0.01 en 0.001.

	NH ₄		NO ₃		Olsen-P		P-NaCl	
	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t
intercept	463 (89)	5,20***	99 (23)	4,37***	439 (50)	8,73***	4,7 (1,0)	4,88***
soilfeed	-54 (55)	-0,99	-18 (10)	-1,87	6 (24)	0,26	-0,1 (0,7)	-0,17
lavagruis	-75 (45)	-1,68	-13 (10)	-1,25	21 (24)	0,86	0,9 (0,8)	1,03

2.4.4 Sporenelementen mangaan, ijzer en zink

De beschikbare concentraties sporenelementen mangaan, ijzer en zink varieerden per meetjaar (Figuur 2.10). Getoetst over alle jaren samen werden geen significante effecten van de toediening van lavagruis gemeten op de beschikbare ijzer- en zinkconcentraties in de bodem (Tabel 2.11). De beschikbare Mn-concentratie was in eerste en derde meetjaar significant lager in de met lavagruis behandelde proefvlakken ten opzichte van de controle. Ook in de laatste twee meetjaren werd met toediening van lavagruis gemiddeld een lagere beschikbare Mn-concentratie gemeten, maar niet significant. Getoetst over alle jaren samen werd een significante afname in beschikbaar mangaan gemeten met toediening van lavagruis van 7 μmol/l ten opzichte van de controle.



Figuur 2.10 Beschikbare Mn-, Fe- en Zn-concentraties in $\mu\text{mol/l}$ bodem gemeten in het zoutextract (NaCl) in de 0-10 cm bodemlaag (gemiddeld \pm standaardfout) per meetjaar en boxplots van alle jaren samen. * = significant verschil ten opzichte van de controle ($p < 0.05$).

Tabel 2.11 GLMM-uitkomsten van alle meetjaren samen getoetst over de gehele looptijd van het experiment voor de beschikbare Mn-, Fe- en Zn-concentraties in $\mu\text{mol/l}$ bodem. *, **, ***: significant verschil van $p = 0.05$; 0.01 en 0.001.

	Beschikbaar Mn		Beschikbaar Fe		Beschikbaar Zn	
	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t
intercept	24 (3)	7,47***	6 (1,1)	5,92***	74 (9)	7,92***
soilfeed	-3 (4)	-0,76	-0,7 (0,7)	-1,04	1 (7)	0,15
lavagruis	-7 (3)	-2,10*	-1,1 (0,6)	-1,77	-7 (7)	-1,05

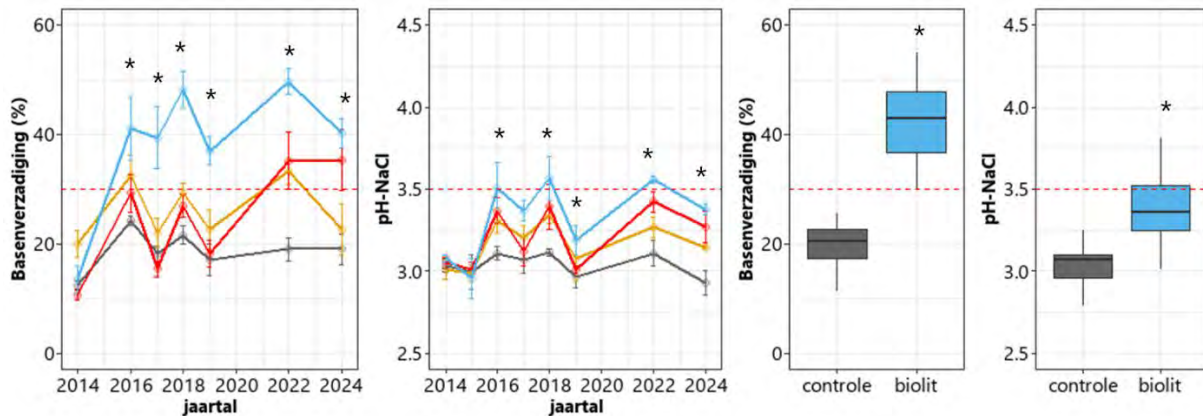
2.5 Effecten van het steenmeel biolit

Het steenmeel biolit bevat circa 10% calciummagnesiumcarbonaat en relatief veel magnesium en fosfor (Tabel 1.1). In dit experiment werd 10 ton biolit per hectare opgebracht.

2.5.1 Basenverzadiging en pH-NaCl

In het tweede meetjaar (2016) werd in de met biolit behandelde proefvlakken een significant hogere basenverzadiging gemeten van gemiddeld 17 procentpunten, bijna een verdubbeling ten opzichte van de controle (Figuur 2.11). Gedurende het experiment bleef de basenverzadiging significant hoger ten opzichte van de controle met in het tiende meetjaar een basenverzadiging van 40 tegen 19 procentpunten in de controle. Getoetst over alle jaren samen, nam de basenverzadiging in de

proefvlakken met biolit significant toe met 22 procentpunten naar een gemiddelde van 44 (Tabel 2.12). Het steenmeel biolit leidt tot een verbetering van de basenverzadiging tot binnen de referentiewaarde voor droge heide met kenmerkende kruiden. Ook de pH-NaCl was vanaf het tweede meetjaar significant hoger ten opzichte van de controle en bleef gedurende het experiment hoger in de met biolit behandelde proefvlakken. Getoetst over alle jaren samen, nam de pH-NaCl in de proefvlakken met biolit significant toe met 0,3 pH-eenheden. Met een pH-NaCl van 3,4 wordt de ondergrens van de referentiewaarde voor droge heide met kenmerkende kruiden niet gehaald. Het toedienen van biolit leidde niet tot veranderingen van de CEC of organische stof in de bodem.



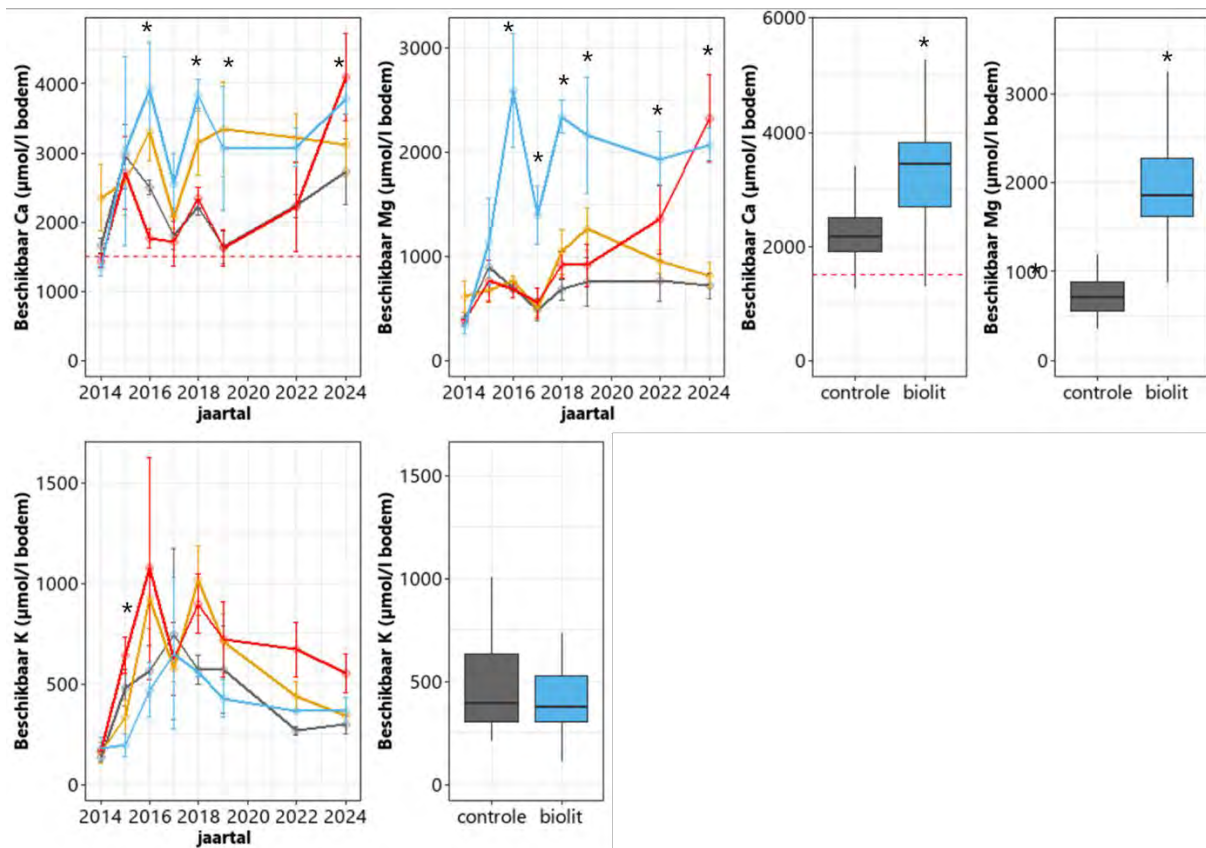
Figuur 2.11 Basenverzadiging (%) gemeten in een strontiumextract (SrCl) en pH gemeten in het zoutextract (NaCl) in de 0-10 cm bodemlaag (gemiddeld \pm standaardfout) per meetjaar en boxplots van alle jaren samen. * = significant verschil ten opzichte van de controle ($p < 0.05$). De rode stippellijn geeft de ondergrens weer van de range gemeten in droge heide van de basenverzadiging en pH-NaCl (Tabel 2.1).

Tabel 2.12 GLMM-uitkomsten van alle meetjaren samen getoetst over de gehele looptijd van het experiment voor de pH-NaCl, CEC in meq/l, BV en OS in procenten. *, **, ***: significant verschil van $p = 0.05$; 0.01 en 0.001.

	pH-NaCl		OS		CEC		BV	
	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t
intercept	3,1 (0,11)	28,59***	7,8 (0,8)	10,50***	38 (3,5)	10,98***	22 (3,6)	6,08***
soilfeed	0,1 (0,06)	2,35*	0,9 (0,6)	1,53	0,5 (2,6)	0,19	6 (1,7)	3,80***
lavagruis	0,2 (0,06)	2,89**	0,7 (0,6)	1,30	-2,6 (2,5)	-1,01	5 (1,7)	2,93**
biolit	0,3 (0,06)	4,85***	0,6 (0,6)	1,04	-0,9 (2,6)	-0,36	22 (2,4)	9,05***

2.5.2 Beschikbare concentraties kationen

In de proefvlakken met biolit werden vanaf het tweede meetjaar significant hogere beschikbare Ca- en Mg-concentraties gemeten ten opzichte van de controle en bleven deze concentraties gedurende het experiment significant hoger (Figuur 2.12). Getoetst over alle jaren samen werd een toename in beschikbaar Ca gemeten van 1028 $\mu\text{mol/l}$, 1.5x zoveel ten opzichte van de controle. De beschikbare Mg-concentratie nam, getoetst over alle jaren samen, met 1168 $\mu\text{mol/l}$ toe ten opzichte van de controle, bijna een verdriedubbeling! De beschikbare K-concentratie in de bodem veranderde niet ten opzichte van de controle met in het tiende meetjaar een concentratie van 369 $\mu\text{mol/l}$ tegen 298 $\mu\text{mol/l}$ in de controle.

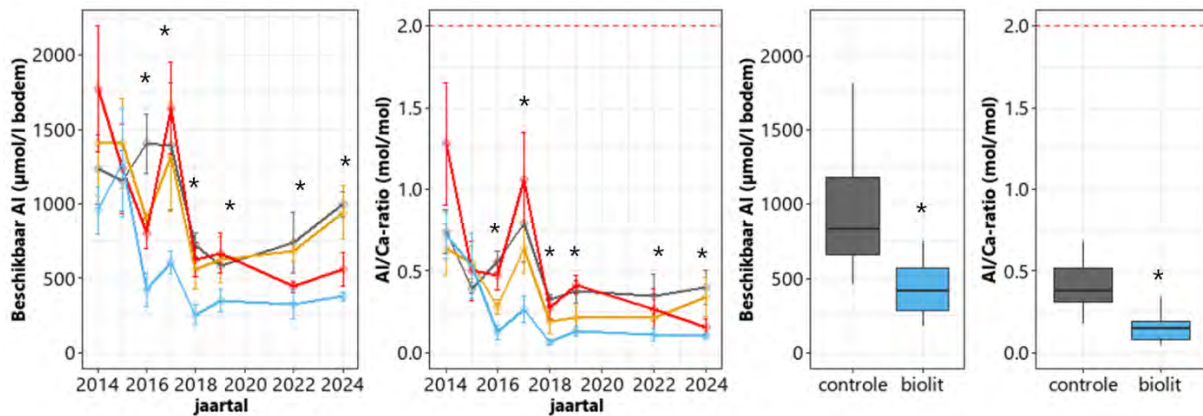


Figuur 2.12 Beschikbare Ca-, Mg- en K-concentraties in $\mu\text{mol/l}$ bodem gemeten in het zoutextract (NaCl) in de 0-10 cm bodemlaag (gemiddeld \pm standaardfout) per meetjaar en boxplots van alle jaren samen. * = significant verschil ten opzichte van de controle ($p < 0.05$). De rode stippellijn geeft de ondergrens weer van de range gemeten in droge heide van de beschikbare Ca-concentratie (Tabel 2.1).

Tabel 2.13 GLMM-uitkomsten van alle meetjaren samen getoetst over de gehele looptijd van het experiment voor de beschikbare Ca-, Mg- en K-concentraties in $\mu\text{mol/l}$ bodem. *, **, ***: significant verschil van $p = 0.05$; 0.01 en 0.001.

	Beschikbaar Ca		Beschikbaar Mg		Beschikbaar K	
	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t
intercept	2353 (74)	31,97***	801 (95)	8,40***	506 (54)	9,30***
soilfeed	719 (85)	8,49***	93 (69)	1,34	81 (52)	1,55
lavagruis	-28 (75)	-0.4	219 (81)	2,71**	239 (67)	3,57***
biolite	1028 (63)	31,97***	1168 (86)	13,34***	-60 (47)	-1,29

In de met biolite behandelde proefvlakken werd vanaf het tweede meetjaar (2016) een significante afname van de beschikbare Al-concentratie gemeten ten opzichte van de controle (Figuur 2.13). In het tiende meetjaar (2024) werd met toediening van biolite een Al-beschikbaarheid in de bodem gemeten van $378 \mu\text{mol/l}$ tegen $997 \mu\text{mol/l}$ in de controle, ruim 2.5x lager ten opzichte van de controle. Ook getoetst over alle jaren samen werd een significante afname in beschikbaar Al gemeten. De toename in Ca-beschikbaarheid resulteerde logischerwijs tot een afname van de Al/Ca-ratio vanaf het tweede meetjaar. Getoetst over alle jaren samen werd een afname van de Al/Ca-ratio gemeten van $0,3 \text{ mol/mol}$ ten opzichte van de controle.



Figuur 2.13 Beschikbare Al-concentraties in $\mu\text{mol/l}$ bodem en Al/Ca-ratio in mol/mol gemeten in het zoutextract (NaCl) in de 0-10 cm bodemlaag (gemiddeld \pm standaardfout) per meetjaar en boxplots van alle jaren samen. * = significant verschil ten opzichte van de controle ($p < 0.05$). De rode stippellijn geeft de ondergrens weer van de range gemeten in droge heide van de Al/Ca-ratio (Tabel 2.1).

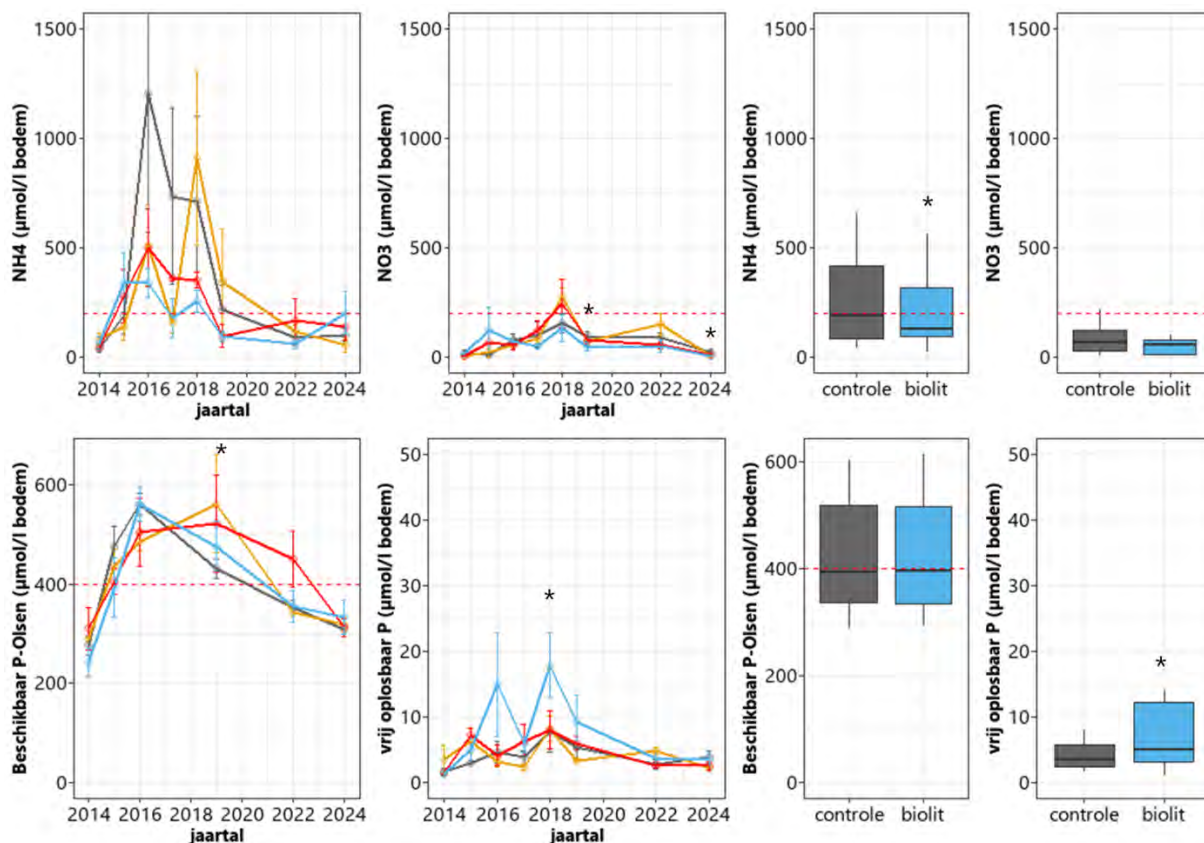
Tabel 2.14 GLMM-uitkomsten van alle meetjaren samen getoetst over de gehele looptijd van het experiment voor de beschikbare Al-concentratie in $\mu\text{mol/l}$ bodem en de Al/Ca-ratio in mol/mol. *, **, ***: significant verschil van $p = 0.05$; 0.01 en 0.001.

	Beschikbaar Al (log)		Al/Ca-ratio	
	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t
intercept	6,87 (0,24)	28,66***	0,46 (0,07)	6,55***
soilfeed	-0,11 (0,16)	-0,68	-0,13 (0,08)	-1,71
lavagruis	-0,20 (0,16)	-1,25	-0,05 (0,08)	-0,59
biolite	-0,78 (0,16)	-4,83***	-0,29 (0,07)	-4,45***

2.5.3 Stikstof en fosfaat

In de met biolite behandelde proefvlakken werden weinig significante effecten gemeten op de ammonium- en nitraatconcentraties in de bodem (Figuur 2.14). In het tiende meetjaar werd een significant lagere nitraatconcentratie gemeten in de met biolite behandelde proefvlakken van 3 tegen 24 $\mu\text{mol/l}$ in de controle. Getoetst over alle jaren samen werd een duidelijke afname in de concentratie NH_4 gemeten in de met biolite behandelde proefvlakken van 129 $\mu\text{mol/l}$ bodem vergeleken met de controle (Tabel 2.15). Dit wordt met name veroorzaakt door de grote toename van ammonium in de controle in het tweede meetjaar (2016).

Het steenmeel biolite bevat een relatief hoger aandeel fosfaat dan de andere steenmelen (Tabel 1.1). Met de toediening van biolite werden zowel in het tweede als vijfde meetjaar een significant hogere vrij oplosbare P-concentratie in de bodem gemeten ten opzichte van de controle. Ook getoetst over alle jaren samen werd een significante toename in vrij oplosbaar P van 2,8 $\mu\text{mol/l}$, een verdubbeling ten opzichte van de controle.



Figuur 2.14 Boven: ammonium-(NH_4) en nitraat-(NO_3)concentraties in $\mu\text{mol/l}$ bodem gemeten in het zoutextract (NaCl) in de 0-10 cm bodemlaag. Onder: beschikbare P-concentraties gemeten in een Olsen-extract en vrij oplosbare P-concentraties gemeten in het zoutextract (NaCl) in $\mu\text{mol/l}$ bodem in de 0-10 cm bodemlaag (gemiddeld \pm standaardfout) per meetjaar en boxplots van alle jaren samen. * = significant verschil ten opzichte van de controle ($p < 0.05$). De rode stippellijn geeft de ondergrens weer van de range gemeten in droge heide van de stikstof- en Olsen-P concentratie (Tabel 2.1).

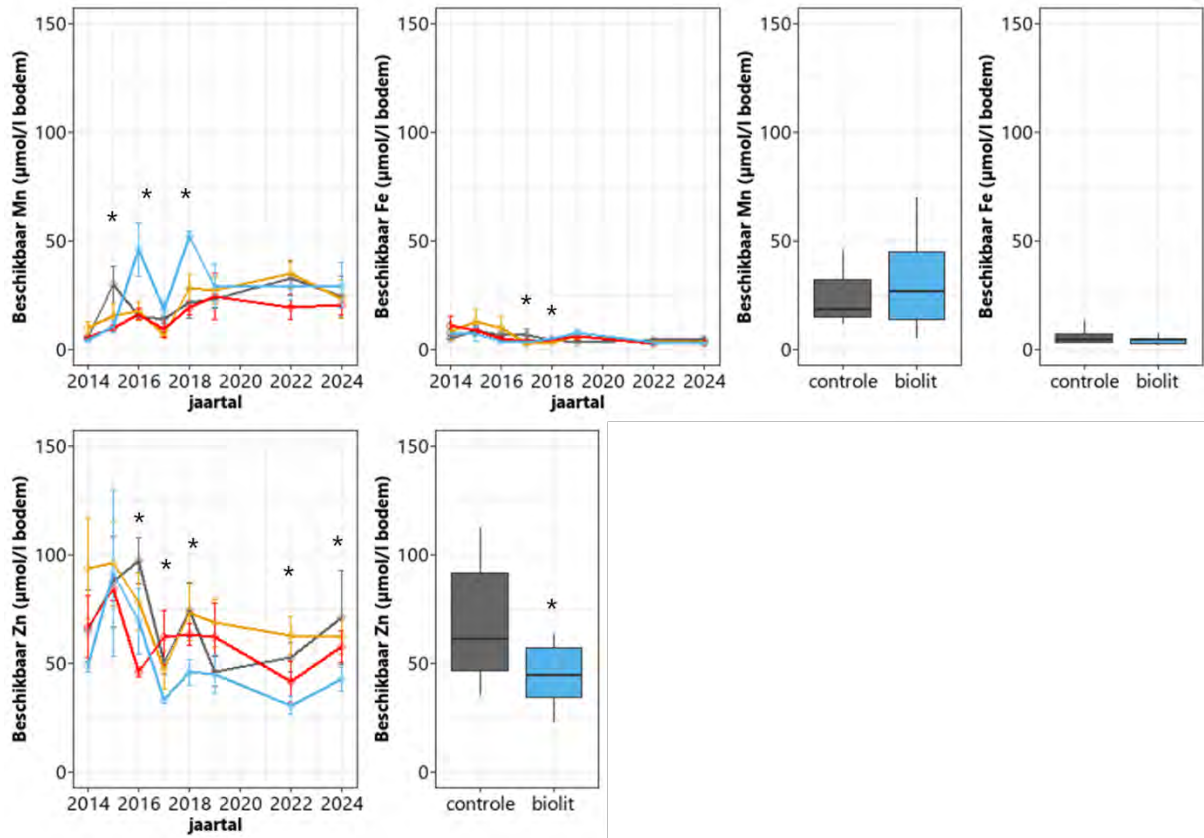
Tabel 2.15 GLMM-uitkomsten van alle meetjaren samen getoetst over de gehele looptijd van het experiment voor de NH_4^- , NO_3^- , Olsen-P- en vrij oplosbare P-concentraties in $\mu\text{mol/l}$ bodem. *, **, ***: significant verschil van $p = 0.05$; 0.01 en 0.001.

	NH_4		NO_3		Olsen-P		P-NaCl	
	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t
intercept	463 (89)	5,20***	99 (23)	4,37***	439 (50)	8,73***	4,7 (1,0)	4,88***
soilfeed	-54 (55)	-0,99	-18 (10)	-1,87	6 (24)	0,26	-0,1 (0,7)	-0,17
lavagruis	-75 (45)	-1,68	-13 (10)	-1,25	21 (24)	0,86	0,9 (0,8)	1,03
biolite	-129 (44)	-2,94**	-18 (10)	-1,88	4 (23)	0,17	2,8 (1,1)	2,50*

2.5.4 Sporenelementen mangaan, ijzer en zink

Getoetst over alle jaren samen werden geen significante effecten van de toediening van biolite gemeten op de beschikbare mangaan- en ijzerconcentraties in de bodem (Tabel 2.16). Het steenmeel biolite is van de geteste typen steenmelen de enige waarbij er significant hogere beschikbare Mn-concentraties gemeten werden gedurende het experiment (Figuur 2.15). Ook is de richting, komend uit het tienjarenmodel, positief in tegenstelling tot de andere steenmelen. Het steenmeel biolite bevat in vergelijking met soilfeed en lavagruis meer mangaan. Vanaf het tweede meetjaar (2016) werd een significant lagere

beschikbare Zn-concentratie gemeten in de met bioliet behandelde proefvlakken ten opzichte van de controle. Ook getoetst over alle jaren samen werd een significante afname in beschikbaar Zn gemeten van 18 $\mu\text{mol/l}$ ten opzichte van de controle, een afname van 25%.



Figuur 2.15 Boven: beschikbare Mn- en Fe-concentraties in $\mu\text{mol/l}$ bodem gemeten in het zoutextract (NaCl) in de 0-10 cm bodemlaag. Onder: beschikbare Zn-concentraties gemeten in het zoutextract (NaCl) in $\mu\text{mol/l}$ bodem in de 0-10 cm bodemlaag (gemiddeld \pm standaardfout) per meetjaar en boxplots van alle jaren samen. * = significant verschil ten opzichte van de controle ($p < 0.05$).

Tabel 2.16 GLMM-uitkomsten van alle meetjaren samen getoetst over de gehele looptijd van het experiment voor de beschikbare Mn-, Fe- en Zn-concentraties in $\mu\text{mol/l}$ bodem. *, **, ***: significant verschil van $p = 0.05$; 0.01 en 0.001.

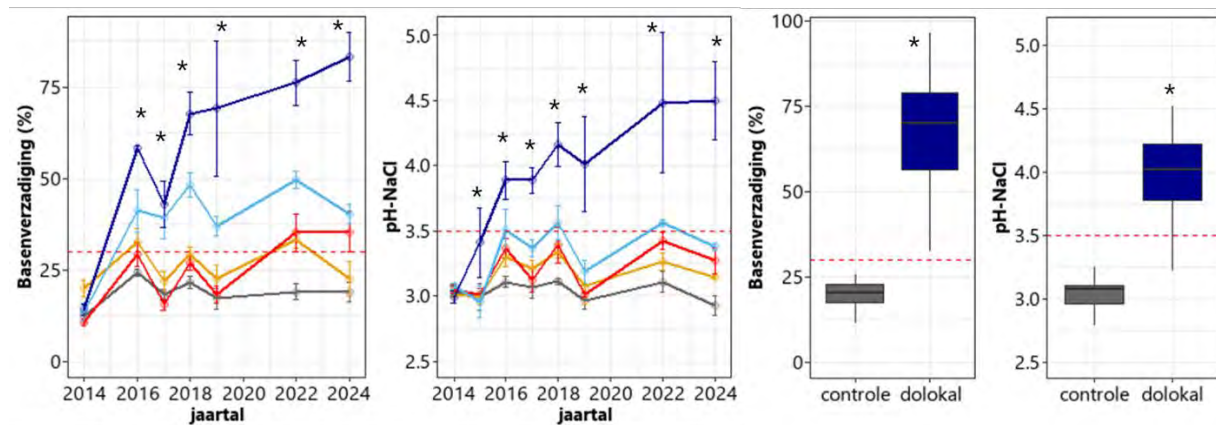
	Beschikbaar Mn		Beschikbaar Fe		Beschikbaar Zn	
	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t
intercept	24 (3)	7,47***	6 (1,1)	5,92***	74 (9)	7,92***
soilfeed	-3 (4)	-0,76	-0,7 (0,7)	-1,04	1 (7)	0,15
lavagruis	-7 (3)	-2,10*	-1,1 (0,6)	-1,77	-7 (7)	-1,05
bioliet	6 (4)	1,38	-1,1 (0,6)	-1,81	-18 (6)	-2,97**

2.6 Effecten van dolokal

Door middel van de toediening van een kalkproduct of dolomiet (dolokal) kan het bodemadsorptiecomplex relatief snel opgeladen worden met calcium en, afhankelijk van het product, magnesium. In deze proef werd 4 ton dolokal met 15% magnesium toegediend per hectare.

2.6.1 Basenverzadiging en pH-NaCl

Het toedienen van dolokal resulteerde, getoetst over alle jaren samen, niet tot veranderingen in het organische stofpercentage in de bodem (Tabel 2.17). Getoetst over alle jaren samen, werd met de toediening van dolokal een significante toename in CEC gemeten ten opzichte van de controle van 7 meq/l bodem. Door de toediening van 4 ton dolokal per ha werd het bodemadsorptiecomplex dus enigermate vergroot. De basenverzadiging nam vanaf het tweede meetjaar significant toe en bleef gedurende het experiment hoger ten opzichte van de controle (Figuur 2.16). Getoetst over alle jaren samen, werd een flinke toename in gemeten van gemiddeld 45 procentpunten, een verdriedubbeling! Ook de pH-NaCl nam vanaf het eerste meetjaar significant toe in de met dolokal behandelde proefvlakken en bleef gedurende het experiment hoger ten opzichte van de controle. Getoetst over alle jaren samen, nam de pH-NaCl in de proefvlakken met dolokal significant toe met 1,0 pH-eenheden. Het toedienen van dolokal (4 ton/ha) leidt dus tot een flinke verhoging van de basenverzadiging en pH-NaCl tot ver boven de referentiewaarden voor droge heide met kenmerkende kruiden. Met een dermate hoge basenverzadiging en pH-NaCl kan een heischrale vegetatie ontwikkeling verwacht worden.



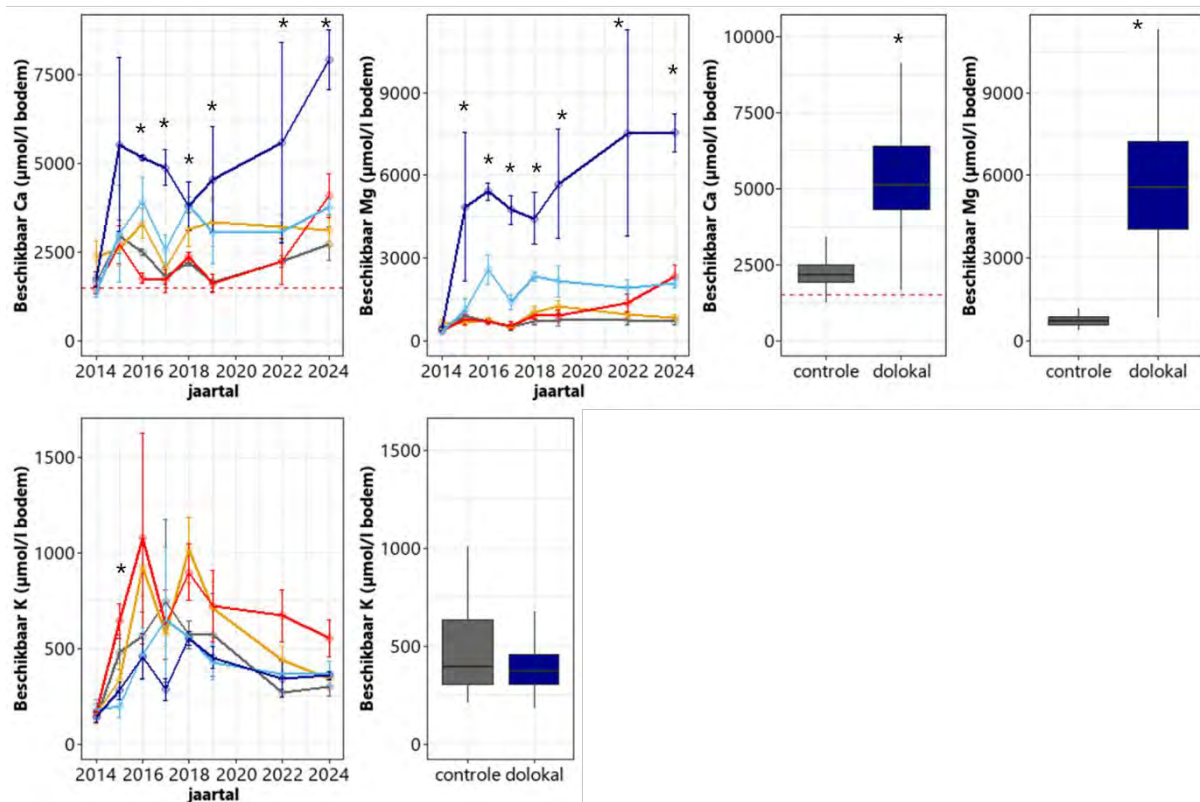
Figuur 2.16 Basenverzadiging (%) gemeten in een strontiumextract (SrCl) en pH gemeten in het zoutextract (NaCl) in de 0-10 cm bodemlaag (gemiddeld \pm standaardfout) per meetjaar en boxplots van alle jaren samen. * = significant verschil ten opzichte van de controle ($p < 0.05$). De rode stippellijn geeft de ondergrens weer van de range gemeten in droge heide van de basenverzadiging en pH-NaCl (Tabel 2.1).

Tabel 2.17 GLMM-uitkomsten van alle meetjaren samen getoetst over de gehele looptijd van het experiment voor de pH-NaCl, CEC in meq/l, BV en OS in procenten. *, **, ***: significant verschil van $p=0.05$; 0.01 en 0.001.

	pH-NaCl		OS		CEC		BV	
	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t
intercept	3,1 (0,11)	28,59***	7,8 (0,8)	10,50***	38 (3,5)	10,98***	22 (4)	6,08***
soilfeed	0,1 (0,06)	2,35*	0,9 (0,6)	1,53	0,5 (2,6)	0,19	6 (2)	3,80***
lavagruis	0,2 (0,06)	2,89**	0,7 (0,6)	1,30	-2,6 (2,5)	-1,01	5 (2)	2,93**
biolit	0,3 (0,06)	4,85***	0,6 (0,6)	1,04	-0,9 (2,6)	-0,36	22 (2)	9,05***
dolokal	1,0 (0,07)	13,60***	0,1 (0,6)	0,26	6,9 (3,0)	2,33*	45 (4)	12,36***

2.6.2 Beschikbare concentraties kationen

In de proefvlakken met dolokal werden vanaf het tweede meetjaar significant hogere beschikbare Ca-concentraties gemeten en vanaf het eerste meetjaar significant hogere Mg-concentraties gemeten ten opzichte van de controle en bleven deze concentraties gedurende het experiment significant hoger (Figuur 2.17). Getoetst over alle jaren samen werd een toename in beschikbaar Ca gemeten van 2963 $\mu\text{mol/l}$, een ruime verdubbeling ten opzichte van de controle (Tabel 2.18). De beschikbare Mg-concentratie nam, getoetst over alle jaren samen, met 4852 $\mu\text{mol/l}$ toe, maar liefst zeven keer hoger ten opzichte van de controle! De beschikbare K-concentratie in de bodem was in de eerste vijf meetjaren van het experiment lager met de toediening van dolokal ten opzichte van de controle, maar slechts één meetjaar significant lager. In de laatste twee meetjaren was de beschikbare K-concentratie in de met dolokal behandelde proefvlakken hoger ten opzichte van de controle, maar niet significant. Getoetst over alle jaren samen, werd een significant lagere beschikbare K-concentratie gemeten in de toediening met dolokal van 20% ten opzichte van de controle. Dit is met name een gevolg van de eerste vijf meetjaren.

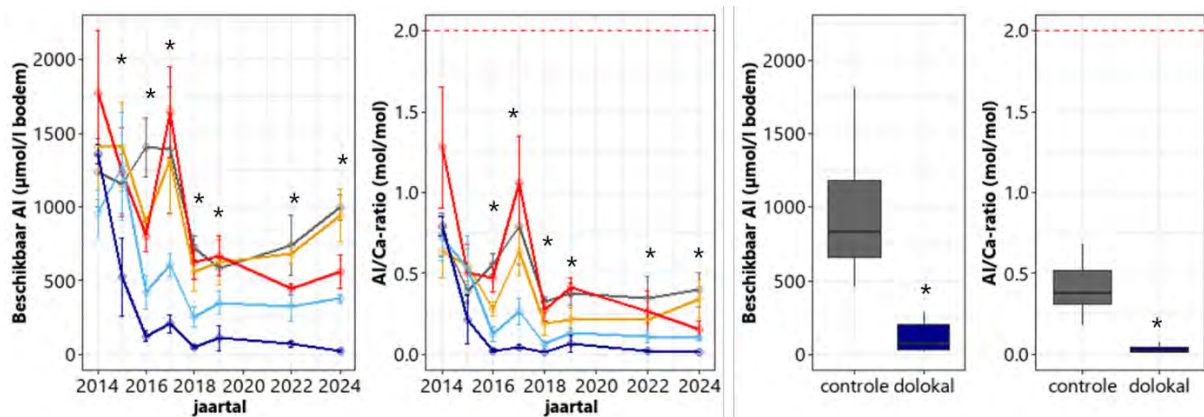


Figuur 2.17 Beschikbare Ca-, Mg- en K-concentraties in $\mu\text{mol/l}$ bodem gemeten in het zoutextract (NaCl) in de 0-10 cm bodemlaag (gemiddeld \pm standaardfout) per meetjaar en boxplots van alle jaren samen. * = significant verschil ten opzichte van de controle ($p < 0.05$). De rode stippellijn geeft de ondergrens weer van de range gemeten in droge heide van de beschikbare Ca-concentratie (Tabel 2.1).

Tabel 2.18 GLMM-uitkomsten van alle meetjaren samen getoetst over de gehele looptijd van het experiment voor de beschikbare Ca-, Mg- en K-concentraties in $\mu\text{mol/l}$ bodem. *, **, ***: significant verschil van $p = 0.05$; 0.01 en 0.001.

	Beschikbaar Ca		Beschikbaar Mg		Beschikbaar K	
	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t
intercept	2353 (74)	31,97***	801 (95)	8,40***	506 (54)	9,30***
soilfeed	719 (85)	8,49***	93 (69)	1,34	81 (52)	1,55
lavagruis	-28 (75)	-0,4	219 (81)	2,71**	239 (67)	3,57***
biolit	1028 (63)	31,97***	1168 (86)	13,34***	-60 (47)	-1,29
dolokal	2963 (74)	40,28***	4852 (115)	42,28***	-99 (48)	-2,04*

In de met dolokal behandelde proefvlakken werd vanaf het eerste meetjaar (2015) een significante afname van de beschikbare Al-concentratie gemeten ten opzichte van de controle (Figuur 2.18). In het tiende meetjaar (2024) werd met toediening van dolokal een Al-beschikbaarheid in de bodem gemeten van slechts 22 $\mu\text{mol/l}$ tegen 997 $\mu\text{mol/l}$ in de controle. Ook getoetst over alle jaren samen werd een significante afname in beschikbaar Al gemeten. De flinke toename in Ca-beschikbaarheid resulteerde logischerwijs tot een afname van de Al/Ca-ratio vanaf het tweede meetjaar. Getoetst over alle jaren samen werd een afname van de Al/Ca-ratio gemeten van 0,4 mol/mol ten opzichte van de controle.



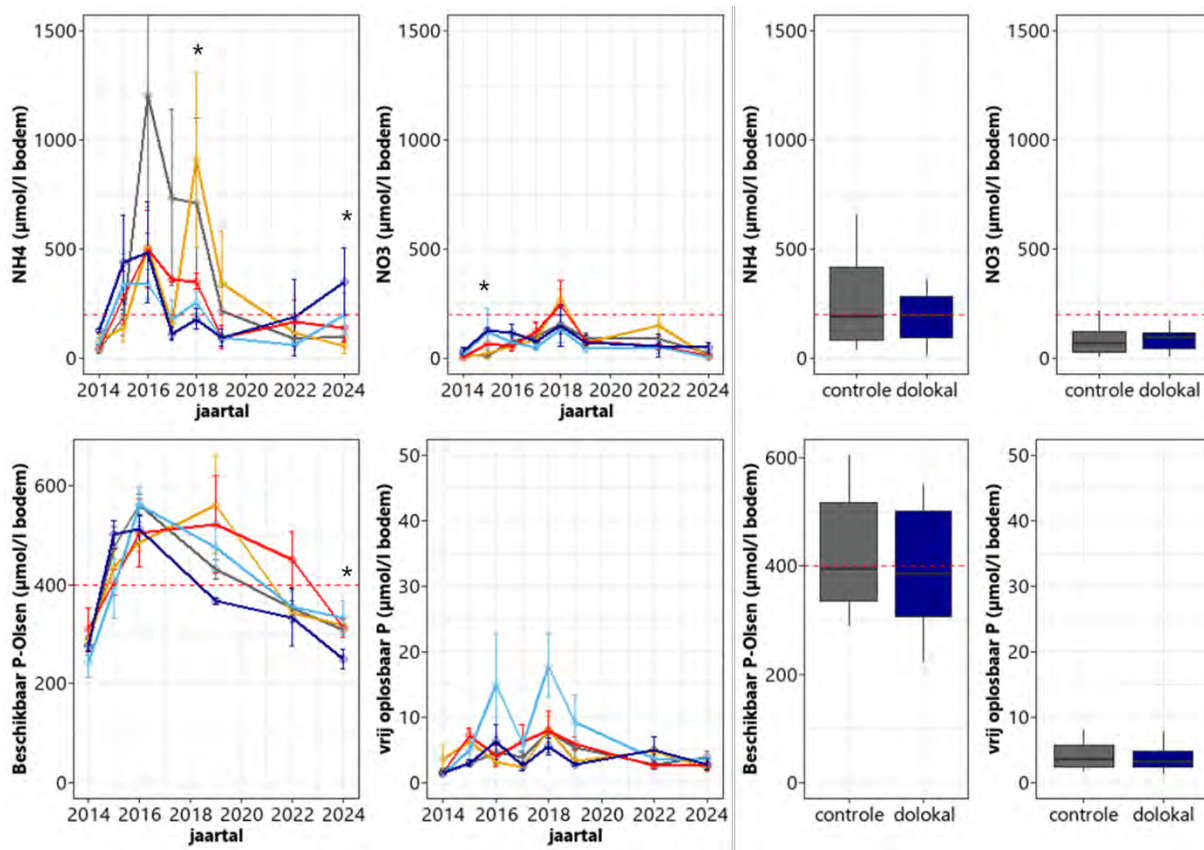
Figuur 2.18 Beschikbare Al-concentraties in $\mu\text{mol/l}$ bodem en Al/Ca-ratio in mol/mol gemeten in het zoutextract (NaCl) in de 0-10 cm bodemlaag (gemiddeld \pm standaardfout) per meetjaar en boxplots van alle jaren samen. * = significant verschil ten opzichte van de controle ($p < 0.05$). De rode stippellijn geeft de ondergrens weer van de range gemeten in droge heide van de Al/Ca-ratio (Tabel 2.1).

Tabel 2.19 GLMM-uitkomsten van alle meetjaren samen getoetst over de gehele looptijd van het experiment voor de beschikbare Al-concentratie in $\mu\text{mol/l}$ bodem (log getransformeerd) en de Al/Ca-ratio in mol/mol. *, **, ***: significant verschil van $p = 0.05$; 0.01 en 0.001.

	Beschikbaar Al (log)		Al/Ca-ratio	
	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t
intercept	6,87 (0,24)	28,66***	0,46 (0,07)	6,55***
soilfeed	-0,11 (0,16)	-0,68	-0,13 (0,08)	-1,71
lavagruis	-0,20 (0,16)	-1,25	-0,05 (0,08)	-0,59
bioliet	-0,78 (0,16)	-4,83***	-0,29 (0,07)	-4,45***
dolokal	-2,05 (0,17)	-12,39***	-0,37 (0,06)	-5,99***

2.6.3 Stikstof en fosfaat

In de toediening met dolokal werden weinig significante effecten gemeten op de ammonium- en nitraatconcentraties in de bodem (Figuur 2.19 en Tabel 2.20). In het tiende meetjaar werd een significant hogere ammoniumconcentratie gemeten in de met dolokal behandelde proefvlakken van 351 tegen 101 $\mu\text{mol/l}$ in de controle. De beschikbare P-concentratie (Olsen-P) is sinds het derde meetjaar (2017) lager in de met dolokal behandelde proefvlakken en significant lager in het tiende meetjaar met 251 tegen 308 $\mu\text{mol/l}$ bodem. Getoetst over alle jaren samen werden geen significante effecten van dolokal toediening gemeten op de fosfaatconcentraties in de bodem, maar de effectrichting was wel negatief. Met deze hoge toediening van dolokal vindt er een beetje vastlegging van fosfaat plaats. De hoge toediening van 4 ton/ha leidt binnen 10 jaar niet tot een verhoging van stikstof of fosfaat in de bodem (door mineralisatie).



Figuur 2.19 Boven: ammonium-(NH_4) en nitraat-(NO_3)concentraties in $\mu\text{mol/l}$ bodem gemeten in het zoutextract (NaCl) in de 0-10 cm bodemlaag. Onder: beschikbare P-concentraties gemeten in een Olsen-extract en vrij oplosbare P-concentraties gemeten in het zoutextract (NaCl) in $\mu\text{mol/l}$ bodem in de 0-10 cm bodemlaag (gemiddeld \pm standaardfout) per meetjaar en boxplots van alle jaren samen. * = significant verschil ten opzichte van de controle ($p < 0.05$). De rode stippellijn geeft de ondergrens weer van de range gemeten in droge heide van de stikstof- en Olsen-P concentratie (Tabel 2.1).

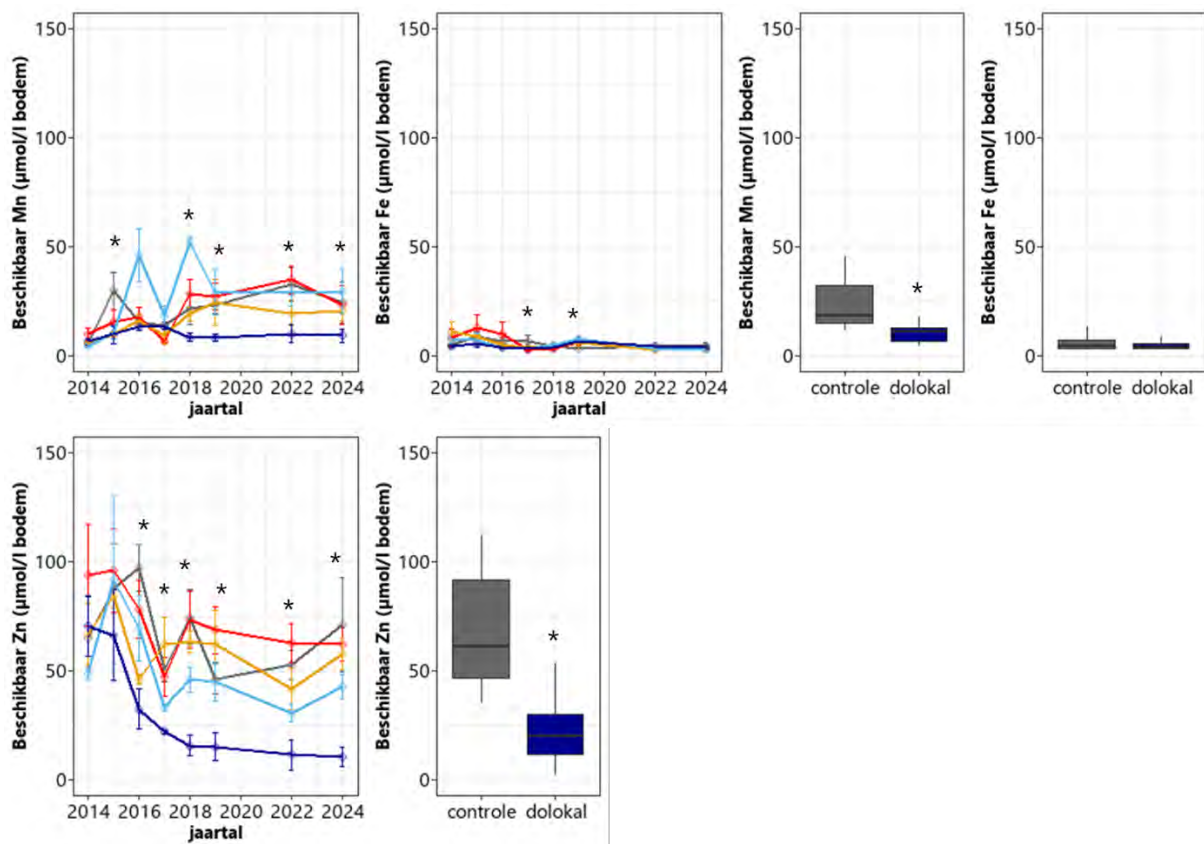
Tabel 2.20 GLMM-uitkomsten van alle meetjaren samen getoetst over de gehele looptijd van het experiment voor de NH_4^- , NO_3^- , Olsen-P- en vrij oplosbare P-concentraties in $\mu\text{mol/l}$ bodem. *, **, ***: significant verschil van $p = 0.05$; 0.01 en 0.001.

	NH_4		NO_3		Olsen-P		P-NaCl	
	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t
intercept	463 (89)	5,20***	99 (23)	4,37***	439 (50)	8,73***	4,7 (1,0)	4,88***
soilfeed	-54 (55)	-0,99	-18 (10)	-1,87	6 (24)	0,26	-0,1 (0,7)	-0,17
lavagruis	-75 (45)	-1,68	-13 (10)	-1,25	21 (24)	0,86	0,9 (0,8)	1,03
biolit	-129 (44)	-2,94**	-18 (10)	-1,88	4 (23)	0,17	2,8 (1,1)	2,50*
dolokal	-67 (51)	-1,30	14 (16)	0,87	-36 (23)	-1,60	-0,3 (0,7)	-0,37

2.6.4 Sporenelementen mangaan, ijzer en zink

Getoetst over alle jaren samen werden geen significante effecten van de toediening van dolokal gemeten op de beschikbare ijzerconcentraties in de bodem (Tabel 2.21). Met de toediening van dolokal werden vanaf het vierde meetjaar (2018) significant lagere beschikbare Mn-concentraties gemeten en werden vanaf het tweede meetjaar (2016) significant lagere beschikbare Zn-concentraties ten opzichte van de controle (Figuur 2.20). Ook getoetst over alle jaren samen werd een significante afname in

beschikbaar Mn en Zn gemeten van respectievelijk 11 en 45 $\mu\text{mol/l}$ ten opzichte van de controle, een afname van ruim 50%.



Figuur 2.20 Beschikbare Mn-, Fe- en Zn-concentraties in $\mu\text{mol/l}$ bodem gemeten in het zoutextract (NaCl) in de 0-10 cm bodemlaag (gemiddeld \pm standaardfout) per meetjaar en boxplots van alle jaren samen. * = significant verschil ten opzichte van de controle ($p < 0.05$).

Tabel 2.21 GLMM-uitkomsten van alle meetjaren samen getoetst over de gehele looptijd van het experiment voor de beschikbare Mn-, Fe- en Zn-concentraties in $\mu\text{mol/l}$ bodem. *, **, ***: significant verschil van $p = 0.05$; 0.01 en 0.001.

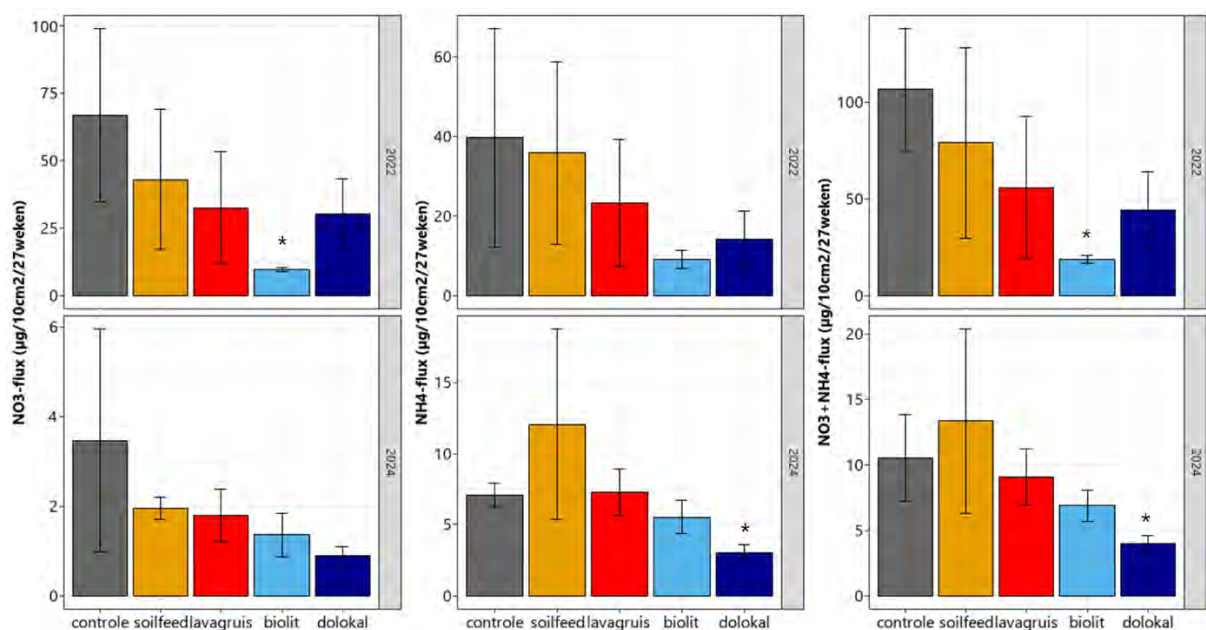
	Beschikbaar Mn		Beschikbaar Fe		Beschikbaar Zn	
	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t
intercept	24 (3)	7,47***	6 (1,1)	5,92***	74 (9)	7,92***
soilfeed	-3 (4)	-0,76	-0,7 (0,7)	-1,04	1 (7)	0,15
lavagruis	-7 (3)	-2,10*	-1,1 (0,6)	-1,77	-7 (7)	-1,05
biolit	6 (4)	1,38	-1,1 (0,6)	-1,81	-18 (6)	-2,97**
dolokal	-11 (3)	-3,45***	-1,1 (0,6)	-1,76	-45 (5)	-8,88***

2.7 Stikstofluxen

In het achtste (2022) en tiende (2024) meetjaar werd in de proefvlakken door middel van PRS-probes de ammonium- en nitraatbeschikbaarheid bepaald. De resultaten zijn weergegeven in Figuur 2.21. Tussen de verschillende meetjaren werden grote verschillen in N-fluxen gemeten, waarbij in 2022 zowel de ammonium- als nitraatflux veel hoger was ten opzichte van 2024. Verder is het opvallend dat in 2022 de

ammoniumflux lager is dan de nitraatflux en werd in 2024 daarentegen juist een hogere ammoniumflux gemeten ten opzichte van de nitraatflux. Mogelijk zijn de fluxen gemeten in 2022 nog een nasleep van de droge jaren, in de Strabrechtse heide werd na de droogte een verhoogde nitraatuitspoeling onder droge heide gemeten (Bobbink et al., 2019).

Ondanks de verschillen tussen beide meetjaren zijn er toch enkele trends zichtbaar. In de behandelingen met een duidelijke toename in pH en basenverzadiging lijkt zowel de ammonium- als nitraatflux lager te zijn ten opzichte van de controle. In 2022 werd een significant lagere nitraat- en nitraat+ammoniumflux gemeten met toediening van biolite en in 2024 werd een significant lagere ammonium- en nitraat+ammoniumflux gemeten met toediening van dolokale. Ook zijn de gemiddelde nitraat- en ammoniumfluxen in beide meetjaren gemiddeld lager met toediening van biolite en dolokale ten opzichte van de controle (niet significant). Het lijkt er op dat de nitraat+ammoniumflux geremd wordt door bufferstoffen met een kalkfractie (biolite en dolokale).



Figuur 2.21 Nitraat-, ammonium- en nitraat+ammonium-flux in $\mu\text{g}/10\text{cm}^2/27\text{weken}$ in 2022 en 2024 in de bodem per behandeling (gemiddeld \pm standaardfout). * = significant verschil ten opzichte van de controle ($p < 0.05$).

2.8 Bezetting van het bodemadsorptiecomplex

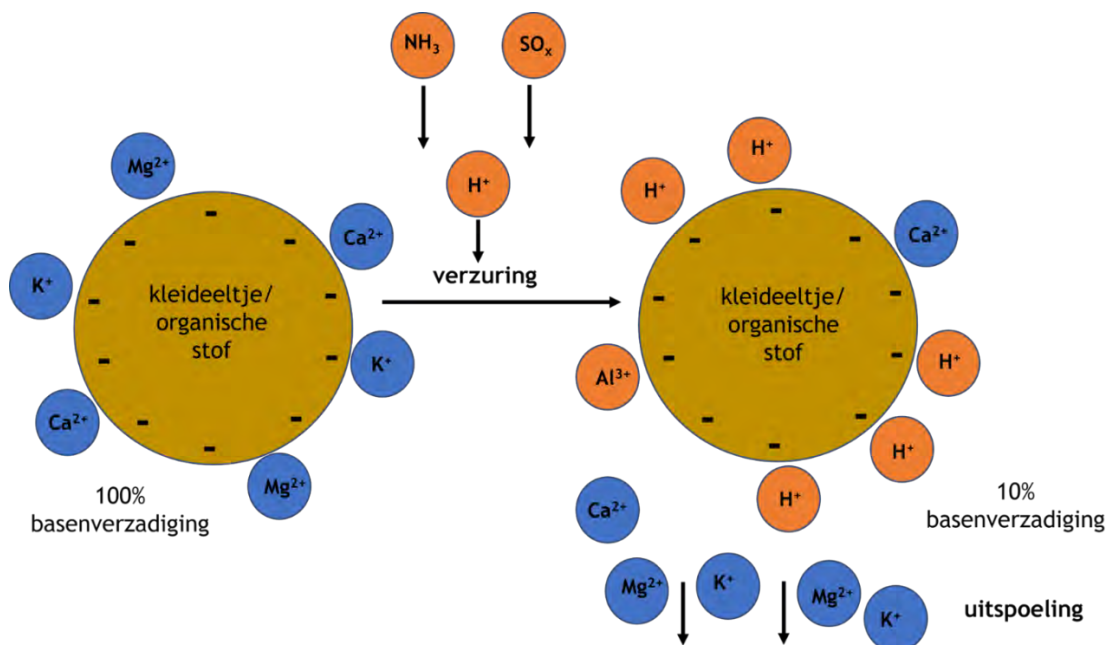
In deze paragraaf worden de resultaten van de behandelingen op de bezetting van het bodemadsorptiecomplex door basische kationen beschreven.

2.8.1 Buffermechanisme droog zandlandschap

Een belangrijk buffermechanisme in de droge binnenlandse zandgronden (zonder kalk) is dat van de kationenuitwisseling door het bodemadsorptiecomplex. Dit complex bestaat uit kleimineralen en/of organische bestanddelen die aan de buitenkant negatief geladen zijn, waardoor basische kationen aan dit complex zwak geadsorbeerd zijn (Figuur 2.22). Wanneer er extra zuur (H^+) in de bodem komt, dan kunnen de waterstofionen de kationen van het complex verdringen, waarbij deze kationen in de bodemoplossing terechtkomen. De waterstofionen zelf zijn dan aan het complex geadsorbeerd en niet meer in oplossing, waardoor de pH niet verandert (=buffering). Kationenuitwisseling is een snellopend

bufferproces, maar de capaciteit is tamelijk beperkt. Door verdringing met waterstofionen wordt de capaciteit steeds verder verlaagd. Men hanteert in relatie hiermee de term 'basenverzadiging' om aan te geven hoeveel procent van het adsorptiecomplex van de bodem bezet is met zogenoemde basische kationen (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ , Na^+)¹.

Een reactie die veel langzamer verloopt is de neutralisatie van zuur door de verwerking ("zure hydrolyse") van silicaatmineralen. Primaire silicaatmineralen worden afgebroken waarbij zich bij een pH-water >4,5 secundaire silicaten vormen (zie kader). Dit proces verloopt in het algemeen langzaam tot zeer langzaam, afhankelijk van het moedermateriaal, maar kan in hoge mate versneld worden door extra toevoer van zuur. Door de lage verweringsnelheid draagt dit mechanisme normaliter maar in geringe mate bij aan de actuele buffering in de bodem, maar is essentieel voor het "opladen" van het adsorptiecomplex met basische kationen en dus herstel van buffercapaciteit via het kationuitwisselingscomplex. Onder een pH-water van 4,5 vindt het hierboven genoemde proces van vorming van secundaire aluminosilicaten niet meer plaats maar wordt vrij Al^{3+} gevormd. Net als H^+ kan ook Al^{3+} gebonden worden aan het bodemcomplex, maar dit proces kan de toename in Al^{3+} in de bodemoplossing niet verhinderen. Belangrijk om te weten is dat (opgelost) Al^{3+} toxisch is voor veel planten en diersoorten.



Figuur 2.22 Schematische weergave van kationenuitwisseling door het bodemadsorptiecomplex.

2.8.2 Bezetting van het bodemadsorptiecomplex

Met de toediening van steenmeel of kalk wordt geprobeerd om het adsorptiecomplex van de bodem op te laden met de kationen Ca^{2+} , K^+ en Mg^{2+} ten koste van H^+ en Al^{3+} . Per meetjaar werd de verdeling van de basen en zuren met het grootste aandeel aan het adsorptiecomplex uitgezet in equivalenten (Figuur 2.23). In de onbehandelde controle proefvlakken (CEC van 38 meq/l bodem) was het bodemcomplex voor gemiddeld 34% bezet met Al^{3+} en voor 46% met H^+ . Circa 17% van het complex was bezet met de kationen Ca^{2+} , K^+ en Mg^{2+} . Dat betekent dat 80% van het complex bezet was met H^+

¹Bij de berekening van de basenverzadiging is Na^+ niet meegenomen. Met de gebruikte methode is het niet goed mogelijk om natrium te bepalen in de analyse voor de CEC en basenverzadiging. Natrium speelt geen belangrijke rol in de CEC en basenverzadiging in de Pleistocene zandgronden.

en Al^{3+} , een indicatie dat de vegetatie onder verhoogde aluminiumstress staat. De basenverzadiging lag rond de 22 procentpunten en was lager dan de referentiewaarde voor droge heide.

Soilfeed

In de proefvlakken met soilfeed werd in de nulmeting een significant verschil in basenverzadiging gemeten ten opzichte van de controle en werd dit verschil gedurende het experiment niet groter. Het gemeten verschil in Ca^{2+} en Mg^{2+} aan het complex getoetst over alle jaren samen was al bij de nulmeting aanwezig. De toediening van soilfeed had geen effect op de bezetting van het complex door aluminium, dat bleef gelijk (Figuur 2.23 en Tabel 2.22).

Lavagruis

In de met lavagruis behandelde proefvlakken werd met name vanaf het achtste meetjaar (2022) een significant hoger percentage Ca^{2+} en Mg^{2+} aan het complex gemeten ten opzichte van de controle. Getoetst over alle jaren samen nam het percentage Ca^{2+} aan het complex niet significant toe. Het percentage Mg^{2+} en K^+ aan het complex nam significant toe met lavagruis toediening met 3 en 0,75%. Deze lichte toename in basische kationen ging ten koste van het percentage H^+ aan het complex.

Biolit

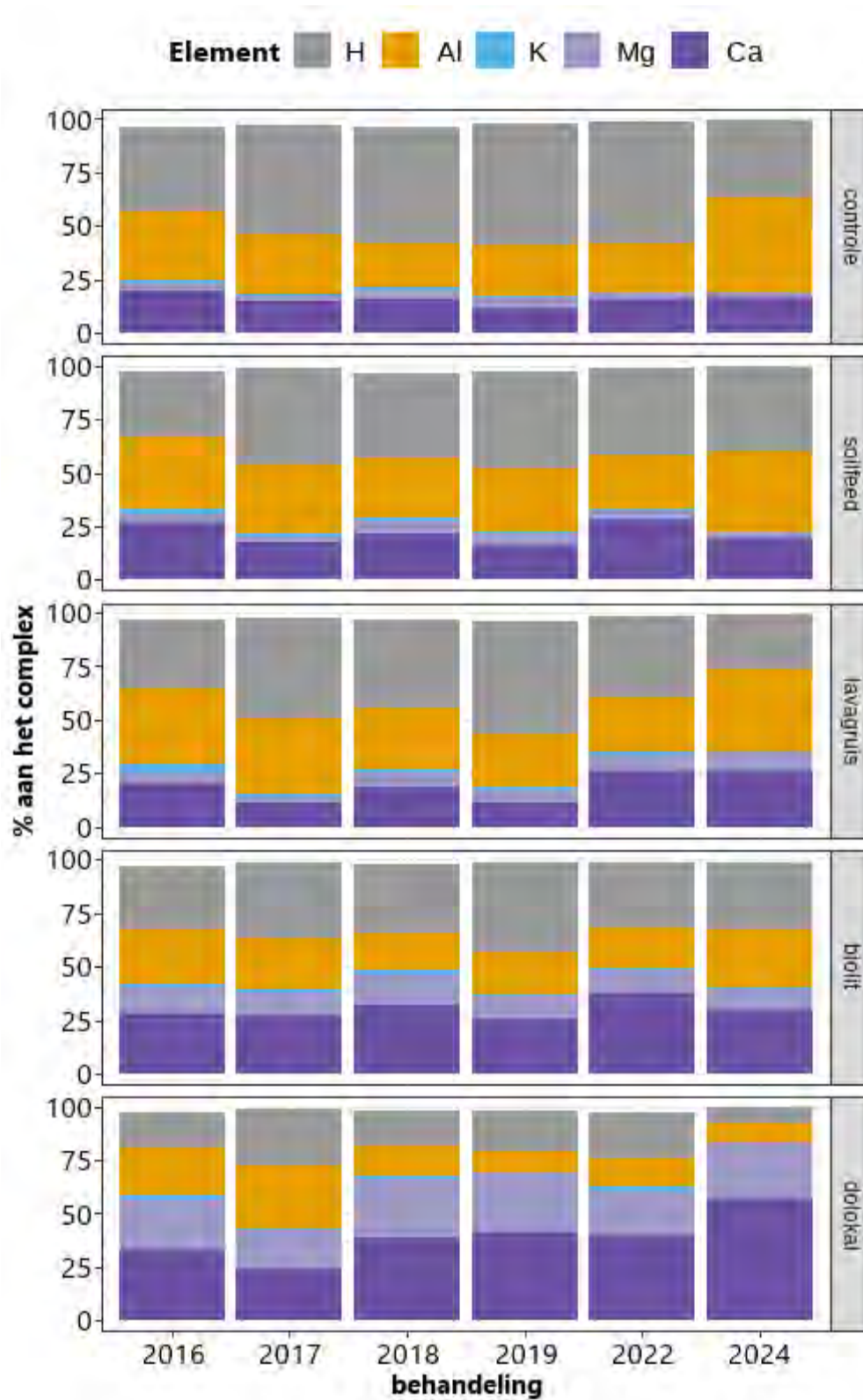
Met de toediening van biolit namen de percentages calcium en magnesium aan het complex significant toe en resulteerde in een verdubbeling van de basenverzadiging (Figuur 2.23). Getoetst over alle jaren samen nam het percentage Ca^{2+} aan het complex met 14% significant toe en het percentage Mg^{2+} aan het complex nam met 8% significant toe. De 22% toename van basische kationen ging ten koste van het percentage H^+ , welke 13% afnam en daarmee bijna een derde lager was ten opzichte van de controle. Ook het percentage Al^{3+} aan het complex nam met 6% significant af met de toediening van biolit ten opzichte van de controle.

Dolokal

Met het toedienen van 4 ton dolokal/ha werd vanaf het tweede meetjaar (2016) significant hogere percentages Ca^{2+} en Mg^{2+} aan het bodemcomplex gemeten. Getoetst over alle jaren samen nam het percentage Ca^{2+} aan het complex met 24% significant toe met de toediening van dolokal, bijna 2,5x zoveel ten opzichte van de controle. Het percentage Mg^{2+} aan het complex nam met 21% significant toe met dolokal-toediening, ruim zes keer zoveel als in de controle. Deze 45% toename van basische kationen ging ten koste van het percentage H^+ , welke 2,5x lager was ten opzichte van de controle. Ook het percentage Al^{3+} aan het complex nam met 13% af en was daarmee bijna de helft lager ten opzichte van de controle.

Samenvattend

Het toedienen van soilfeed resulteert na 10 jaar niet tot een toename van basische kationen aan het complex. Met het toedienen van lavagruis nam het percentage Mg^{2+} en K^+ aan het complex toe en nam H^+ af. De toediening van biolit resulteerde in een toename van Ca^{2+} en Mg^{2+} aan het complex en afname van H^+ en Al^{3+} . De toediening van dolokal resulteerde in een sterke toename van Ca^{2+} en Mg^{2+} aan het complex en sterke afname van H^+ en Al^{3+} .



Figuur 2.23 Percentage Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} , H^+ en Al^{3+} aan het bodemcomplex gemeten in een strontiumextract (SrCl) in de 0-10 cm bodemlaag per behandeling per jaar (gemiddelde).

Tabel 2.22 GLMM-uitkomsten van alle meetjaren samen getoetst over de gehele looptijd van het experiment voor het percentage Ca^{2+} , K^+ , Mg^{2+} , H^+ en Al^{3+} aan het bodemcomplex. *, **, ***: significant verschil van $p=0.05$; 0.01 en 0.001.

	Ca^{2+}		Mg^{2+}		K^+	
	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t
intercept	17 (3)	5,91***	4 (0,8)	4,79***	1,1 (0,3)	3,95***
soilfeed	5 (1)	3,78***	1 (0,3)	2,21*	0,31 (0,1)	1,81
lavagruis	2 (1)	1,32	3 (0,4)	5,69***	0,75 (0,2)	3,19**
biolit	14 (2)	7,56***	8 (0,8)	10,68***	0,16 (0,1)	1,13
dolokal	24 (2)	9,97***	21 (2)	12,84***	-0,03 (0,1)	-0,28

	Al^{3+}		$H^+ \log$	
	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t
intercept	29 (3)	9,66***	3,88 (0,1)	32,94***
soilfeed	3 (3)	1,12	-0,2 (0,1)	-1,91
lavagruis	3 (3)	1,07	-0,2 (0,1)	-2,25*
biolit	-6 (2)	-2,58**	-0,4 (0,1)	-3,65***
dolokal	-13 (2)	-6,23***	-1,1 (0,1)	-10,23***

2.9 Conclusies bodemchemie

Het doel van de steenmeeltoediening was, op het gebied van bodemchemie, om de bodembuffering te vergroten (hogere basenverzadiging, hogere pH) en de beschikbaarheid van basische kationen te vergroten en die van aluminium te verlagen (lagere Al/Ca-ratio). Ook werd gehoopt op een betere omzetting van ammonium naar nitraat, om zo de totale N-beschikbaarheid te verlagen en ook de verhouding tussen ammonium en nitraat te verschuiven. Maar dit alles zonder een sterke pH-schok en/of het zo snel afbreken van organisch materiaal dat er voedingsstoffen vrijkomen en verzuuring van de vegetatie optreedt. Ook was het niet de bedoeling dat er potentieel giftige zware metalen werden opgebracht, de beschikbaarheid van fosfor sterk zou afnemen als gevolg van het binden van fosfaat aan calcium; of dat bijvoorbeeld de kaliumbeschikbaarheid zou afnemen als gevolg van het verdringen van kalium aan het complex door een overmaat aan calcium of magnesium.

De opgebrachte steenmelen soilfeed, lavagruis en biolit resulteerden in een verhoging van de pH-NaCl van 0,1 tot 0,3 pH-eenheden, maar de pH-NaCl bleef lager dan de referentiewaarden voor droge kruidenrijke heide. Verhoging van de basenverzadiging trad op bij de toediening van biolit en lavagruis, maar niet bij de toediening van soilfeed. Met de toediening van lavagruis en biolit werd tien jaar na toediening een basenverzadiging hoger dan 30% gemeten en die daarmee binnen de referentiewaarden voor droge kruidenrijke heide valt. De steenmelen lavagruis en soilfeed hebben vanaf het vierde meetjaar een positief effect op de beschikbare K-concentraties in de bodem, hoewel het effect op de K-beschikbaarheid in de bodem met toediening van soilfeed in het tiende meetjaar niet meer te zien was. Met de toediening van biolit werd een toename in beschikbaar Ca en Mg in de bodem gemeten van circa 1000 $\mu\text{mol/l}$ en nam de Al/Ca-ratio af. Ook met de toediening van lavagruis werd vanaf het tiende meetjaar een toename in beschikbaar Ca en Mg in de bodem gemeten van circa 1000-1500 $\mu\text{mol/l}$ en nam de Al/Ca-ratio af. Er werden weinig duidelijke effecten gemeten op de stikstof- en fosfaatconcentraties in de bodem met toediening van steenmeel. Ook werden er geen effecten gemeten

op de verhouding tussen ammonium en nitraat. Met de toediening van bioliet werd een lagere nitraat+ammoniumflux gemeten. Het toedienen van steenmeel resulteert dus niet tot een duidelijke afname van stikstofbeschikbaarheid in de bodem. De vrij oplosbare P-concentratie nam toe met het steenmeel bioliet (2,8 $\mu\text{mol/l}$ P-NaCl). De concentratie beschikbaar Mn nam af met de toediening van lavagruis en de concentratie beschikbaar Zn nam af met toediening van bioliet. Verder werd er geen toename in beschikbaarheid van (zware) metalen gemeten.

De dolokalbehandeling resulteerde in een flinke verhoging van de pH-NaCl van 1,0 pH-eenheden en een toename in basenverzadiging van 45 procentpunten tot boven de ranges gemeten in de droge heides. Door een sterke toename in beschikbaar Ca, van circa 3000 $\mu\text{mol/l}$, nam de Al/Ca-ratio sterk af. Ook de beschikbare Mg-concentratie nam sterk toe met toediening van dolokal (met circa 4900 $\mu\text{mol/l}$). Deze sterke toename in Mg en Ca had geen effect op de beschikbare K-concentratie in de bodem. Verder werden er geen duidelijke effecten van toediening van dolokal gemeten op de stikstofconcentraties in de bodem. De voor plantenbeschikbare fosfaatconcentratie nam licht af met de toediening van dolokal. De concentraties beschikbaar Mn- en Zn halveerden met toediening van dolokal.

Het opgebrachte dolokal is het meest reactief in de bodem, gevolgd door bioliet dat ook 5-10% dolomiet bevat. Pas in het achtste en tiende meetjaar werd een toename in beschikbaar Ca en Mg gemeten met toediening van het steenmeel lavagruis. Dit is een relatief grof gemalen steenmeel. De grootte van het toegediende steenmeel (fijn of grof gemalen) lijkt, logischerwijs, effect te hebben op de effectsnelheid van de toedieningen.

Tabel 2.23 Overzicht van de significante effecten van de verschillende steenmeeltypen en dolokal op de bodemchemie. +=toename, -=afname; blauw=gewenst effect, maar klein; groen= gewenst effect, duidelijke verbetering; oranje=gewenst effect, maar te groot; rood= ongewenst effect en grijs = onbekend.

	soilfeed	lavagruis	bioliet	dolokal
pH-NaCl	+	+	+	+
Al/Ca-ratio		-	-	-
basenverzadiging		+	+	+
CEC				+
organische stof				
beschikbaar-Ca		+	+	+
beschikbaar-Mg		+	+	+
beschikbaar-K	+	+		
N-beschikbaarheid	-NO ₃	-NO ₃	-NO ₃ , -N-flux	-N-flux
P-beschikbaarheid			+	-
sporenelementen		-Mn	-Zn	-Mn,-Zn

3 Plantchemie

3.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de metingen aan de plantchemie beschreven. De metingen aan plantchemie werden verricht in de zomer van 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2022 en 2024. Hiervoor werden scheuten van het nieuwe jaar (current year shoots) van struikhei en bochtige smele verzameld. In het laatste meetjaar werd ook een biomassabepaling uitgevoerd om ook de opgenomen hoeveelheid nutriënten van de vegetatie te bepalen. Hiervoor is in elk proefvlak de bovengrondse biomassa verzameld in een vast kwadrant (0,5x0,5 m). Totale elementconcentraties werden gemeten via destructie en totaal-N werd bepaald via een C/N-analyse. De methodiek van de plantanalyses staat verder beschreven in bijlage 3 en de gehele dataset is bijgevoegd in bijlage 4.

In onderstaande paragrafen zijn de resultaten van alle jaren samen per behandeling (n=21) weergegeven in boxplots. De box geeft het bereik tussen het 25^e en het 75^e percentiel weer. De Whiskers (horizontale lijnen) geven het bereik tussen het 10^e en 90^e percentiel. De horizontale streep in de box geeft de mediane waarde van de metingen weer. Verschillen tussen behandelingen en de controle werden getoetst in R Studio versie 4.1.1 met een general linear mixed model met de behandelingen als fixed-factor en tijd als random-factor. Wanneer nodig werden parameters log-getransformeerd.

3.2 Effecten op Ca-, Mg- en K-gehaltenes

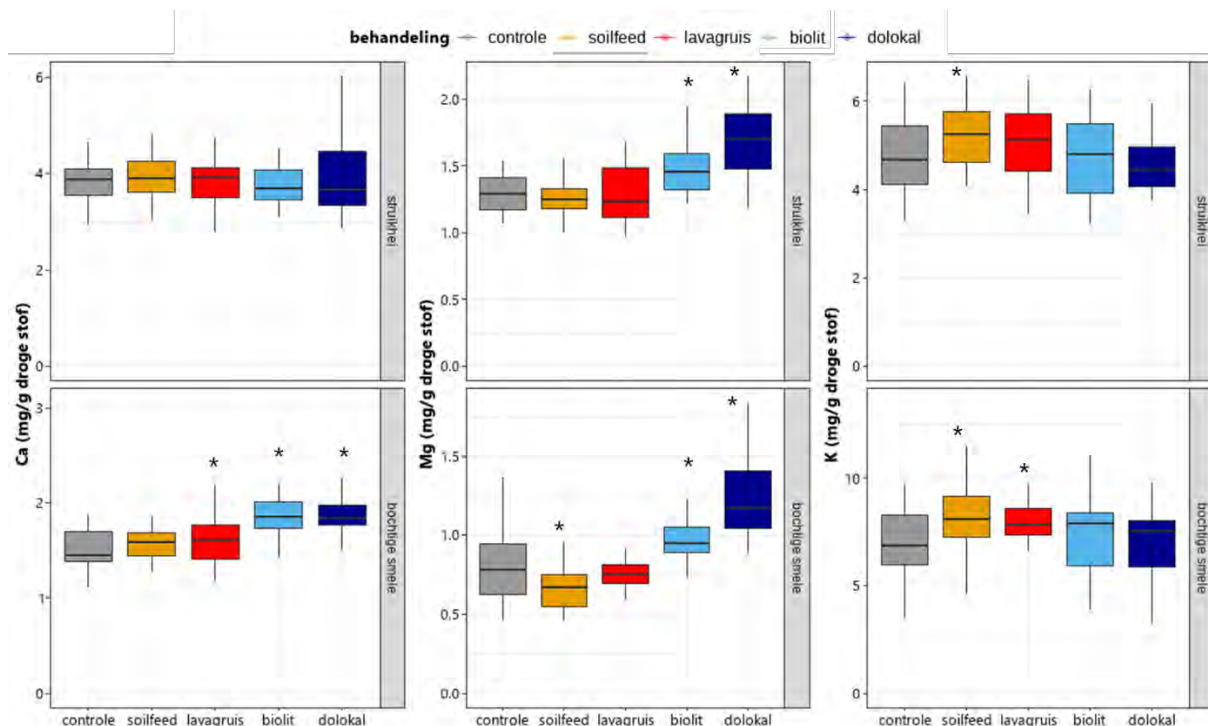
Het toedienen van de steenmelen lavagruis en biolit en dolomietkalk resulteerde in een toename van de beschikbare Ca en/of Mg-concentraties in de bodem. Het toedienen van de steenmelen soilfeed en lavagruis resulteerde gedurende het experiment in een toename van de beschikbare K-concentraties in de bodem. Ook in de vegetatie werden effecten van de behandelingen gemeten op de Ca-, Mg- en K-gehaltenes.

3.2.1 Struikhei

De toediening van steenmeel had geen effect op het calciumgehalte in struikhei (Figuur 3.1 en Tabel 3.1). Met de toediening van biolit werd in het plantmateriaal van struikhei een significant hoger Mg-gehalte gemeten van 0,2 mg/g ten opzichte van de controle (1.1x controle). Ook met de toediening van dolokalk werd in het plantmateriaal van struikhei een significant hoger Mg-gehalte gemeten van 0,4 mg/g ten opzichte van de controle (1.3x controle). Getoetst over alle jaren samen werd er geen significant effect van soilfeed of lavagruis toediening gemeten op het K-gehalte in struikhei.

3.2.2 Bochtige smele

In het plantmateriaal van bochtige smele werden met name in de eerste vijf meetjaren significant hogere Ca-gehaltenes gemeten met toediening van lavagruis en biolit. Getoetst over alle jaren samen werd een significant hoger Ca-gehalte gemeten in het plantmateriaal van bochtige smele van 0,2 en 0,4 mg/g ten opzichte van de controle (1.1 en 1.3x controle). In de met biolit behandelde proefvlakken werd een significant hoger Mg-gehalte gemeten in het plantmateriaal van bochtige smele (1.2x controle). Ook in de met dolokalk behandelde proefvlakken werd een significant hoger Ca- en Mg-gehalte in het plantmateriaal gemeten van bochtige smele (1.3 en 1.5x controle). Met de toediening van soilfeed werd daarentegen een significant lager Mg-gehalte gemeten in bochtige smele (0.8x controle). Het toedienen van de kaliumrijke steenmelen soilfeed en lavagruis resulteerde in een significant hoger K-gehalte in het plantmateriaal van bochtige smele van 0,9 en 0,8 mg/g ten opzichte van de controle (1.1x controle).



Figuur 3.1 Ca-, Mg-, K-gehalten in mg/g gemeten in het plantmateriaal van struikhei en bochtige smele per behandeling over alle jaren samen. * = significant verschil ten opzichte van de controle ($p < 0.05$).

Tabel 3.1 GLMM-uitkomsten van alle meetjaren samen getoetst over de gehele looptijd van het experiment voor het Ca-, Mg- en K-gehalte in mg/g in struikhei en bochtige smele. *, **, ***: significant verschil van $p = 0.05$; 0.01 en 0.001.

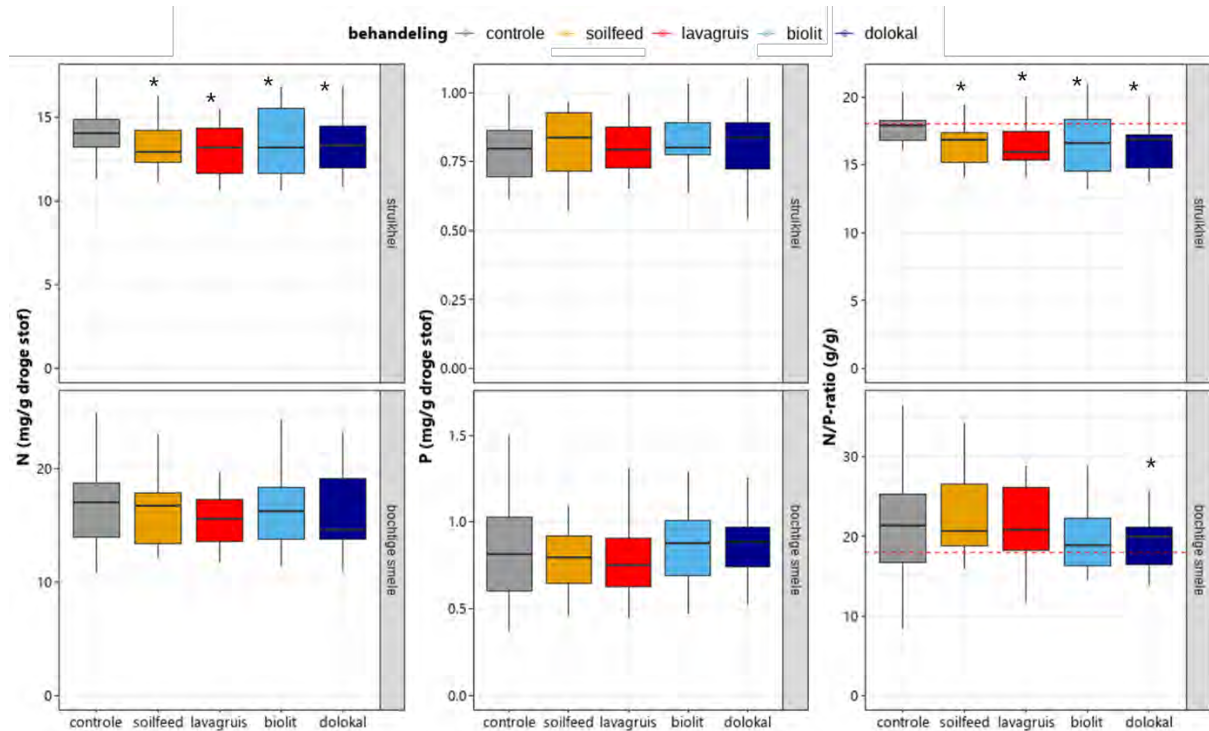
struikhei	Ca		Mg		K	
	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t
intercept	4,0 (0,28)	14,44***	1,4 (0,12)	11,55***	4,9 (0,44)	11,33***
soilfeed	0,01 (0,14)	0,05	-0,04 (0,05)	-0,85	0,42 (0,15)	2,80**
lavagruis	-0,11 (0,14)	-0,84	-0,02 (0,05)	-0,52	0,17 (0,15)	1,14
biolit	-0,17 (0,13)	-1,32	0,20 (0,05)	4,02***	-0,09 (0,14)	-0,69
dolokal	-0,02 (0,14)	-0,13	0,36 (0,05)	6,79***	-0,17 (0,14)	-1,20
bochtige smele	Ca		Mg		K	
	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t
intercept	1,5 (0,09)	17,36***	0,82 (0,06)	13,07***	7,2 (0,6)	11,84***
soilfeed	0,07 (0,07)	0,98	-0,13 (0,04)	-2,98**	0,94 (0,38)	2,46*
lavagruis	0,17 (0,07)	2,37*	-0,03 (0,05)	-0,58	0,81 (0,38)	2,15*
biolit	0,37 (0,07)	5,14***	0,15 (0,05)	3,00**	0,44 (0,35)	1,25
dolokal	0,42 (0,08)	5,46***	0,40 (0,06)	6,85***	0,08 (0,35)	0,22

3.3 Effecten op de N- en P-gehalten

De verhouding tussen stikstof en fosfor in de vegetatie is van belang voor de fauna. Een N/P-ratio in de plant hoger dan 18 g/g kan limiterend zijn voor herbivore insecten (Vogels et al., 2013; Vogels et al., 2016b en Vogels et al., 2023).

3.3.1 Struikhei

De toediening van de steenmelen soilfeed, lavagruis en bioliet resulteerden in een significante afname van het N-gehalte in het plantmateriaal van struikhei van 0,6 tot 1,0 mg/g (0.9-0.96x controle; Figuur 3.2 en Tabel 3.2). Er werden, getoetst over alle jaren samen, geen significante effecten op de P-gehalten gemeten. Door de afname van het N-gehalte met steenmeeltoediening werd ook een significant afname van de N/P-ratio gemeten in het plantmateriaal van struikhei (0.9x controle). Ook met de toediening van dolokal werd een significant lager N-gehalte en N/P-ratio gemeten in het plantmateriaal van struikhei (0.96 en 0.9x controle).



Figuur 3.2 N- en P-gehalten in mg/g en N/P-ratio in g/g gemeten in het plantmateriaal van bochtige smele en struikhei per behandeling over alle jaren samen. * = significant verschil ten opzichte van de controle ($p < 0.05$). Rode stippellijn geeft de bovengrens weer voor de N/P-ratio.

3.3.2 Bochtige smele

In het plantmateriaal van bochtige smele werden, getoetst over alle jaren samen, geen significante effecten gemeten van steenmeeltoediening op het N- of P-gehalte en de N/P-ratio (Figuur 3.2 en Tabel 3.2). Ook met de toediening van dolokal werden er geen significante effecten gemeten op het N- of P-gehalte in het plantmateriaal van bochtige smele. Getoetst over alle jaren samen werd een significant lagere N/P-ratio gemeten met toediening van dolokal (0.9x controle).

Tabel 3.2 GLMM-uitkomsten van alle meetjaren samen getoetst over de gehele looptijd van het experiment voor het N- en P-gehalte in mg/g en N/P-ratio in g/g in struikhei en bochtige smele. *, **, ***:significant verschil van $p=0.05$; 0.01 en 0.001.

struikhei	N		P		N/P	
	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t
intercept	14,2 (0,8)	18,07***	0,81 (0,05)	15,42***	18,1 (1,0)	18,42***
soilfeed	-0,6 (0,3)	-2,36*	0,01 (0,02)	0,40	-1,2 (0,6)	-2,17*
lavagruis	-1,0 (0,3)	-3,51***	0,001 (0,03)	0,05	-1,4 (0,6)	-2,40*
biolit	-0,7 (0,3)	-2,73**	0,03 (0,03)	1,15	-1,7 (0,5)	-3,06**
dolokal	-0,6 (0,3)	-2,34*	0,03 (0,03)	1,03	-1,6 (0,6)	-2,80**
bochtige smele	N		P		N/P	
	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t
intercept	17,4 (1,6)	10,85***	0,86 (0,11)	8,08***	22,6 (2,6)	8,78***
soilfeed	-0,5 (0,8)	-0,64	-0,04 (0,05)	-0,84	0,6 (1,1)	0,55
lavagruis	-0,4 (0,8)	-0,52	-0,01 (0,05)	-0,21	-0,5 (1,1)	-0,43
biolit	-0,2 (0,8)	-0,30	0,06 (0,05)	1,18	-1,7 (1,0)	-1,76
dolokal	-0,9 (0,8)	-1,19	0,06 (0,05)	1,26	-2,2 (1,0)	-2,16*

3.4 Effecten op sporenelementen

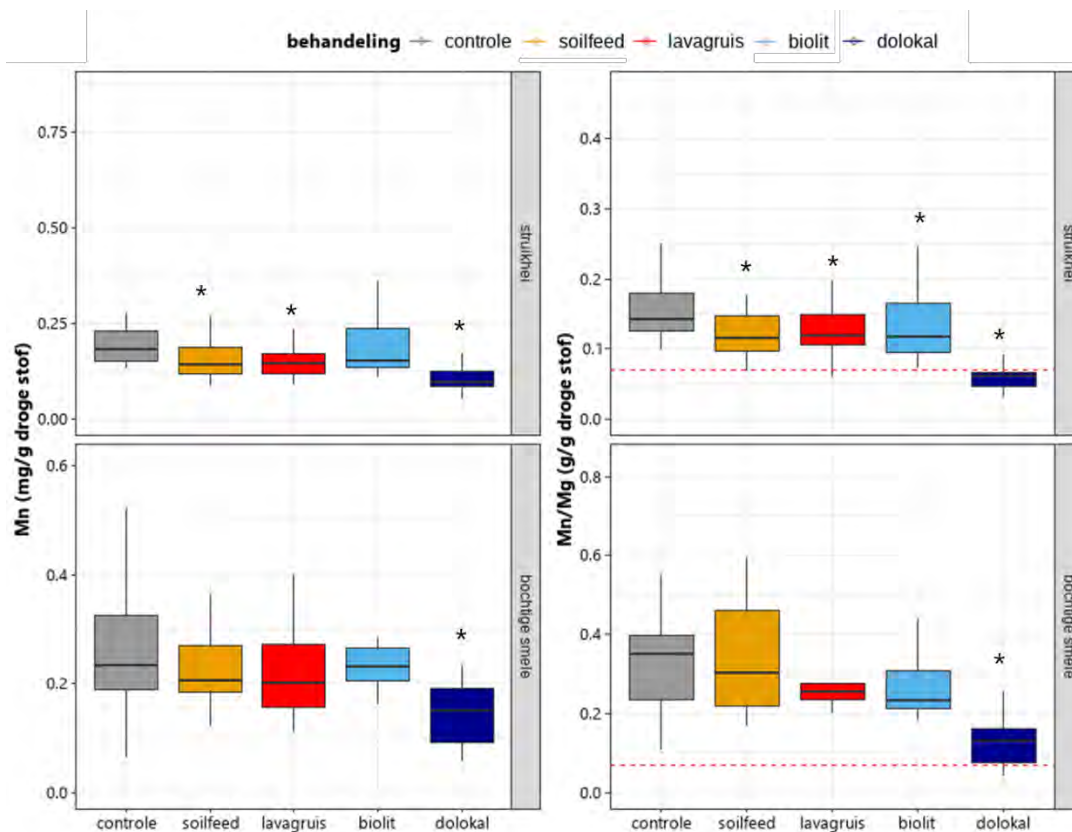
Het toedienen van bufferstoffen zoals steenmeel en dolomietkalk kan de Mn-opname door struikhei wat verminderen (Grønflaten et al., 2005), en dit effect is eerder ook gevonden in experimenten (Vogels et al., 2016a; Verbaarschot et al., 2020; Weijters et al., 2023). Ook kan het toedienen van bufferstoffen tot veranderingen in sporenelementratio's in de plant leiden. Deze veranderingen in elementratio's in plantmateriaal kunnen negatieve effecten hebben in ongewervelde fauna (Vogels et al., 2021).

3.4.1 Struikhei

Er werden geen effecten van toediening van steenmelen of dolokal gemeten op de Al-, Fe- en Zn-gehaltenes in het plantmateriaal van struikhei (bijlage 5). In het plantmateriaal van struikhei werd met de toediening van soilfeed en lavagruis een significant lager Mn-gehalte gemeten van 0,19 tegen 0,25 mg/g in de controle (Figuur 3.3 en Tabel 3.3). Deze afname in Mn-gehalte resulteerde in een significant lager Mn/Mg-ratio in het plantmateriaal van struikhei (0.8x controle). Getoetst over alle jaren samen werd ook met toediening van biolit een significant lagere Mn/Mg-ratio gemeten (0.8x controle). Ook met de toediening van dolokal werd een significant lager Mn-gehalte en lagere Mn/Mg-ratio gemeten in het plantmateriaal van struikhei (0.6 en 0.5x controle).

3.4.2 Bochtige smele

In het plantmateriaal van bochtige smele werd, getoetst over alle jaren samen, een significant hoger Al-gehalte gemeten met de toediening van lavagruis en biolit (1.3 en 1.2x controle; bijlage 5). Er werden geen effecten van toediening van steenmelen of dolokal gemeten op de Fe- en Zn-gehaltenes in het plantmateriaal van bochtige smele. De toediening van steenmeel had ook geen effect op de Mn-gehaltenes of de Mn/Mg-ratio in bochtige smele. Met de toediening van dolokal werd een significant lager Mn-gehalte en lagere Mn/Mg-ratio gemeten in het plantmateriaal van bochtige smele (0.6 en 0.5x controle).



Figuur 3.3 Mn-gehalten in mg/g en Mn/Mg-ratio in g/g gemeten in het plantmateriaal van struikhei en bochtige smele per behandeling over alle jaren samen. * = significant verschil ten opzichte van de controle ($p < 0.05$). Rode stippellijn geeft de gemiddelde ratio weer in het weefsel van ongewervelden (Vogels et al., 2021).

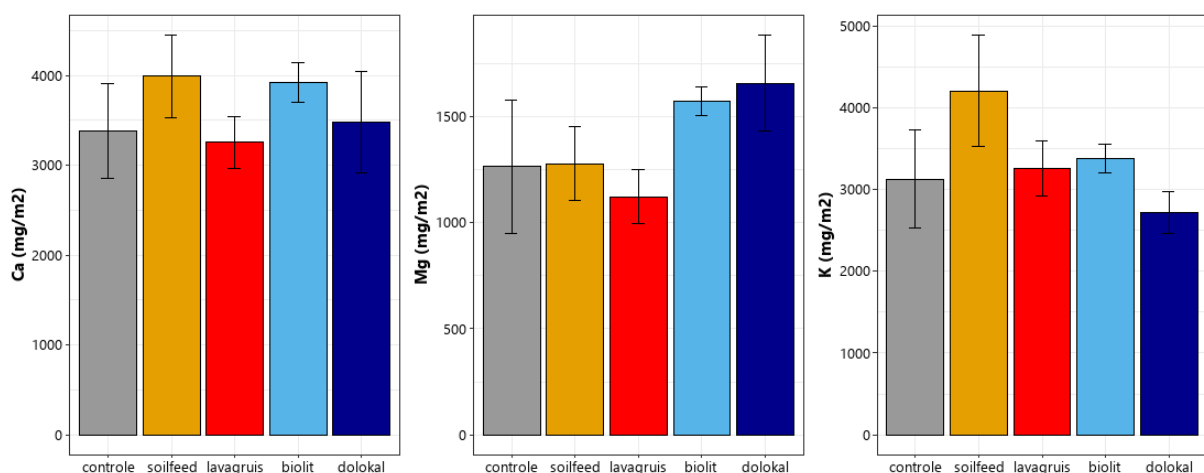
Tabel 3.3 GLMM-uitkomsten van alle meetjaren samen getoetst over de gehele looptijd van het experiment voor het N- en P-gehalte in mg/g en N/P-ratio in g/g in struikhei en bochtige smele. *, **, ***: significant verschil van $p = 0.05$; 0.01 en 0.001.

struikhei	Mn		Mn/Mg-ratio	
	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t
intercept	0,25 (0,04)	5,87***	0,18 (0,02)	8,58***
soilfeed	-0,06 (0,02)	-3,10**	-0,04 (0,01)	-3,02**
lavagruis	-0,06 (0,02)	-3,29***	-0,04 (0,01)	-3,36***
biolit	-0,03 (0,02)	-1,70	-0,04 (0,01)	-3,28**
dolokal	-0,10 (0,02)	-6,05***	-0,09 (0,01)	-8,19***
bochtige smele	Mn		Mn/Mg-ratio	
	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t
intercept	0,26 (0,04)	7,36***	0,33 (0,04)	9,10***
soilfeed	-0,02 (0,02)	-0,88	0,04 (0,03)	1,08
lavagruis	-0,02 (0,02)	-1,06	-0,02 (0,03)	-0,80
biolit	-0,01 (0,02)	0,49	-0,04 (0,03)	-1,34
dolokal	-0,10 (0,02)	-4,83***	-0,18 (0,02)	-7,30***

3.5 Nutriënteninhoud in de vegetatie

In het tiende meetjaar werd in elk proefvlak in een vast raster de bovengrondse biomassa bemonsterd om te bepalen hoeveel basische kationen (Ca, Mg en K) en N en P er in de vegetatie aanwezig zijn. In Figuur 3.4 zijn de totale hoeveelheden aan Ca, Mg en K in de bovengrondse biomassa van grassen en struikheide samen weergegeven in mg/m² per behandeling. In deze figuur is te zien dat er geen verschillen in hoeveelheid Ca in de bovengrondse biomassa gemeten werden tussen de toegediende behandelingen en de controle. De hoeveelheid Mg in de bovengrondse biomassa is hoger in de behandeling met dolokal en biolit ten opzichte van de controle (niet significant) en komt overeen met de hogere Mg-gehalten gemeten in de current year shoots van struikheide en bochtige smele. In de met soilfeed behandelde proefvlakken werd een hogere hoeveelheid K in de biomassa gemeten ten opzichte van de controle (niet significant). Ook in de current year shoots werden hogere K-gehalten gemeten met toediening van soilfeed. De hogere hoeveelheid K in de bovengrondse biomassa (opname) kan een verklaring zijn dat er in het tiende meetjaar in de bodem geen hogere K-beschikbaarheid werd gemeten ten opzichte van de controle.

In de behandeling met biolit werd een significant hoger P-inhoud in de vegetatie gemeten ten opzichte van de controle (bijlage 6). Er werden geen verschillen in de hoeveelheid N in de bovengrondse biomassa gemeten. Daarnaast werd een hogere hoeveelheid Al gemeten in de bovengrondse biomassa bij toediening van soilfeed en lavagruis, die relatief veel aluminium bevatten (bijlage 6). De hoeveelheid Al in de bovengrondse biomassa was met circa 190 en 130 mg/m² nog altijd veel lager ten opzichte van Ca (met 3000 tot 4000 mg/m²).



Figuur 3.4 Totale hoeveelheid Ca, Mg en K in mg/m² in de bovengrondse biomassa van struikheide + grassen per behandeling in het tiende meetjaar (gemiddeld ± standaardfout). * = significant verschil ten opzichte van de controle ($p < 0.05$).

3.6 Conclusies

Effecten van soilfeed

Het toedienen van het steenmeel soilfeed resulteerde in het tiende meetjaar in een toename van het K-gehalte in struikheide. In bochtige smele nam het K-gehalte toe met soilfeed-toediening en het Mg-gehalte nam af. De toediening van soilfeed resulteerde in een afname van het N-gehalte in struikheide en resulteerde deze afname van N in een lagere N/P-ratio. Er werden geen effecten van soilfeed toediening gemeten op de N-, P-gehalten of N/P-ratio in bochtige smele. Het toedienen van soilfeed had geen effect op het Al-, Fe- of Zn-gehalte in struikheide of bochtige smele. In het plantmateriaal van struikheide

werd een lager Mn-gehalte gemeten met toediening van soilfeed, hierdoor werd ook een lagere Mn/Mg-ratio gemeten.

Effecten van lavagruis

Ook het toedienen van het steenmeel lavagruis resulteerde in het tiende meetjaar in een toename van het K-gehalte in struikhei. In bochtige smele nam het K- en Ca-gehalte toe met lavagruis toediening. De toediening van lavagruis resulteerde in een afname van het N-gehalte in struikhei en resulteerde deze afname van N in een lagere N/P-ratio. Er werden geen effecten van lavagruis toediening gemeten op de N-, P-gehaltes of N/P-ratio in bochtige smele. Met lavagruis toediening werden geen effect op het Al-, Fe- of Zn-gehalte in struikhei gemeten. In het plantmateriaal van bochtige smele werd een hoger Al-gehalte gemeten met lavagruis toediening. In het plantmateriaal van struikhei werd een lager Mn-gehalte gemeten met toediening van lavagruis, hierdoor werd ook een lagere Mn/Mg-ratio gemeten.

Effecten van biolit

Met de toediening van biolit werd een hoger Mg-gehalte gemeten in het plantmateriaal van struikhei en hoger Ca- en Mg-gehalte in het plantmateriaal van bochtige smele. De toediening van biolit resulteerde in een afname van het N-gehalte in struikhei en resulteerde deze afname van N in een lagere N/P-ratio. Er werden geen effecten van biolit toediening gemeten op de N-, P-gehaltes of N/P-ratio in bochtige smele. Ook werden er geen effecten gemeten op het Al-, Fe- of Zn-gehalte in struikhei. In het plantmateriaal van bochtige smele werd een hoger Al-gehalte gemeten met biolit toediening. In het plantmateriaal van struikhei werd een lagere Mn/Mg-ratio gemeten.

Effecten van dolokal

Met de toediening van dolokal werd een hoger Mg-gehalte gemeten in het plantmateriaal van struikhei en hoger Ca- en Mg-gehalte in het plantmateriaal van bochtige smele. De toediening van dolokal resulteerde in een afname van het N-gehalte in struikhei en resulteerde deze afname van N in een lagere N/P-ratio. Ook in het plantmateriaal van bochtige smele werd een lagere N/P-ratio gemeten met dolokal toediening. Het toedienen van dolokal had geen effect op het Al-, Fe- of Zn-gehalte in struikhei of bochtige smele. In het plantmateriaal van struikhei en bochtige smele werd een lager Mn-gehalte gemeten met toediening van dolokal, hierdoor werd ook een lagere Mn/Mg-ratio gemeten.

Tabel 3.4 Overzicht van de significante effecten van de verschillende steenmeeltypen en dolokal op de plantchemie. +=toename, -=afname; blauw=gewenst effect, maar klein; groen= gewenst effect, duidelijke verbetering; oranje=gewenst effect, maar te groot; geel= ongewenst effect en grijs = onbekend.

	soilfeed	lavagruis	biolit	dolokal
N/P-ratio in plant	- struikhei	- struikhei	- struikhei	- struikhei, bochtige smele
basische kationen struikhei	+K	+K	+Mg	+Mg
sporenelementen struikhei	-Mn, -Mn/Mg	-Mn, -Mn/Mg	-Mn/Mg	-Mn, -Mn/Mg
basische kationen bochtige smele	+K, -Mg	+K, +Ca	+Ca, +Mg	+Ca, +Mg
sporenelementen bochtige smele		+Al	+Al	-Mn, -Mn/Mg

Door het toedienen van steenmeel of dolokal werden hogere Ca-, Mg- of K-gehalten gemeten in de vegetatie. Dit komt grotendeels overeen met de gemeten toenames in beschikbare Ca-, Mg- en/of K-concentraties in de bodem. In struikhei werd een lagere N/P-ratio gemeten met steenmeel- en dolokal toediening, in bochtige smele werden geen effecten op de N/P-ratio gemeten. Er werden geen signalen voor verhoogde opname van N gemeten. De toediening van bufferstoffen als steenmeel en dolokal leidde tot een afname van het Mn-gehalte en Mn/Mg-ratio in het plantmateriaal van struikhei en met dolokal ook in bochtige smele.

4 Vegetatiesamenstelling

4.1 Inleiding

In dit hoofdstuk worden de resultaten van de vegetatiemonitoring beschreven op het begraasde deel van de Strabrechtse heide. In 2015, 2016, 2017, 2019, 2022 en 2024 werd in de periode juli-augustus van alle proefvlakken (in blok 1, 2 en 3) een vegetatieopname (vaatplanten, mossen en korstmossen ten dele) gemaakt volgende de methode van Braun-Blanquet. De gehele set van vegetatieopnamen is opgenomen in bijlage 7.

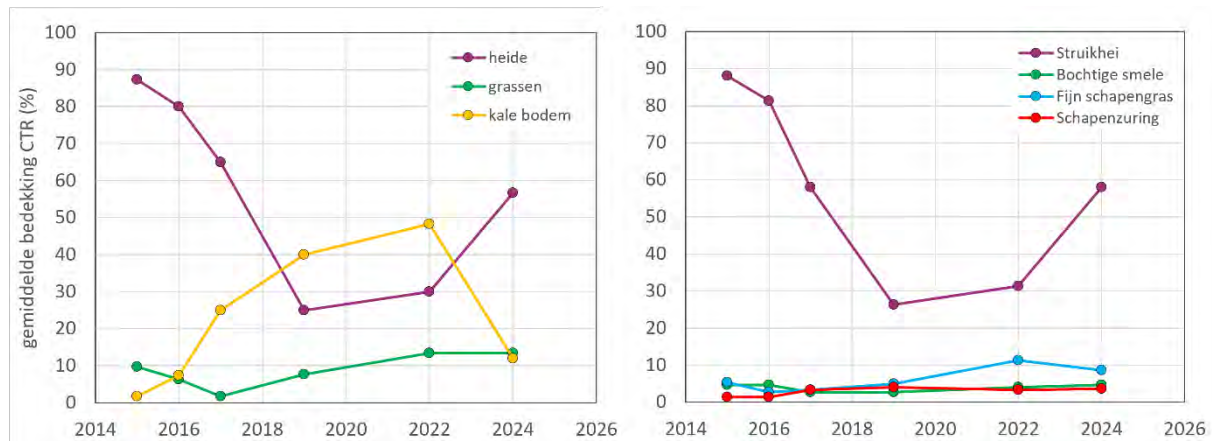
Allereerst wordt ingegaan op de autonome ontwikkeling van de vegetatie aan de hand van de veranderingen in de vegetatiesamenstelling in de controle-proefvlakken tussen 2015 en 2024. Om de effecten van de verschillende behandelingen inzichtelijk te maken zijn de resultaten vervolgens uitgewerkt in grafieken waarin de verschillen per behandeling en per jaar worden weergegeven. Daarnaast zijn de plantensoorten ingedeeld in soortgroepen en op basis daarvan is de verdeling van het aantal soorten per soortgroep uitgewerkt. In de grafieken is steeds de gemiddelde waarde \pm SE gegeven van een parameter. Verschillen tussen behandelingen en de controle binnen één jaar werden getoetst in R Studio versie 4.1.1 met een general linear mixed-effect model met de toedieningen als fixed-factor en de proefvlakken als random-factor. Wanneer nodig werden parameters log-getransformeerd.

4.2 Autonome vegetatieontwikkeling in de controleserie

De proeflocatie op de droge heide werd gekenmerkt door het abundant voorkomen van algemene soorten uit het droge heidemilieu. Struikhei (*Calluna vulgaris*) was -zeker bij aanvang van het experiment in 2015- in alle proefvlakken de dominante en structuurbepalende soort met een gemiddelde werkelijke bedekking van ~87%. Bochtige smele (*Deschampsia flexuosa*), fijn schapengras (*Festuca filiformis*), pijpenstrootje (*Molinia caerulea*) en pilzegge (*Carex pilulifera*) waren in 2015 de meest voorkomende grasachtigen met gemiddeld 5,6%, 3,6%, 3,2% en 1,1% bedekking, respectievelijk. In sommige proefvlakken had schapenzuring (*Rumex acetosella*) een redelijk aandeel tot wel 18%. In de moslaag waren met name grijs kronkelsteeltje (*Campylopus introflexus*) en heideklauwtjesmos (*Hypnum jutlandicum*) dominant (gemiddeld 60%, respectievelijk 29% bedekking) en regelmatig hadden gewoon dikkopmos (*Brachythecium rutabulum*), gewoon gaffeltandmos (*Dicranum scoparium*) en rendiermos (*Cladonia spec.*) een redelijk aandeel (6-9%) in de (korst)mosbedekking.

Gedurende de onderzoeksperiode zijn relatief grote verschuivingen opgetreden in de dominantie van soorten op de droge heide. De oude heidevegetatie is grotendeels afgestorven, waarschijnlijk als gevolg van integrale begrazing door Schotse hooglanders (in de beginjaren van deze proef) en de langdurige droogte in de zomers van 2018 en 2019, en vervolgens zijn met name grassen in bedekking toegenomen. In het onbegrasde deel (proefvlak 4 en 5 in Verbaarschot et al., 2020) waren deze ontwikkelingen in de beginjaren veel minder duidelijk zichtbaar. Figuur 4.1 illustreert deze verschuivingen aan de hand van de veranderingen in de gemiddelde werkelijke bedekking van een aantal algemene soorten in de onbehandelde controle proefvlakken. De autonome ontwikkeling op de droge heide wordt in belangrijke mate bepaald door het grotendeels afsterven van de oude struikheivegetatie. Ten opzichte van de beginperiode is de bedekking van struikhei in 2019/2022 gemiddeld met meer dan de helft afgenomen tot 25-30% (Figuur 4.1). In dezelfde periode zijn de gras-achtigen aanvankelijk eerst afgenomen (tot gemiddeld 2% bedekking in 2019), maar later zijn deze weer toegenomen tot gemiddeld 13% bedekking. Het rechter paneel in Figuur 4.1 laat zien dat met name fijn schapengras is toegenomen en in mindere mate ook bochtige smele. We zien ook duidelijk dat na de droogte in 2018-2019 het aandeel kale bodem sterk afneemt van het maximum van 48% in 2022 naar 12% in 2024. Als we goed

kijken zien we dat vooral de hei zich in de controlevlakken, in het voorheen begraasde deel, de afgelopen 2 jaar sterk herstelt naar gemiddeld 58% bedekking in 2024. De variatie tussen de vlakken is wel behoorlijk groot (35-75% heidebedekking), maar dit lijkt vooral afhankelijk van de mate waarin in 2018-2019 de heide in een proefvlak is aangetast door de droogte. Opvallend genoeg is de grasbedekking sinds 2022 nauwelijks toegenomen.



Figuur 4.1 Autonome veranderingen in de vegetatie in de droge heide op de Strabrechtse heide. Het verloop van de gemiddelde werkelijke bedekking van een heide, grassen (inclusief zeggen en russen) en kale bodem (links) en een aantal aspectbepalende vaatplanten in de controle-proefvlakken (n=3) tussen 2015 en 2024.

Effecten van begrazing

Van de oorspronkelijke vijf replica's van de proefvlakken op de Strabrechtse heide werden alleen de drie proefvlakken in het begraasde deel in deze fase nog gevolgd. In de beginjaren van dit experiment werden een aantal duidelijke verschillen waargenomen tussen de drie begraasde en de twee niet begraasde proefvlakken. In de oude struikheivegetatie duidelijke sporen van vertrapping te zien en verspreid over de proefvlakken werden veel uitwerpselen Schotse hooglanders en schapen gevonden. We kunnen daaruit afleiden dat de dieren regelmatig door de proefvlakken lopen. In het veld bestond de indruk dat de grazers een voorkeur hadden voor de vegetatie in de proefvlakken. Daarnaast werd in de proefvlakken in het (voormalig) begraasde deel in het derde meetjaar (2017) een significante afname van de bedekking met struikhei waargenomen in de behandeling met biolit en dolokal, dus voor de extreme droge jaren. In de onbegraasde proefvlakken zagen we dat de heidebedekking in 2019 in alle proefvlakken lager was dan in voorgaande jaren (60-80% versus 95% in 2017, Verbaarschot et al., 2020). Toch was de heidebedekking in de onbegraasde proefvlakken veel hoger dan in de begraasde proefvlakken en duidt op een effect van de integrale begrazing op de begraasde proefvlakken. Ook in 2024 is de vegetatie in de onbegraasde proefvlakken veel minder open ten opzichte van de begraasde proefvlakken (Figuur 10.4 in bijlage 8).

4.3 Effecten op de vegetatie

De vegetatieontwikkeling laat over de jaren in alle behandelingen grofweg eenzelfde beeld zien. In alle proefvlakken is na de ineenstorting van de heidevegetatie in 2017-2019 de vegetatie weer aan het herstellen: de bedekkingen van vaatplanten en mossen nemen weer toe en het oppervlak kale bodem neemt weer af tot minder dan 10% (Figuur 4.3 en Figuur 4.4). De vegetatieontwikkeling laat een aantal duidelijke verschillen zien tussen de dolokal- en steenmeelbehandelingen en de controlevlakken (Figuur 4.2 en Figuur 10.2 en Figuur 10.3 in bijlage 8).

In de proefvlakken met steenmeel en dolokal is, net als de in de controle, na 2017 een afname in heidebedekking te zien, welke wordt gevolgd door een gestaag herstel vanaf 2019 (Figuur 4.3, bovenste

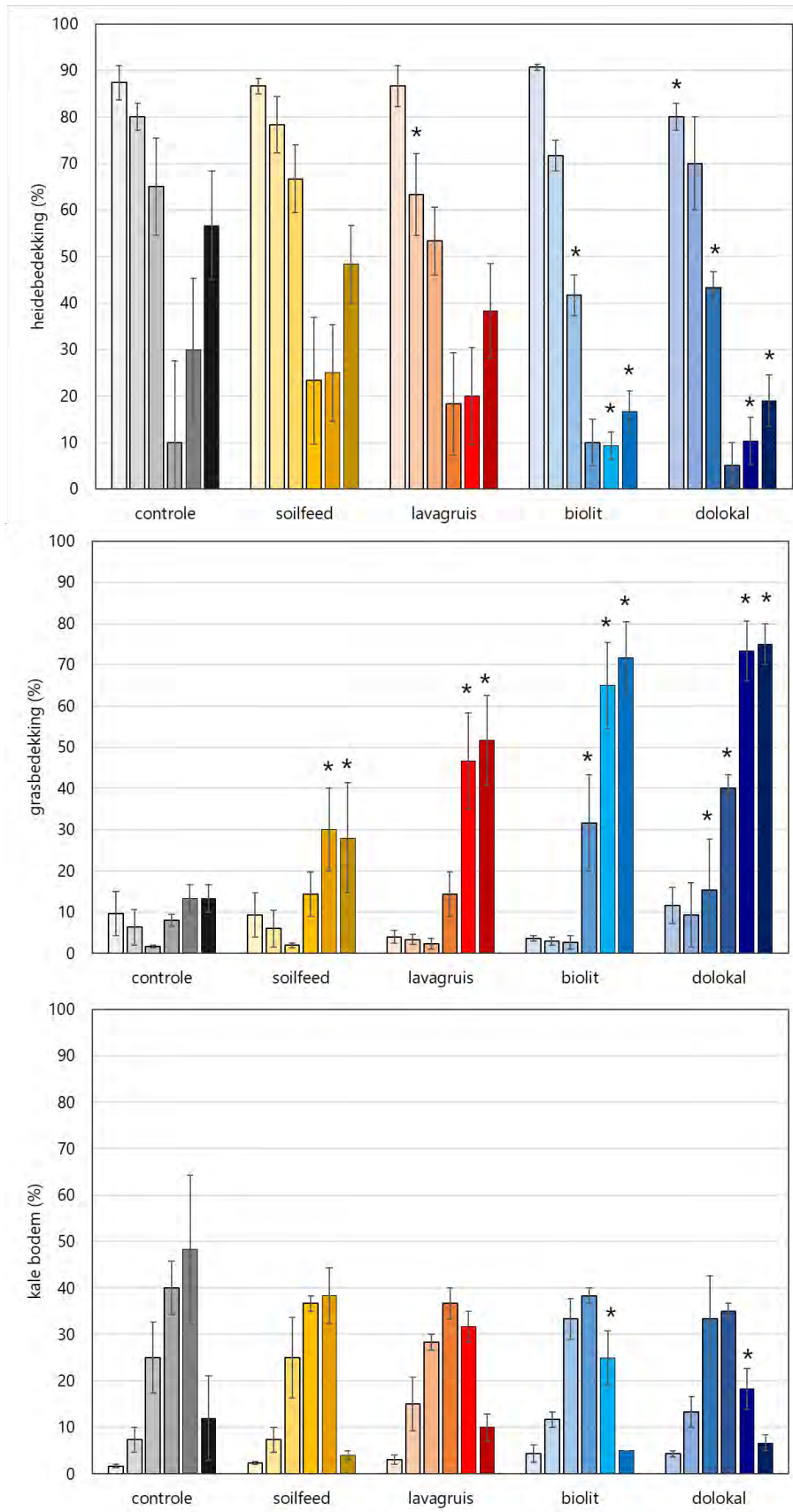
paneel). Wat opvalt is dat in 2022 en 2024 de heidebedekking in de biolit- en dolokal-behandeling significant lager is (gemiddeld 17-19% in 2024) dan in de controle (gemiddeld 57% in 2024). Het herstel van de struikheide bedekking verloopt in die proefvlakken dus wat minder snel dan in de overige vlakken.

Het minder vlotte herstel van struikheide houdt waarschijnlijk verband met de toename in de bedekking van grasachtigen (Figuur 4.3, middelste paneel). In alle behandelde proefvlakken is de grasbedekking sinds 2022 significant hoger dan in de controle, maar in de met biolit en dolokal behandelde vlakken is de grasbedekking met circa 75% het grootst. Het betreft hier vooral fijn schapengras met een bedekking van >55% (in 2024); bochtige smele, pijpenstrootje en struisgras zijn over het algemeen minder abundant.

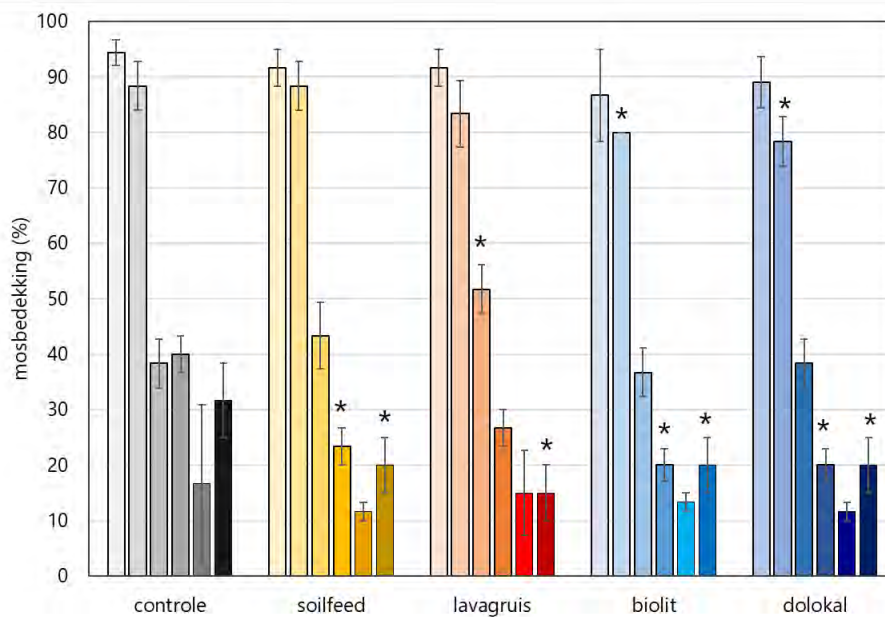
We zien ook een effect van het aandeel mos in de proefvlakken (Figuur 4.4). Alle behandelde proefvlakken hebben in 2024 een significant lagere mosbedekking dan de controle. Vermoedelijk houdt dat verband met de heide bedekking, omdat aaneengesloten mosvegetaties op de droge heide zich vooral ontwikkelen in de ondergroei van hoger opgaande struikheidebegroeiingen.



Figuur 4.2 Blok 1 met een overzichtsfoto van de proefvlakken in 2024 met verschillende behandelingen van linksboven naar rechtsonder: controle, lavagruis, soilfeed, biolit en dolokal. De biolit en dolokal behandeling hebben een opvallend aandeel grassen in vergelijking met de controle. De overzichtsfoto's van blok 2 en 3 zijn opgenomen in bijlage 8. Foto's: B. van de Riet, 16 juli 2024.



Figuur 4.3 Veranderingen in de gemiddelde bedekking (\pm SE) door heide-, grasachtigen en kale bodem in meetjaar 2015, 2016, 2017, 2019, 2022 en 2024 in de controle- en met steenmeel/dolokal behandelde proefvlakken. De grasbedekking geeft de totale bedekking weer van grasachtigen, te weten grassen (*Poaceae*), zeggen (*Cyperaceae*) en russen (*Juncaceae*). * = significant verschillend ($p < 0,05$) van de controle binnen hetzelfde jaar.



Figuur 4.4 Veranderingen in de gemiddelde mosbedekking (\pm SE) in meetjaar 2015, 2016, 2017, 2019, 2022 en 2024 in de controle- en met steenmeel/dolokal behandelde proefvlakken op de droge heide. * = significant verschillend ($p < 0,05$) van de controle binnen hetzelfde jaar.

4.4 Effecten op de soortenrijkdom en soortgroepen

De soortenrijkdom wordt uitgedrukt als het aantal soorten per oppervlakte-eenheid. Bij de start van de proef kwamen in 2015 gemiddeld 6,7 – 9,0 soorten vaatplanten voor per proefvlak. In de proefvlakken met soilfeed kwamen sinds de start iets meer soorten voor dan in de andere proefvlakken, maar dat berust waarschijnlijk op toeval en is geen effect van de behandeling (Figuur 4.5).

In de loop van de jaren is in de behandelde proefvlakken de soortenrijkdom toegenomen. Deze veranderingen in soortenrijkdom komen tot uitdrukking komen in verschuivingen in soortensamenstelling. Om de veranderingen in soortenrijkdom inzichtelijk te maken zijn de vaatplanten die zijn aangetroffen in de opnamen ingedeeld in een aantal soortgroepen, te weten:

- *algemene soorten van heide*: struikhei, fijn schapegras, bochtige smele, schapenzuring, pilzegge, pijpenstrootje, trekrus.
- *soorten kenmerkend voor iets meer gebufferde condities*: gewoon biggenkruid (*Hypochaeris radicata*), gewone veldbies (*Luzula campestris*), vroege haver (*Aira praecox*).
- *graslandsoorten*: gewone hoornbloem (*Cerastium fontanum*), paardenbloem (*Taraxacum officinale*), gewoon struisgras (*Agrostis capillaris*), fioningras (*Agrostis stolonifera*), gestreepte witbol (*Holcus lanatus*), kropaar (*Dactylis glomerata*), Vertakte leeuwentand (*Leontodon autumnalis*).
- *houtige soorten*: zaailingen/juvenielen van ruwe berk (*Betula pendula*), grove den (*Pinus sylvestris*), zomereik (*Quercus robur*) en wilg (*Salix* spp.).
- *ruderaal soorten, pioniers en storingsindicatoren*: jacobskruiskruid (*Jacobaea vulgaris*), Canadese fijnstraal (*Conyza canadensis*), waterpeper (*Persicaria hydropiper*), pitrus (*Juncus effusus*), speerdistel (*Cirsium vulgare*), melkdistel (*Sonchus spec.*), kantige basterdwederik (*Epilobium tetragonum*), bleekgele droogbloem (*Gnaphalium luteo-album*), bezemkruidkruid (*Senecio*

inaequidens), Liggend vetmuur (*Sagina procumbens*), klein kruiskruid (*Senecio vulgaris*), bergbasterdwederik (*Epilobium cf. montanum*), dwergviltkruid (*Logfia minima*), drienerfmuur (*Moehringia trinervia*), perzikkruid (*Persicaria maculosa*), zwarte nachtschade (*Solanum nigrum*).

De meest duidelijke verschuiving heeft plaatsgevonden in de **dolokal**-behandeling. Vanaf 2017 telde de dolokal-behandeling significant meer plantensoorten dan de controle (gemiddeld 10,3 in 2017 tot 16,0 soorten vaatplanten in 2024 versus 8 tot 8,3 soorten in de controleserie; Figuur 4.5, Figuur 4.6). In 2024 betreft het een significante verschuiving naar meer ruderalen en pioniersoorten (o.a. canadese fijnstraal, melkdistel, basterdwederik), graslandsoorten (gewoon struisgras, paardenbloem) en soorten van meer gebufferde omstandigheden (biggenkruid, vroege haver). Voor de meeste van deze soorten gaat het om slechts kleine aantallen met een lage bedekking.

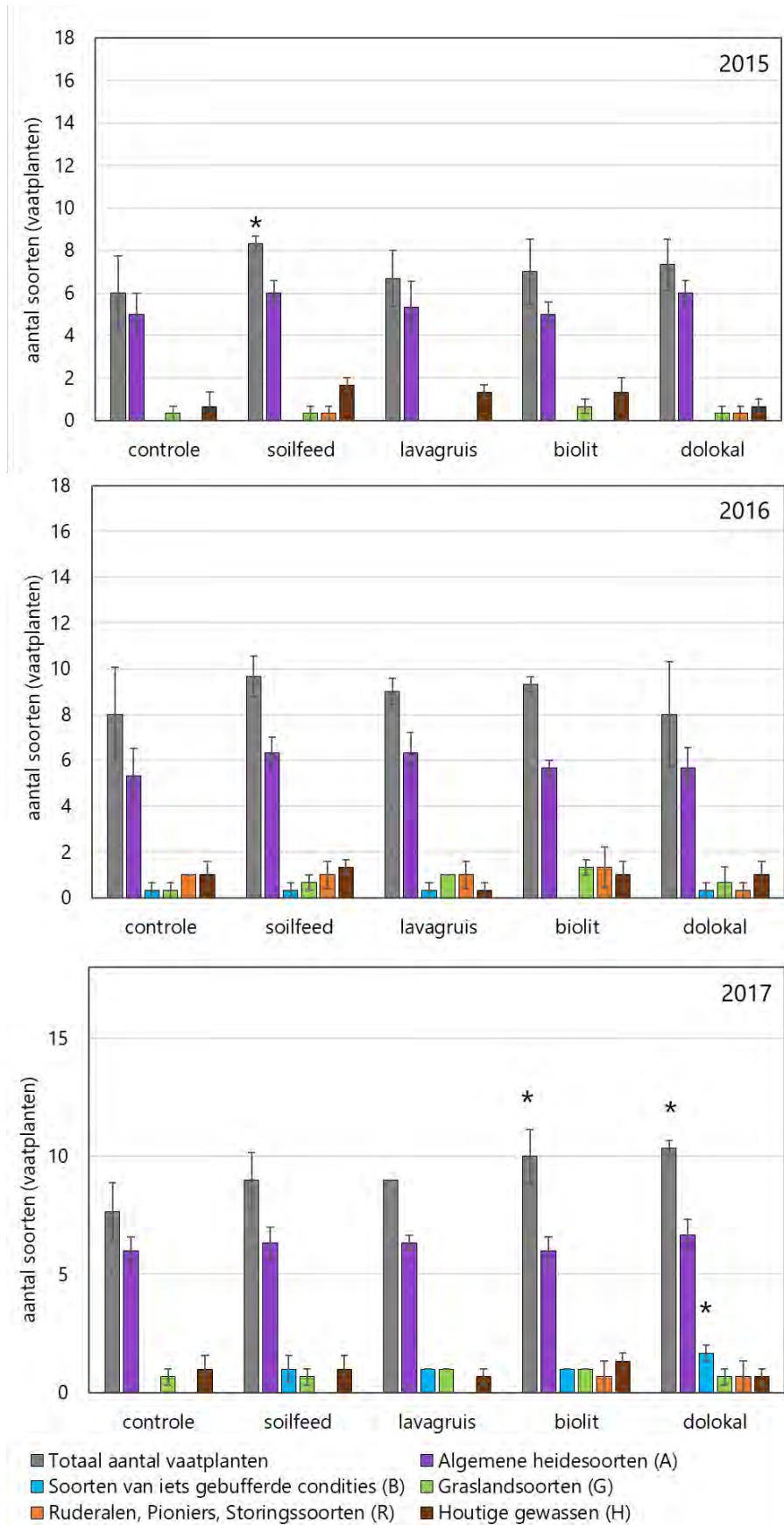
Ook in de **biolit**-behandeling is -uitgezonderd in 2022- het soortenaantal sinds 2017 significant groter in vergelijking met de controle (gemiddeld 9,7 – 11,7 soorten per proefvlak). De toegenomen soortenrijkdom is echter niet toe te wijzen aan een bepaalde soortgroep.

De met **lavagruis**-behandelde vlakken waren in 2024 met gemiddeld 10,7 soorten significant soortenrijker dan de controle-vlakken. Dat komt door een kleine maar significante toename van biggenkruid en vroege haver in de proefvlakken. Vroege haver is echter in alle proefvlakken, inclusief de controle, toegenomen (Tabel 4.1).

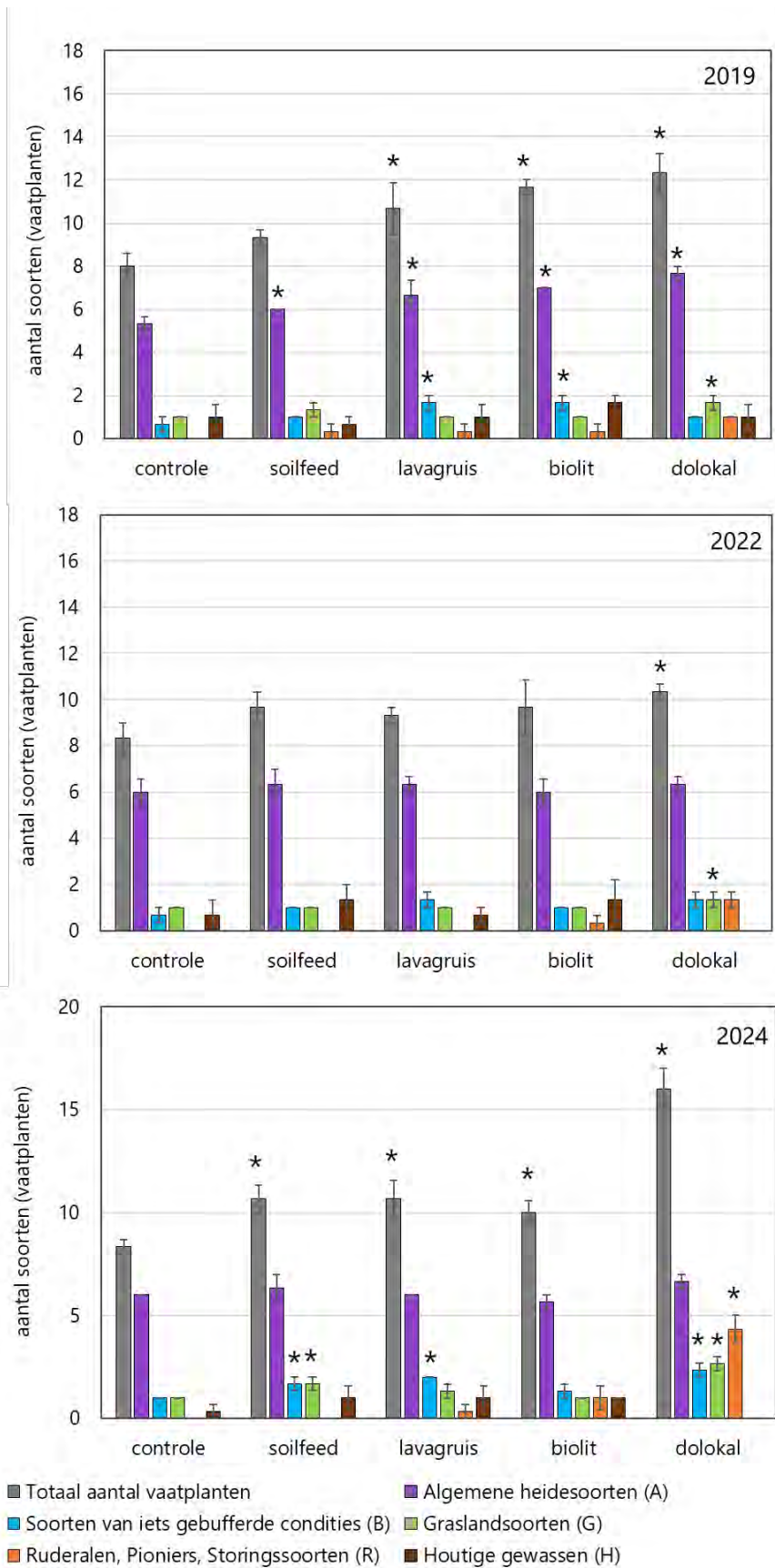
In de behandeling met **soilfeed** is sinds 2015 het soortenaantal iets groter dan in de controlevlakken en was het soortenaantal in 2024 met gemiddeld 10,7 soorten vaatplanten significant hoger dan de controle (8,3 soorten). We zien daar een kleine, maar significante toename in het aantal graslandsoorten (gestreepte witbol, gewoon struisgras) en soorten van meer gebufferde condities. Laatstgenoemde soortgroep betreft specifiek biggenkruid en vroege haver, welke nu -net als in de behandeling met lavagruis- in iets meer vlakken voorkomen.

Om een totaalbeeld te krijgen in welke plantensoorten zorgen voor de veranderingen in soortgroepen is per behandeling de frequentie weergegeven waarin een soort in 2024 is aangetroffen (Tabel 4.1). Daarnaast is met een gekleurde arcering aangegeven in welke mate de frequentie van een soort is toegenomen ten opzichte van de vegetatieopnamen in 2015. Zo wordt duidelijk welke soorten reeds bij aanvang van de proef in de proefvlakken aanwezig waren en welke onder invloed van de behandelingen zijn toegenomen of afgenomen. In de tabel is de presentie en absentie gegeven van de soorten. De meeste van de indicatieve soorten zijn slechts aanwezig met enkele individuen met een bedekking van enkele procenten.

Opvallend is dat veel van deze soorten door de wind verspreid worden en op die manier de proefvlakken relatief gemakkelijk kunnen koloniseren. Een ander deel wordt mogelijk geïntroduceerd via ontlasting door wild.



Figuur 4.5 Totaal aantal soorten vaatplanten en de verdeling over verschillende soortgroepen in 2015, 2016 en 2017 (gemiddelde \pm SE) voor de plantensoorten die zijn waargenomen in de proefvlakken per behandeling ($n=3$). Voor de indeling in soortgroepen zie bijlage. * = significant verschillend ($p < 0,05$) van de controle binnen hetzelfde jaar.



Figuur 4.6 Totaal aantal soorten vaatplanten en de verdeling over verschillende soortgroepen in 2019, 2022 en 2024 (gemiddelde \pm SE) voor de plantensoorten die zijn waargenomen per behandeling ($n=3$). Voor de indeling in soortgroepen zie bijlage. * = significant verschillend ($p < 0,05$) van de controle binnen hetzelfde jaar.



Figuur 4.7 Ruderalen en meer eutrafente plantensoorten in de dolokal behandeling: bleekgele droogbloem (*Gnaphalium luteo-album*), gekroesde melkdistel (*Sonchus asper*), Canadese fijnstraal (*Conyza canadensis*), bezemkruiskruid (*Senecio inaequidens*), klein kruiskruid (*Senecio vulgaris*), kroppaar (*Dactylis glomerata*), kantige basterdwederik (*Epilobium tetragonum*), paardenbloem (*Taraxacum officinale*), speerdistel (*Cirsium vulgare*). B. van de Riet, 16 juli 2024.

Tabel 4.1: De presentie van kenmerkende plantensoorten op de droge heide in Strabrecht. De getallen geven per behandeling de frequentie weer waarin een soort in 2024 is aangetroffen. De twee blokken buiten het begraasde gebied zijn uitgesloten van de analyse dus het betreft 0 tot maximaal 3 proefvlakken per behandeling; echter, voor biolit zijn de vlakken met biolit100 en biolit200 bijeen genomen dus daar gaat het om maximaal 6 proefvlakken. De kleurindicatie geeft aan de relatieve verandering in frequentie aan ten opzichte van 2015: hoe donkerder groen, des te meer is de soort toegenomen; wit = onveranderd; hoe donkerder rood, des te meer de soort is afgenomen.

Nederlandse naam	Wetenschappelijke naam	controle	soilfeed	lavagruis	biolit	dolokal
Struikhei	<i>Calluna vulgaris</i>	3	3	3	6	3
Bochtige smele	<i>Deschampsia flexuosa</i>	3	3	3	6	3
Pijpenstrootje	<i>Molinia caerulea</i>	3	3	3	6	3
Fijn schapengras	<i>Festuca filiformis</i>	3	3	3	6	3
Schapenzuring	<i>Rumex acetosella</i>	3	3	3	6	3
Gewoon struisgras	<i>Agrostis capillaris</i>	3	3	3	6	3
Vroege haver	<i>Aira praecox</i>	3	3	3	5	3
Pilzegge	<i>Carex pilulifera</i>	1	2	2	3	3
Gewoon biggenkruid	<i>Hypochaeris radicata</i>	0	2	3	3	3
Trekrus	<i>Juncus squarrosus</i>	2	2	1	0	2
Ruwe berk	<i>Betula species (juv)</i>	0	2	1	3	0
Canadese fijnstraal	<i>Coryza canadensis</i>	0	0	1	2	3
Grove den	<i>Pinus sylvestris (juv)</i>	1	1	2	1	0
Gestreepte witbol	<i>Holcus lanatus</i>	0	2	1	1	0
Paardenbloem species	<i>Taraxacum species</i>	0	0	0	0	3
Kantige basterdwederik	<i>Epilobium tetragonum</i>	0	0	0	1	2
Melkdistel species	<i>Sonchus species</i>	0	0	0	0	2
Speerdistel	<i>Cirsium vulgare</i>	0	0	0	0	1
Gewone veldbies	<i>Luzula campestris</i>	0	0	0	0	1
Kropaar	<i>Dactylis glomerata</i>	0	0	0	0	1
Vertakte leeuwentand	<i>Leontodon autumnalis</i>	0	0	0	0	1
Bleekgele droogbloem	<i>Gnaphalium luteo-album</i>	0	0	0	0	1
Dwergviltkruid	<i>Logfia minima</i>	0	0	0	0	1
Bezemkruid	<i>Senecio inaequidens</i>	0	0	0	0	1
Jacobskruid	<i>Jacobaea vulgaris</i>	0	0	0	0	1
Klein klruiskruid	<i>Senecio vulgaris</i>	0	0	0	0	1
Klein warkruid	<i>Cuscuta epithymum</i>	0	0	0	0	0
Gewone dophei	<i>Erica tetralix</i>	0	0	0	0	0
Pitrus	<i>Juncus effusus</i>	0	0	0	0	0

4.5 Introductie experiment

4.5.1 Inleiding

Om te vraag te kunnen beantwoorden of er sprake is van dispersielimitatie van karakteristieke soorten uit het droge heidemilieu werd in 2022, in het achtste jaar na toediening van de bufferstoffen, een kiemings- en overlevingsexperiment opgezet. Dit werd gedaan omdat de vegetatieontwikkeling liet zien dat er meer soorten na behandeling konden groeien, maar betrof dat helaas weinig heidesoorten, omdat deze veelal geen langlevende zaadvoorraad hebben. In oktober 2022 werd in ieder proefvlak drie keer een gerandomiseerd raster neergelegd bestaande uit 25 vakjes van 10×10 cm waarin één soort per vakje werd ingebracht. In dit experiment werden muizenoor (*Pilosella officinarum*), gewoon biggenkruid (*Hypochaeris radicata*) en tandjesgras (*Danthonia decumbens*) geïntroduceerd. Voordat zaden werden ingebracht is het vlak waar het raster kwam te liggen open gemaakt. Hierbij is met een handmaaier de vegetatie kort gemaaid en de moslaag zo veel als mogelijk verwijderd. Per proefvlak werd iedere soort 25 keer uitgelegd, waarbij per rastervakje drie zaadjes van de betreffende soort werd ingebracht. De

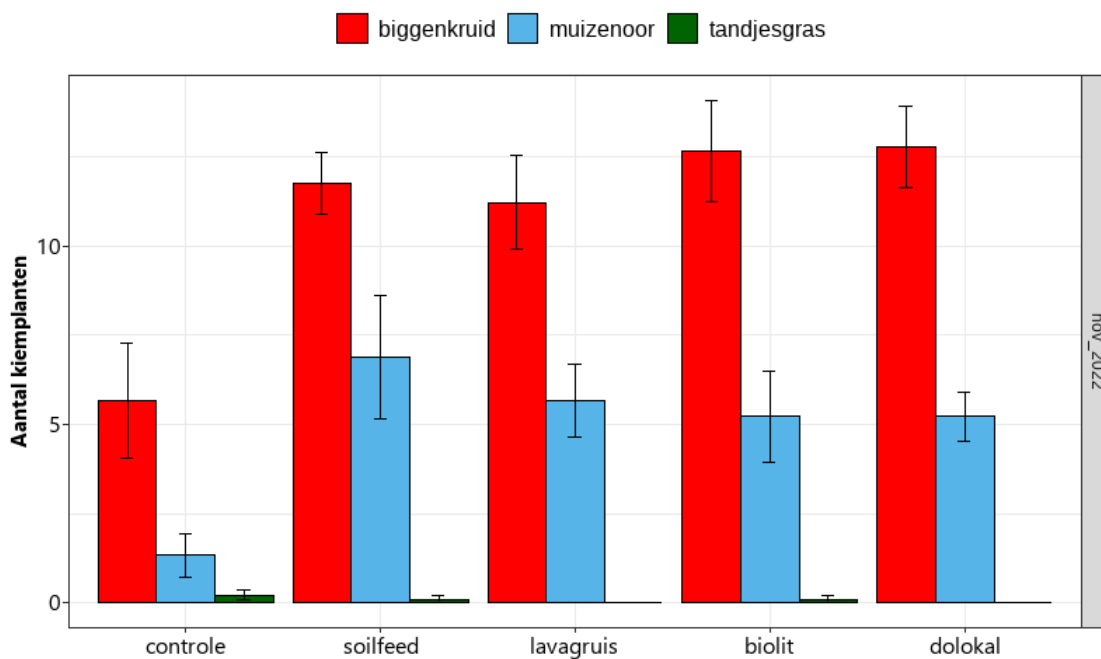
zaden waren afkomstig van het Kranenveld nabij Soerendonk, een locatie nabij Strabrecht met relatief grote populaties van de ingebrachte soorten.



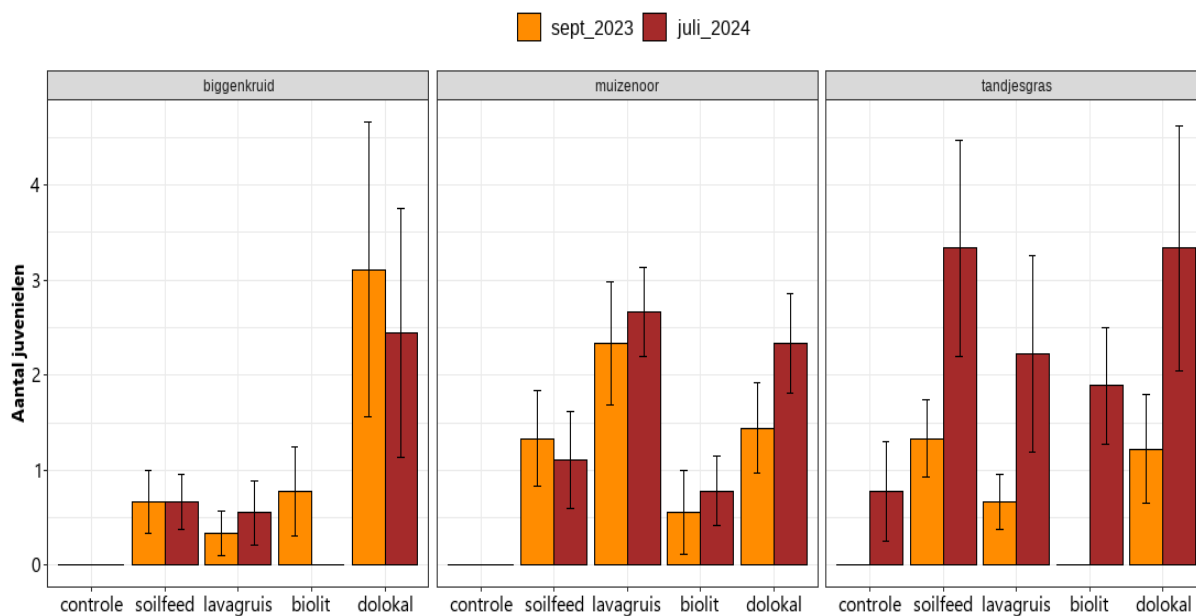
Figuur 4.8 Links: overzicht van een raster met 25 vakjes en epjes met drie zadjes van de betreffende soort per vakje bij inzet van de proef. Rechts: Overzicht van een raster in oktober 2024 met biggenkruid en centraal in het midden een muizenoor.

4.5.2 Aantallen kiemplanten en juvenielen

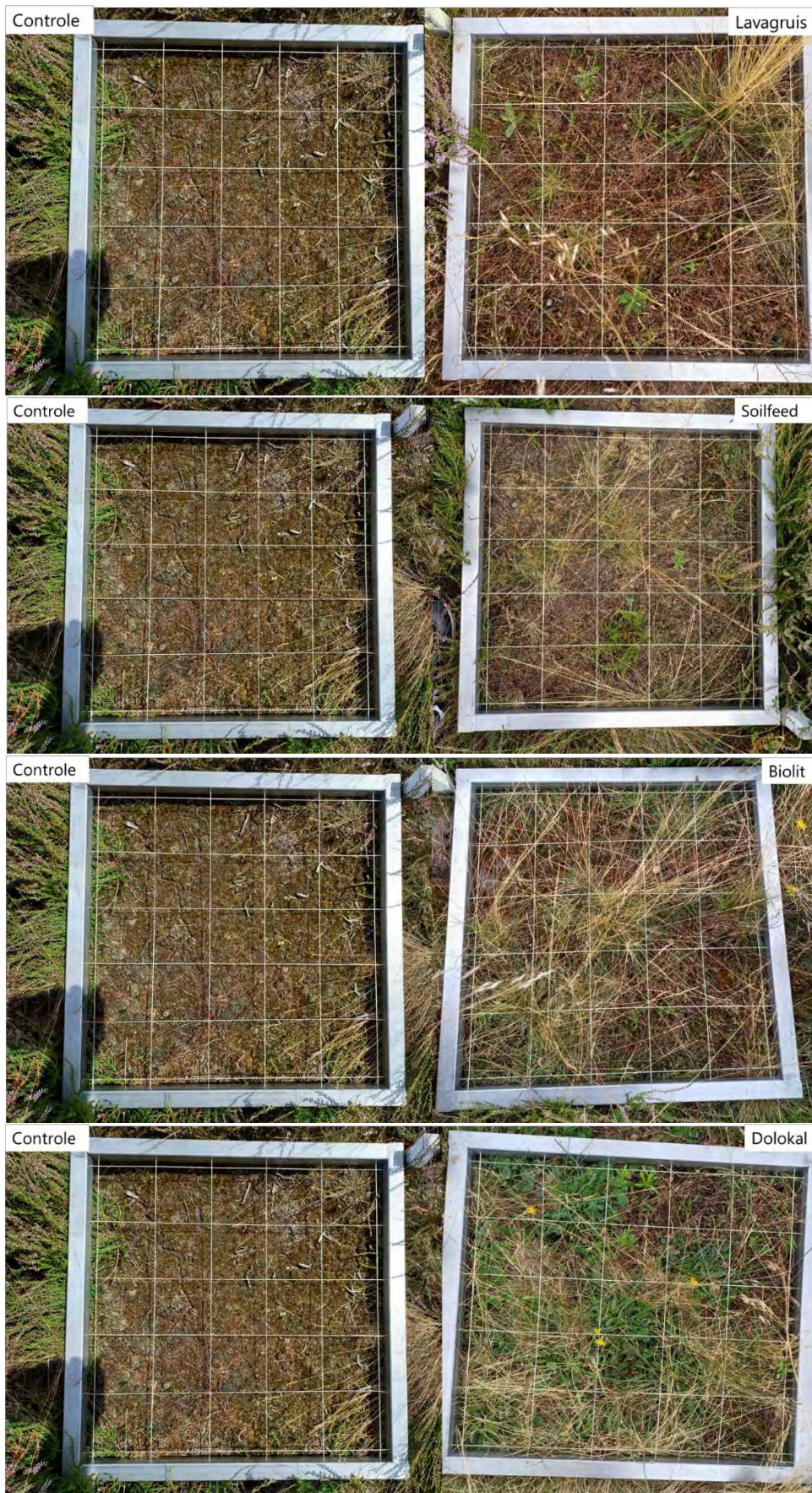
Ongeveer één maand na het uitleggen van de zaden werden er in alle behandelingen kiemplanten gevonden van biggenkruid en muizenoor (Figuur 4.9). Het aantal kiemplanten van tandjesgras dat gevonden werd was nog minimaal, maar deze soort kiemt beter na een koude periode. Ruim één jaar later werden er in de controle proefvlakken geen individuen van deze twee soorten meer aangetroffen (Figuur 4.10). In de steenmeel- en dolokal-behandelingen werden kiemplanten van alle drie de geïntroduceerde soorten aangetroffen, met uitzondering van de biolit behandeling waar wel biggenkruid en muizenoor aanwezig waren, maar tandjesgras niet werd gevonden. Circa twee jaar na het opbrengen van de zaden waren in controle proefvlakken enkel individuen van tandjesgras aanwezig. Daarentegen werden in de behandelde proefvlakken zowel van tandjesgras, als muizenoor en biggenkruid juveniele individuen aangetroffen en werden er over het algemeen ook meer individuen aangetroffen ten opzichte van de controle. Dit biedt perspectieven voor herintroductie van soorten na het nemen van bufferherstelmaatregelen en het maakt duidelijk dat kieming en vestiging van doelsoorten mogelijk is op de proefvlakken waar met steenmeel of dolokal de bodem is hersteld, terwijl dat zonder behandeling vrijwel niet gebeurde. Daarnaast is er sprake van dispersielimitatie van soorten als tandjesgras en muizenoor, die verder niet aangetroffen werden buiten de ingezaaide plotjes en mogelijk alleen door herintroductie weer voor kunnen komen. Dit geldt niet voor biggenkruid, die ook buiten de ingezaaide proefvlakken (maar voornamelijk in de behandelde situatie) met regelmaat aangetroffen werd.



Figuur 4.9 Aantallen kiemplanten per behandeling (gemiddelde \pm se) geteld in november 2022.



Figuur 4.10 Aantallen juvenielen per behandeling (gemiddelde \pm se) geteld in september 2023 en juli 2024.



Figuur 4.11 Overzicht van een raster in een controle proefvlak en van een raster in een behandeld proefvlak in juli 2024. Foto's: D. Tak.

4.6 Conclusies

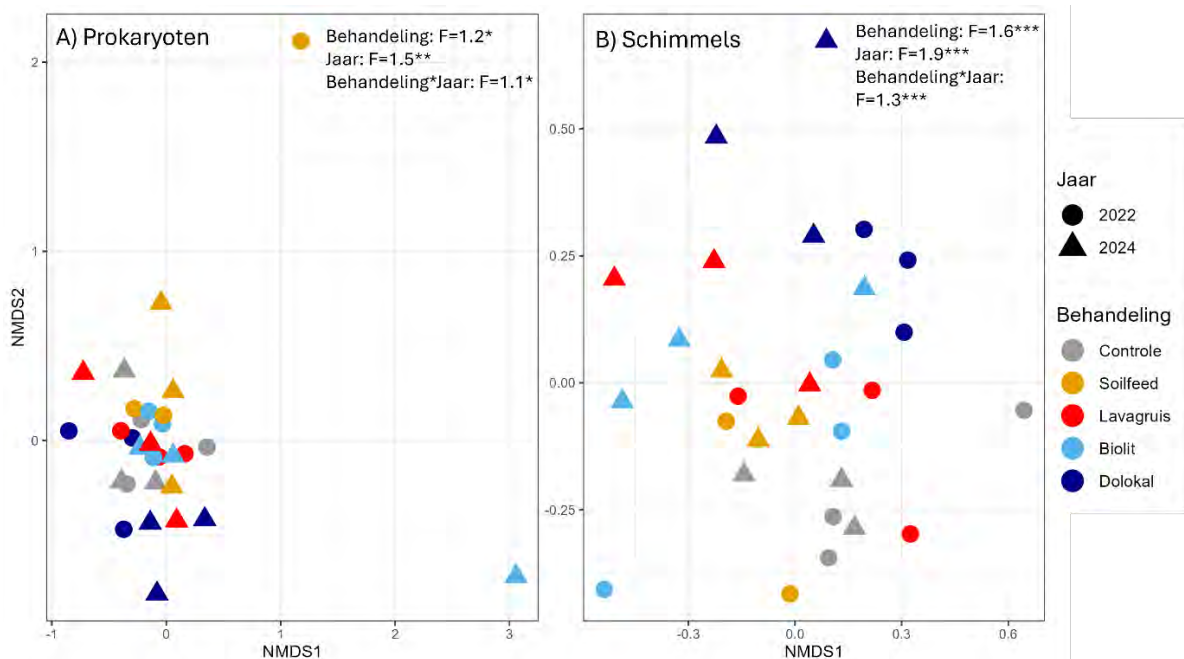
Ten aanzien van de effecten van steenmeel en dolokal op de vegetatie en soortensamenstelling is uit het onderzoek het volgende af te leiden:

- Gedurende de looptijd van de veldproeven heeft een autonome ontwikkeling plaatsgevonden, waardoor de vegetatie in de controleserie is veranderd. De heidebedekking is tussen 2015 en 2019 sterk afgenomen (van gemiddeld 80-90% naar 5-23%). In de behandelde proefvlakken was een effect van begrazing te zien op de heide bedekking met een lagere bedekking met dolokal en biolit toediening in het derde meetjaar. Na de extreme droogte is de heidevegetatie in alle behandelingen aan het herstellen tot 17-57% bedekking in 2024, maar we zien wel duidelijke verschillen tussen behandelingen.
- Het instorten van de dominantie van struikhei was al begonnen voor de extreme droogteperiode van 2018. De heideplanten waren al oud, en door het graas- en liggedrag van de Schotse hooglanders is de heidevegetatie makkelijk afgestorven en de vegetatie geopend. Dit proces is daarna ernstig versterkt door de langdurige en extreme droogteperiode. Met het openen van de oude struikheilaag is ook de mosbedekking afgenomen omdat deze vooral aanwezig was als aaneengesloten begroeiing in de beschutting van de struiklaag.
- In de niet begraasde proefvlakken werd door de extreme droogte ook het opvallen van de oude struikheilaag waargenomen maar minder dan in de begraasde proefvlakken.
- Het herstel van de heidebedekking is het meest prominent in de controle (57% in 2024). In de steenmeel- en dolokal-behandelingen neemt de bedekking van struikhei ook toe, maar minder snel waarschijnlijk vanwege de toegenomen bedekking met grasachtigen.
- Duidelijk is dat de grasbedekking in de behandelde proefvlakken significant is toegenomen tot 50-70% bedekking in 2024 en dat de heidebedekking minder groot is naarmate de grasbedekking hoger is. Met name fijn schapengras is behoorlijk toegenomen. In de biolit en dolokal-behandeling is de grasbedekking het hoogst >70% en de heidebedekking het laagst 17-19%. Bij soilfeed en lavagruis zien we een vergelijkbaar effect, maar minder sterk.
- Het meest opvallend behandelingseffect op de soortensamenstelling is de toename van het aantal vaatplanten in de dolokal-behandeling. Deze ontwikkeling was al zichtbaar sinds 2017. Het betreft in 2024 een toename van biggenkruid, diverse storings-/pionierssoorten zoals gekroesde melkdistel, speerdistel, klein kruiskruid, en diverse graslandplanten waaronder paardenbloem, gewoon struisgras en vertakte leeuwentand. Het gaat in bijna alle gevallen om kleine aantallen met een lage bedekking van maximaal enkele procenten.
- Alle drie de steenmeelsoorten hebben een significant effect op het aantal soorten vaatplanten. In het geval van biolit is de toename niet duidelijk toe te wijzen aan bepaalde indicatieve soortgroepen. Bij soilfeed is een kleine maar significante toename gemeten in het aantal soorten van gebufferde condities en graslandsoorten; bij lavagruis was het aantal soorten van gebufferde condities significant hoger.
- In alle behandelde proefvlakken konden zaden kiemen en juvenielen overleven, terwijl in de controle minder zaden kiemden en er bijna geen overleving van juvenielen was. Dit biedt perspectieven voor herintroductie van soorten na het nemen van bufferherstelmaatregelen, de bodem is na acht jaar blijkbaar voldoende hersteld om kenmerkende soorten uit het droge heidemilieu weer te laten floreren.
- Twee van de drie ingebrachte soorten werden enkel aangetroffen in de ingezaaide proefvlakjes (tandjesgras en muizenoor). Voor deze twee soorten is er zeker sprake van dispersielimitatie. Dit geldt niet voor biggenkruid, die ook buiten de ingezaaide proefvlakken met regelmaat aangetroffen werd, met name in de behandelde proefvlakken.

5 Bacteriën en Schimmels

5.1 Resultaten

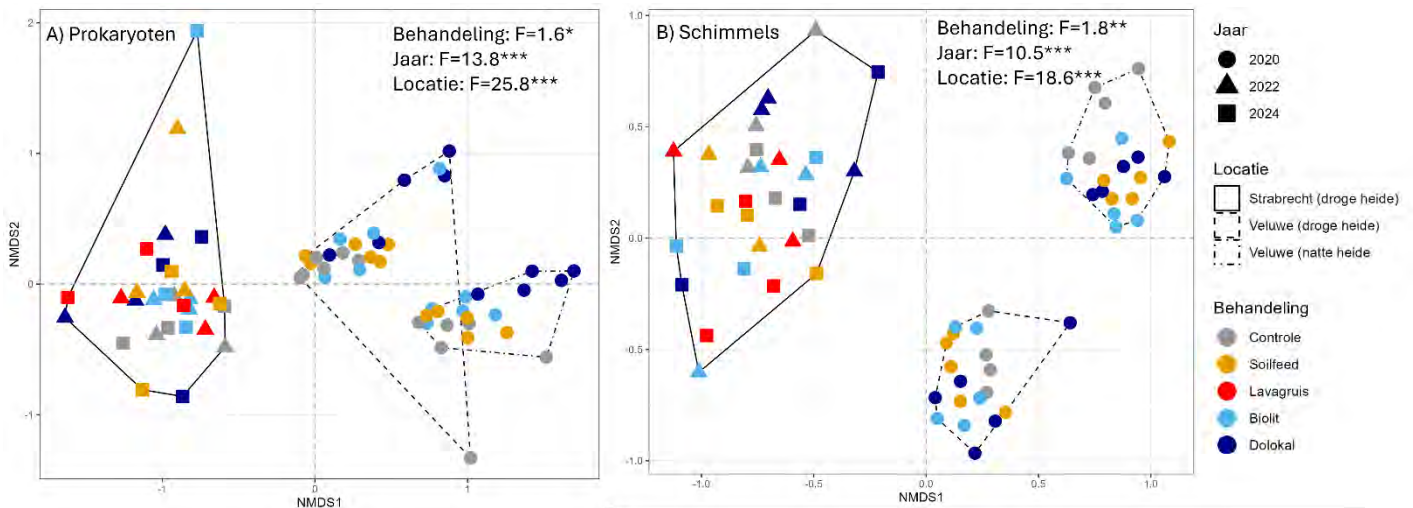
In dit experiment hebben we in totaal 2.128 unieke prokaryotische ASV's (\approx "soorten") en 636 unieke schimmel ASV's gevonden. De methode staat beschreven in bijlage 9. Terwijl de behandelingen de samenstelling van de gemeenschappen van zowel prokaryoten (bacteriën) als schimmels significant beïnvloedden, was het effect sterker voor schimmelgemeenschappen (Figuur 5.1). Bovendien verschilden beide gemeenschappen significant tussen de twee bemonsteringsjaren en was er een significant interactie-effect tussen de behandeling en het bemonsteringsjaar. Er is een relatief grote spreiding binnen de verschillende behandlungsproefvlakken, die zich ook binnen de controleproefvlakken voordoet (vooral voor bacteriën). Voor bacteriën vonden we twee uitschieters 2C (soilfeed in het jaar 2022) en 3E (biolit in het jaar 2024) die verschilden van andere monsters door een relatieve hoge overvloed aan *Mycobacterium celatum* (waarschijnlijk mensgerelateerd) en respectievelijk *Rhodanobacter* (denitrificeerder) en *Bradyrhizobium* (stikstoffixeerder).



Figuur 5.5.1 "Non-metric multidimensional scaling" (NMDS, $k = 2$) ordinatie van A) bacterie (stress = 0,15) en B) schimmelgemeenschappen (stress = 0,17) in de Strabrechtse heide. De kleuren geven de behandelingen weer en de vorm illustreert het bemonsteringsjaar. De analyses zijn gebaseerd op de Bray-Curtis dissimilariteitsindices van de genormaliseerde sample*ASV-Matrices. Resultaten van de PERMANOVA-analyse (999 iteraties) worden getoond en significantie wordt als volgt gecodeerd: *, $p < 0.05$; **, $p < 0.01$; ***, $p < 0.001$.

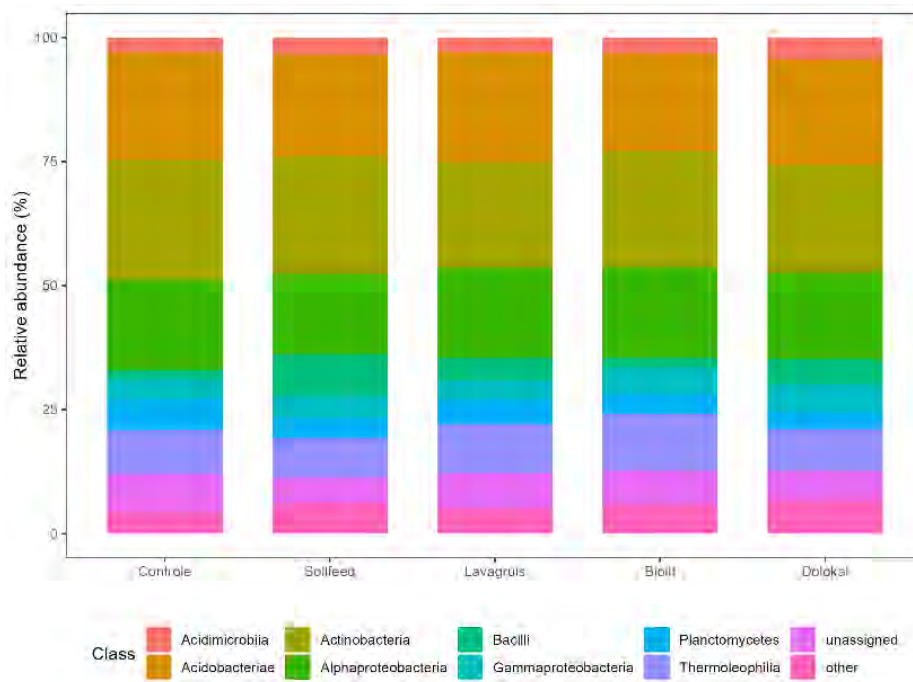
Verder werd gekeken in hoe gelijkaardig de microbiële gemeenschappen van de Strabrechtse heide zijn aan die in steenmeelexperimenten in droge en natte heide in de Hoge Veluwe. De gemeenschappen van zowel prokaryoten als schimmels groepeerden zich duidelijk per locatie, wat ook het grootste effect had op de samenstelling van de gemeenschap, gevolgd door het jaar (Figuur 5.2). Voor beide groepen wijzen interactie-effecten tussen locatie en behandeling op terugkoppelingen tussen habitattypen en de toepassing van steenmeel en dolokal (prokaryoten: Permanova $F = 4.3$, $p < 0.001$, schimmel: Permanova $F = 3.7$, $p < 0.001$). De gemeenschappen van de Strabrechtse heide lijken meer op prokaryotische gemeenschappen van de droge heide op de Veluwe dan van de natte heide daar. Hoewel er slechts een marginaal behandelingseffect is, lijkt het erop dat de controleproefvlakken, evenals de met soilfeed en biolit behandelde proefvlakken, meer lijken op de gemeenschappen in Strabrecht dan dit het geval is

voor de dolokal proefvlakken in de Veluwe. De laatste groeperen zich langs de NMDS2-as en gaan daarmee meer verschillen van de gemeenschappen in Strabrecht. Hieruit blijkt dat dolokal en de daarmee geleverde elementen een vrij groot effect hebben op de samenstelling van bacteriegemeenschappen, dat verschilt van de (grotendeels afwezige) effecten van steenmeel. Dit hangt echter ook af van de oorspronkelijke bodemeigenschappen waarop het wordt toegepast. Het effect van de toediening van dolokal binnen de Veluwe locaties was minder duidelijk voor schimmelgemeenschappen en hun samenstelling was willekeuriger voor alle locaties.



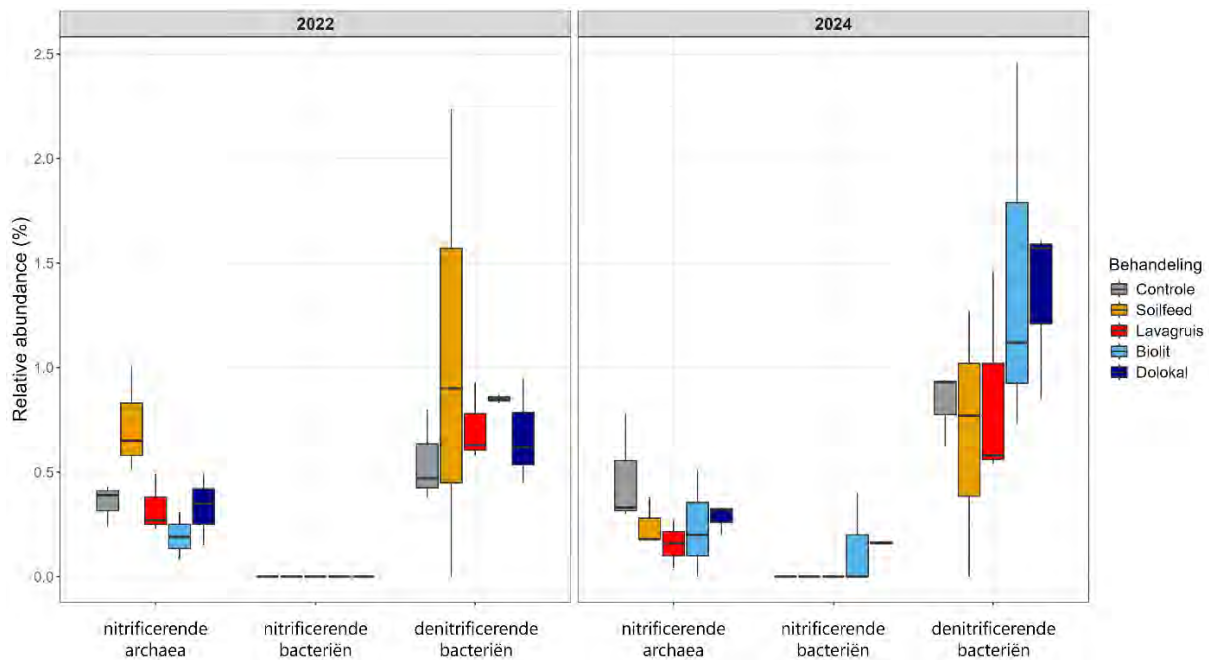
Figuur 5.2 NMDS ordinatie ($k=2$) van A) bacterie (stress = 0,11) en B) schimmelgemeenschappen (stress = 0,15) in de Strabrechtse heide (ononderbroken lijn) en droge heide (stippellijn) en natte heide (streepje puntlijn) in de Hoge Veluwe. De kleuren geven de behandelingen weer en de vorm illustreert het bemonsteringsjaar. De analyses zijn gebaseerd op de Bray-Curtis dissimilariteitsindices van de genormaliseerde sample*ASV-Matrices. Resultaten van de PERMANOVA-analyse (999 iteraties) worden getoond en significantie wordt als volgt gecodeerd: *, $p<0.05$; **, $p<0.01$; ***, $p<0.001$.

De taxonomische samenstelling van de bacteriegemeenschappen in Strabrecht vertoonde geen sterke verschillen tussen de behandelingen op klassenniveau. Wel vertoonden de met soilfeed behandelde proefvlakken een iets hogere relatieve abundantie van Bacili vergeleken met de controle en dat de met biolit behandelde proefvlakken een iets hogere relatieve abundantie van bacteriën behorend tot de klasse Thermoleophila vertoonden (Figuur 5.3).



Figuur 5.3 Gemiddelde relatieve abundantie (%) van de dominante bacteriële taxa per behandeling, op het niveau van Klasse. ASV's behorende tot de "unassigned" groep konden niet worden geïdentificeerd tot klas- niveau. De groep "overig" bevat alle overige klassen die met een abundantie van < 10% van het totaal voorkwamen.

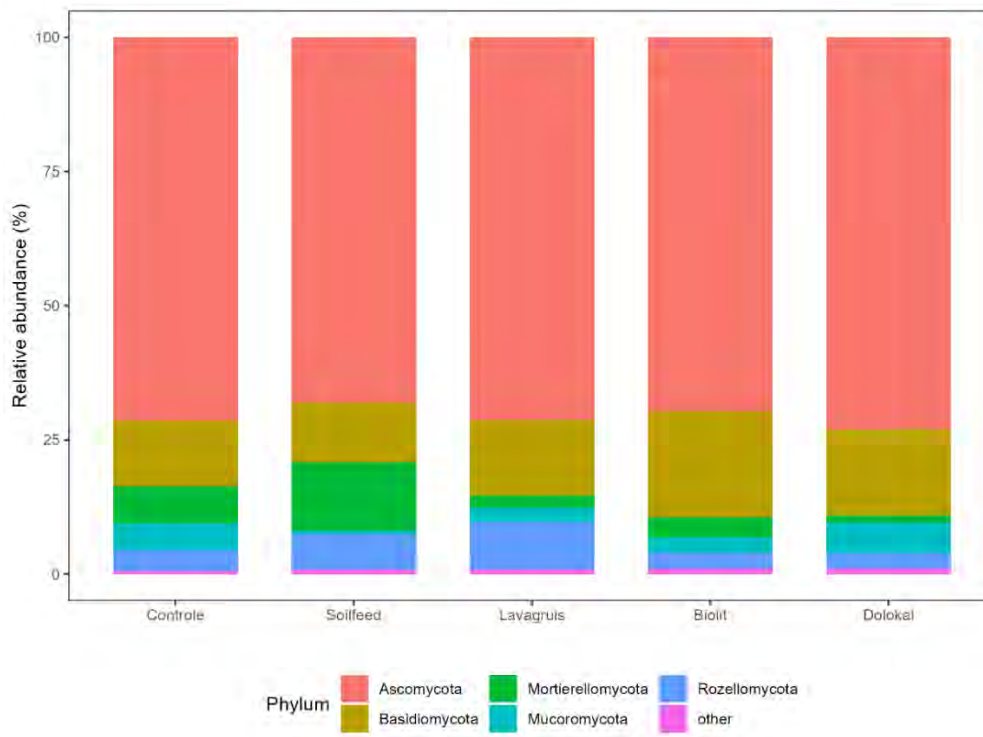
Verder werd gekeken naar eventuele verschillen in de relatieve abundantie van microben die betrokken zijn bij de stikstofcyclus, d.w.z. nitrificerende bacteriën en archaea, en denitrificerende bacteriën tussen behandelingen. Dit zou inzicht kunnen geven in welke behandeling het potentieel heeft om nitrificatie op gang te brengen of te versterken. Nitrificatie is de oxidatie van ammonium tot nitraat dat door planten kan worden opgenomen. Over beide jaren werd een trend gevonden dat de behandelingen de relatieve overvloed aan nitrificerende archaea ($F = 2.5$, $df = 4$, $p = 0.07$) en bacteriën (Kruskal-Wallis chi-squared = 8.9, $df = 4$, $p = 0.06$) kunnen beïnvloeden. In 2022 werd de hoogste relatieve abundantie van nitrificerende archaea in de met soilfeed behandelde plots gevonden, die ongeveer 0,7% van de gehele prokaryotische gemeenschap uitmaakten (Figuur 5.4). Met biolit werd de laagste relatieve abundantie van nitrificerende archaea gevonden, die gemiddeld 0,2% van de hele gemeenschap uitmaakten. Dit valt samen met een significant lagere nitraatflux met toediening van biolit in 2022 (Figuur 2.21). Het is opvallend dat de nitraatfluxen het hoogst zijn in de controle proefvlakken in 2022, terwijl deze een relatief lagere abundantie van nitrificerende archaea hebben dan de met soilfeed behandelde proefvlakken. Het zou kunnen dat schimmels deze taak op zich nemen, wat met deze methode niet kwantificeren is (Martikainen, 2022). Bovendien kwantificeert de gebruikte methode nitrificerende genen niet direct, maar annotteert bekende functies van bepaalde bacteriëngenera aan hun relatieve abundantie. In 2024 lijken de verschillen in overvloed aan nitrificerende genen tussen behandelingen af te nemen naarmate de variatie tussen monsters binnen één behandeling groter wordt. Bovendien werd bij de toepassing van biolit en dolokal in 2024 ook een relatieve toename van nitrificerende bacteriën gevonden, die in 2024 in geen enkele behandeling werden aangetroffen. Dit zou erop kunnen wijzen dat bufferbehandelingen eerst nitrificerende archaea stimuleren en pas in een later stadium nitrificerende bacteriën, en alleen als de pH-toename groot genoeg is om dit mogelijk te maken.



Figuur 5.4 Gemiddelde relatieve abundantie (%) van taxa die betrokken zijn bij de stikstofcyclus (nitrificerende bacteriën, nitrificerende archaea en denitrificerende bacteriën) per behandeling. Annotatie van prokaryotische functies aan de genormaliseerde ASV*Sample-matrix werd gedaan met FAPROTAX.

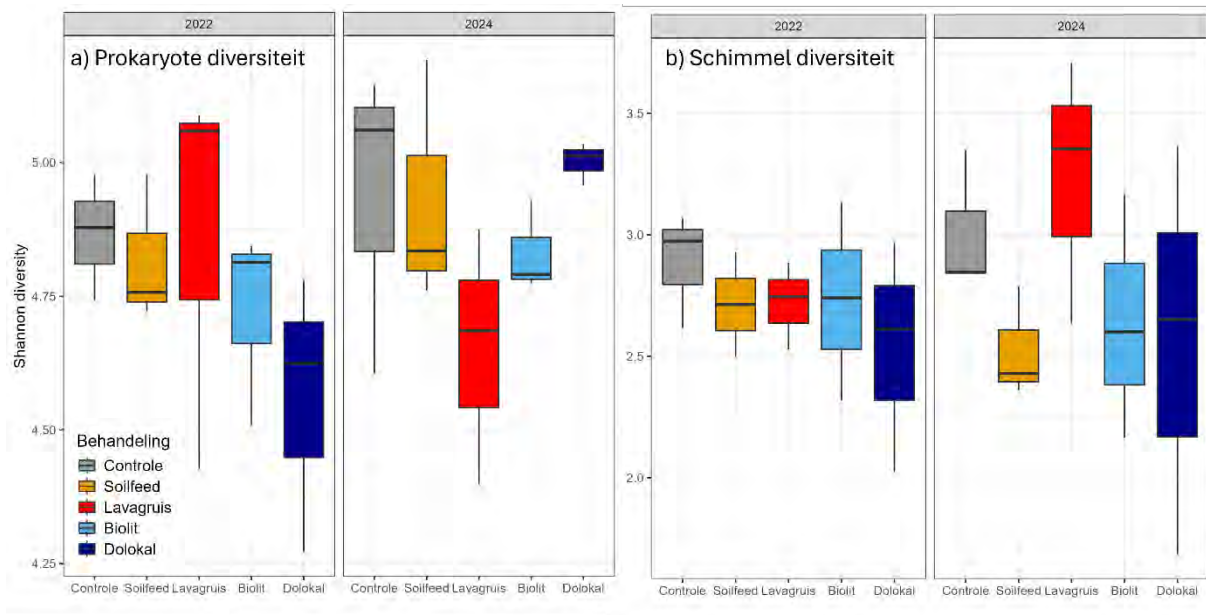
Denitrificatie daarentegen is de reductie van nitraat tot moleculaire stikstof via een serieus proces van gasvormige stikstofoxiden. In dit proces kan het gasvormige lachgas N_2O , een krachtig broeikasgas (opwarmingspotentieel 265 keer hoger dan CO_2), weglekken (Schulze et al., 2009). Hoewel een toename van denitrificeerders gepaard kan gaan met een verhoogde kans op uitstoot van broeikasgassen, impliceert dit niet automatisch omdat er zeer specifieke omstandigheden zoals periodieke anoxie (zuurstofloosheid) moeten optreden, en het ook volledig omgezet kan worden naar N_2 (Skiba, 2008). Hoewel de verschillen in denitrificerende bacteriën tussen behandelingen niet significant waren, zien we wel een lichte toename in hun relatieve abundantie met bufferwijziging, vooral in 2024 bij de toepassing van biolit en dolokal (Figuur 5.4). Het gelijktijdig stimuleren van nitrificerende en denitrificerende bacteriën kan in feite leiden tot het stimuleren van de volledige stikstofcyclus en dus de volledige omzetting van NH_4^+ in N_2 .

De taxonomische samenstelling van de schimmelgemeenschappen op klassenniveau verschilde ook niet tussen de behandelingen. De meerderheid van de schimmel-ASV's wordt geclassificeerd binnen het fyllum van de Ascomyceten (zakjeszwammen), waarvan het merendeel een saprotrofe/saprofyte levenswijze heeft en dus gelinkt is aan de afbraak van organisch materiaal (Figuur 5.5). Bij de soilfeed behandeling was tendentieel een hogere relatieve abundantie van Mortierellomycota vergeleken met de controle en bij biolit toepassing was tendentieel een hoger aandeel Basidiomycota vergeleken met de controle (Figuur 5.5).

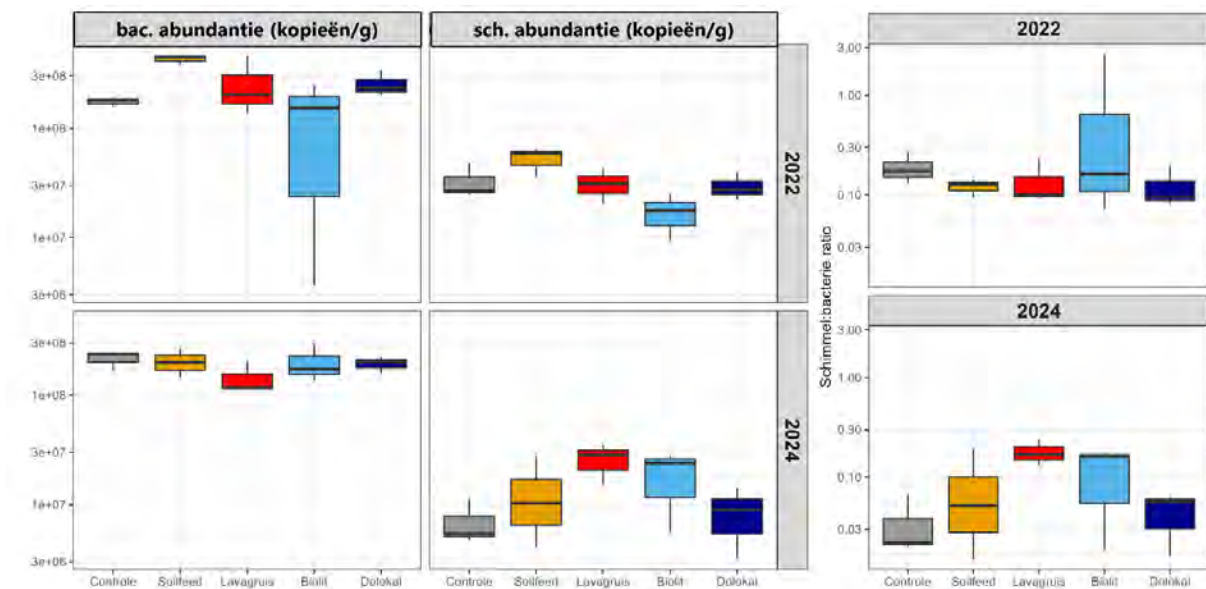


Figuur 5.5 Gemiddelde relatieve abundantie (%) van de dominante schimmel taxa per behandeling, op het niveau van Phylum. De paarse "other" bevat alle overige phyla die met een abundantie van < 10% van het totaal voorkwamen.

Terwijl lavagruis in 2022 de prokaryotische diversiteit gemiddeld verhoogde ten opzichte van de controle, daalde de diversiteit licht in de andere behandelingen in 2024 (Figuur 5.6). De met dolokal behandelde proefvlakken vertoonden de tegenovergestelde trend door eerst de prokaryotische diversiteit te verlagen en daarna te verhogen terug op het niveau van de controle. Echter deze effecten waren niet significant ($F = 1.1$, $p = 0.4$). Hoewel gedacht wordt dat pH-verhogingen de bacteriële diversiteit stimuleren, suggereren onze resultaten dit niet (Fierer & Jackson, 2006). Ook werden vrij lage dna-concentraties in deze dolokal-monsters gevonden (Figuur 10.5 in bijlage 10). Er was ook geen significant effect op de schimmeldiversiteit ($F = 0.5$, $p = 0.7$). In 2022 nam de diversiteit gemiddeld licht af na de toedienen van bufferstoffen terwijl in 2024 de schimmeldiversiteit gemiddeld het hoogst was bij de behandeling lavagruis. Ook de schimmel:bacterie ratio was het hoogst in de met lavagruis behandelde proefvlakken maar het verschil is niet significant (Figuur 5.7, Kruskal-Wallis chi-squared = 4.0, $p = 0.4$). De behandeling had echter een marginaal effect op de abundantie van prokaryoten en schimmels (respectievelijk $F = 2.8$, $p = 0.05$ en $F = 2.5$, $p = 0.07$). Door de (nog) minder sterke toename in bodembuffering dan biolit of dolokal lijkt lavagruis een soort "sweet spot" voor schimmels te zijn en heeft deze behandeling de hoogste schimmel:bacterie verhouding in de bodem. In de behandelingen biolit en dolokal, met een sterke toename in bodembuffering, is de verhouding schimmels/bacteriën lager. Lavagruis verhoogt de pH lichtjes en levert een verscheidenheid aan voedingsstoffen die misschien een hogere schimmeldiversiteit en abundantie kunnen ondersteunen.

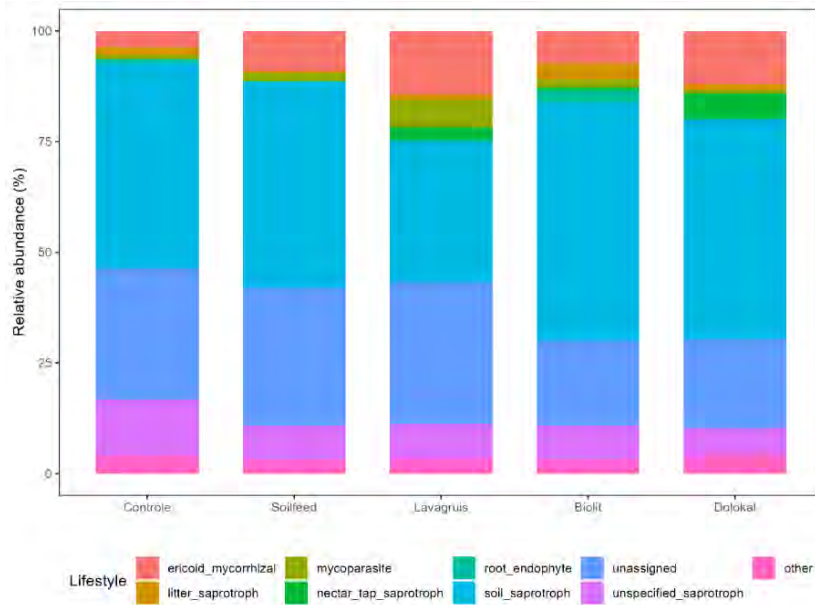


Figuur 5.6 Diversiteit van a) bacteriën en archaea en b) schimmels onder verschillende experimentele behandelingen (Controle, Soilfeed, Lavagruis, Biolit en Dolokal) in Strabrechtse heide. Diversiteit is berekend als de Shannon-diversity index H op basis van de niet-getransformeerde sample*ASV matrix.

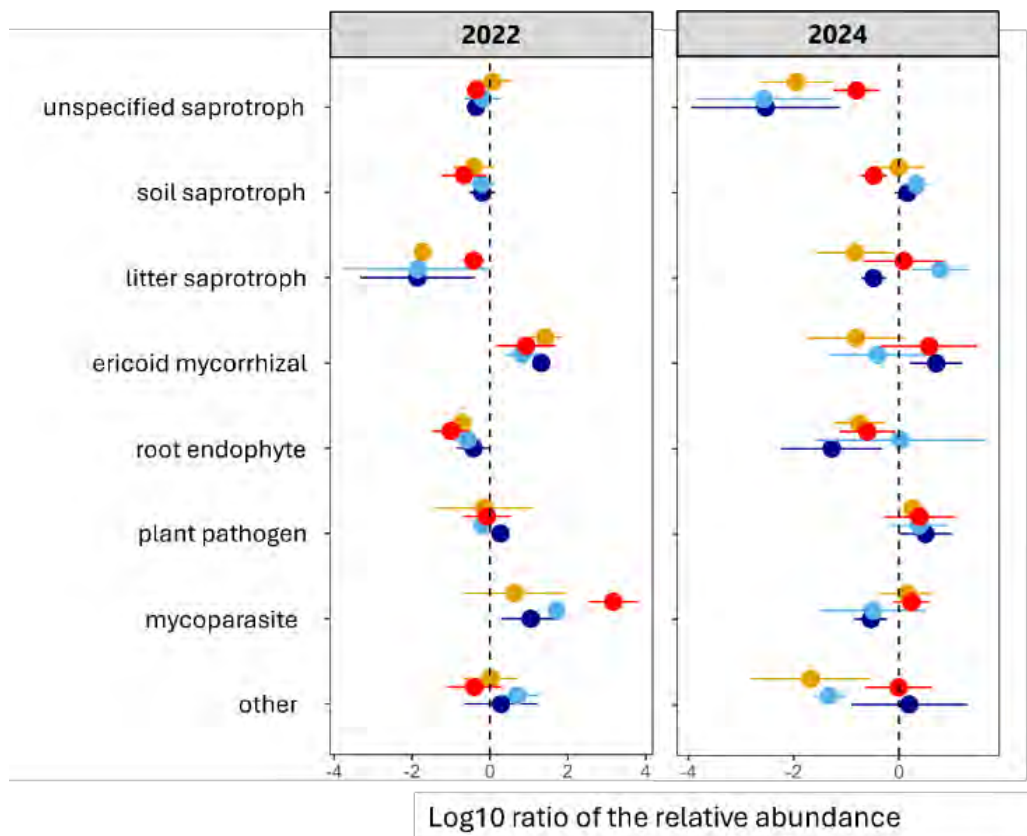


Figuur 5.7 Bacteriële abundantie (links), schimmelabundantie (midden), en schimmel:bacterie ratio's (rechts) onder verschillende experimentele behandelingen (Controle, Soilfeed, Lavagruis, Biolit en Dolokal) in de jaren 2022 en 2024 in de Strabrechtse heide. Schimmel- en bacteriële (eubacteriën en archaea) abundanties zijn berekend met qPCR en uitgedrukt in gen-kopieën per g bodem. Y-axis is een logarithmische schaal.

In zowel de controle- als behandelde proefvlakken vormden zoals te verwachten de saprotrofe schimmels het grootste deel van de schimmelmenging. Van de mycorrhiza-vormende schimmels maakten ericoïd mycorrhiza het grootste deel uit. De behandeling met lavagruis verhoogde de relatieve abundantie aan ericoïd mycorrhiza in vergelijking met de controle (Figuur 5.8, ongeveer 4% vs. 14%), hoewel dit verschil niet significant was ($F = 1.5$, $p = 0.3$). In beide jaren nam met lavagruis toediening de relatieve abundantie aan ericoïde mycorrhiza toe ten koste van saprotrofe schimmels (Figuur 5.9). Dit lijkt erop te wijzen dat lavagruis het potentieel heeft om schimmelmengingen te stimuleren die belangrijk zijn voor het functioneren van dwergstruiken in het heidelandschap.



Figuur 5.8 Gemiddelde relatieve abundantie (%) van de dominante schimmel leefwijzes per behandeling. ASV's behorende tot de "unassigned" groep konden niet worden geïdentificeerd tot genus- niveau. De groep "overig" bevat alle overige klassen die met een abundantie van < 10% van het totaal voorkwamen.



Figuur 5.9 Het natuurlijke logaritme van de verhouding tussen de relatieve abundantie van de groepen in behandelde proefvlakken versus controle met een 95% betrouwbaarheidsinterval. De stippellijn toont de referentie van de controle. Groepen rechts van de stippellijn nemen toe met de toevoeging van de respectievelijke behandelingen, terwijl groepen links van de lijn afnemen ten opzichte van de controle. N = 3 per groep, locatie en jaar. Oranje = soilfeed, rood = lavagruis, lichtblauw = biolit en donkerblauw = dolokal.

5.2 Conclusies

- Toediening van bufferstoffen heeft een significant effect op de samenstelling van zowel bacterie- als schimmelmilieus. Dit effect was groter voor schimmels dan voor prokaryotische gemeenschappen en de grootste verschillen werden gevonden tussen de onbehandelde controle en de toediening van dolokal.
- Bufferstoffen veranderen diversiteit van microbiële gemeenschappen niet significant, maar lavagruis-toepassing ondersteunde gemiddeld de hoogste schimmeldiversiteit. De behandeling met lavagruis ondersteunt ook de hoogste schimmel-bacterieratio, wat duidt op een schimmeldominantie die afneemt bij de toepassing van sterkere bufferstoffen zoals biolit en dolokal.
- Bacteriële gemeenschappen werden gedomineerd door ASV's uit de klassen Acidobacteria, Alphaproteobacteria en Actinobacteria. We vonden slechts een klein percentage nitrificerende bacteriën en archaea dat niet significant werd beïnvloed door de toevoeging van bufferstoffen. Soilfeed ondersteunde gemiddeld de hoogste abundantie van nitrificerende prokaryoten en biolit de laagste.
- De overgrote relatieve meerderheid van schimmels in Strabrechtse heide zijn Ascomyceten (zakjeszwammen), waarvan de meeste een saprotrofe/saprophytische levensstijl hebben. Het toedienen van lavagruis leidt tot een lichte toename in de relatieve abundanties van ericoid mycorrhiza, een symbiont die belangrijk is voor het functioneren van het heidelandschap.
- De effecten van de toediening van bufferstoffen op de microbiële gemeenschappen zijn in het algemeen vrij gering. De toevoeging van dolokal heeft over het algemeen het sterkste effect in vergelijking met de onbehandelde controle, terwijl de drie steenmelen (soilfeed, lavagruis en biolit) stevast een tussenpositie innemen.
- Echter, de ogenschijnlijke microbiële verschillen tussen de behandelingen met steenmeel en de controle zijn nergens duidelijk significant, mede door het lage aantal replica's. Het toevoegen van lavagruis lijkt -gemiddeld genomen- de schimmelmilieus zwak te stimuleren, hoewel dit over het algemeen ook niet significant is.
- Er is een grote variatie in samenstelling van de microbiële gemeenschappen tussen de proefvlakken met dezelfde behandeling, zelfs tussen de onbehandelde controle proefvlakken. Dit duidt mogelijk op een vrij grote abiotische heterogeniteit, waardoor het zeer aannemelijk is dat het aantal proefvlakken (n=3) gewoon te laag is om statistisch relatief kleine verschuivingen in het microbiom als gevolg van experimentele behandelingen aan te tonen.

6 Fauna

6.1 Opzet en methoden

In de jaren 2015, 2016, 2018 en 2019 werd in alle vijf oorspronkelijke blokken onderzocht hoe loopkevers en/of tweevleugeligen reageerden op de verschillende behandelingen (Weijters et al., 2018, Verbaarschot et al., 2020). De opzet en bemonsteringsmethoden zijn hetzelfde gebleven voor beide soortgroepen, maar werden enkel herhaald voor de blokken en behandelingen zoals in de proefopzet beschreven staat (paragraaf **Fout! Verwijzingsbron niet gevonden.**).

6.1.1 Bemonsteringstechnieken en gegevensverwerking

Tweevleugeligen

Bemonstering van tweevleugeligen vond plaats door middel van emergentievallen. Deze bemonsteringsmethode richt zich op in de bodem en vegetatie aanwezige imago's en uitsluitende imago's van tweevleugeligen (Diptera). Emergentievallen bestaan uit een kegelvormig metalen frame dat bekleed is met donker stevig plastic. Boven in de val is een opening met daarop een vangbeker geplaatst. De vangbeker is van transparant materiaal, waardoor de enige lichtbron binnenin de kegel vanuit deze richting komt. Alle fauna die zich in het vangoppervlak van de kegelval bevindt of gedurende de vangperiode uitsluit wordt door deze lichtbron naar de vangbeker aangetrokken en valt vervolgens in de vangbeker. De vangbeker is gevuld met een 4% formaldehyde oplossing om de monsters te conserveren. Bij iedere verversingsronde zijn de kegelvallen verplaatst om effecten van uitdroging op de vangsten beperkt te houden.

De tweevleugeligen in de monsters zijn in het determinatielab met behulp van een stereomicroscop uitgesorteerd en tot op familieniveau gedetermineerd, aantallen werden per familie in excelbestanden opgeslagen.

Loopkevers

Loopkeverbemonstering vond plaats in 2024, tussen 8 april en 28 september (in totaal 8 leegrondes van ca 3 weken) tweevleugeligen werden in 2022 (tussen 13 april en 6 september) en 2024 (tussen 10 april en 5 september) bemonsterd. In ieder blok van elk vijf behandelingen werden in iedere behandeling 3 potvallen ingegraven en gevuld met een laagje 4% formaldehyde oplossing als conserveringsmiddel. Om bijvangst van gewervelden (muizen, reptielen en amfibieën) te beperken en om overmatige verdamping tegen te gaan werden alle potvallen met een dakje afgeschermd.

Van elke leegronde werden alle gevangen loopkevers in het determinatielab tot op soortniveau gedetermineerd en alle vondsten werden ingevoerd in het database programma KLASSE (Fokker & Vorst, 2024).

6.1.2 Verdeling vangsten op basis van soorteigenschappen of trofische groepen

Toewijzing van trofische groep voor tweevleugeligen is uitgevoerd op basis van Beuk (2002). Loopkevers zijn op basis van de autecologische informatie gegeven in Turin (2000) onderverdeeld in trofische groepen en naar habitatvoorkeur voor nadere analyse.

6.2 Gegevensanalyse

Effecten van behandelingen op activiteitsdichtheid (loopkevers), dichtheid (tweevleugeligen), soortenrijkdom (loopkevers) en familierijkdom (tweevleugeligen) zijn getoetst door middel van Generalized linear mixed modellen (GLMM) met behandelingsblok als random effect. Initieel werd een

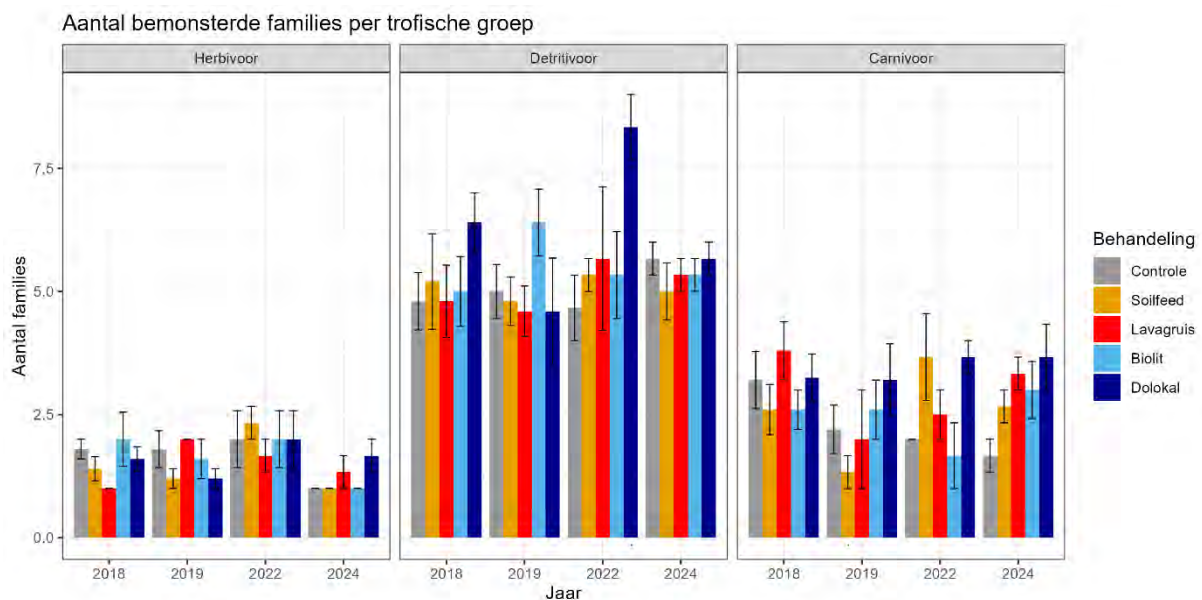
een poisson GLMM met log-link uitgevoerd die vervolgens werd getoetst op overdispersie. In het geval van significante overdispersie werd een negative binomial GLMM als toets uitgevoerd. Alle toetsen zijn uitgevoerd per bemonsteringsjaar afzonderlijk. Voor de bemonsteringsjaren uit eerdere onderzoeksjaren is het aantal blokken (5) dus hoger dan voor 2022/2024 (3). Voor loopkevers is tevens een analyse uitgevoerd op de respons van de gemeenschapssamenstelling door middel van een NMDS analyse voor alle bemonsteringsjaren samen. Alle analyses zijn uitgevoerd met het programma R versie 4.4.2 (R Core Team, 2024), aangevuld met het datamanagement package 'tidyverse' (Wickham et al., 2019) en 'broom.mixed' (Bolker & Robinson, 2024) voor extractie van GLMM output naar tabeloverzichten. Package 'lme4' (Bates et al., 2017) werd gebruikt voor uitvoeren van GLMM analyses en 'vegan' (Oksanen et al., 2017) voor NMDS analyse. Alle modelresultaten werden in excel tabellen opgeslagen en deze zijn in bewerkte vorm als bijlagen opgenomen in deze rapportage (Bijlagen 11 en 12).

6.3 Resultaten

6.3.1 Tweevleugeligen

Familierijkdom

Het aantal families van tweevleugeligen dat werd aangetroffen in de proefvlakken was vrij stabiel over de jaren (Figuur 6.1). Een lichte afname van herbivore families in 2024 en een geleidelijke afname van carnivore families in de controle behandelingen waren de enige opvallende verschillen. Detritivore familierijkdom was in de dolokal en/of biolit behandelingen vaak gemiddeld wat hoger dan in de controles, maar dit verschil was voor geen enkel onderzoeksjaar significant (1 maal *near*-significant in 2022 voor dolokal behandeling). In 2019 werd een lagere familierijkdom vastgesteld in soilfeed behandelingen, maar ook hier was het effect slechts *near*-significant.



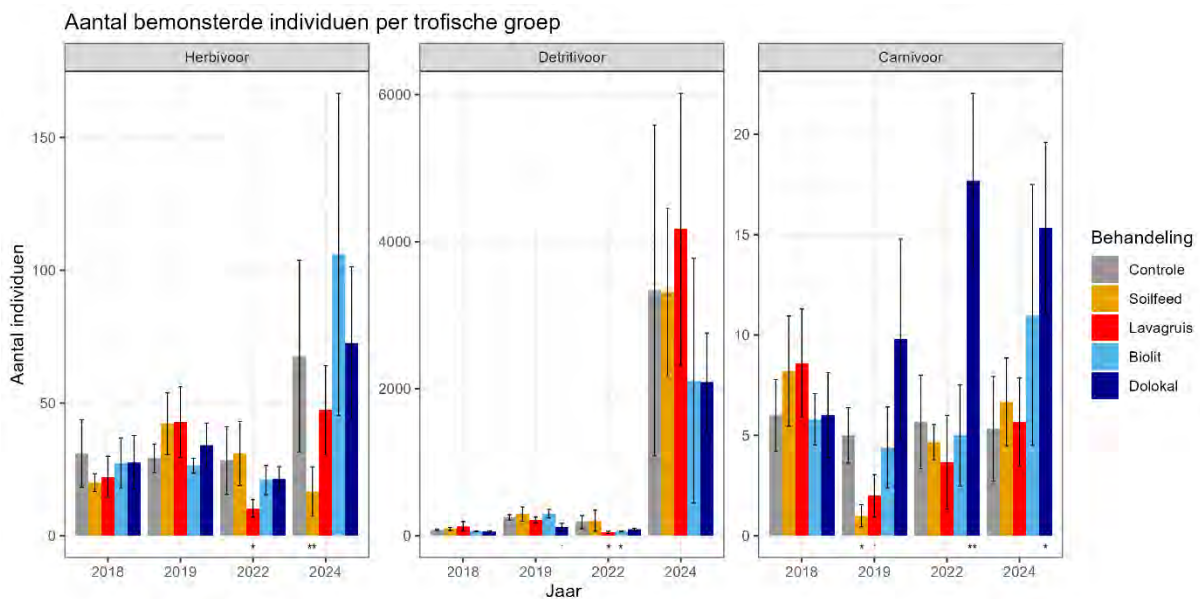
Figuur 6.1 Gemiddeld aantal (± 1 S.E.) families tweevleugeligen, verdeeld over herbivore, detritivore en carnivore families, aangetroffen in de emergentievallen voor alle bemonsteringsjaren. $N=5$ voor 2018 en 2019, $n=3$ voor 2022 en 2024. Onder de balken is aangegeven of er een (near) significant verschil in een steenmeel behandeling ten opzichte van de controle werd vastgesteld. · : near significant verschil ($p < 0.1$). * / ** / ***: significant verschil ($p < 0.05$ / 0.01 / 0.001 respectievelijk). Voor toetsuitslagen zie Tabel 10.5 in bijlage 11.

Dichtheden

Het aantal in de emergentievallen aangetroffen tweevleugeligen vertoonde sterke schommelingen tussen de bemonsteringsjaren (Figuur 6.2), wat verband lijkt te houden met de hoeveelheid neerslag die

in dat jaar heeft gevallen. In 2018 en 2022 was de dichtheid van herbivoren en detritivoren relatief laag en dit zijn beide (zeer) droge jaren met een oplopend neerslagtekort in de zomermaanden in de top 5%. 2024 was juist een uitermate nat jaar waarbij nauwelijks sprake was van een neerslagtekort in de zomermaanden¹. In dat jaar werden detritivoren in veel hogere aantallen aangetroffen dan in alle voorgaande jaren. In minder extreme mate is dit ook waarneembaar bij de herbivoren. Deze sterke weerseffecten werden in (ten dele simultaan) uitgevoerde steenmeel experimenten in droge en vochtige heide in het Nationale Park de Hoge Veluwe ook waargenomen (Weijters et al., 2023). De invloed van deze weersfactoren op de metingen bemoeilijken het interpreteren van de meetgegevens met betrekking tot het effect van de behandelingen.

Voor geen van de trofische groepen werd een duidelijk consistent effect van de behandelingen op de dichtheden gevonden, maar zoals aangegeven kan dit een gevolg zijn van vertroebeling door sterk fluctuerende weersomstandigheden tussen de onderzoeksjaren. Voor herbivoren werd in meetjaar 2022 en 2024 een significant lagere dichtheid in de lavagruis (2022) en soilfeed (2024) behandeling vastgesteld. Detritivoren werden in 2022 in significant lagere dichtheden aangetroffen in lavagruis en bioliet behandelingen, en in 2019 near significant in dolokal behandelingen ten opzichte van de controle. Deze trend van lagere dichtheden was voor bioliet en dolokal behandelingen ook zichtbaar in 2024 maar in dat jaar was de spreiding zeer hoog en het effect was in dit jaar niet significant. Tweevleugeligen met een carnivore leefwijze waren in vergelijking tot de andere twee groepen het minst abundant, en namen significant toe in de dolokal behandelingen in 2022 en 2024. In 2019 was een (near) significant lagere abundantie in lavagruis en soilfeed behandeling vastgesteld, maar dit effect was in de latere onderzoeksjaren niet meer aanwezig.



Figuur 6.2 Gemiddeld aantal (± 1 S.E.) tweevleugeligen, verdeeld over herbivore, detritivore en carnivore families, aangetroffen in de emergentievallen voor alle bemonsteringsjaren. $N=5$ voor 2018 en 2019, $n=3$ voor 2022 en 2024. Onder de balken is aangegeven of er een (near) significant verschil in een steenmeel behandeling ten opzichte van de controle werd vastgesteld. · : near significant verschil ($p < 0.1$). * / ** / ***: significant verschil ($p < 0.05$ / 0.01 / 0.001 respectievelijk). Voor toetsuitslagen zie Tabel 10.6 in bijlage 11.

¹ https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/geografische-overzichten/neerslagtekort_droogte

6.3.2 Loopkevers

Overzicht over de jaren

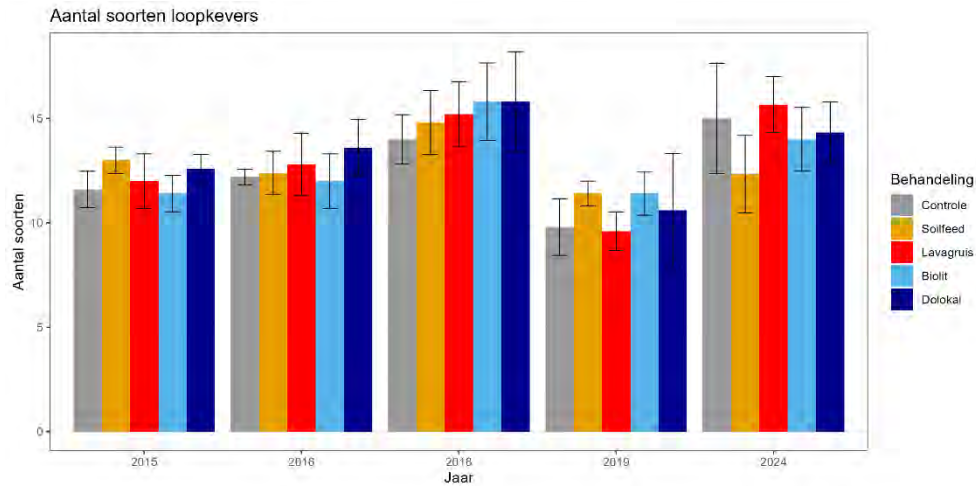
Verschillen in weerinvloeden hebben ook bij de loopkevers duidelijk effect gehad op de vangsten, maar het patroon is anders dan bij tweevleugeligen. Loopkevers worden als adult gevangen, en de meeste soorten hebben hun larvale stadium in het voorgaande seizoen. Het droogtejaar van 2018 heeft daardoor zowel in het droogtejaar als in het daaropvolgende jaar invloed uitgeoefend op de activiteit van loopkevers wat zich uit in verschillen in soortenrijkdom en activity-density over deze jaren. Tijdens het droogtejaar nam de activiteitsdichtheid én de soortenrijkdom toe in alle behandelingen, gevolgd door een sterke neergang van beide in het volgende jaar (Figuur 6.3, Figuur 6.4). Dit 'golf' effect is eerder al beschreven in een OBN droogtebrochure (Vogels in Jansen et al., 2020). De toename in activiteitsdichtheid en soortenrijkdom in het droogtejaar zelf werd daar toegeschreven aan een toegenomen mobiliteit van loopkevers door droogtestress: niet alleen xerofiele soorten werden in hogere aantallen bemonsterd, juist uitgesproken mesofiele en hygrotele soorten werden in hogere aantallen aangetroffen. Het golf effect is wanneer naar soortenrijkdom of activiteitsdichtheid wordt gekeken ogenschijnlijk uitgedoofd in 2024. Op basis van het overzicht in **Fout! Ongeldige bladwijzerverwijzing.** blijkt echter dat dit allerminst het geval is: de loopkevergemeenschap is voor, tijdens en na deze droogte duidelijk anders van samenstelling. Soorten die voorheen (co) dominant waren zoals *Poecilus versicolor*, *Carabus arcensis*, *Syntomus foveatus*, *Carabus problematicus*, *Poecilus lepidus*, *Dyschirius globosus*, en *Calathus melanocephalus* namen sterk af in activiteitsdichtheid na het droogtejaar en zijn ook in 2024 veel minder abundant aangetroffen in de potvallen. *Dyschirius globosus* lijkt zelfs volledig verdwenen (dit kan vertekend worden door het lagere aantal replicas). Tijdens en/of na het droogtejaar zijn pieken in activiteit gevonden van *Carabus clatratus*, *Amara lunicollis*, *Amara tibialis* en *Poecilus lepidus*. Vooral *Carabus clatratus* neemt zeer sterk toe in de vangsten. Dit is een amfibische soort die in gebieden als Strabrechtse heide van ven naar ven loopt om daar te foerageren en lopend grote afstanden kan afleggen. De toename van vangsten wordt geïnterpreteerd als een toegenomen zoektocht naar waterhoudende vennen, die in beide jaren nagenoeg overal waren drooggevalen. In 2024, een uitermate nat jaar, zijn voorheen schaarse soorten als *Harpalus rufipalpis* en *Harpalus anxius* (co)dominant voorkomend. *Syntomus foveatus* en *Carabus problematicus* lijken zich in 2024 te hebben hersteld ten opzichte van het eerste bemonsteringsjaar.

Tabel 6.1 Relatieve en absolute gemiddelde activity-density van alle aangetroffen soorten loopkevers in de potvallen voor alle jaren afzonderlijk. De kleurschaal van relatieve activiteitsdichtheid is gelijk voor elk jaar, voor de absolute waarden is deze het hoogst voor de hoogste waarde over alle jaren. Relatieve waarden geven dus een beeld over (co)dominantie voor elk jaar afzonderlijk, absolute waarden geven een beeld van de dominantiestructuur ten opzichte van alle monsterjaren. Trend: een overzicht van de trend van een soort over de bemonsteringsjaren. Naast elke soort staat een overzicht van soorteigenschappen, zoals in Turin (2000) is beschreven.

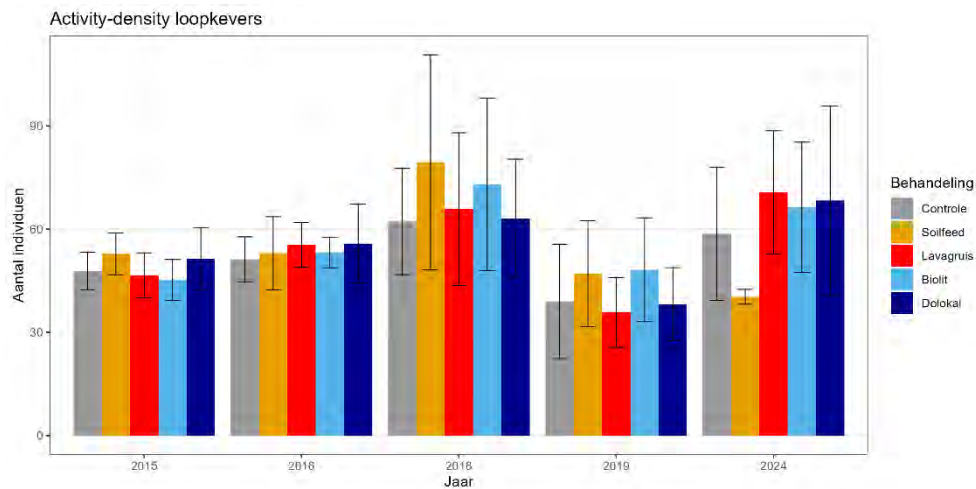
Soort	Relatieve activity-density					Absolute activity-density					Soorteigenschappen						
	trend	2015	2016	2018	2019	2024	trend	2015	2016	2018	2019	2024	Voedsel	Vocht	Vlieg	Habitat	Grootte
<i>Acupalpus parvulus</i>	—	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	—	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	Carni-herbivoor	Hygrofiel	Ja	Overig	klein
<i>Amara convexior</i>	—	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	—	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	Herbivoor	Xerofiel	Ja	Eurytoop	middel
<i>Pterostichus rhoeticus</i>	—	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	—	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	Carnivoor	Hygrofiel	Onbekend	Overig	middel
<i>Stenolophus mixtus</i>	—	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	—	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	Carni-herbivoor	Hygrofiel	Ja	Overig	middel
<i>Stenolophus teutonius</i>	—	0.000	0.000	0.000	0.002	0.000	—	0.0	0.0	0.0	0.2	0.0	Carni-herbivoor	Hygrofiel	Ja	Overig	middel
<i>Acupalpus brunnipes</i>	—	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	—	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	Carni-herbivoor	Hygrofiel	Ja	Overig	klein
<i>Carabus granulatus</i>	—	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	—	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	Carnivoor	Hygrofiel	Nee	Overig	groot
<i>Harpalus rubripes</i>	—	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	—	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	Herbivoor	Xerofiel	Ja	Akkers en open bodems	middel
<i>Pterostichus aterritimus</i>	—	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	—	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	Carnivoor	Hygrofiel	Ja	Heide	middel
<i>Pterostichus nigrita</i>	—	0.000	0.000	0.002	0.000	0.000	—	0.0	0.0	0.2	0.0	0.0	Carnivoor	Hygrofiel	Ja	Eurytoop	middel
<i>Acupalpus dubius</i>	—	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	—	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	Carni-herbivoor	Hygrofiel	Ja	Heide	klein
<i>Amara plebeja</i>	—	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	—	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	Herbivoor	Hygrofiel	Ja	Eurytoop	middel
<i>Poecilus cupreus</i>	—	0.000	0.000	0.000	0.004	0.000	—	0.0	0.0	0.0	0.4	0.0	Carnivoor	Hygrofiel	Ja	Overig	middel
<i>Acupalpus exiguus</i>	—	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	—	0.2	0.0	0.0	0.0	0.0	Carni-herbivoor	Hygrofiel	Ja	Overig	klein
<i>Cicindela sylvatica</i>	—	0.000	0.000	0.005	0.000	0.000	—	0.0	0.0	0.4	0.0	0.0	Carnivoor	Xerofiel	Ja	Overig	middel
<i>Paradromius linearis</i>	—	0.000	0.000	0.000	0.006	0.000	—	0.0	0.0	0.0	0.6	0.0	Carni-herbivoor	Xerofiel	Onbekend	Eurytoop	klein
<i>Paraphonus maculicornis</i>	—	0.000	0.000	0.000	0.002	0.004	—	0.0	0.0	0.0	0.2	0.3	Herbivoor	Xerofiel	Onbekend	Akkers en open bodems	middel
<i>Amara ovata</i>	—	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	—	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	Herbivoor	Mesofiel	Ja	Overig	middel
<i>Harpalus griseus</i>	—	0.000	0.006	0.000	0.000	0.000	—	0.0	0.2	0.0	0.0	0.0	Herbivoor	Xerofiel	Ja	Overig	middel
<i>Pterostichus minor</i>	—	0.004	0.000	0.000	0.002	0.000	—	0.2	0.0	0.0	0.2	0.0	Carnivoor	Hygrofiel	Ja	Heide	middel
<i>Bembidion lampros</i>	—	0.000	0.006	0.002	0.000	0.000	—	0.0	0.2	0.2	0.0	0.0	Insectivoor	Mesofiel	Ja	Eurytoop	klein
<i>Calathus micropterus</i>	—	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	—	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	Carnivoor	Mesofiel	Nee	Akkers en open bodems	middel
<i>Nebria brevicollis</i>	—	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	—	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	Carnivoor	Mesofiel	Ja	Eurytoop	middel
<i>Philonthus melanocephalus</i>	—	0.000	0.006	0.000	0.004	0.000	—	0.0	0.2	0.0	0.4	0.0	Carni-herbivoor	Xerofiel	Ja	Eurytoop	klein
<i>Clivina fossor</i>	—	0.000	0.006	0.002	0.004	0.000	—	0.0	0.2	0.2	0.4	0.0	Insectivoor	Hygrofiel	Ja	Eurytoop	middel
<i>Bembidion nigricorne</i>	—	0.013	0.000	0.000	0.000	0.000	—	0.6	0.0	0.0	0.0	0.0	Insectivoor	Xerofiel	Onbekend	Overig	klein
<i>Agonum viduum</i>	—	0.000	0.000	0.005	0.010	0.000	—	0.0	0.0	0.4	1.0	0.0	Carnivoor	Hygrofiel	Ja	Overig	middel
<i>Amara infima</i>	—	0.004	0.000	0.007	0.000	0.004	—	0.2	0.0	0.6	0.0	0.3	Herbivoor	Xerofiel	Onbekend	Heide	klein
<i>Amara communis</i>	—	0.000	0.012	0.000	0.004	0.000	—	0.0	0.4	0.0	0.4	0.0	Herbivoor	Mesofiel	Ja	Eurytoop	middel
<i>Calathus cinctus</i>	—	0.000	0.006	0.000	0.002	0.009	—	0.0	0.2	0.0	0.2	0.7	Carnivoor	Xerofiel	Ja	Akkers en open bodems	klein
<i>Harpalus solitarius</i>	—	0.018	0.000	0.000	0.002	0.000	—	0.8	0.0	0.0	0.2	0.0	Herbivoor	Xerofiel	Onbekend	Heide	middel
<i>Pterostichus vernalis</i>	—	0.000	0.000	0.014	0.002	0.004	—	0.0	0.0	1.2	0.2	0.3	Carnivoor	Hygrofiel	Ja	Eurytoop	middel
<i>Olisthopus rotundatus</i>	—	0.009	0.012	0.000	0.000	0.000	—	0.4	0.4	0.0	0.0	0.0	Carnivoor	Xerofiel	Onbekend	Heide	middel
<i>Harpalus distinguendus</i>	—	0.000	0.006	0.002	0.000	0.013	—	0.0	0.2	0.2	0.0	1.0	Herbivoor	Xerofiel	Ja	Akkers en open bodems	middel
<i>Amara equestris</i>	—	0.004	0.006	0.002	0.012	0.000	—	0.2	0.2	0.2	1.2	0.0	Herbivoor	Xerofiel	Ja	Heide	middel
<i>Harpalus smaragdinus</i>	—	0.000	0.000	0.000	0.004	0.021	—	0.0	0.0	0.0	0.4	1.7	Herbivoor	Xerofiel	Ja	Akkers en open bodems	middel
<i>Harpalus affinis</i>	—	0.004	0.006	0.012	0.004	0.000	—	0.2	0.2	1.0	0.4	0.0	Herbivoor	Xerofiel	Ja	Eurytoop	middel
<i>Pterostichus melanarius</i>	—	0.004	0.000	0.027	0.000	0.000	—	0.2	0.0	2.2	0.0	0.0	Carnivoor	Mesofiel	Ja	Eurytoop	middel
<i>Calathus fuscipes</i>	—	0.009	0.000	0.012	0.006	0.004	—	0.4	0.0	1.0	0.6	0.3	Carnivoor	Mesofiel	Nee	Eurytoop	middel
<i>Bembidion prorepans</i>	—	0.000	0.019	0.014	0.002	0.000	—	0.0	0.6	1.2	0.2	0.0	Insectivoor	Mesofiel	Ja	Eurytoop	klein
<i>Cymindis humeralis</i>	—	0.000	0.006	0.024	0.012	0.000	—	0.0	0.2	2.0	1.2	0.0	Carni-herbivoor	Xerofiel	Nee	Overig	middel
<i>Amara aenea</i>	—	0.000	0.000	0.010	0.002	0.047	—	0.0	0.0	0.8	0.2	3.7	Herbivoor	Xerofiel	Ja	Eurytoop	middel
<i>Bradycellus harpalinus</i>	—	0.022	0.037	0.000	0.002	0.004	—	1.0	1.2	0.0	0.2	0.3	Carni-herbivoor	Xerofiel	Ja	Eurytoop	klein
<i>Harpalus lotus</i>	—	0.018	0.031	0.012	0.002	0.004	—	0.8	1.0	1.0	0.2	0.3	Herbivoor	Mesofiel	Ja	Heide	middel
<i>Syntomus truncatellus</i>	—	0.009	0.000	0.002	0.000	0.077	—	0.4	0.0	0.2	0.0	6.0	Carni-herbivoor	Xerofiel	Ja	Eurytoop	klein
<i>Masoreus wetterhallii</i>	—	0.004	0.012	0.000	0.004	0.072	—	0.2	0.4	0.0	0.4	5.7	Carni-herbivoor	Xerofiel	Onbekend	Overig	klein
<i>Harpalus tardus</i>	—	0.013	0.006	0.048	0.016	0.017	—	0.6	0.2	4.0	1.6	1.3	Herbivoor	Xerofiel	Ja	Eurytoop	middel
<i>Harpalus rufipes</i>	—	0.013	0.012	0.012	0.012	0.064	—	0.6	0.4	1.0	1.2	5.0	Herbivoor	Mesofiel	Ja	Eurytoop	middel
<i>Notiophilus germinyi</i>	—	0.026	0.031	0.043	0.014	0.009	—	1.2	1.0	3.6	1.4	0.7	Springstaarten	Xerofiel	Onbekend	Overig	klein
<i>Pterostichus diligens</i>	—	0.040	0.081	0.010	0.010	0.000	—	1.8	2.6	0.8	1.0	0.0	Carnivoor	Hygrofiel	Ja	Heide	middel
<i>Notiophilus aquaticus</i>	—	0.013	0.056	0.031	0.023	0.021	—	0.6	1.8	2.6	2.4	1.7	Springstaarten	Xerofiel	Ja	Eurytoop	klein
<i>Carabus nemoralis</i>	—	0.093	0.050	0.005	0.004	0.000	—	4.2	1.6	0.4	0.4	0.0	Carnivoor	Mesofiel	Nee	Eurytoop	groot
<i>Bradycellus ruficollis</i>	—	0.066	0.093	0.031	0.002	0.000	—	3.0	3.0	2.6	0.2	0.0	Carni-herbivoor	Mesofiel	Ja	Heide	klein
<i>Cicindela campestris</i>	—	0.013	0.075	0.070	0.055	0.004	—	0.6	2.4	5.8	5.6	0.3	Carnivoor	Xerofiel	Ja	Heide	middel
<i>Oxypselaphus obscurus</i>	—	0.176	0.062	0.041	0.004	0.000	—	8.0	2.0	3.4	0.4	0.0	Carnivoor	Hygrofiel	Nee	Eurytoop	middel
<i>Carabus nitens</i>	—	0.079	0.099	0.036	0.014	0.111	—	3.6	3.2	3.0	1.4	8.7	Carnivoor	Hygrofiel	Nee	Heide	middel
<i>Amara tibialis</i>	—	0.000	0.025	0.217	0.014	0.094	—	0.0	0.8	18.0	1.4	7.3	Herbivoor	Xerofiel	Ja	Akkers en open bodems	klein
<i>Leistus ferrugineus</i>	—	0.167	0.193	0.000	0.006	0.000	—	7.6	6.2	0.0	0.6	0.0	Springstaarten	Hygrofiel	Nee	Eurytoop	middel
<i>Harpalus anxius</i>	—	0.018	0.019	0.031	0.010	0.289	—	0.8	0.6	2.6	1.0	22.7	Herbivoor	Xerofiel	Ja	Akkers en open bodems	middel
<i>Amara lunicollis</i>	—	0.123	0.130	0.181	0.041	0.217	—	5.6	4.2	15.0	4.2	17.0	Herbivoor	Mesofiel	Ja	Eurytoop	middel
<i>Nebria solina</i>	—	0.031	0.460	0.019	0.008	0.204	—	1.4	14.8	1.6	0.8	16.0	Carnivoor	Xerofiel	Ja	Akkers en open bodems	middel
<i>Calathus erratus</i>	—	0.137	0.366	0.111	0.039	0.115	—	6.2	11.8	9.2	4.0	9.0	Carnivoor	Xerofiel	Onbekend	Eurytoop	middel
<i>Harpalus rufipalpis</i>	—	0.009	0.000	0.082	0.045	1.000	—	0.4	0.0	6.8	4.6	78.3	Herbivoor	Xerofiel	Ja	Akkers en open bodems	middel
<i>Poecilus versicolor</i>	—	0.269	0.702	0.251	0.086	0.030	—	12.2	22.6	20.8	8.8	2.3	Carnivoor	Mesofiel	Ja	Eurytoop	middel
<i>Carabus arcensis</i>	—	0.515	0.820	0.039	0.016	0.004	—	23.4	26.4	3.2	1.6	0.3	Carnivoor	Xerofiel	Nee	Heide	groot
<i>Syntomus foveatus</i>	—	0.247	0.894	0.229	0.257	0.345	—	11.2	28.8	19.0	26.4	27.0	Carni-herbivoor	Xerofiel	Ja	Eurytoop	klein
<i>Carabus problematicus</i>	—	0.308	0.938	0.184	0.043	0.515	—	14.0	30.2	15.2	4.4	40.3	Carnivoor	Xerofiel	Nee	Bossen	groot
<i>Poecilus lepidus</i>	—	0.524	0.752	0.531	0.154	0.174	—	23.8	24.2	44.0	15.8	13.7	Carnivoor	Xerofiel	Onbekend	Heide	middel
<i>Dyschirius globosus</i>	—	0.793	1.000	0.432	0.006	0.000	—	36.0	32.2	35.8	0.6	0.0	Insectivoor	Hygrofiel	Onbekend	Eurytoop	klein
<i>Calathus melanocephalus</i>	—	1.000	0.981	0.345	0.047	0.128	—	45.4	31.6	28.6	4.8	10.0	Carnivoor	Mesofiel	Onbekend	Eurytoop	middel
<i>Carabus clatratus</i>	—	0.551	0.311	1.000	1.000	0.281	—	25.0	10.0	82.8	102.6	22.0	Carnivoor	Hygrofiel	Ja	Heide	groot

Totale soortenrijkdom en activiteitsdichtheid

Er werd geen van de meetjaren een significant effect van de steenmeelbehandelingen gevonden op totale soortenrijkdom (Figuur 6.3) of activiteitsdichtheid (Figuur 6.4) van de loopkevers.



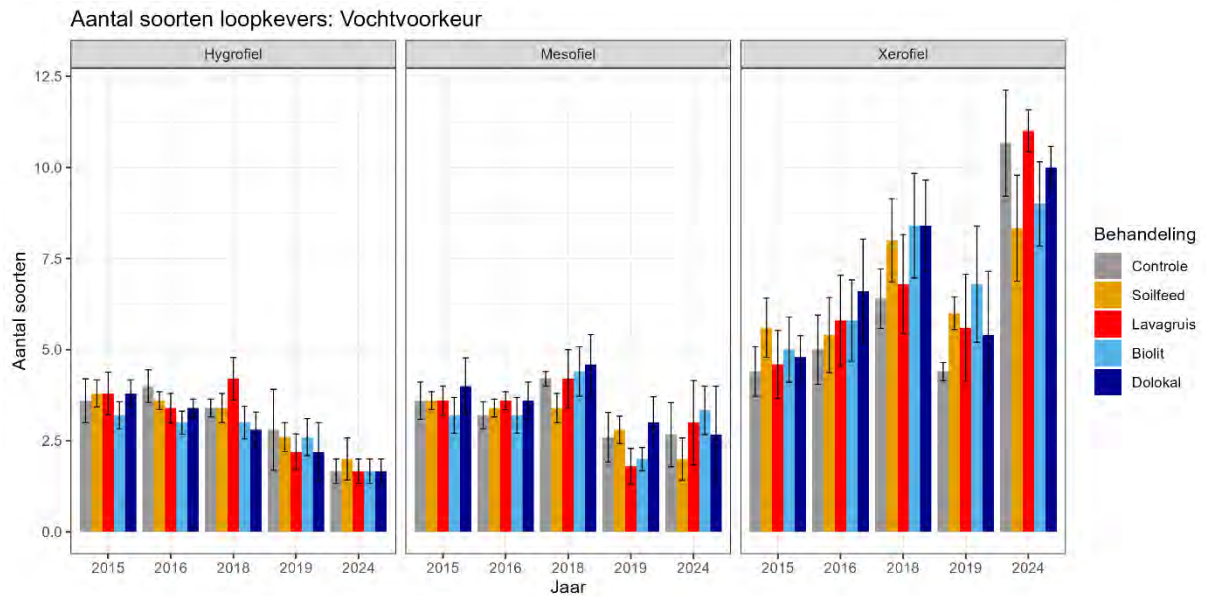
Figuur 6.3 Gemiddeld aantal (± 1 S.E.) soorten loopkevers verdeeld over behandelingen en bemonsteringsjaren. $n=5$ voor 2015 tot en met 2019, $n=3$ voor 2024. Onder de balken is aangegeven of er een (near) significant verschil in een steenmeel behandeling ten opzichte van de controle werd vastgesteld. · : near significant verschil ($p<0.1$). * / ** / ***: significant verschil ($p<0.05$ / 0.01 / 0.001 respectievelijk). Voor toetsuitslagen zie Tabel 10.7 in bijlage 12.



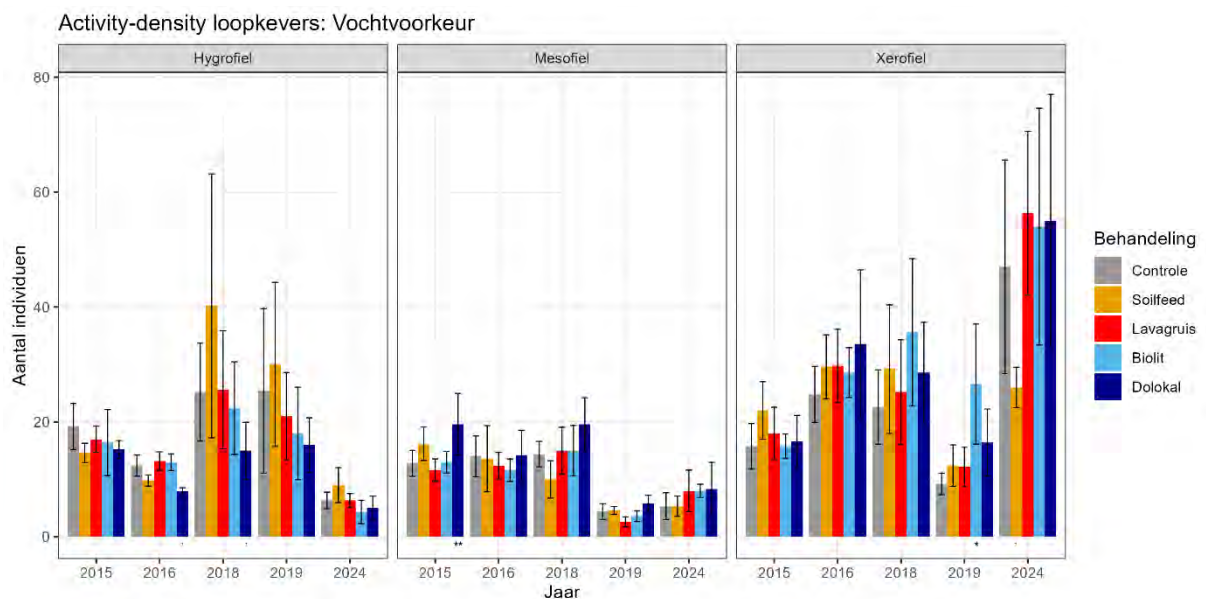
Figuur 6.4 Gemiddelde (± 1 S.E.) activiteitsdichtheid van loopkevers verdeeld over behandelingen en bemonsteringsjaren. Voor uitleg over aantal replica's en significantie markeringen, zie Figuur 6.3. Voor toetsuitslagen zie tabel Tabel 10.8 in bijlage 12.

Soortenrijkdom en activiteitsdichtheid - verdeeld over soorteigenschappen

De analyse op basis van soorteigenschappen laat vooral zien dat de droogtejaren een forse invloed hebben op de samenstelling, met slechts een bescheiden, modulerende rol voor de steenmeelbehandelingen. Het aantal soorten (Figuur 6.5) en activiteitsdichtheid (Figuur 6.6) van xerofiele soorten nam duidelijk toe tijdens en na optreden van het droogtejaar 2018, met een sterke dip in 2019. Mesofiele en hygrofiele soorten namen af na het droogtejaar van 2018. Hygrofiele soorten namen in activiteitsdichtheid sterk toe in 2018 en 2019; dit is vooral een effect van de sterk toegenomen activiteit van *Carabus clathratus* in die bemonsteringsjaren.



Figuur 6.5 Gemiddeld aantal (± 1 S.E.) soorten loopkevers: uitgesplitst over vochtvoorkeur en verdeeld over behandelingen en bemonsteringsjaren. Voor uitleg over aantal replica's en significantie markeringen, zie Figuur 6.3. Voor toetsuitslagen zie Tabel 10.9 in bijlage 12.



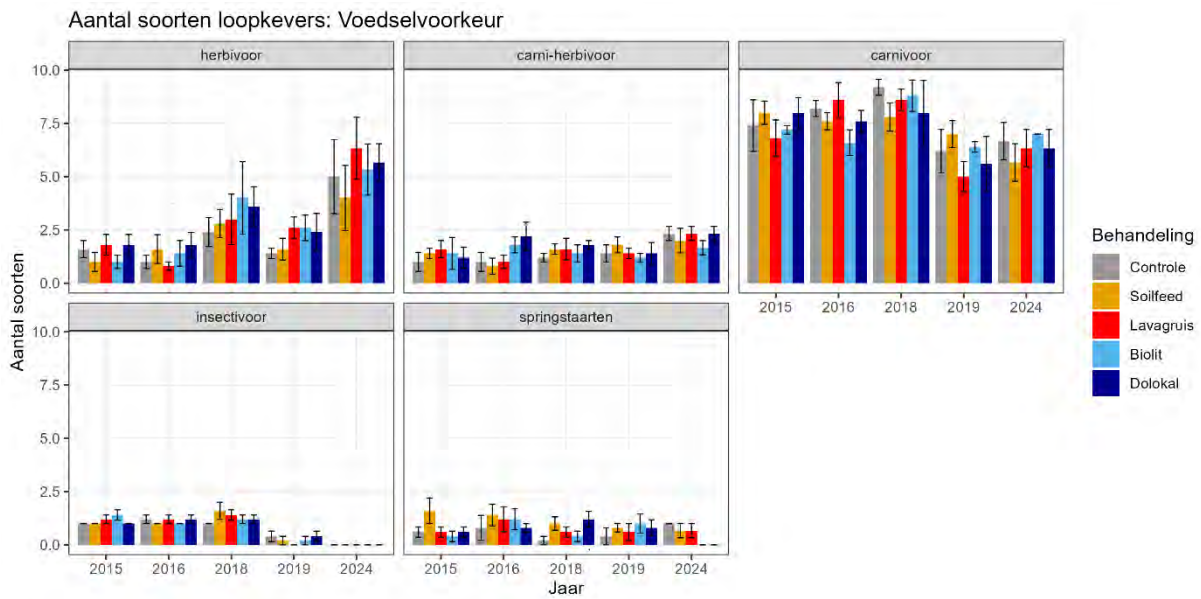
Figuur 6.6 Gemiddelde (± 1 S.E.) activiteitsdichtheid van loopkevers: uitgesplitst over vochtvoorkeur en verdeeld over behandelingen en bemonsteringsjaren. Voor uitleg over aantal replica's en significantie markeringen, zie Figuur 6.3. Voor toetsuitslagen zie Tabel 10.10 in bijlage 12.

Significante effecten van de steenmeelbehandelingen werden enkel gevonden voor activiteitsdichtheid in de onderzoeksjaren 2015 en 2019. Activiteitsdichtheid van mesofiele soorten was in 2015 significant hoger in dolokal en voor xerofiele soorten in 2019 significant hoger in biolit. Trends voor lagere activiteitsdichtheid werden vastgesteld voor hygrofiële soorten in dolokal behandelingen in 2016 en 2018 en voor xerofiele soorten in de soilfeed behandeling in 2024.

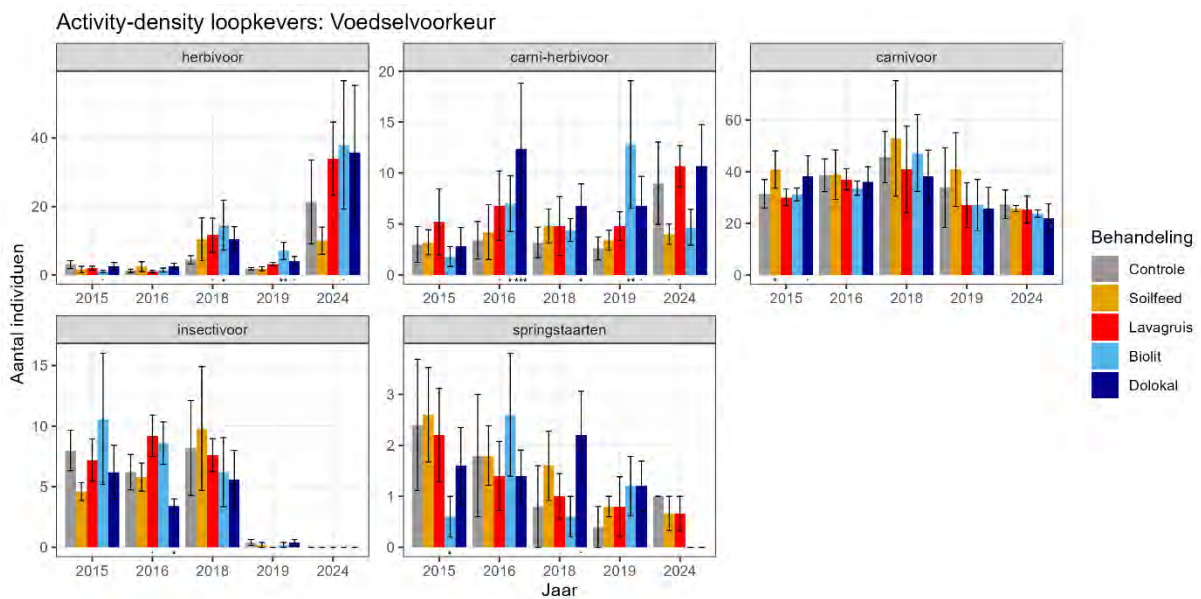
Ingedeeld op basis van voedselvoorkeur is eenzelfde trend te zien als bij temperatuurvoorkeur (Figuur 6.7 en Figuur 6.8). Herbivore soortenrijkdom neemt geleidelijk toe met een dip in 2019, en dit patroon is hetzelfde voor activiteitsdichtheid. De meeste herbivore soorten zijn eveneens warmte minnend (Op basis van het overzicht in **Fout! Ongeldige bladwijzerverwijzing.** blijkt echter dat dit allerminst het

geval is: de loopkevergemeenschap is voor, tijdens en na deze droogte duidelijk anders van samenstelling. Soorten die voorheen (co) dominant waren zoals *Poecilus versicolor*, *Carabus arcensis*, *Syntomus foveatus*, *Carabus problematicus*, *Poecilus lepidus*, *Dyschirius globosus*, en *Calathus melanocephalus* namen sterk af in activiteitsdichtheid na het droogtejaar en zijn ook in 2024 veel minder abundant aangetroffen in de potvallen. *Dyschirius globosus* lijkt zelfs volledig verdwenen (dit kan vertekend worden door het lagere aantal replicas). Tijdens en/of na het droogtejaar zijn pieken in activiteit gevonden van *Carabus clatratus*, *Amara lunicollis*, *Amara tibialis* en *Poecilus lepidus*. Vooral *Carabus clatratus* neemt zeer sterk toe in de vangsten. Dit is een amfibische soort die in gebieden als Strabrechtse heide van ven naar ven loopt om daar te foerageren en lopend grote afstanden kan afleggen. De toename van vangsten wordt geïnterpreteerd als een toegenomen zoektocht naar waterhoudende vennen, die in beide jaren nagenoeg overal waren drooggevalen. In 2024, een uitermate nat jaar, zijn voorheen schaarse soorten als *Harpalus rufipalpis* en *Harpalus anxius* (co)dominant voorkomend. *Syntomus foveatus* en *Carabus problematicus* lijken zich in 2024 te hebben hersteld ten opzichte van het eerste bemonsteringsjaar.

Tabel 6.1), dus dit is waarschijnlijk een afspiegeling van hetzelfde proces.



Figuur 6.7 Gemiddeld aantal (± 1 S.E.) soorten loopkevers: uitgesplitst over voedselvoorkeur en verdeeld over behandelingen en bemonsteringsjaren. Voor uitleg over aantal replica's en significantie markeringen, zie Figuur 6.3. Voor toetsuitslagen zie Tabel 10.11 in bijlage 12.



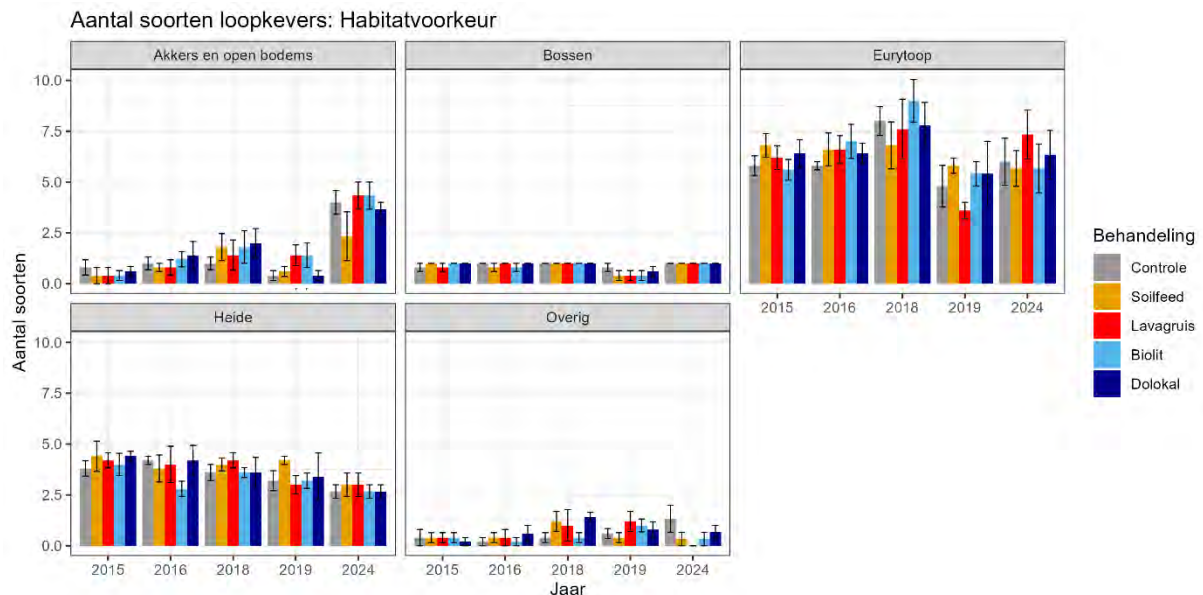
Figuur 6.8 Gemiddelde (± 1 S.E.) activiteitsdichtheid van loopkevers: uitgesplitst over voedselvoorkeur en verdeeld over behandelingen en bemonsteringsjaren. Voor uitleg over aantal replica's en significantie markeringen, zie Figuur 6.3. Voor toetsuitslagen zie Tabel 10.12 in bijlage 12.

Carnivore en insectivore soorten nemen af in voorkomen en activiteitsdichtheid, bij insectivoren zelfs een volledig verdwijnen (door het wegvallen van *Dyschirius globosus*) in 2024.

De steenmeelbehandelingen hadden geen effect op de soortenrijkdom van de verschillende groepen loopkevers, maar de activiteitsdichtheid verschilde wel significant in de periode 2016-2019, maar was nergens meer significant in 2024 (Figuur 6.8). De activiteitsdichtheid van herbivore loopkevers was significant hoger in 2018 en 2019 in de biolit behandelingen; voor carnbi-herbivore loopkevers was dit ook het geval voor dolokal en voor het onderzoeksjaar 2016. In 2024 is nog een trend voor een hogere

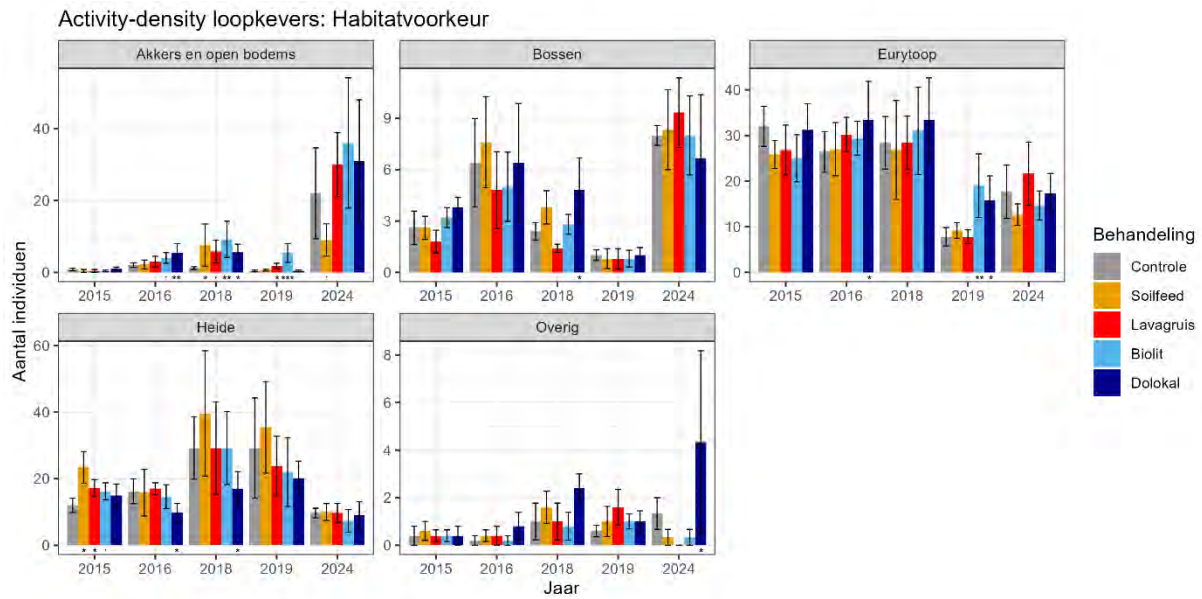
activiteitsdichtheid zichtbaar voor herbivore soorten in biolit, maar voor carnibi-herbivore soorten niet meer.

Verdeeld over habitatvoorkeur is een trend waarneembaar van een geleidelijke afname van de soortenrijkdom van heidekarakteristieke soorten over de jaren en een toename van soorten van akkers en open bodems (Figuur 6.9). Voor bossoorten, eurytope soorten en soorten met een andere habitatvoorkeur (allen incidenteel gevonden) is geen duidelijke trend waarneembaar. Steenmeel toediening heeft niet geleid tot een significante verandering in deze trend.



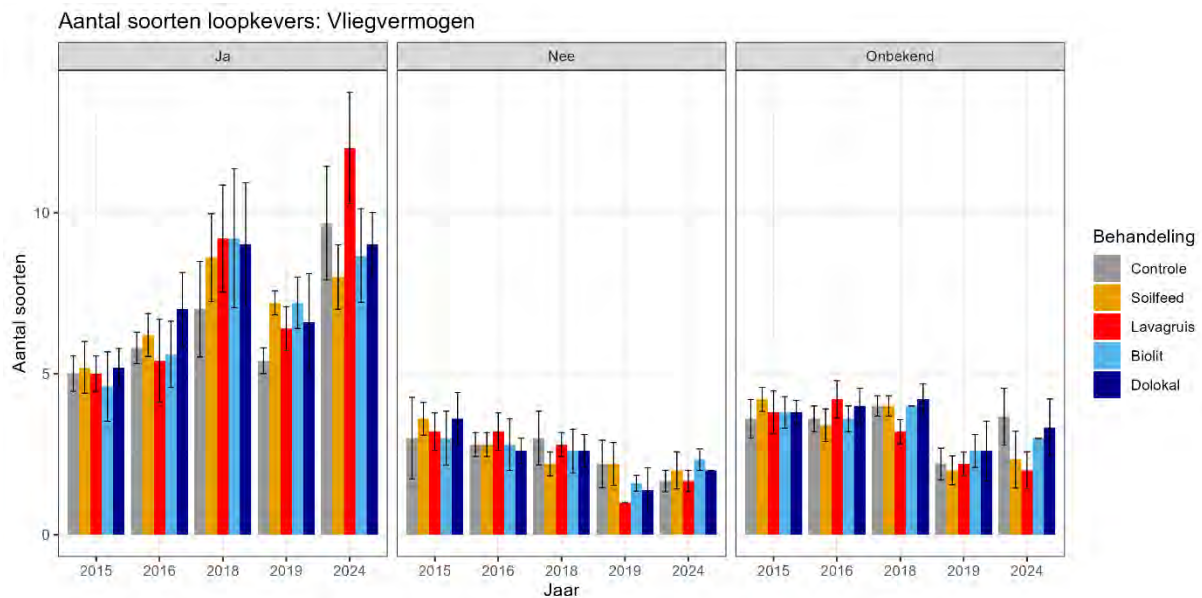
Figuur 6.9 Gemiddeld aantal (± 1 S.E.) soorten loopkevers: uitgesplitst over habitatvoorkeur en verdeeld over behandelingen en bemonsteringsjaren. Voor uitleg over aantal replica's en significantie markeringen, zie Figuur 6.3. Voor toetsuitslagen zie Tabel 10.13 in bijlage 12.

Voor activiteitsdichtheid is dit wel het geval (Figuur 6.10). De activiteitsdichtheid van soorten van akkers en open bodems in bijna alle steenmeel behandelingen significant hoger in 2018 ten opzichte van controle, en in 2016 was dit ook het geval voor dolokal en near significant in biolit behandeling. In 2019 wordt een significant hogere activiteitsdichtheid gevonden in lavagruis en biolit behandelingen. In 2024 is dit effect niet meer gevonden, hier was een trend tot lagere dichtheid gevonden in soilfeed behandeling. Voor eurytope soorten is een hogere activiteitsdichtheid gevonden in 2019 in de biolit en dolokal behandelingen. Heidekarakteristieke hadden in de beginfase (2016, 2018) significant lagere activiteitsdichtheid in dolokal behandelingen ten opzichte van controle, maar in 2024 werd geen verschil meer gemeten in activiteitsdichtheid van deze groep.

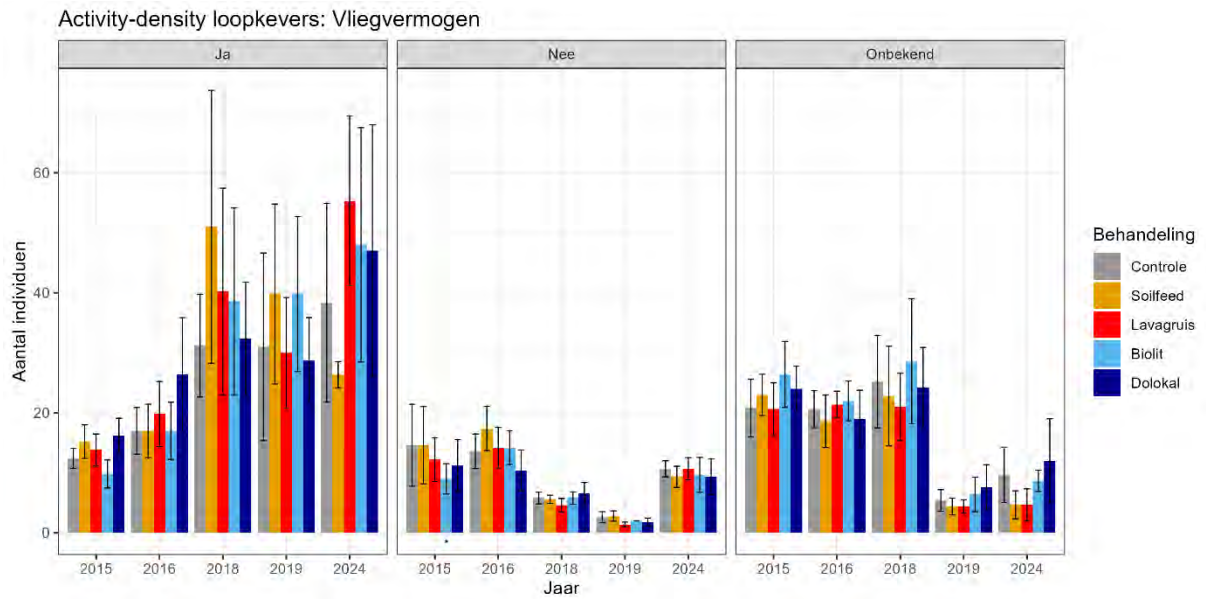


Figuur 6.10 Gemiddelde (± 1 S.E.) activiteitsdichtheid van loopkevers: uitgesplitst over habitatvoorkeur en verdeeld over behandelingen en bemonsteringsjaren. Voor uitleg over aantal replica's en significantie markeringen, zie Figuur 6.3. Voor toetsuitslagen zie Tabel 10.14 in bijlage 12.

Het aantal soorten loopkevers met vliegvermogen is in 2018 en daarna ook in 2024 sterk toegenomen ten opzichte van het begin van het onderzoek (Figuur 6.11). Soorten zonder vliegvermogen namen gedurende de onderzoeksperiode juist geleidelijk af, evenals soorten waarvan het vermogen tot vliegen onbekend is (en uit deze analyse lijkt het aannemelijk dat zij dit meestal niet bezitten). Behandelingseffecten op de soortenrijkdom werden niet gevonden voor geen van de drie groepen. Eenzelfde beeld bestaat bij de activiteitsdichtheid (Figuur 6.12): een geleidelijke toename van vliegende soorten in de potvallen en een afname van vleugellose individuen. Ook hier heeft steenmeel toediening geen duidelijk en consistent effect op de activiteitsdichtheid (slechts eenmaal in 2015).

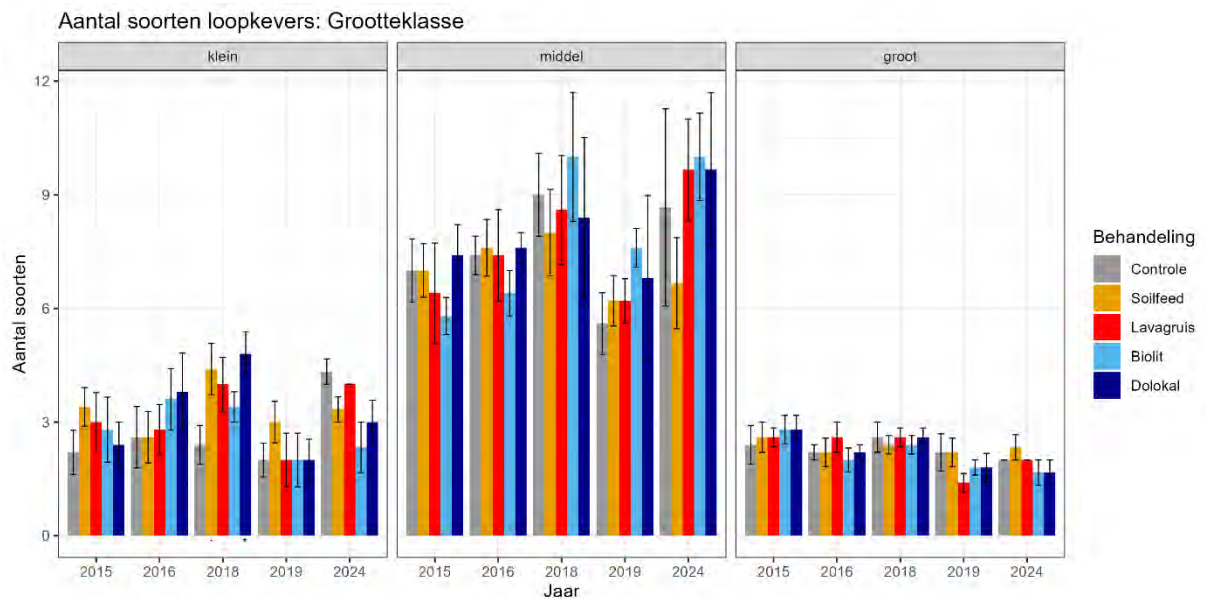


Figuur 6.11 Gemiddeld aantal (± 1 S.E.) soorten loopkevers: uitgesplitst over vliegvermogen en verdeeld over behandelingen en bemonsteringsjaren. Voor uitleg over aantal replica's en significantie markeringen, zie Figuur 6.3. Voor toetsuitslagen zie Tabel 10.15 in bijlage 12.



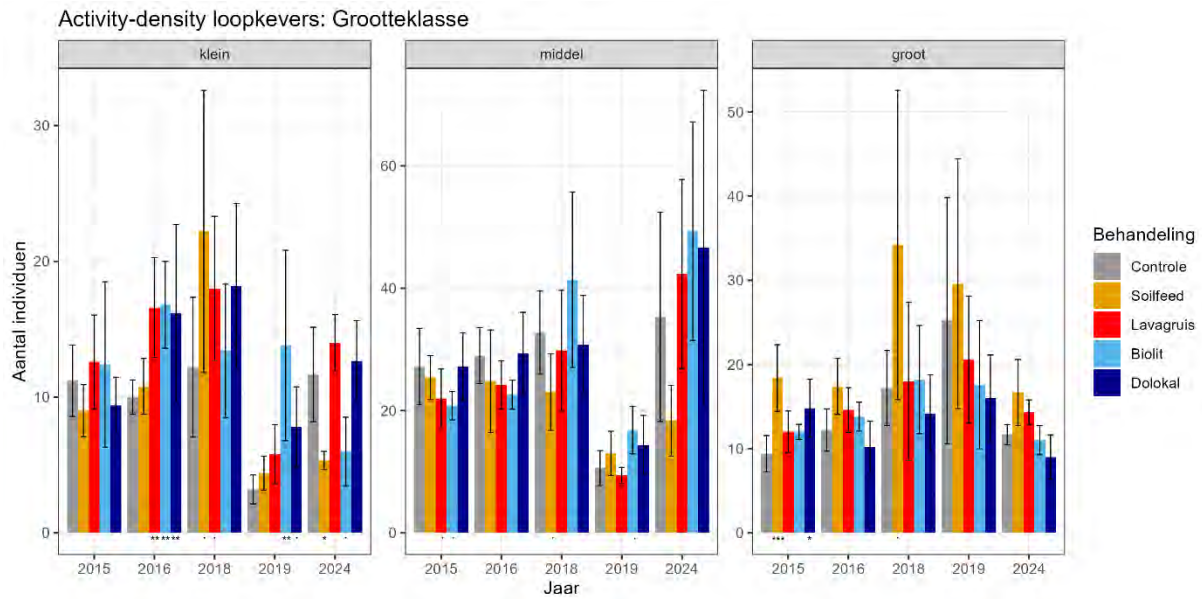
Figuur 6.12 Gemiddelde (± 1 S.E.) activiteitsdichtheid van loopkevers: uitgesplitst over vliegvermogen en verdeeld over behandelingen en bemonsteringsjaren. Voor uitleg over aantal replica's en significantie markeringen, zie Figuur 6.3. Voor toetsuitslagen zie Tabel 10.16 in bijlage 12.

Verdeeld over grootteklasse zien we de middelgrote soorten toenemen in soortenrijkdom over de jaren, terwijl grote en kleine soorten relatief stabiel blijven (Figuur 6.13). Steenmeel toediening heeft enkel in 2018 een significant verschil met de controle, met significant hogere soortenrijkdom van kleine soorten.



Figuur 6.13 Gemiddeld aantal (± 1 S.E.) soorten loopkevers: uitgesplitst over grootteklassen en verdeeld over behandelingen en bemonsteringsjaren. Voor uitleg over aantal replica's en significantie markeringen, zie Figuur 6.3. Voor toetsuitslagen zie Tabel 10.17 in bijlage 12.

De activiteitsdichtheid van kleine soorten nam in 2016, 2018 en 2019 toe in de lavagruis, biolit en/of dolokal behandelingen (Figuur 6.14). In 2024 was dit effect echter niet meer gevonden, en was deze lager in de soilfeed behandeling. Middelgrote soorten en grote soorten laten geen significant behandelingseffect zien van steenmeel versus controle, of alleen in het eerste onderzoeksjaar.

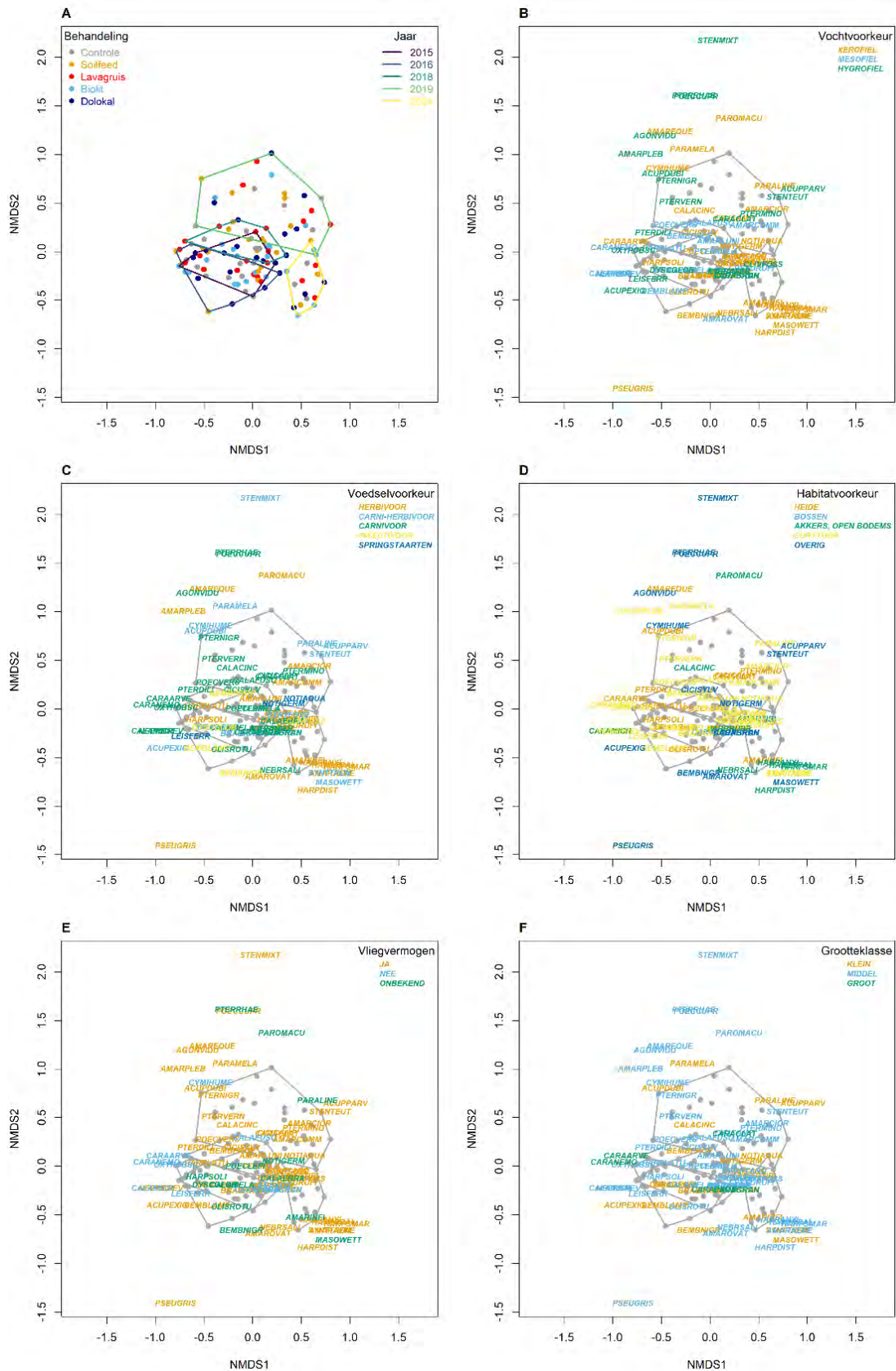


Figuur 6.14 Gemiddelde (± 1 S.E.) activiteitsdichtheid van loopkevers: uitgesplitst over grootteklassen en verdeeld over behandelingen en bemonsteringsjaren. Voor uitleg over aantal replica's en significantie markeringen, zie Figuur 6.3. Voor toetsuitslagen zie Tabel 10.18 in bijlage 12.

NMDS analyse

De NMDS analyse bevestigt het beeld dat uit de jaartrends ook al is vastgesteld: de soortensamenstelling verschilde weinig tussen 2015 en 2016, verschoof licht in 2018 en sterk in 2019 (Figuur 6.15 A). In 2024 is de samenstelling wederom sterk gewijzigd, maar in een andere richting dan de eerdere verschuiving. De gemeenschap kan worden onderverdeeld in pakweg vier perioden: een van vóór optreden van droogte (2015, 2016), een van tijdens (2018) de droogte; het schokeffect na (2019) de droogte, en vervolgens een herstel naar een duidelijk andere gemeenschap dan voorheen (2024). In de NMDS analyse is voor geen van de onderzoeksjaren een duidelijke clustering van monsterpunten met eenzelfde behandeling waarneembaar: de veranderingen in de samenstelling van de loopkevergemeenschap wordt bepaald door veranderingen tussen de jaren en het al dan niet optreden van droogte in die jaren.

De verschillende soorten zijn geplaatst op het zwaartepunt van hun voorkomen in de NMDS ordinatie. Soorten die in het centrum zijn geplaatst corresponderen dus evenredig met alle monsterpunten, en soorten die verder er vanaf geplaatst zijn sterker met de nabijgelegen monsterpunten. Soorten aan het uiterste van de grafiek zijn vaak incidenteel aangetroffen (een voorbeeld is *Stenolophus mixtus* - *STENMIXT*) en hebben daardoor weinig indicatieve waarde. Uit de verdeling van soorten op basis van soorteigenschappen kan worden opgemaakt dat de gemeenschap in 2015 en 2016 gecodomeerd wordt door xero-, meso- en hygrofiele soorten (Figuur 6.15 B). In 2018 verschuift dit licht, maar vooral in 2019 is een sterke verschuiving van de monsterpunten en zijn er weinig mesofiele soorten met een associatie voor die monsterpunten. In 2024 zien we een cluster van xerofiele soorten bij die monsters liggen. Voor voedselvoorkeur (Figuur 6.15 C) is te zien dat carnivoren hun zwaartepunt hebben in 2015-2019, en een subset van herbivoren en carni-herbivoren in 2024. De meeste heidekarakteristieke soorten hebben eveneens een zwaartepunt in de monsterjaren 2015-2019, dat van 2024 wordt sterker bepaald door soorten van akkers en open bodems (Figuur 6.15 D). Soorten zonder vliegvermogen clusteren ook meer met bemonsteringsjaren 2015-2019 (Figuur 6.15 E). Voor grootteklassen zijn geen duidelijke patronen over de jaren waarneembaar (Figuur 6.15 F).



Figuur 6.15 NMDS ordinatie van de bemonsterde loopkevergemeenschap in alle bemonsteringsjaren. A: plaatsing van de behandelingen op basis van de samenstelling van de loopkevergemeenschap. Kleuren van de punten geven de behandelingen weer, kleuren van de enveloppen geven de groepen weer op basis van bemonsteringsjaar. B-F: positie van individuele soorten in de NMDS ordinatie. Per afzonderlijke plot zijn de soorten met kleur gegroepeerd op vocht-, voedsel-, habitatvoorkeur, vliegvermogen en grootteklasse. Voor een overzicht van soortafkortingen zie bijlage 13.

6.4 Conclusies

6.4.1 Tweevleugeligen

Steenmeel heeft in het experiment geen significant effect uitgeoefend op de familierijkdom van tweevleugeligen. Effecten op dichtheden werden sterk vertroebeld door grote fluctuaties in neerslagoverschot tussen de onderzoeksjaren: twee van de bemonsteringsjaren vonden plaats ten tijde van record-droogte, en het laatste onderzoeksjaar vond juist plaats in een uitermate nat jaar. Dit bemoeilijkt het interpreteren van de gegevens.

Herbivoren lijken in deze proef eerder last te ondervinden van steenmeeltoediening dan dat ze er profijt van hebben. Dit is deels in tegenspraak met simultaan uitgevoerd onderzoek in het Nationale Park de Hoge Veluwe (Weijters et al., 2023), waar bioliet behandeling leidde tot een significant hogere abundantie in zowel droge als vochtige heide. In dit onderzoek wordt dit effect niet gereproduceerd. Significante afnamen in 2022 en 2024 in lavagruis en bioliet behandelingen moeten met voorzichtigheid worden geïnterpreteerd: het laag aantal replica's (n=3) maakt de kans op type I fouten groot, en beide effecten worden voor slechts 1 meetjaar gevonden.

Een trend van lagere dichtheden van detritivoren in de bioliet, lavagruis en (niet significant) dolokal behandelingen is op te merken voor de drogere jaren, en dit effect lijkt ook aanwezig te zijn in het natte jaar, maar dan niet significant. In sterk vergelijkbaar onderzoek werd voor droge heide een afname van detritivoren in bioliet en voor vochtige heide een afname in dolokal behandelingen gevonden. Deze resultaten samen genomen leiden tot een voorzichtige conclusie dat snelwerkende bufferstoffen een negatief effect kunnen uitoefenen op de dichtheden van detritivore tweevleugeligen, maar dat in heidegebieden bodemvochtcondities een veel groter effect hebben op de abundantie van deze soortgroep.

6.4.2 Loopkevers

Ook voor de loopkevers geldt dat het optreden van extreem droge jaren tijdens de bemonsteringsreeks een grotere invloed heeft uitgeoefend op de samenstelling van de loopkevergemeenschap dan het toedienen van steenmeel. Het effect van de droogtejaren, en het herstel van de gemeenschap erna was veel groter dan de effecten van steenmeel. Steenmeel effecten bleken bovendien over de jaren vaak niet consistent op te treden of werden niet meer in het laatste meetjaar terug gevonden. Al met al kan dus worden geconcludeerd dat steenmeeltoediening niet heeft geleid tot fundamentele verschuivingen in de loopkevergemeenschap. Een tweede conclusie die hier meteen achteraan gemaakt moet worden is dat droogte juist een heel sterke verschuiving van de loopkevergemeenschap teweeg heeft gebracht. Het is van belang om deze conclusie te trekken omdat deze forse verschuiving elke mogelijke bijdrage van steenmeeltoediening op de respons van loopkevers heeft uitgewist. Het niet terug komen van veel heidekarakteristieke soorten (ook niet in de controle vlakken) suggereert dat er op gebiedsniveau sterke veranderingen in de loopkevergemeenschap hebben opgetreden, of dat de droogte heeft gezorgd voor een even sterke verandering in de geldende microklimatologische omstandigheden dan de steenmeelbehandelingen als gevolg van de droogte. De impact die droogte kan hebben op loopkevergemeenschappen is eerder beschreven voor open gebieden (Morecroft et al., 2002) en bossen (Weiss et al., 2024) en de resultaten zijn ten dele vergelijkbaar met de effecten die in deze studie zijn gevonden. In dit onderzoek is een verschuiving van een gemeenschap bestaande uit een mix van hygrofiele tot xerofiele soorten, verschillende voedselstrategieën en hoog en laag mobiele soorten naar een gemeenschap gedomineerd door hoog mobiele, warmteminnende herbivoren van uitgesproken bodems evident.

Wanneer meer in detail gekeken wordt lijkt steenmeeltoediening wel een tijdelijke bescheiden modulerende rol te hebben gespeeld in de samenstelling van de loopkevergemeenschap. Door

toedienen van de reactievere steenmelen (biolit en dolokal, in mindere mate lavagruis) nam het aandeel van grassen in de proefvlakken toe (Verbaarschot et al., 2020). Dit leidde in 2016 al tot een kleine maar significante toename van grasetende, xerofiele soorten, en tot een minder sterke afname van die groep in soortenrijkdom en/of activiteitsdichtheid tijdens en 1 jaar na optreden van het droogtejaar van 2018. De toename van fijnbladige grassen lijkt de overleving van (larven van) die soorten dus in de jaren voorafgaand aan de droogte te hebben gestimuleerd. Na het optreden van de droogte in 2018 (en die van 2022) is dit effect uitgewist: ook de controles worden nu gedomineerd door deze groep. Dus als er een effect van steenmeel op de samenstelling van de loopkevergemeenschap aanwezig is, dan is deze te omschrijven als een minder uitgesproken variant van het droogte effect, en wordt waarschijnlijk door hetzelfde proces gestuurd: lokaal instorten van de heidedominantie en een hogere bedekking van (fijnbladige) grassen in de herstelfase bevoordeelt grasetende xerofiele soorten over heidekarakteristieke soorten.

7 Inzicht in de verwerkingssnelheid van steenmelen

Voor het bepalen van de doseringen van steenmelen en eventuele herhalingen van de toepassingen in de tijd is het noodzakelijk om inzicht te krijgen in de werkingssnelheid en -duur van de verschillende toegepaste steenmelen of te wel: hoeveel basische kationen komen vrij door verwerking van het toegevoegde steenmeel. Er zijn nog veel kennisgaten over de verweerbaarheid van de diverse mineralen waaruit silicaatsteenmelen bestaan, zeker onder veldomstandigheden. Kennis over de werking en verwerkingssnelheid van steenmelen is nog volop in ontwikkeling (o.a. van der Bauwhede et al., 2025, de Universiteit van Amsterdam, Wageningen University en Research en Wageningen Environmental Research).

Voor de verwerkingssnelheid van steenmelen is het onder meer van belang om nauwkeurig te weten wat de mineralogische samenstelling is, de maling, de dosering en de bodemeigenschappen (o.a. zuurgraad) waarop het steenmeel wordt toegepast. Steenmelen zijn silicaatmineralen en bestaan uit verschillende soorten mineralen waarvan de verwerkingssnelheden sterk verschillen. Uit onderzoek is gebleken dat met name biolite en soilfeed voor een groot deel uit inerte mineralen of zeer langzaam verweerbare mineralen bestaan (o.a. kwarts, muscoviet, K-veldspaat; Tabel 1.1) en dus voor een groot deel zeer slecht verweerbaar zijn (Weijters et al., 2018, van der Bauwhede et al., 2025). In onderstaande alinea's wordt geprobeerd om op twee verschillende manieren een eerste inschatting te krijgen van het aandeel van de toegediende bufferstoffen dat in 10 jaar verweerd is, en daarmee te weten te komen met welke snelheid de basische kationen het systeem weer opladen.

In van der Bauwhede et al., 2024 is een formule gegeven waarmee het aandeel zuur bufferend vermogen (of acid neutralising capacity ANC) van een steenmeel dat is verweerd berekend kan worden op basis van de dosis van het steenmeel en de gemeten toename in pH:

$$ANC_{\text{steenmeel}} = BP_{\text{bodem}} \Delta pH / \text{dosis}$$

BP_{bodem} = pH buffer kracht van de bodem in mmol/kg bodem/ ΔpH (verkregen door kalk gekalibreerde pH-metingen van de bodem)

ΔpH = verschil in pH ten opzichte van controle

dosis = toegediende dosis in kg steenmeel/kg bodem

Hierbij werd een BP_{bodem} waarde aangehouden van 21 mmol/kg bodem/ ΔpH gebaseerd op van der Bauwhede et al., 2024. Voor de verschillende toedieningen werd het gemeten verschil in pH (uit het model over alle jaren samen in vergelijking tot de controle) ingevuld en de toegediende dosis (in kg/kg bodem). Uit deze berekening komt naar voren dat het percentage van het steenmeel dat verweerd is, berekend op basis van het verschil in ANC (verweerd) en de toegevoegde ANC op basis van een HNO_3 -destructie, circa 12% is voor lavagruis, 17% voor soilfeed, 18% voor biolite en 27% voor dolokal (Tabel 7.1). In het geval van dolokal is dit een sterke onderschatting aangezien dolokal snel oplost.

Tabel 7.1 Overzicht van het aandeel basische kationen in meq/kg toegediend met de bufferstoffen, verweerd op basis van het verschil in pH en percentage van het steenmeel of dolokal dat verweerd is.

product	toegediend meq/kg	in	verweerd in meq/kg	% verweerd van toegediend product
soilfeed	1204		210	17
lavagruis	2363		280	12
biolit	3467		630	18
dolokal	19566		5250	27

Een andere manier om de verwerkingssnelheid van de toegediende bufferstoffen te berekenen is op basis van de hoeveelheden basische kationen gemeten aan het bodemcomplex 10 jaar na toediening van de bufferstoffen. In totaal werd er met soilfeed circa 800 mmol/m² aan basische kationen toegediend op basis van een HNO₃-destructie, met lavagruis circa 2200 mmol/m² en met biolit en dolokal circa 1800 en 3900 mmol/m² (Tabel 7.2). In de bovenste 10 cm van de bodem wordt 10 jaar na toediening het meest terug gemeten aan het bodemcomplex met dolokal, gevolgd door biolit, soilfeed en lavagruis. Het percentage van het steenmeel dat verweerd is, is het laagst voor lavagruis met 19% en ongeveer de helft van de toegediende hoeveelheid van soilfeed en biolit met 56% en 48%. En van het snel oplosbare dolokal is 94% verweerd.

Tabel 7.2 Overzicht van het aandeel basische kationen in mmol/m² toegediend met de bufferstoffen, gemeten aan het bodemcomplex ten opzichte van de controle en percentage van het steenmeel of dolokal dat verweerd is.

product	toegediend mmol/m ²	in	aan bodemcomplex in mmol/m ²	% verweerd van toegediend product
soilfeed	778		437	56
lavagruis	2198		424	19
biolit	1760		852	48
dolokal	3914		3673	94

Op basis van de tweede berekening is de helft van de toegediende hoeveelheid van soilfeed en biolit verweerd. Zowel soilfeed als biolit bestaan voor een groot deel uit zeer langzaam en slechtverweerbare mineralen. Het is onbekend in hoeverre de 'snel verweerbare fractie' van de toegediende steenmelen al verweerd is in dit experiment.

8 Synthese en Conclusies

8.1 Doel van het experiment

Het droog zandlandschap staat al decennia lang onder druk. Grote knelpunten zijn versnelde bodemverzuring en vermesting nu in hoge mate veroorzaakt worden door een al decennia te hoge stikstofdepositie uit de lucht (o.a. Verstrael et al., 2017, Bobbink et al., 2017). In dit onderzoek zijn maatregelen getoetst om de negatieve effecten van verzuring en mogelijk vermesting tegen te gaan in droge heide (H4030). De onderstaande kennisvragen vormden de basis voor dit onderzoeksproject:

1. Wat zijn de middellange (8-10 jaar) termijneffecten van steenmeeltoediening?
2. Wat zijn de middellange termijneffecten van steenmeeltoediening op de fauna?
3. Wat is de rol van bodembioologische processen (schimmels en bacteriën)?
4. Is er sprake van dispersielimitatie van karakteristieke kruiden?
5. Wat is de verweringsnelheid van het steenmeel?
6. Zorgt het toedienen van steenmeel ook voor een effectieve verlaging van de stikstofgehalten in bodem en plant?

Om deze vragen te kunnen beantwoorden is sinds het najaar van 2014 onderzoek verricht naar de effecten van steenmeeltoediening - en ter vergelijking - dolomietkalk op de bodemchemie, plantchemie, vegetatiesamenstelling en fauna in soortenarme verzuurde droge ongeplagde heide (Verbaarschot et al., 2020, Weijters et al., 2023). Vanaf najaar 2022 werd ook het bodemleven (bacteriën en schimmels) aan het al lopende onderzoek toegevoegd. De behandelingen werden éénmalig opgebracht in het najaar van 2014 op de bestaande zode en vegetatie, en niet ingewerkt. De proeflocaties zijn gelegen op de Strabrechtse heide in droge heide met hoge dominantie van struikheide. Met de in deze experimenten toegediende steenmeel- en kalkgiften is gepoogd om in ieder geval een aanzienlijk deel van de door antropogene invloeden veroorzaakte verliezen van Ca-, K- en Mg-bevattende mineralen aan te vullen en weer beschikbaar te krijgen voor de vegetatie. Er werd gekozen voor een dosering van 10 en 15 ton steenmeel/ha en een wat hogere dosering dolomiet van 4 ton/ha, het dubbele van de gebruikelijke 2 ton/ha. De motivering van de gebruikte producten en doseringen is beschreven in de eerste rapportage van dit onderzoek (Weijters et al., 2015).

Om aan te kunnen geven of veranderingen in de bodemchemie positief of negatief waren en om inzicht te krijgen in hoeverre de bodemchemie lijkt op die gemeten in relatief kruidenrijke droge heide, werden gegevens gebruikt uit de literatuur (o.a. de Graaf et al., 2009 en Bobbink 2008) en de GRIP-database van Onderzoekcentrum B-WARE (Brouwer et al., 2024). Uitgangspunt hierbij was dat het bodemadsorptiecomplex opgeladen wordt met basische kationen zonder een te snelle toename van de pH. De beschikbare concentraties Ca, K en Mg in de bodem worden idealiter verhoogd tot in de range gemeten in relatief kruidenrijke heideterreinen met een kenmerkende biodiversiteit, gecombineerd met een afname in de beschikbare aluminiumconcentratie in de bodem. Omdat in sterk verzuurde en met stikstof opgeladen heidebodems een grote voorraad aan stikstof in de bovenste bodemlagen aanwezig is, en dan voornamelijk in de vorm van ammonium, werd een risico op het versneld vrijkomen van stikstof na bufferherstelmaatregelen reëel geacht. Een sterke toename in stikstofbeschikbaarheid of sterke verrijking van de vegetatie werd als ongewenst gedefinieerd.

In de vegetatie werd een toename van kenmerkende heidesoorten en een toename van soorten uit een meer gebufferd milieu als gunstig gedefinieerd, onder voorwaarde dat grassen als pijpenstrootje of bochtige smele niet te dominant werden en er geen sterke toename van ruderaal soorten optrad. De kieming en blijvende vestiging van ingebrachte soorten van karakteristieke kruiden uit droge heide werd gezien als een signaal van dispersielimitatie als deze soorten verder niet in de proeflocaties aangetroffen werden. Naast de soortensamenstelling van de vegetatie, is ook de element-samenstelling van de vegetatie van belang. Dit vormt immers het voedsel voor herbivore soorten. In deze studie werd

materiaal van struikhei en bochtige smele op elementen geanalyseerd, waarbij zowel naar de absolute gehalten als de verhoudingen van elementen werd gekeken. Uit eerdere studies naar de relatie tussen bufferherstelmaatregelen en bodemfauna bleek dat met name de N/P-ratio en de verhouding tussen Mn, Mg en Zn van belang kunnen zijn (Vogels et al., 2017, 2021, 2023).

Voor de microbiologie is het (nog) niet mogelijk een duidelijk hersteldoel of referentie te benoemen. Wel kunnen we stellen dat een te sterke verschuiving in de verhouding tussen schimmels en bacteriën en/of de samenstelling van de gemeenschappen als ongewenst wordt gezien, omdat dit een signaal is dat omzettingprocessen in de bodem mogelijk (te) sterk veranderen.

Een grotere variatie in trofische niveaus van fauna is in deze studie onderzocht door middel van een studie naar de tweevleugeligen (Diptera) en loopkevers. Tweevleugeligen en loopkevers kunnen zowel op soort, familie als trofische groep worden ingedeeld, variërend van detritivoor tot carnivoor. Ook hier geldt dat voornamelijk grote veranderingen in trofische groepen, met andere woorden: sterke afnames van het aantal soorten en/of individuen als negatief wordt gezien. Voor de herbivoren wordt een toename gezien als een positief effect, vanuit de aanname dat er een versterkte limitatie in de abundantie van herbivore fauna optreedt als gevolg van verzuring en vermessing en als onbedoeld bijeffect van mitigerend beheer (Vogels et. al., 2017, 2021).

8.2 Synthese van de resultaten

8.2.1 Effecten van de steenmelen soilfeed, lavagruis en biolit

Gedurende het experiment heeft een ontwikkeling plaatsgevonden, waardoor de vegetatie van de droge heide in alle proefvlakken is veranderd. In de drie series van proefvlakken is in de periode 2016-2017 de heidebedekking afgenomen als gevolg van de integrale begrazing. Vervolgens is als gevolg van droge en hete zomerperioden van 2018 tot 2020 de heidebedekking afgenomen (van ~87% naar ~25-30%). De bedekking door grasachtigen is in die tijd toegenomen tot ca. 13%. Met het openen van de oude struikheivegetatie is ook de mosbedekking fors afgenomen. Deze sterke verandering in vegetatie en droogte had grote invloed op de bovengrondse fauna.

Tien jaar na toediening van soilfeed, lavagruis en biolit kunnen we concluderen dat alle drie de opgebrachte steenmelen maar ook het opgebrachte dolokal positieve effecten op de ontwikkeling van de droge heide hebben gehad (samenvatting effecten in Tabel 8.1). Maar we concluderen ook dat geen van de opgebrachte producten alle knelpunten in het heidesysteem volledig heeft opgelost.

Het steenmeel soilfeed resulteerde in een kleine toename van het aantal soorten planten van gebufferde condities en graslandsoorten. Ook was de kieming van ingebrachte zaden van drie kenmerkende plantensoorten en overleving van juvenielen planten hoger dan in de controle. Er werden geen negatieve, maar ook geen positieve effecten van soilfeedtoediening gemeten op fauna. Soilfeed bleek één van de drie producten (naast lavagruis en eifelgold; niet getest in dit experiment) die duidelijk voor meer kaliumbeschikbaarheid in het systeem zorgde, zowel in de bodem (tot in het achtste meetjaar) als in de vegetatie, hoewel niet duidelijk is of er een kaliumgebrek aanwezig was. In de vegetatie werden verder geringe verschuivingen in elementconcentraties- en ratio's vastgesteld. In de bodem blijkt soilfeed het minst reactief en zorgt binnen tien jaar niet voor dermate verhoging van de pH, basenverzadiging en beschikbaarheid van basische kationen dat er sprake is van een duidelijke verbetering. In tegenstelling tot het experiment op de Hoge Veluwe (Weijters et al., 2023) werd op Strabrecht met toediening van soilfeed geen significant effect op de beschikbaarheid van aluminium in de bodem gemeten. Het is dus absoluut niet zo dat soilfeed geen enkel effect heeft, maar de effecten na 10 jaar waren zeer subtiel en van een wezenlijk systeemherstel van de zeer soortenarme heide richting meer soortenrijke heide is nauwelijks sprake.

Ook het steenmeel lavagruis resulteerde in een kleine toename van het aantal soorten planten van gebufferde condities en was de kieming van ingebrachte zaden en overleving van juvenielen planten hoger dan in de controle. Er werd een mogelijk negatief effect van lavagruis toediening gemeten op detritivore tweevleugeligen en geen effecten op loopkevers. Ook lavagruis is een product dat duidelijk voor meer kaliumbeschikbaarheid in het systeem zorgde, zowel in de bodem (vanaf het vierde meetjaar) als in de vegetatie. In de vegetatie werden verder geringe verschuivingen in elementconcentraties- en ratio's vastgesteld. In de bodem blijkt het steenmeel lavagruis, dat minder fijn gemalen is ("grover") dan soilfeed en biolit, reactiever te zijn dan soilfeed en met name vanaf het achtste meetjaar. Door de grovere maling duurt het waarschijnlijk langer voordat meetbare effecten op bodem- en plantchemie optreden. Desondanks zorgt lavagruis binnen tien jaar tot voldoende herstel om de basenverzadiging en beschikbaarheid van basische kationen zodanig te verhogen dat er sprake is van duidelijke verbetering van het systeem. Onduidelijk is tot hoever het systeem hersteld zal worden omdat de effecten op bodemchemie duidelijk nog niet gestabiliseerd zijn.

Van de drie toegediende steenmelen resulteerde het steenmeel biolit tot de grootste verschuivingen in de vegetatie die voornamelijk veel graziger werd en waarin een hoger aantal soorten vaatplanten werd waargenomen. Er werd met name een toename gezien in het laag blijvende fijn schapengras en niet in pijpenstrootje en bochtige smele (vergrassende soorten die samenhangen met eutrofiëring). Evenwel indiceert deze flinke toename van fijn schapengras dat er waarschijnlijk een omslag heeft plaatsgevonden in de nutriënthuishouding in de bodem die grasachtigen heeft bevoordeelt. Dit proces werd hier mogelijk aangejaagd door het openen van de struikheivegetatie door begrazing en de daaropvolgende extreme droogteperiode. Dit betekent dat toediening van deze bufferstof met de nodige voorzichtigheid moet worden benaderd. Ook was de kieming van ingebrachte zaden en overleving van juvenielen planten hoger dan in de controle. Er werd een mogelijk negatief effect van biolit toediening gemeten op detritivore tweevleugeligen en geen effecten op loopkevers. In de vegetatie werd een toename van magnesium en calcium gemeten en werden geringe verschuivingen in elementratio's vastgesteld. Het steenmeel biolit werkte in deze proeven op de middellange termijn duidelijk beter dan soilfeed of lavagruis met betrekking tot het herstel van de bodemchemie. Omdat dit steenmeel een mix is van zowel silicaatmineralen als ca. 5-10% magnesium-calciumcarbonaten komt het dicht bij een mengvorm van kalk en silicaatsteenmeel. Met biolit werd binnen tien jaar de beschikbaarheid van basische kationen en basenverzadiging zodanig verhoogd dat er sprake is van een duidelijke verbetering van het systeem. Het steenmeel biolit was de enige van de drie geteste steenmelen die binnen 10 jaar resulteerde in een significante afname van Al^{3+} aan het complex. Daarnaast bevat biolit wat fosfor waardoor mogelijk negatieve effecten van de carbonaten (vastleggen van P) worden verminderd of niet voorkomen. Op de proeflocatie in droge heide was fosforlimitatie een knelpunt voor zowel de vegetatie als de fauna (o.a. Vogels et al., 2020a; 2021; 2022, Siepel 2018, Verbaarschot et al., 2021). Omdat met biolit de verhouding tussen silicaten en carbonaten vastligt, is dit product mogelijk niet overal geschikt. Met name in systemen met een lage CEC, zoals geplagde heides en stuifzandheides, verwachten we dat de hier toegepaste dosering van dit product mogelijk te reactief kan zijn.

8.2.2 Effecten van de toediening van dolokal

De vier ton dolokal die werd opgebracht in de proefvlakken was een (bewuste) hoge dosering, waarbij de grens waarop negatieve effecten van bekalking bekend zijn, werd opgezocht (o.a. beschreven in Bobbink et al., 2018). Deze dolokal-behandeling zorgde in de droge heide voor een sterke toename van de pH-NaCl en basenverzadiging tot boven de range gemeten in droge kruidenrijke referentie heides. Ook zorgde de dolokal toediening voor een duidelijke afname van de Al/Ca-ratio, een toename van de

CEC, een toename van de Ca- en Mg-beschikbaarheid, een hogere bedekking van grassen en meer soorten vaatplanten en soorten van een gebufferd milieu.

Deze dosering van 4 ton/ha met dolokal (15% Mg) was aan de hoge kant, waarbij de bodemchemie "doorschoot" richting het heischrale milieu (of te wel de zeldzame heischrale subassociatie van de droge heide). Ook uit de DNA-analyses kwam naar voren dat deze dosering voor de meest duidelijke verandering zorgde in de schimmel- en bacterie samenstelling en daarmee ook de stoffenkringloop van het systeem. Voor detritivore tweevleugeligen werd een trend van lagere dichtheid gevonden met dolokal (niet significant) en dit komt overeen met een afname van detritivoren in een vergelijkbaar experiment op de Veluwe (Weijters et al., 2023). Deze resultaten samen genomen leiden tot een voorzichtige conclusie dat snelwerkende bufferstoffen bij relatief hoge dosis een negatief effect kunnen uitoefenen op de dichtheden van detritivore tweevleugeligen, maar dat in heidegebieden bodemvochtcondities een veel groter effect hebben op de abundantie van deze soortgroep.

Wat ook duidelijk naar voren kwam, was dat de effecten van de hier gebruikte dosering van vier ton Dolokal binnen tien jaar niet voor sterke negatieve effecten te hebben gezorgd. Er was geen sprake van verruiging van de vegetatie met soorten als pijpenstrootje en bochtige smele, wel nam de grasbedekking toe tot meer dan 70%. Deze toename in grasbedekking was ook hier met name het gevolg van een sterke toename van het laagblijvende fijn schapengras, en waarbij hetzelfde principe geldt zoals bij bioliet wellicht nog in sterkere mate. In bodemchemie was er evenwel geen sprake van meetbare sterke toenames van voedingsstoffen als gevolg van versnelde afbraak en er was ook geen duidelijke sprake van sterke vastlegging van P, noch een duidelijk effect op de hogere trofische niveaus. Op basis van deze resultaten concluderen we dan ook dat een lage dosering kalk (lager dan de hier gebruikte 4 ton/ha: 1,5-2 ton/ha) positief kan uitpakken (zie ook o.a. De Graaf et al, 1998b; Dorland et al, 2005; Dorland et al., 2004; Vogels et al, 2019), maar dat niet uitgesloten kan worden dat dit tot een toename in grasdominantie kan leiden. Bij zeer P-arme systemen of systemen met een lage CEC, die gevoeliger zijn voor P-vastlegging of disbalansen van voedingsstoffen na een kalkgift (Vogels et al., 2020a; 2021; 2022, Siepel 2018, Verbaarschot et al., 2021), is er een risico op overdosering.

Tabel 8.1 Overzicht van de effecten van de verschillende steenmeeltypen en dolokal op de bodemchemie, plantchemie, vegetatiesamenstelling, bodemleven en fauna. +=toename, -=afname; blauw=gewenst effect, maar klein; groen=gewenst effect, duidelijke verbetering; oranje= gewenst effect, maar te groot; rood= ongewenst effect en grijs = onbekend, ()= klein effect.

	soilfeed	lavagruis	biolit	dolokal
Bodemchemie				
pH-NaCl	+	+	+	+
Al/Ca-ratio		-	-	-
basenverzadiging		+	+	+
CEC				+
organische stof				
beschikbaar-Ca		+	+	+
beschikbaar-Mg		+	+	+
beschikbaar-K	+	+		
N-beschikbaarheid	-NO ₃	-NO ₃	-NO ₃ , -N-flux	-N-flux
P-beschikbaarheid			+	-
sporenelementen		-Mn	-Zn	-Mn,-Zn
Plantchemie				
N/P-ratio in plant	- struikhei	- struikhei	- struikhei	- struikhei, - bochtige smele
basische kationen struikhei	+K	+K	+Mg	+Mg
sporenelementen struikhei	-Mn, -Mn/Mg	-Mn, -Mn/Mg	-Mn/Mg	-Mn, -Mn/Mg
basische kationen bochtige smele	+K, -Mg	+K, +Ca	+Ca, +Mg	+Ca, +Mg
sporenelementen bochtige smele		+Al	+Al	-Mn, -Mn/Mg
Ontwikkeling vegetatie				
bedekking heide				
bedekking grassen	+	+	+	+
soorten van gebufferd milieu	+	+		+
soorten vaatplanten	+	+	+	+
kieming en overleving juvenielen	+	+	+	+
Bacteriën en schimmels				
schimmel: bacterie-ratio		+	(-)	(-)
diversiteit bacteriën				
verschuiving samenstelling schimmel- en bacteriegemeenschap		+		
ericoid mycorrhiza		+		
Fauna				
Herbivore diptera		(-)	(-)	
Detritivore diptera		(-)	(-)	(-)
Loopkevers				

8.2.3 Onderzoeksvragen

Met de bovenstaande informatie kunnen we de onderzoeksvragen als volgt beantwoorden:

Wat zijn de middellange (8-10 jaar) termijneffecten van steenmeeltoediening op Strabrecht?

- Geen van de onderzochte steenmeelproducten was in staat om binnen tien jaar alle knelpunten op het vlak van bodemverzuring geheel weg te nemen. Biolit, gevolgd door lavagruis, was van de silicaatsteenmelen het meest effectief en zorgde voor een kleine toename van de bodem-pH, een toename in basenverzadiging, afname van de aluminiumbeschikbaarheid en een gunstigere verhouding tussen beschikbaar Al en Ca. Verder heeft toediening van biolit geen effect op de kaliumbeschikbaarheid, niet verrassend aangezien het product nauwelijks kalium bevat. Met de toediening van lavagruis werd een positief effect op de kaliumbeschikbaarheid gemeten. Daarnaast zorgde biolit ook voor een geringe toename in de P-beschikbaarheid. Het steenmeel soilfeed was het minst effectief en lijkt van de drie toegediende steenmelen het minst geschikt voor toepassing op Strabrecht.
- Met het steenmeel lavagruis werd pas vanaf het achtste meetjaar een hogere basenverzadiging en hogere concentraties Ca en Mg in de bodem gemeten. Door de grovere maling duurt het waarschijnlijk langer voordat meetbare effecten op bodem- en plantchemie optreden. Onduidelijk is tot hoever het systeem hersteld zal worden omdat de effecten op bodemchemie duidelijk nog niet gestabiliseerd zijn (**kennislacune**).
- Geen van de toegevoegde steenmelen heeft voor een duidelijke verbetering van de ammonium- en nitraatconcentraties gezorgd. Enkel met biolit werd een kleine, maar significante, afname in de N-flux gemeten. In struikheide werd een lager N-gehalte gemeten met steenmeel toediening en daardoor ook een lagere N:P-ratio. Dat betekent ook dat de toepassing van steenmeel ook na 10 jaar geen oplossing biedt voor het vermestende effect van stikstofdepositie of de mogelijke negatieve werking van te veel ammonium in droge heide. Hiervoor dienen dus aanvullende maatregelen genomen te worden (o.a. het verlagen van de stikstofdepositie).

Leidt steenmeeltoediening tot een verbetering van de vegetatie?

- Droge heide met een goede structuur en functie, op basis van het habitatype profiel, bestaat o.a. uit een dominantie van dwergstruiken (>25%) en lage bedekking van grassen (<25%). Door de integrale begrazing tot 2019 en het extreme droogte jaar 2018 nam de heidebedekking sterk af en herstelde de laatste twee meetjaren weer tot een gemiddelde bedekking van 58% in de onbehandelde controle. Met de toediening van de steenmelen soilfeed en lavagruis herstelde de heide tot een bedekking vergelijkbaar met die van de controle (>35% in 2024). Met de toediening van biolit bleef de heidebedekking achter ten opzichte van de andere twee steenmelen met een gemiddelde bedekking <20% in 2024. De bedekking van grassen nam, na de droge jaren, met steenmeeltoediening duidelijk sterker toe dan in de controle met een bedekking van circa 30% met soilfeed, circa 50% met lavagruis en circa 70% met biolit (in 2024). Dit werd met name veroorzaakt door een toename van het laag blijvende fijn schapengras en niet met pijpenstrootje en bochtige smele (vergrassende soorten die samenhangen met eutrofiëring). Evenwel indiceert deze flinke toename van fijn schapengras dat er waarschijnlijk een omslag heeft plaatsgevonden in de nutriënthuishouding in de bodem die grasachtigen heeft bevoordeelt. In de behandeling met lavagruis en met name biolit, met een duidelijke verbetering in bodembuffering, is het aandeel grassen hoog op basis van het habitatype profiel en ontstaat een meer grazige, licht gebufferde heide.



Figuur 8.1 Overzichtsfoto's van de lavagruis (boven) en bioliet (onder) behandelde proefvlakken in blok 1 (links) en blok 3 (rechts) in juli 2024.

- Met steenmeeltoediening werd een toename gemeten van het aandeel vaatplanten en het aantal soorten van meer grazige, licht gebufferde heide. Dit duidt op een duidelijke verbetering van de vegetatie door steenmeeltoediening ten opzichte van de zeer soortenarme controle.
- Het toedienen van steenmeel resulteerde in een afname van de N/P-ratio in struikheide en daarmee tot een betere voedselkwaliteit van struikheide. Voor bochtige smele werd dit effect niet gemeten. Geconcludeerd wordt dus dat verbetering van de voedselkwaliteit door het opbrengen van steenmeel afhankelijk is van het soort plant. In dit onderzoek is dit bij twee soorten gemeten, wat voorspellingen voor een breder scala aan soorten niet mogelijk maakt (**kennislacune**).

Wat zijn de middellange termijneffecten van steenmeeltoediening op fauna?

- Er werd met steenmeeltoediening geen significant effect uitgeoefend op de familierijkdom van tweevleugeligen. Effecten op dichtheden werden sterk vertroebeld door grote fluctuaties in neerslagoverschot tussen de onderzoeksjaren. Herbivore tweevleugeligen lijken in deze proef eerder last te ondervinden van steenmeeltoediening dan dat ze er profijt van hebben. Dit is deels in tegenspraak met het simultaan uitgevoerd onderzoek in het Nationale Park de Hoge Veluwe (Weijters et al., 2023), waar bioliet behandeling leidde tot een significant hogere abundantie herbivore tweevleugeligen in zowel droge als vochtige heide.
- Met bioliet en lavagruis werd een trend van lagere dichtheden detritivore tweevleugeligen gevonden in zowel de droge (significant) als natte jaren (niet significant). Dit komt overeen met een afname van detritivoren met bioliet in de Veluwe. Deze resultaten samen genomen leiden tot een voorzichtige conclusie dat steenmelen met een snelwerkende kalkfractie (zoals bioliet) een mogelijk negatief effect kunnen uitoefenen op de dichtheden van detritivore tweevleugeligen, maar dat in heidegebieden bodemvochtcondities een veel groter effect hebben op de abundantie van deze soortgroep.
- Steenmeeltoediening heeft niet geleid tot fundamentele verschuivingen in loopkevergemeenschap. Ook voor de loopkevers geldt dat het optreden van extreem droge jaren tijdens de bemonsteringsreeks een grotere invloed heeft uitgeoefend op de samenstelling

van de loopkevergemeenschap dan het toedienen van steenmeel. Het effect van de droogtejaren, en het herstel van de gemeenschap erna was veel groter dan de effecten van steenmeel. Steenmeel effecten bleken bovendien over de jaren vaak niet consistent op te treden of werden niet meer in het laatste meetjaar terug gevonden.

- Wanneer meer in detail gekeken wordt lijkt steenmeeltoediening wel een tijdelijke bescheiden modulerende rol te hebben gespeeld in de samenstelling van de loopkevergemeenschap. De toename van het aandeel grassen met steenmeeltoediening resulteerde in 2016 tot een kleine maar significante toename van grasetende, xerofiele soorten, en tot een minder sterke afname van die groep in soortenrijkdom en/of activiteitsdichtheid tijdens en 1 jaar na optreden van het droogtejaar van 2018. De toename van fijnbladige grassen lijkt de overleving van (larven van) die soorten dus in de jaren voorafgaand aan de droogte te hebben gestimuleerd. Na het optreden van de droogte in 2018 (en die van 2022) is dit effect uitgewist. Dus als er een effect van steenmeel op de samenstelling van de loopkevergemeenschap aanwezig is, dan is deze te omschrijven als een minder uitgesproken variant van het droogte effect, en wordt waarschijnlijk door hetzelfde proces gestuurd: instorten van de heidedominantie en een hogere bedekking van (fijnbladige) grassen in de herstelfase bevoordeelt grasetende xerofiele soorten over heidekarakteristieke soorten.
- Het is niet geheel duidelijk of de nu subtiele effecten van steenmeeltoediening op fauna duidelijker waren geweest zonder de extreme droge of natte jaren (**kennislacune**).

Is er naast een bodemchemisch knelpunt in de droge heide op Strabrecht ook sprake van dispersielimitatie voor de kieming en vestiging van karakteristieke kruiden?

- Het toedienen van steenmeel werkt positief op de bodemsamenstelling, en stimuleert een aantal soorten planten van meer grazige, licht gebufferde heide. Echter, de plantensoorten die door stikstofovermaat en uitloging van mineralen zijn verdwenen, keren over het algemeen niet vanzelf terug. Voorbeelden zijn kruipbrem, stekelbrem, hondsviooltje en tormentil. Waarschijnlijk heeft dit vooral te maken met de moeizame verbreiding van deze soorten die nog maar heel spaarzaam aanwezig zijn op deze uitgestrekte heide en het ontbreken van een langlevende zaadvoorraad.
- Het inbrengen van zaden van kenmerkende soorten, namelijk tandjesgras, muizenoor en biggenkruid, 8 jaar na toediening van steenmeel resulteerde in een veel betere kieming (hoger aantal kiemplanten) en vestiging van de ingebrachte soorten ten opzichte van de controle, waar de twee soorten kruiden zich helemaal niet vestigde. Dit duidt op dispersielimitatie van soorten als tandjesgras en muizenoor, die verder niet aangetroffen werden buiten de ingezaaide proefvlakjes. Dit zou betekenen dat soorten met een moeizame verspreiding en zonder langlevende zaadvoorraad na bufferherstel actief ingebracht zouden moeten worden om weer tot een meer soortenrijke droge heide te kunnen komen.

Wat zijn de effecten van steenmeeltoediening op het bodemleven? En wat is de rol van bodembioologische processen op de verwerkingssnelheid van de verschillende soorten steenmeel?

- De overgrote relatieve meerderheid van schimmels in Strabrechtse heide zijn Ascomyceten (zakjeszwammen), waarvan de meeste een saprotrofe/saprofytische levensstijl hebben en dus gelinkt is aan de afbraak van organisch materiaal. Bacteriële gemeenschappen worden gedomineerd door ASV's (≈ "soorten") uit de klassen Acidobacteria, Alphaproteobacteria en Actinobacteria.
- De effecten van de toediening van steenmeel op de microbiële gemeenschappen zijn in het algemeen gering. Toediening van steenmeel heeft een effect op de samenstelling van zowel bacterie- als schimmelgemeenschappen, waarbij het effect groter was voor schimmels dan voor prokaryotische gemeenschappen.
- Met lavagruis werd gemiddeld de hoogste schimmeldiversiteit waargenomen en ook de hoogste schimmel-bacterieratio. Ook leidt het toedienen van lavagruis tot een lichte toename

in de relatieve abundanties van ericoid mycorrhiza, symbionten die belangrijk zijn voor het functioneren van de dwergstruiken in het heidelandschap.

- Met biolit en dolokal was de schimmel-bacterieratio lager dan bij lavagruis. Ook in andere experimenten werd met dolokal een lagere schimmel-bacterieratio gemeten (Veluwe; Weijters et al., 2023). Dit wijst op een hogere bacterie-abundantie na het toedienen van bufferstoffen met een kalk-fractie. Een lager aandeel schimmels in deze twee behandelingen is in lijn met een lagere dichtheid aan detritivore tweevleugeligen die in deze behandelingen gevonden werden.
- Het steenmeel soilfeed ondersteunde gemiddeld de hoogste abundantie van nitrificerende prokaryoten en biolit de laagste.
- De prokaryotische gemeenschappen van de droge heide in Strabrecht lijken wat meer op de prokaryotische gemeenschappen van de droge heide in de Veluwe dan van de natte heide in de Veluwe. Met toediening van dolokal was er in Strabrecht weinig verschil in prokaryotische gemeenschappen ten opzichte van de controle en toediening van steenmeel. In de Veluwe verschilden de prokaryotische gemeenschappen met toediening van dolokal duidelijk van de controle en steenmeel toedieningen. Hieruit blijkt dat dolokal en de daarmee geleverde elementen een vrij groot effect hebben op de samenstelling van bacteriegemeenschappen, dat verschilt van de effecten van steenmeel. Dit hangt echter ook af van de oorspronkelijke bodemeigenschappen waarop het wordt toegepast (Strabrecht versus Veluwe). Meer onderzoek kan inzicht geven in welke processen hierbij een rol spelen (**kennislacune**).

Zorgt het toedienen van steenmeel ook voor een effectieve verlaging van de N-gehalten in bodem- en plant?

- In de bodem werden nauwelijks significante effecten op nitraat en ammonium gemeten. Wel werd in het laatste meetjaar in alle steenmeelbehandelingen een lagere nitraatconcentratie gemeten, maar geen lagere ammoniumconcentraties. Verder lijkt de N-flux met steenmeeltoediening lager te zijn ten opzichte van de controle (alleen voor biolit significant).
- In de current year shoots van struikheide werd met steenmeeltoediening, met name vanaf het vijfde meetjaar, een lager N-gehalte gemeten en resulteerde in een lagere N/P-ratio. In bochtige smele werd alleen in het laatste meetjaar een lager N-gehalte gemeten met steenmeeltoediening, maar dit is met name te verklaren door het hoge N-gehalte in de controle. Ook op basis van de totale bovengrondse biomassa werden geen verschillen in N-gehalte gemeten ten opzichte van de controle. In bodem- en plantchemie werd met steenmeel toediening geen duidelijk effectieve verlaging van N-gehalten gemeten binnen 10 jaar.

Wat is de verwerkingssnelheid van het steenmeel?

- Een manier om de verwerkingssnelheid van de toegediende bufferstoffen te berekenen is op basis van het verschil in bodem-pH gemeten na 10 jaar tussen de behandelingen en de controle (van der Bauwhede et al., 2025). Uit deze berekening komt naar voren dat het percentage dat verweerd is, berekend op basis van het verschil in acid neutralizing capacity (ANC) en de toegevoegde ANC op basis van een HNO₃-destructie, circa 12% is voor lavagruis, 17% voor soilfeed, 18% voor biolit en 27% voor dolokal. In het geval van dolokal is dit een sterke onderschatting aangezien dolokal snel oplost.
- Een andere manier om de verwerkingssnelheid van de toegediende bufferstoffen te berekenen is op basis van de hoeveelheden basische kationen gemeten aan het bodemcomplex 10 jaar na toediening van de bufferstoffen. Het percentage van het steenmeel dat verweerd is, is het laagst voor lavagruis met 19% en ongeveer de helft van de toegediende hoeveelheid van soilfeed en biolit met 56% en 48%. En van het snel oplosbare dolokal is 94% verweerd.
- Op basis van de tweede berekening is de helft van de toegediende hoeveelheid van soilfeed en biolit verweerd. Zowel soilfeed als biolit bestaan voor een groot deel uit zeer langzaam en slechtverweerbare mineralen. Het is onbekend in hoeverre de 'snel verweerbare fractie' van de toegediende steenmelen al verweerd is in dit experiment (**kennislacune**).

8.3 Vertaling naar beheer

Voor de Strabrechtse heide kunnen we de volgende conclusies trekken:

Afhankelijk van de doelstelling geven we in Tabel 8.2 een advies op basis van dit onderzoek.

Tabel 8.2 Advies voor toepassing van bufferherstelmaatregelen op de Strabrechtse heide.

Doel	Product	Dosis	Risico
Behoud huidige situatie/kleine verbetering	soilfeed	10 ton/ha	Laag
Duidelijke verbetering bodembuffering	lavagruis of biolit	15 ton lavagruis of 10 ton/ha biolit	Onbekend wat eindpunt van lavagruis is, een hoger aandeel van fijnbladige grassen kan als een probleem worden gezien bij biolit
Ontwikkeling richting heischrale subvariant	dolokal	Max 2 ton/ha	Een hoger aandeel van fijnbladige grassen kan als een probleem worden gezien bij dolokal

8.4 Kennislacunes

Op basis van dit onderzoek zijn de volgende vragen opengebleven of gerezen:

Leidt de inzet van de steenmeelgift op de lange termijn tot een significante verbetering van de kwaliteit van het habitatype droge heide wat betreft vegetatie en bovengrondse fauna?

- Hiervoor is voortzetting van de monitoring over een langere periode noodzakelijk. Met name voor de bovengrondse fauna zijn de resultaten niet eenduidig, dit wordt met name veroorzaakt door de extreme droge en vervolgens natte jaren waardoor de effecten van het steenmeel nu subtieler zijn dan de extreme weersinvloeden.
- De toename van de grasbedekking bij de hoge dosering dolokal maar ook biolit met fijn schapengras zijn in deze drie series van proefvlakken duidelijk hoger dan de 25% die in het habitatype voor structuurrijke heide gegeven wordt. In hoeverre de bedekking met heide nog zal toenemen kan op dit moment nog niet worden ingeschat.

Welke invloed heeft een steenmeelgift op de ontwikkeling en herstel van het bodemleven?

- In deze studie werd op twee momenten in de tijd gemeten, een vervolgmeting zou veel inzicht geven in mogelijke richtingen in de ontwikkeling. Ook omdat er verschillen in richting gevonden werden tussen verschillende gebieden (Strabrecht vs Veluwe). Verder is er dringend behoefte aan meer referenties in ongestoorde situaties om de richting van de gevonden veranderingen te kunnen duiden als positief of negatief.

Tot welk niveau kan het adsorptiecomplex worden opgeladen en hoe lang duurt het voordat de effecten van het steenmeel weer gaan afnemen, ook afhankelijk van eventuele dalingen in de stikstofdepositie in de toekomst?

- Hiervoor is voortzetting van de monitoring over een langere periode noodzakelijk, met name omdat uit de gegevens blijkt dat de effecten van een grove maling als lavagruis pas 8 jaar na toediening duidelijk terug gemeten worden. Het is dus onduidelijk hoeveel basische kationen nog vrij komen, tot hoever het adsorptiecomplex zal worden opgeladen en of de toegediende dosis van 15 ton/ha niet te hoog is voor ontwikkeling van heide. Daarnaast lijken de effecten van het steenmeel soilfeed in de bodem juist af te nemen na tien jaar. Betekent dit dat dan dat

ook de positieve effecten op vegetatie zullen verdwijnen en dat er voor soilfeed al een herhaling van de toediening nodig zal zijn?

Wat zijn de effecten van steenmeel en kalktoedieningen in een situatie waarbij de stikstoflast onder de KDW valt?

- Daarvoor zullen we moeten wachten tot de N-depositie daadwerkelijk voldoende is gezakt. Het blijven monitoren van deze steenmeel- en kalkproef kan waardevolle informatie opleveren over mogelijk spontaan herstel (de controle proefvlakken), en veranderingen in de behandelde proefvlakken. In struikhei-planten werd onder de huidige stikstoflast met steenmeeltoediening een lager stikstofgehalte gemeten, dit effect werd niet gemeten in bochtige smele planten. Ook werden er in de bodem of biomassa geen lagere stikstofconcentraties vastgesteld.

Wat gebeurt er met de vorming van organische stof en de bodemopbouw na bufferherstelmaatregelen op jonge zandgronden met weinig organische stof en daardoor een lage CEC?

- Hiervoor is een nieuwe onderzoeksopzet nodig.

Deze proeven waren enkel gericht op de maatregel "bufferherstel", hoe kunnen verschillende maatregelen in het heideland gecombineerd worden om tot de beste aanpak te komen om zowel het knelpunt van bodemverzuring als van N-vermesting op te heffen?

- Hiervoor is een kennismontage nodig van alle beschikbare herstelmaatregelen en bekende combinaties hiervan. Kennishiaten die uit deze kennismontage voortkomen, kunnen middels gerichte experimenten onderzocht worden op hun werkzaamheid.

9 Literatuur

- Bates, D., M. Maechler, B. Bolker & S. Walker (2017). lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and S4. R package version 1.1-14.
- van der Bauwhede, R., Troonbeeckx, J., Serbest, I., Moens, C., Desie, E., Katzensteiner, K., Vancampenhout, K., Smolders, E. & Muys, B. (2024). Restoration rocks: The long-term impact of rock dust application on soil, tree foliar nutrition, tree radial growth, and understory biodiversity in Norway spruce forest stands. *Forest Ecology and Management*, 568, 122109.
- van der Bauwhede, R., van den Berg, L., Vancampenhout, K., Smolders, E., Muys, B. (2025). Field phytometers and lab tests demonstrate that rock dust can outperform dolomite and fertilisers for acid forest soil restoration. *Plant and Soil* (Accepted manuscript).
- Beuk, P. L. T. (2002). Checklist of the Diptera of the Netherlands. KNNV Uitgeverij, Utrecht.
- van den Berg, L. J., Dorland, E., Vergeer, P., Hart, M. A., Bobbink, R., & Roelofs, J. G. (2005). Decline of acid sensitive plant species in heathland can be attributed to ammonium toxicity in combination with low pH. *New Phytologist*, 166(2), 551-564.
- Bijlsma, R. I., Bobbink, R., van Delft, S. P. J., Dijk, P., Loeb, R., Sitters, J., & Weijters, M. J. (2024). Chronische vergrassing van droge heide met pijpenstrootje. (Onderzoeksrapportnummer; No. 2024/UPN-2021-001-DZ).
- Bobbink, R. (2008). Biodiversiteit in natuureservaten. *Landschap-Tijdschrift voor Landschapsecologie en Milieukunde*, 25(3), 109-115.
- Bobbink, R., D. Bal, H.F. van Dobben, A.J.M. Jansen, M. Nijssen, H. Siepel, J.H.J. Schaminée, N.A.C. Smits & W. de Vries (2012). De effecten van stikstofdepositie op de structuur en het functioneren van ecosystemen. In: *Herstelstrategieën stikstofgevoelige habitats: Ecologische onderbouwing van de Programmatische Ontwikkeling en Beheer Natuurkwaliteit 162 Aanpak Stikstof (PAS). Deel I: Algemene inleiding op herstelstrategieën: beleid, kennis en maatregelen*. Ministerie van Economische Zaken, Landbouw en Innovatie, Den Haag, pp.41-82.
- Bobbink, R., D. Bal, H.F. van Dobben, A.J.M. Jansen, M. Nijssen, H. Siepel, J.H.J. Schaminée, N.A.C. Smits & W. de Vries (2014). De effecten van stikstofdepositie op de structuur en het functioneren van ecosystemen. In: N.A.C. Smits & D. Bal (red.). *Herstelstrategieën stikstofgevoelige habitats*. Alterra WUR & Ministerie EZ. Deel 1, H-2: 41-110.
- Bobbink, R., H.L.T. Bergsma, J. den Ouden & M.L. Weijters (2017). Bodemverzuring in droog zandlandschap: na het zuur geen zoet? *Landschap* 34 (2): 61-69.
- Bobbink, R. (2021). Effecten van stikstofdepositie nu en in 2030: een analyse. Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen. Rapportnummer RP-20.135.21.35.
- Bobbink, R., G. van Dijk, E. Remke & H. Tomassen (2022). Herstelbaarheid van door stikstofdepositie aangetaste Natura 2000-habitattypen: een overzicht. Onderzoekcentrum B-WARE, Nijmegen. Rapportnummer RP-21.117.21.95.
- Bolker, B. & D. Robinson (2024). broom.mixed: Tidying Methods for Mixed Models versie 0.2.9.6.
- Brouwer, E., A. Koks, J. van Doorn & M. van Mullekom (2024). GRIP: 'levende' database koppelt vegetatie en bodemsamenstelling. *Landschap* 41: 96-107.
- van den Burg, A., A. Dees, T. Huigens, R.-J. Bijlsma, and R. de Waal (2014). Voedselkwaliteit en biodiversiteit in bossen van de hoge zandgronden. Rapport nummer OBN-2014/OBN186-DZ, Kennisnetwerk OBN, Driebergen.

- Callahan, B., McMurdie, P., Rosen, M. (2016). DADA2: High-resolution sample inference from Illumina amplicon data. *Nat Methods* 13, 581–583.
- Clerkx, A. P. P. M., & Bijlsma, R. J. (2003). Veluwe heide blijkt open boslandschap na ecologische interpretatie van het kadastrale archief van 1832. *De Levende Natuur*, 104(4), 148-155.
- van Diggelen, R., H. Bergsma, R. J. Bijlsma, R. Bobbink, A. van den Burg, J. Sevink, H. Siebel, H. Siepel, J. Vogels, W. De Vries & M. Weijters (2019). Steenmeel en natuurherstel: een gelukkige relatie of risicovolle combinatie? *Vakblad natuur bos landschap* 155:20-23.
- van Dobben H. (2010). Lange-termijn effecten van bekalking op bosvegetatie. Bruikbaarheid van oude experimenten. Alterra rapport 2098, Wageningen.
- Dorland, E., van den Berg, L., van de Berg, A., Vermeer, M., Roelofs, J., & Bobbink, R. (2004). The effects of sod cutting and additional liming on potential net nitrification in heathland soils. *Plant And Soil*, 265(1-2), 267-277.
- Dorland, E., van den Berg, L., Brouwer, E., Roelofs, J., & Bobbink, R. (2005). Catchment Liming to Restore Degraded, Acidified Heathlands and Moorland Pools. *Restoration Ecology*, 13(2), 302-311. doi: 10.1111/j.1526-100x.2005.00038.x
- Fierer, N., & Jackson, R. B. (2006). The diversity and biogeography of soil bacterial communities. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(3), 626–631.
- Fokker, J. & O. Vorst (2024). Klasse versie 2.0.101 Pro.
- de Graaf, M., Verbeek, P., Bobbink, R. & Roelofs, J. (1998). Restoration of species-rich dry heaths: the importance of appropriate soil conditions. *Acta Botanica Neerlandica*, 47(1), p. 89-111
- de Graaf, M.C.C., R. Bobbink, N.A.C. Smits, R. van Diggelen & J.G.M. Roelofs (2009). Biodiversity, vegetation gradients and key geochemical processes in the heathland landscape. *Biological Conservation* 142: 2191-2201.
- Jansen, A., J. Bouma, T. de Meij, U. Vegter, M. Wallis de Vries, E. Brouwer, J. Lenssen, M. Nijssen, T. Spek, P. van Beers, H. van Dam, R. van der Burg, R. van Grunsven & J. Vogels (2020). Droogte ingrijpend voor natuur in hoog Nederland. *in* O. d. t. N. Z. e. Beekdalen, editor. VBNE.
- Kleijn, D., Bekker, R. M., Bobbink, R., De Graaf, M. C., & Roelofs, J. G. (2008). In search for key biogeochemical factors affecting plant species persistence in heathland and acidic grasslands: a comparison of common and rare species. *Journal of applied ecology*, 45(2), 680-687.
- Martikainen, P. J. (2022). Heterotrophic nitrification – An eternal mystery in the nitrogen cycle. *Soil Biology and Biochemistry*, 168, 108611.
- Mol, G., S.P. Vriend, P.F.M. van Gaans (2003). Feldspar weathering as the key to understanding soil acidification monitoring data; a study of acid sandy soils in the Netherlands *Chemical Geology* 202 417– 441.
- Morecroft, M. D., C. E. Bealey, E. Howells, S. Rennie & I. P. Woiwod (2002). Effects of drought on contrasting insect and plant species in the UK in the mid-1990s. *Global Ecology and Biogeography* 11:7-22.
- Oksanen, J., F. G. Blanchet, M. Friendly, R. Kindt, P. Legendre, D. McGlenn, P. R. Minchin, R. B. O'Hara, G. L. Simpson, P. M. Solymos, H. H. Stevens, E. Szoecs & H. Wagner (2017). *vegan: Community Ecology Package*. R package version 2.4-2.
- R Core Team (2024). *R: A language and environment for statistical computing* versie 4.4.2.
- Schulze, E. D., Luysaert, S., Ciais, P., Freibauer, A., Janssens, I. A., Soussana, J. F., Smith, P., Grace, J., Levin, I., Thiruchittampalam, B., Heimann, M., Dolman, A. J., Valentini, R., Bousquet, P., Peylin, P., Peters, W., Rödenbeck, C., Etiope, G., Vuichard, N., ... Gash, J. H. (2009). Importance of methane and

- nitrous oxide for Europe's terrestrial greenhouse-gas balance. *Nature Geoscience*, 2(12), 842–850.
- Siepel, H., J. Vogels, R. Bobbink, R.J. Bijlsma, E. Jongejans, R. de Waal & M. Weijters (2018). Continuous and cumulative acidification and N deposition induce P limitation of the the micro arthropod soil fauna on mineral-poor dry heathlands. *Soil Biology and Biochemistry* 119: –28 - 134.
- Siepel, H., R. Bobbink, B.P. van de Riet, A.B van den Burg & E. Jongejans (2019). Long-term effects of liming on soil physico-chemical properties and micro-arthropod communities in Scotch pine forest. *Biology and Fertility of Soils* 55:675–683.
- Skiba, U. (2008). Denitrification. In S. E. Jørgensen & B. D. Fath (Hrsg.), *Encyclopedia of Ecology* (S. 866–871). Academic Press.
- Turin, H. (2000). De Nederlandse loopkevers. Verspreiding en oecologie (Coleoptera: Carabidae). Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis, KNNV Uitgeverij & EIS-Nederland, Leiden..
- Verbaarschot, E., Weijters, M., van de Riet, B., Brouwer, H. Bergsma, E., Vogels, J. en Bobbink, R (2020). Effecten van steenmeeltoediening na 5 jaar op de Strabrechtse heide. Onderzoekcentrum B-WARE B.V., Nijmegen. RP-17.110.20.17. Subsidienummer: C2211146/4236820.
- Verbaarschot, E. Weijters, M., Verbruggen, E., W. J. Emsens, S. Findeisen, Vogels, J. en Bobbink, R (2023). Effectiviteit van steenmeel als herstelmaatregel van H4030 in het Natura 2000-gebied Strabrechtse heide. Voortgangsrapportage 2023. Onderzoekcentrum B-WARE B.V., Nijmegen. RP-21.081.23.83. Subsidienummer: C2282965/4961420.
- Verstrael, T., Siebel, H. H., & Borkent, I. I. (2017). Hoe nu verder met het droog zandlandschap? *Landschap* (2) pagina 95 -97.
- Vogels, J. J., R. Bobbink, M. Weijters & H. Bergsma (2016). Het droge heidelandschap in de 21e eeuw: aandacht voor mineralogie en historisch landgebruik. *De Levende Natuur* 117:245- 250.
- Vogels, J.J., R. Loeb, E. Brouwer, R. Felix & M. Scherpenisse (2017a). Optimaliseren van herstelmaatregelen voor habitattypen van droge heide. De stikstofverwijderingspotentie van de gecombineerde maatregel branden en drukkbegrazen. Provincie Noord-Brabant - Subsidieregeling Biodiversiteit en leefgebieden
- Vogels, J.J., W. C. E. P. Verberk, L. P. M. Lamers & H. Siepel (2017b). Can changes in soil biochemistry and plant stoichiometry explain loss of animal diversity of heathlands? *Biological conservation* 212, Part B:432-447.
- Vogels, J.J.; Weijters, M.J.; Bobbink, R. ; Bijlsma, R.-J.; Lamers, L.P.M. ; Verberk, W.C.E.P. ; Siepel, H. (2019). Barriers to restoration: soil acidity and phosphorus limitation constrain recovery of heathland plant communities after sod cutting. *Applied Vegetation Science*. In press.
- Vogels, J., A. van den Burg, D. van de Waal, M. Weijters, R. Bobbink, M. Nijssen & M. Wallis de Vries (2020). Imbalanced by overabundance. Effects of nitrogen deposition on nutritional quality of producers and its subsequent effects on consumers. Rapportnr. 2020/OBN236-NZ, Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren, Zeist.
- Vogels, J. J., W. C. E. P. Verberk, J. T. Kuper, M. J. Weijters, R. Bobbink & H. Siepel (2021). How to Restore Invertebrate Diversity of Degraded Heathlands? A Case Study on the Reproductive Performance of the Field Cricket *Gryllus campestris* (L.). *Frontiers in Ecology and Evolution* 9.
- Vogels, J. J., Van de Waal, D. B., Wallis De Vries, M. F., Van den Burg, A. B., Nijssen, M., Bobbink, R., Berg, M. P., Olde Venterink, H., & Siepel, H. (2023). Towards a mechanistic understanding of the impacts of nitrogen deposition on producer-consumer interactions. *Biol Rev Camb Philos Soc*, 98(5), 1712-1731.

- de Vries, W., M. J. Weijters, J. J. de Jong, S. P. J. van Delft, J. Bloem, A. van den Burg, G. A. van Duinen, E. Verbaarschot, and R. Bobbink (2019). Verzuring van loofbossen op droge zandgronden en herstel mogelijkheden door steenmeeltoediening. Rapport OBN229-DZ, VBNE, Driebergen.
- Wamelink, W., H. van Dobben, F. van der Zee, A. van Hinsberg, R. Bobbink (2023)., 'Overzicht van kritische depositiewaarden voor stikstof, toegepast op habitattypen en leefgebieden van Natura 2000: Herziening 2023'. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3272.
- Wallis de Vries, M., K. Huskens, J. Vogels, R. Versluijs, M. Geertsma, J. Kuper, R. Loeb, E. Brouwer & R. Bobbink (2018). Alternatieven voor plaggen van natte heide Effecten op middellange termijn. Rapport nr. 2018/OBN221-NZ Driebergen.
- Weijters, M, Bobbink, R., Vogels, J., en Bergsma, H. (2015). Ontwikkeling praktijkgerichte maatregelen voor het herstel van droge heide in de provincie Noord-Brabant. Tussenrapportage 2015. Onderzoekcentrum B-WARE.
- Weijters, M., R. Bobbink, E. Bohnen-Verbaarschot, B. Van de Riet, J. Vogels, H. Bergsma & H. Siepel (2018). Herstel van heide door middel van slow release mineralengift. Resultaten van 3 jaar steenmeelonderzoek., VBNE, Driebergen, 216 pag.
- Weijters, M., E. Bohnen-Verbaarschot, J. Vogels, L. Smits, B. Van de Riet, H. Siepel, E. Verbruggen, W. J. Emsens, E. Brouwer & R. Bobbink (2023). Herstel van droge- en vochtige heide door middel van silicaatmineralen (steenmeel). Resultaten van negen jaar steenmeelonderzoek, *Rapportnummer OBN-2019-109-DZ*. Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren (VBNE), Driebergen, 198 pag.
- Weijters, M. en Bobbink, R. (2024). Vijf decennia te veel stikstof: de effecten op heide en bos. *Landschap. Tijdschrift voor Landschapsecologie en Milieukunde*, 41, 2, pp. 87-95.
- Weiss, F., H. von Wehrden & A. Linde (2024). Long-term drought triggers severe declines in carabid beetles in a temperate forest. *Ecography* 2024.
- Wickham, H., M. Averick, J. Bryan, W. Chang, L. McGowan, R. François, G. Grolemond, A. Hayes, L. Henry, J. Hester, M. Kuhn, T. Pedersen, E. Miller, S. Bache, K. Müller, J. Ooms, D. Robinson, D. Seidel, V. Spinu, K. Takahashi, D. Vaughan, C. Wilke, K. Woo & H. Yutani (2019). Welcome to the Tidyverse. *Journal of Open Source Software* 4.

10 Bijlagen

Bijlage 1 Methodiek bodemchemie

Monstername

De bodem werd verzameld op een diepte van 0-10 cm onder maaiveld. Van alle behandelingen en replica's werden 3 deelbodemmonsters verzameld die werden gemengd, verpakt, getransporteerd en gekoeld bewaard. Vervolgens werden de bodemmonsters geanalyseerd.

De volgende parameters werden bepaald aan de bodemmonsters (niet elk meetjaar werden alle parameters bepaald):

- Bepaling van het massavolume en organische-stofgehalte;
- Olsen-P extractie voor het bepalen van de concentratie plant-beschikbaar fosfaat;
- Extractie met zout (0,2M NaCl) en demiwater voor het bepalen van de pH, beschikbare concentraties calcium, kalium, magnesium, aluminium en de concentratie ammonium en nitraat;
- strontiumextractie voor het bepalen van de kationenuitwisselingscapaciteit (CEC) en de basenverzadiging;
- destructie voor totalen aan elementen (o.a. Ca, Mg, K en P);
- C/N-analyse voor het bepalen van de totale hoeveelheid koolstof en stikstof.

Chemische analyses

Drooggewicht en organisch stofgehalte

Om het vochtgehalte van het verse bodemmateriaal te bepalen werd het vochtverlies gemeten door bodemmateriaal in duplo in aluminiumbakjes (57mm, VWR, Radnor, V.S.) af te wegen met een nauwkeurigheid van 0,01 g. De bakjes werden precies tot aan de rand afgevuld (volume = 40,5 ml), zodat de soortelijke massa van de bodem kan worden bepaald. De bodems werden gedurende minimaal 48 uur gedroogd in een stoof (ED Serie, Binder, Tuttlingen, Duitsland) bij 60°C. Vervolgens werd het bakje met bodemmateriaal opnieuw gewogen en werd het vochtverlies berekend. Gedroogd materiaal uit één bakje werd vervolgens fijngemalen met een RM200 maler (Retsch, Haan, Duitsland) voor verdere analyses, terwijl het andere bakje werd gebruikt voor het bepalen van het gloeiverlies. Hiertoe werd een bekend gewicht aan gedroogd bodemmateriaal gedurende 4 uur verast in een oven (B170 of L9/13, Nabertherm, Lilienthal, Duitsland) bij 550°C. Na het uitgloeien werd het bakje met bodemmateriaal weer gewogen en werd het gloeiverlies berekend. Het gloeiverlies komt bij benadering overeen met het gehalte aan organisch materiaal in de bodem.

Destructie

Door bodemmateriaal te destructuren (ontsluiten) is het mogelijk de verweerbare concentratie van bijna alle elementen in het materiaal te bepalen. Hiervoor werd 200 mg fijngemalen, gedroogd en gehomogeniseerd bodemmateriaal nauwkeurig afgewogen (Quintix, Satorius, Göttingen, Duitsland, nauwkeurigheid 0,0001 g) en in teflon destructievaatjes overgebracht. Aan het bodemmateriaal werd 5 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO₃, 65%, AnalaR, VWR, Radnor, V.S.) en 2 ml waterstofperoxide (H₂O₂, 30%, Emsure, Supleco, Darmstadt, Duitsland) toegevoegd, waarna de vaatjes in een destructiemagnetron (Ethos Easy met Rotor Maxi-44, Milestone, Sorisole, Italië) werden geplaatst. Het programma bestond uit 20 minuten opwarmen met 1400W tot 140°C, gevolgd door 20 minuten bij 1000W (140°C) en 20 minuten afkoelen. Na destructie werd het destruaat nauwkeurig overgebracht in een 100 ml maatkolf en aangevuld tot 100 ml met demiwater. Het destruaat werd bewaard bij 4 °C tot verdere analyse op de ICP-OES.

Olsenextractie

Aan de hand van een Olsenextractie (volgens Olsen, 1954) kan de concentratie plantbeschikbaar fosfor worden bepaald. Hiertoe werd aan 3 gram fijngemalen droog bodemmateriaal 60 ml 0,5 mol l⁻¹ natriumbicarbonaatoplossing (NaHCO₃, >98%, VWR, Radnor, V.S.) toegevoegd. De pH van het extractiemedium werd vooraf op pH 8,5 gesteld met behulp van 2 mol l⁻¹ natronloog (NaOH, 98,5%, Arcos Organics, Geel, België). Gedurende 30 minuten werden de monsters uitgeschud (105 rpm) op een schudmachine (Laboshake LS500, Gerhardt, Königswinter, Duitsland), waarna het supernatant onder vacuüm werd verzameld met behulp van polyethersulfon poriewaterbemonsteraars (0,15 µm Rhizon SMS, Eijkelkamp, Giesbeek, Nederland). Het extract werd vijf keer verdund met demiwater met behulp van een verdunningsapparaat (Microlab Serie 600, Hamilton, Reno, V.S.) en bewaard bij 4 °C tot verdere analyse op de ICP-OES.

Water- en zoutextractie

Met een water- en zoutextractie kunnen respectievelijk de vrij in de bodem aanwezige ionen of de zoutuitwisselbare ionen bepaald worden. Hiervoor werd 17,5 gram verse bodem met 50 ml demiwater of 50 ml zoutoplossing (0,2 mol l⁻¹ NaCl, Rectapur, VWR, Radnor, V.S.) gedurende 2 uur geschud op een schudmachine (Laboshake LS500, Gerhardt, Königswinter, Duitsland) bij 105 rpm. De pH werd gemeten met een HQD pH-electrode (PHC101 met HQ430d, Hach, Loveland, V.S.). De extracten werden gefilterd met behulp van polyethersulfon poriewaterbemonsteraars (0,15 µm Rhizon SMS, Eijkelkamp, Giesbeek, Nederland). Voor analyse op de ICP-OES werd een deel van het filtraat aangezuurd met salpeterzuur (eindconcentratie 1% HNO₃, AnalaR, VWR, Radnor, V.S.) en bewaard bij 4 °C tot verdere analyse. Voor analyse op de auto-analyzers werd niet-aangezuurd filtraat bewaard bij -18 °C tot verdere analyse.

Strontiumextractie

Met een strontiumextractie kan de concentratie strontium-uitwisselbare ionen bepaald worden. Hiervoor werd vers materiaal ingewogen overeenkomstig met 5 gram droog materiaal (minerale bodems) of 2,5 gram droog materiaal (veenbodems), waarna dit met 200 ml anaerobe strontiumchloride (0,2 mol l⁻¹, ACS, Supleco, Darmstadt, Duitsland) gedurende 1 uur werd geschud op een schudmachine bij 105 rpm (Laboshake LS500, Gerhardt, Königswinter, Duitsland). De pH werd gemeten met HQD pH-electrode (PHC101 met HQ430d, Hach, Loveland, V.S.). De extracten werden gefilterd met behulp van teflon polyethersulfon poriewaterbemonsteraars (0,15 µm Rhizon SMS, Eijkelkamp, Giesbeek, Nederland). Voor analyse op de ICP-OES werd het filtraat 3 keer verdund, aangezuurd met salpeterzuur (eindconcentratie 1% HNO₃, AnalaR, VWR, Radnor, V.S.) en bewaard bij 4 °C tot verdere analyse. Voor analyse op de auto-analyzers werd het filtraat vijf keer verdund (Microlab Serie 600, Hamilton, Reno, V.S.) en niet-aangezuurd bewaard bij -18 °C tot verdere analyse.

C/N-analyse bodemmateriaal

Voor de analyse van de totale hoeveelheid koolstof en stikstof werd een deel van het verzamelde bodemmateriaal fijngemalen. Voor bodemmateriaal zie "drooggewicht bepaling". Afhankelijk van het soortelijk gewicht van het materiaal en de verwachte concentraties, werd een kleine hoeveelheid (3-40 mg) van het gemalen materiaal in een tinnen container (plant materiaal in D1013, bodems in D1008, Elemental Microanalysis Ltd. Okehampton, V.K.) afgewogen met een nauwkeurigheid van 0,001 mg, waarna het met een CNSH-elementenalyzer (Vario Micro Cube, Elementar Analysensysteme, Langenselbold, Duitsland) werd geanalyseerd. Hierbij werd het monster bij 950°C onder toediening van zuurstof verbrand en over de kolommen van de analyzer geleid. De kolommen waren gevuld volgens de handleiding van de fabrikant.

Elementenanalyse (ICP en auto-analyzers)

De concentraties calcium (Ca), magnesium (Mg), aluminium (Al), ijzer (Fe), mangaan (Mn), fosfor (P), zwavel (S; als maat voor sulfaat), silicium (Si) en zink (Zn) werden bepaald met behulp van een Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ARCOS MV of GREEN DUO, Spectro, Kleve, Duitsland). De analyses van de watermonsters, destructies en zware metalen werden verricht op de ARCOS MV, met een horizontaal plasma en een axiale plasma observatie. De monsters werden verstoven tot een aerosol door

een Seaspray verstuiver en een cyclonische verstuiverkamer. Voor alle extracten werd de GREEN DUO gebruikt, met een verticaal plasma in combinatie met een Crossflow verstuiver en een Scott verstuiverkamer.

Om de nutriënten ammonium (NH_4^+), nitraat/nitriet (NO_x) en fosfaat (PO_4^{3-}) te meten werden meerdere doorstroomanalyzers gebruikt, waarbij het monster in een ononderbroken stroom (segmented flow) in contact komt met reagentia, waardoor er een kleurreactie plaatsvindt. De concentraties NO_x , NH_4^+ werden gemeten met een Autoanalyzer AA500 en de concentratie PO_4^{3-} met een autoanalyzer AA3 (SEAL Analytic Norderstedt, Duitsland). Voor de kleurreactie dienden resp. hydrazinesulfaat (58 mmol l^{-1}), salicylaatreagens ($1,2 \text{ mol l}^{-1}$) en ammoniummolybdaat (24 mmol l^{-1}) /ascorbinezuur (56 mmol l^{-1}).

Voor de ionen chloride (Cl^-), natrium (Na^+) en kalium (K^+) werd gebruik gemaakt van een autoanalyzer AA3 (SEAL Analytical, Norderstedt, Duitsland). Hierbij werd Cl^- colorimetrisch bepaald met behulp van mercurithiocyanide ($1,68 \text{ mmol l}^{-1}$), terwijl Na^+ en K^+ vlamfotometrisch werden bepaald met een Sherwood Model 420 Flame Photometer (Sherwood Scientific, Cambridge, V.K.).

Bijlage 2 Bodemchemische gegevens

Tabel 10.1 Overzicht van de bodemchemische gegevens per meetjaar. In meetjaar 2014 is de basenverzadiging berekend op basis van het zoutextract.

2014			1C	2A	3E	1E	2D	3F	1A	2E	3B	1B	2B	3A	1D	2C	3D
			controle			soilfeed			lavagruis			biolit			dolokal		
	Massavolume	kg droog/l vers	1,1	1,2	1,2	1,0	1,1	1,1	1,1	1,2	1,3	1,1	0,9	1,2	1,1	1,0	1,2
	Organische stof	%	7	5	5	9	10	8	7	5	7	8	11	5	7	9	6
Zoutextract	pH		3,0	3,0	3,1	3,0	3,0	3,1	3,0	3,1	3,1	3,1	3,1	3,0	2,9	3,0	3,1
	Al	µmol/l bodem	1623	1263	812	1117	2117	984	2481	1023	1816	987	669	1212	1474	1355	1241
	Ca	µmol/l bodem	1631	1869	1488	3168	2385	1499	1289	1637	1397	1617	1224	1217	2058	1810	1359
	Fe	µmol/l bodem	5	5	4	4	16	5	8	20	5	8	5	9	4	3	6
	K	µmol/l bodem	191	118	105	260	102	115	169	166	164	263	80	193	181	169	86
	Mg	µmol/l bodem	519	322	362	860	653	327	351	403	374	473	216	313	534	481	316
	Mn	µmol/l bodem	6	5	6	14	10	5	5	6	5	5	3	6	9	5	5
	P	µmol/l bodem	1	2	3	1	8	1	1	2	1	1	2	1	1	2	2
	S	µmol/l bodem	39	53	33	63	53	32	35	41	53	33	34	79	50	47	40
	Si	µmol/l bodem	40	48	27	37	42	31	37	54	37	59	56	34	40	36	30
	Zn	µmol/l bodem	103	46	47	108	126	48	95	49	56	53	45	48	88	80	43
	NO3	µmol/l bodem	4	43	3	4	6	1	4	6	4	3	19	18	3	61	36
	NH4	µmol/l bodem	19	61	-	108	52	-	-	44	-	46	32	123	125	139	109
	Al/Ca-ratio	mol/mol	1,0	0,7	0,6	0,4	0,9	0,7	1,9	0,6	1,3	0,6	0,6	1,0	0,7	0,8	0,9
Sr-extract	Basenverzadiging	%	13	11	14	25	19	16	9	12	12	16	16	8	13	17	12
	CEC	meq/l bodem															
Olsen	P	µmol/l bodem	316	263	253	284	294	285	331	229	372	266	279	182	267	306	261
Waterextract	pH		4,0	4,0	3,6	3,9	3,8	3,8	4,2	4,0	3,9	4,3	3,9	3,9	3,9	3,9	3,6
	Al	µmol/l bodem	31	16	59	69	25	127	39	31	53	58	22	56	38	57	39
	Ca	µmol/l bodem	57	59	72	118	49	24	62	29	33	84	44	26	94	43	36
	Fe	µmol/l bodem	11	3	2	5	12	5	7	5	6	4	7	5	7	6	8
	Mg	µmol/l bodem	8	7	9	22	7	3	9	3	4	11	5	3	13	7	6
	Mn	µmol/l bodem	0,4	0,1	0,1	0,4	1	1	0,1	0,2	1	0,1	1	1	0,4	1	2
	S	µmol/l bodem	19	14	12	19	27	14	20	16	24	11	16	16	21	23	25
	Si	µmol/l bodem	48	47	34	45	47	35	52	37	42	34	43	36	43	39	38
	Zn	µmol/l bodem	1	0,5	1	1	1	1	1	1	1	0,5	1	1	1	1	1
	NO3	µmol/l bodem	1	23	0,3	-	4	2	-	2	5	2	26	12	1	54	42
	NH4	µmol/l bodem	4	2	-	2	2	2	1	3	2	1	16	1	2	13	13
	PO4	µmol/l bodem	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2	1	1	1	1	2
	Na	µmol/l bodem	43	37	-	81	22	-	33	11	15	14	6	-	52	8	20
K	µmol/l bodem	28	29	29	262	28	26	29	28	30	29	25	28	65	26	28	
Cl	µmol/l bodem	56	56	24	540	62	30	61	38	35	36	46	50	192	50	49	
Destructie	Al	mmol/l bodem	23	17	16	20	27	20	30	14	32	18	14	18	18	24	18
	Ca	mmol/l bodem	10	7	8	9	6	7	9	7	5	14	6	6	7	10	7
	Fe	mmol/l bodem	10	8	7	8	11	9	10	7	17	7	8	7	8	10	8
	K	mmol/l bodem	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1
	Mg	mmol/l bodem	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
	Mn	mmol/l bodem	0,04	0,04	0,02	0,03	0,04	0,04	0,05	0,05	0,04	0,03	0,05	0,02	0,03	0,04	0,04
	P	mmol/l bodem	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
	S	mmol/l bodem	5	4	4	5	5	5	5	4	5	4	5	3	4	6	4
	Si	mmol/l bodem	12	15	14	11	23	18	18	15	16	14	13	18	11	20	16
Zn	mmol/l bodem	0,3	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,3	0,2	0,2	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2	
C/N	N	mmol/g	0,2	0,1	0,1	0,2	0,2	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1
	C	mmol/g	5	3	3	5	5	4	5	3	3	3	4	3	4	6	3
	C/N-ratio	mol/mol	28	28	33	28	29	29	26	29	29	26	26	32	32	29	30

2015			1C	2A	3E	1E	2D	3F	1A	2E	3B	1B	2B	3A	1D	2C	3D
			controle			soilfeed			lavagruis			biolit			dolokal		
	Massavolume	kg droog/l vers	0,9	1,1	1,1	1,0	1,2	1,2	1,0	0,9	0,9	0,8	1,1	1,2	1,0	1,0	0,9
	Organische stof	%	12	7	8	13	9	7	12	14	15	13	9	7	12	9	13
Zoutextract	pH		3,0	2,8	3,2	3,0	2,9	3,1	3,1	2,9	3,1	3,1	3,8	3,0	3,2	3,1	3,9
	Al	µmol/l bodem	1112	1529	828	1424	1913	881	749	1783	1175	673	100	1213	549	970	59
	Ca	µmol/l bodem	3387	3453	2009	3457	2569	1762	2284	2085	3761	2038	2398	1300	4501	1873	10214
	Fe	µmol/l bodem	8	13	5	24	9	5	7	10	9	4	4	4	9	4	4
	K	µmol/l bodem	362	422	655	443	166	396	689	472	778	168	NA	113	344	186	308
	Mg	µmol/l bodem	1002	1111	570	807	763	446	679	480	1138	1151	1087	413	3739	827	9981
	Mn	µmol/l bodem	28	45	16	26	10	10	12	8	10	13	16	5	7	5	18
	P	µmol/l bodem	2	3	3	5	10	4	8	5	8	3	16	3	2	4	3
	S	µmol/l bodem	87	94	59	85	88	45	72	89	106	55	74	57	100	59	196
	Si	µmol/l bodem	54	46	28	632	202	325	264	469	1451	52	80	30	103	62	136
	Zn	µmol/l bodem	112	104	46	109	120	58	90	74	89	63	34	45	108	53	38
	NO3	µmol/l bodem	9	26	3	2	57	1	5	169	20	7	518	29	153	112	116
	NH4	µmol/l bodem	344	167	58	245	139	27	505	240	84	563	4992	92	865	150	304
Al/Ca-ratio	mol/mol	0,3	0,4	0,4	0,4	0,7	0,5	0,3	0,9	0,3	0,3	0,04	0,9	0,1	0,5	0,01	
Olsen	P	µmol/l bodem	511	525	390	499	433	376	364	451	400	354	669	313	447	542	516
Waterextract	pH		4,4	4,3	4,7	4,7	4,4	5,3	4,7	4,6	4,9	5,1	4,7	4,7	4,4	4,2	4,4
	Al	µmol/l bodem	18	10	9	17	29	9	55	26	20	15	16	16	37	23	26
	Ca	µmol/l bodem	20	20	25	11	20	40	32	26	14	30	30	31	29	70	45
	Fe	µmol/l bodem	7	6	4	6	13	2	9	9	7	7	8	5	17	8	7
	Mg	µmol/l bodem	3	3	2	2	4	2	5	4	2	18	6	20	18	59	31
	Mn	µmol/l bodem	0,1	0,2	0,1	0,0	0	0	0,1	0,1	0	0,1	0	0	0,3	1	0
	S	µmol/l bodem	19	14	13	23	24	13	46	33	29	28	33	20	57	32	30
	Si	µmol/l bodem	45	43	46	447	165	412	826	566	991	153	81	102	159	93	94
	Zn	µmol/l bodem	1	0,5	1	0,4	1	0,3	1	1	1	0,8	1	1	1	1	1
	NO3	µmol/l bodem	12	56	10,3	7,7	51	4	6,7	99	91	24	940	31	207	298	179
	NH4	µmol/l bodem	29	10	12,7	26	11	6	45	7	8	112	715	17	320	43	70
	PO4	µmol/l bodem	1	1	2	3	2	1	1	2	14	2	2	7	3	2	2
	Na	µmol/l bodem	71	71	13	219	227	150	504	387	404	85	49	52	115	94	701
K	µmol/l bodem	55	64	38	34	35	32	158	35	33	46	265	85	85	130	90	
Cl	µmol/l bodem	41	-	177	32	23	25	33	2	-	85	8	5	42	17	212	
Destructie	Al	mmol/l bodem	25	32	14	21	34	8	35	32	41	26	24	13	31	22	33
	Ca	mmol/l bodem	8	6	3	5	7	2	5	6	8	13	15	2	10	15	10
	Fe	mmol/l bodem	19	20	9	13	23	6	14	17	17	19	17	6	22	12	19
	K	mmol/l bodem	3	3	3	2	3	2	2	4	10	3	9	1	3	3	3
	Mg	mmol/l bodem	3	2	1	2	3	0	2	3	6	8	7	1	7	7	6
	Mn	mmol/l bodem	0,13	0,15	0,02	0,07	0,13	0,01	0,04	0,08	0,12	0,20	0,18	-	0,12	0,07	0,09
	P	mmol/l bodem	4	4	2	3	5	1	2	3	4	5	4	1	4	3	4
	S	mmol/l bodem	13	13	5	8	15	2	6	10	10	16	14	4	12	12	13
	Si	mmol/l bodem	9	8	5	8	13	14	7	9	9	8	11	9	8	8	10
Zn	mmol/l bodem	0,5	0,4	0,2	0,3	0,5	0,1	0,3	0,3	0,3	0,5	0,4	0,1	0,6	0,5	0,4	
C/N	N	mmol/g	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,3	0,2	0,1	0,2	0,2	0,2
	C	mmol/g	7	4	4	5	3	2	7	6	5	8	4	3	5	6	7
	C/N-ratio	mol/mol	32	30	39	33	37	32	44	33	33	30	29	41	33	30	33

2016		1C	2A	3E	1E	2D	3F	1A	2E	3B	1B	2B	3A	1D	2C	3D	
		controle			soilfeed			lavagruis			biolit			dolokal			
	Massavolume	kg droog/l vers	1,0	1,0	1,1	1,0	1,0	1,1	1,0	1,0	1,1	1,0	1,0	1,1	1,1	1,0	1,1
	Organische stof	%	8	11	8	10	9	6	7	8	7	8	9	7	9	9	7
Zoutextract	pH		3,2	3,1	3,1	3,2	3,3	3,5	3,4	3,2	3,5	3,8	3,4	3,3	3,7	3,8	4,2
	Al	µmol/l bodem	1185	1807	1218	943	823	922	854	950	602	192	524	573	193	107	71
	Ca	µmol/l bodem	2309	2668	2512	3335	4054	2558	1623	1616	2037	5273	4298	3070	5097	5291	5122
	Fe	µmol/l bodem	9	6	5	21	4	6	5	3	7	5	4	5	6	3	3
	K	µmol/l bodem	742	635	317	784	768	1231	668	394	2162	735	748	297	674	429	270
	Mg	µmol/l bodem	738	702	646	855	751	690	671	547	831	3676	2468	1976	4908	5382	5933
	Mn	µmol/l bodem	14	15	17	26	16	11	17	12	20	70	58	31	18	11	12
	P	µmol/l bodem	2	4	8	3	5	2	1	5	6	2	15	29	5	11	2
	S	µmol/l bodem	74	81	73	96	99	62	75	64	68	132	96	76	126	115	135
	Si	µmol/l bodem	54	49	42	1273	1589	431	799	604	515	143	80	53	100	71	83
	Zn	µmol/l bodem	104	112	77	99	82	53	51	46	42	52	90	99	45	38	14
	NO3	µmol/l bodem	38	131	64	38	93	29	15	84	59	72	76	61	126	173	42
	NH4	µmol/l bodem	1062	2362	189	856	440	234	805	186	504	468	494	313	950	278	229
Al/Ca-ratio	mol/mol	0,5	0,7	0,5	0,3	0,2	0,4	0,5	0,6	0,3	0,04	0,1	0,2	0,04	0,02	0,01	
Sr-extract	Basenverzadiging	%	25	26	23	25	34	38	30	23	35	53	41	34	59	57	59
	CEC	meq/l bodem	42	56	40	46	41	42	33	23	34	35	44	34	48	46	42
Olsen	P	µmol/l bodem	604	539	542	465	474	520	459	414	641	495	625	614	551	459	531
Waterextract	pH		4,4	3,9	3,6	4,1	4,3	4,6	3,8	4,3	4,4	4,7	3,9	3,8	4,4	4,5	4,2
	Al	µmol/l bodem	20	42	18	21	17	36	31	23	20	24	26	21	36	23	46
	Ca	µmol/l bodem	9	13	11	12	14	8	40	14	11	33	25	25	27	56	43
	Fe	µmol/l bodem	7	9	4	5	6	14	7	12	7	10	7	5	10	6	9
	Mg	µmol/l bodem	2	2	3	2	3	2	25	3	2	21	9	13	24	85	79
	Mn	µmol/l bodem	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,04	0,4	0,1	0,1	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
	S	µmol/l bodem	34	31	23	29	32	32	57	33	36	42	34	28	46	39	47
	Si	µmol/l bodem	47	42	40	159	364	163	363	242	326	125	70	49	92	68	73
	Zn	µmol/l bodem	0,2	0,4	0,3	0,2	0,3	0,3	1,0	0,4	0,2	0,6	0,6	0,8	0,5	0,5	0,5
	NO3	µmol/l bodem	27	82	47,5	17,7	73	29	6,7	66	52	59	65	62	95	157	26
	NH4	µmol/l bodem	112	215	25,7	46	45	27	377	11	65	102	90	54	229	46	48
	PO4	µmol/l bodem	2	2	3	3	4	3	2	5	26	7	34	36	9	13	2
	Na	µmol/l bodem	69	36	56	165	276	125	840	325	171	85	60	127	80	46	72
K	µmol/l bodem	56	27	48	12	52	78	-	12	119	121	73	55	113	87	50	
Cl	µmol/l bodem	129	133	109	118	146	132	4124	138	139	141	121	149	144	123	133	
Destructie	Al	mmol/l bodem	20	22	18	21	26	49	23	24	29	24	21	15	17	16	33
	Ca	mmol/l bodem	4	3	3	5	5	4	4	4	5	9	7	5	9	12	13
	Fe	mmol/l bodem	11	9	10	9	9	27	14	9	10	17	11	9	9	8	18
	K	mmol/l bodem	1	1	1	1	2	4	5	3	7	1	1	1	1	1	2
	Mg	mmol/l bodem	1	0,5	1	1	2	4	-	3	8	9	6	3	6	9	12
	Mn	mmol/l bodem	0,05	0,01	0,04	0,04	0,04	0,09	0,21	0,04	0,11	0,20	0,14	0,06	0,04	0,03	0,06
	P	mmol/l bodem	2	2	2	2	2	3	2	2	3	3	3	2	2	2	2
	S	mmol/l bodem	6	4	5	4	5	4	4	4	4	5	5	5	5	4	5
	Si	mmol/l bodem	10	7	11	9	11	16	15	10	11	11	8	9	8	9	14
Zn	mmol/l bodem	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	
C/N	N	mmol/g	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	C	mmol/g	2	5	2	4	5	5	4	2	3	3	4	3	2	4	4
	C/N-ratio	mol/mol	30	34	39	32	31	37	33	33	32	34	38	31	41	35	31

2017		1C	2A	3E	1E	2D	3F	1A	2E	3B	1B	2B	3A	1D	2C	3D
		controle			soilfeed			lavagruis			biolit			dolokal		
	Massavolume	0,9	1,0	0,9	1,0	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9	0,9	1,0	0,9	1,0	0,8	0,8
	Organische stof	5	9	3	7	9	5	8	9	7	6	7	5	5	7	9
Zoutextract	pH	3,2	3,0	3,0	3,3	3,1	3,3	3,2	3,2	3,0	3,5	3,4	3,3	4,1	3,8	3,8
	Al	742	2200	1224	966	2053	929	1216	1464	2241	483	484	748	91	246	286
	Ca	2100	1911	1412	2166	2235	1767	2417	1203	1538	3232	4305	1723	5779	4815	4032
	Fe	11	3	7	2	3	3	4	2	5	4	3	4	4	3	3
	K	445	1587	210	672	447	610	964	573	345	416	243	155	378	298	183
	Mg	691	410	357	643	451	414	828	335	500	1810	2007	864	5787	4301	4127
	Mn	12	17	13	5	9	7	18	5	6	27	15	16	16	12	12
	P	2	4	5	2	3	2	11	5	3	5	7	8	3	3	1
	S	50	50	40	40	57	38	60	36	67	58	57	42	91	73	74
	Si	37	54	35	99	739	683	298	296	112	79	63	86	108	67	64
	Zn	48	61	43	50	61	31	80	39	67	36	62	32	21	24	21
	NO3	29	216	57	30	127	98	42	181	149	26	38	67	64	88	74
NH4	657	1469	80	233	157	78	NA	365	351	352	149	80	171	74	93	
Al/Ca-ratio	mol/mol	0,4	1,2	0,9	0,5	0,9	0,5	0,5	1,2	1,5	0,15	0,1	0,4	0,02	0,05	0,07
Sr-extract	Basenverzadiging	21	17	16	19	20	27	18	13	15	50	42	30	54	33	42
	CEC	20	43	30	22	32	23	33	37	31	32	36	20	31	33	34
Waterextract	pH	4,9	4,6	4,2	5,1	4,4	4,9	5,2	4,7	4,3	5,2	4,7	4,4	5,1	4,9	4,7
	Al	17	16	9	9	12	11	20	17	14	18	14	12	15	34	19
	Ca	73	11	7	6	7	7	12	9	7	18	20	19	21	47	24
	Fe	5	6	4	3	6	5	7	7	5	5	3	5	3	7	6
	Mg	1	-	-	-	-	-	-	-	-	6	8	7	20	75	41
	Mn	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,05	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1
	S	36	14	10	6	18	13	22	19	22	19	14	15	16	27	23
	Si	31	37	29	59	187	208	131	186	70	49	45	56	41	53	41
	Zn	1,9	0,3	0,5	0,2	0,3	0,3	0,4	0,3	0,3	0,4	0,4	0,5	0,6	0,4	0,5
	NO3	18	187	20,9	26,9	102	67	38,9	183	90	24	42	62	27	84	44
	NH4	138	195	18,8	33	40	24	164	75	51	82	34	38	33	36	28
	PO4	1	3	1	1	1	1	1	3	1	8	11	6	1	3	1
	Na	25	105	3	87	141	163	130	294	152	103	21	61	20	21	19
	K	35	74	24	28	27	44	31	36	29	32	28	27	47	34	25
Cl	126	35	26	102	24	29	123	90	28	119	11	35	96	55	33	

2018		1C	2A	3E	1E	2D	3F	1A	2E	3B	1B	2B	3A	1D	2C	3D
		controle			soilfeed			lavagruis			biolit			dolokal		
	Massavolume	0,8	0,8	0,9	0,8	0,7	0,7	0,9	0,8	0,8	0,9	0,8	0,8	0,9	0,7	0,9
	Organische stof	8	8	9	10	9	9	9	8	9	6	9	9	6	10	8
Zoutextract	pH	3,1	3,1	3,2	3,4	3,2	3,4	3,7	3,3	3,2	3,8	3,4	3,4	3,9	4,2	4,5
	Al	786	820	560	539	811	339	567	465	840	178	286	386	73	41	31
	Ca	2441	2160	2056	4071	2439	2960	2538	2452	2063	3446	3716	3823	2430	4388	4596
	Fe	4	5	4	3	3	3	5	3	4	5	3	5	3	4	5
	K	677	436	597	1283	695	1066	1107	976	616	549	525	599	560	483	615
	Mg	879	561	606	1346	621	1153	1061	1027	664	2040	2060	2409	2593	4981	5754
	Mn	12	35	18	37	32	15	25	14	18	52	45	56	6	12	7
	P	2	13	8	8	5	12	6	14	5	12	21	28	8	6	3
	S	162	163	169	168	146	140	161	146	131	158	134	186	128	136	179
	Si	87	79	83	1063	649	243	536	405	161	95	101	121	66	80	91
	Zn	92	81	51	99	66	55	73	55	62	44	64	57	24	15	8
	NO3	66	211	187	318	195	318	67	451	211	99	240	254	72	42	338
NH4	1492	246	391	1615	244	870	NA	315	389	298	614	316	255	88	193	
Al/Ca-ratio	mol/mol	0,3	0,4	0,3	0,1	0,3	0,1	0,2	0,2	0,4	0,05	0,1	0,1	0,03	0,01	0,01
Sr-extract	Basenverzadiging	20	19	25	32	26	31	28	30	23	55	42	44	56	71	76
	CEC	35	39	39	61	37	27	39	32	35	29	38	44	31	43	44
Waterextract	pH	3,4	3,1	4,2	4,7	3,4	3,5	5,2	4,6	3,3	3,6	3,4	3,2	3,6	4,0	3,9
	Al	31	15	15	28	26	18	24	24	23	19	21	31	29	28	28
	Ca	8	27	15	26	20	9	15	17	17	38	47	107	30	65	118
	Fe	8	8	5	7	6	5	8	6	4	7	7	11	8	7	7
	Mg	6	20	13	8	10	8	7	10	12	48	46	129	48	122	255
	Mn	-	0,5	0,03	-	0,1	-	-	-	0,1	0,5	0,6	1,9	-	0,1	0,2
	S	58	27	34	48	49	34	41	35	20	47	36	72	27	34	45
	Si	114	111	119	857	688	297	519	669	181	128	155	172	120	102	137
	Zn	0,3	1,4	0,5	0,5	0,6	0,4	0,4	0,4	1,1	0,8	0,9	1,4	0,6	0,6	0,9
	NO3	76	288	262	285	317	294	85	536	343	121	297	394	171	91	588
	NH4	284	69	141	178	31	165	142	59	78	106	211	113	144	13	32
	PO4	2	14	4	12	4	18	17	25	6	33	86	80	5	8	4
	Na	105	408	90	385	498	207	282	528	213	108	117	131	87	339	81
	K	27	36	75	70	64	95	27	131	57	68	53	96	100	68	77
Cl	153	336	553	212	196	198	162	176	158	148	163	201	825	340	237	

2019			1C	2A	3E	1E	2D	3F	1A	2E	3B	1B	2B	3A	1D	2C	3D
			controle			soilfeed			lavagruis			biolit			dolokal		
	Massavolume	kg droog/l vers	0,9	0,8	0,9	0,7	0,8	1,0	0,8	0,9	0,9	1,0	0,9	0,8	1,0	1,0	1,0
	Organische stof	%	6	8	8	11	10	6	8	9	6	5	7	12	6	7	5
Zoutextract	pH		3,1	2,9	3,0	3,1	2,8	3,3	3,0	3,0	3,0	3,4	3,4	3,2	4,5	4,2	3,3
	Al	µmol/l bodem	499	656	596	708	835	329	551	937	519	242	135	314	25	27	283
	Ca	µmol/l bodem	1591	1254	2077	2618	2713	4710	1770	1979	1113	1508	3278	4576	5378	6615	1642
	Fe	µmol/l bodem	3	3	3	8	6	4	6	8	3	10	5	6	7	7	6
	K	µmol/l bodem	396	311	1005	944	476	718	1058	685	422	296	420	605	453	550	356
	Mg	µmol/l bodem	701	377	1182	1250	922	1609	1166	1066	503	1380	1804	3241	6963	8300	1794
	Mn	µmol/l bodem	18	20	32	18	24	39	43	23	6	10	29	45	10	9	5
	P	µmol/l bodem	2	7	7	3	4	3	7	7	4	1	33	14	3	2	3
	S	µmol/l bodem	132	141	171	130	157	162	192	169	154	136	132	161	185	200	160
	Si	µmol/l bodem	30	23	44	704	53	191	349	238	77	28	46	55	96	103	41
	Zn	µmol/l bodem	42	36	60	78	81	47	90	61	35	30	35	44	6	12	27
	NO3	µmol/l bodem	70	69	138	104	54	57	110	51	74	11	23	74	110	98	12
	NH4	µmol/l bodem	414	40	195	821	90	125	-	147	-	53	74	125	172	50	63
Al/Ca-ratio	mol/mol	0,3	0,5	0,3	0,3	0,3	0,1	0,3	0,5	0,5	0,2	0,0	0,1	0,01	0,01	0,2	
Sr-extract	Basenverzadiging	%	20	11	21	29	17	22	22	14	19	41	37	33	83	92	33
	CEC	meq/l bodem	40	37	41	58	54	32	41	38	35	35	25	53	74	98	33
Olsen	P	µmol/l bodem	394	435	462	754	511	421	644	592	328	378	452	533	377	358	365
Waterextract	pH		4,3	3,8	4,2	4,4	4,0	4,3	4,7	4,4	4,1	4,7	4,2	4,0	5,1	5,0	4,2
	Al	µmol/l bodem	17	25	21	64	16	17	38	22	23	17	29	23	37	39	31
	Ca	µmol/l bodem	10	19	64	55	11	38	81	14	49	20	22	82	117	117	41
	Fe	µmol/l bodem	4	8	2	10	4	4	7	6	7	4	4	4	8	8	8
	Mg	µmol/l bodem	10	14	21	18	11	14	26	11	22	19	19	37	249	206	40
	Mn	µmol/l bodem	0,03	0,6	0,2	1,0	0,03	0,24	0,3	-	0,6	0,01	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	S	µmol/l bodem	13	12	17	39	15	23	76	21	25	15	13	18	43	44	26
	Si	µmol/l bodem	27	28	50	544	46	157	368	169	96	34	44	48	94	96	44
	Zn	µmol/l bodem	1,9	2,0	6,4	4,4	2,1	3,1	9,8	3,5	4,5	3,1	3,2	14,0	5,4	11,7	4,9
	NO3	µmol/l bodem	81	111	206	185	65	136	125	68	110	17	33	87	130	121	27
	NH4	µmol/l bodem	97	11	43	127	9	43	269	12	11	9	11	14	60	17	15
	PO4	µmol/l bodem	1	4	4	3	1	1	2	5	4	4	5	36	1	2	1
	Na	µmol/l bodem	138	227	63	461	76	288	692	191	192	74	44	57	93	93	59
K	µmol/l bodem	26	24	121	166	28	75	262	47	40	45	42	55	39	74	24	
Cl	µmol/l bodem	111	153	74	216	70	146	798	79	78	112	78	79	114	123	73	

2022			1C	2A	3E	1E	2D	3F	1A	2E	3B	1B	2B	3A	1D	2C	3D
			controle			soilfeed			lavagruis			biolit			dolokal		
	Massavolume	kg droog/l vers	0,9	0,9	1,0	0,9	0,9	0,9	0,7	1,0	0,9	0,7	0,8	0,8	1,0	0,8	1,0
	Organische stof	%	6	11	6	10	7	9	9	5	7	15	10	9	6	13	5
Zoutextract	pH		3,1	3,0	3,3	3,2	3,4	3,2	3,3	3,4	3,6	3,6	3,4	3,5	4,0	3,4	5,0
	Al	µmol/l bodem	452	1135	641	784	725	547	381	515	435	288	622	510	91	261	49
	Ca	µmol/l bodem	2463	1900	2334	3046	3885	2701	2472	999	3205	2632	4101	3020	2766	2324	8405
	Fe	µmol/l bodem	4	3	5	3	4	3	2	3	3	3	5	5	4	2	NA
	K	µmol/l bodem	231	271	306	472	548	305	814	403	801	377	196	373	244	1425	441
	Mg	µmol/l bodem	1001	371	911	1039	1083	731	1486	723	1853	1614	2417	1744	3801	2467	11267
	Mn	µmol/l bodem	19	33	46	41	42	22	21	9	29	26	39	41	6	5	14
	P	µmol/l bodem	2	4	3	6	5	4	2	2	3	2	6	4	3	4	7
	S	µmol/l bodem	77	88	89	103	127	87	69	79	86	72	81	83	91	86	136
	Si	µmol/l bodem	23	21	24	380	267	183	104	37	91	14	22	27	20	19	73
	Zn	µmol/l bodem	64	53	41	79	61	49	51	22	51	35	71	34	19	27	4
	NO3	µmol/l bodem	36	120	104	82	246	113	44	31	82	8	71	96	3	73	110
	NH4	µmol/l bodem	73	42	141	70	171	106	371	41	81	20	51	78	11	2357	363
Al/Ca-ratio	mol/mol	0,2	0,6	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,5	0,1	0,11	0,2	0,2	0,03	0,11	0,01	
Sr-extract	Basenverzadiging	%	23	16	19	31	38	31	39	25	42	54	33	48	70	35	82
	CEC	meq/l bodem	31	39	26	41	38	28	27	20	35	29	40	35	28	36	36
Olsen	P	µmol/l bodem	342	382	332	359	341	330	562	412	380	375	408	397	391	344	277

2024		1C	2A	3E	1E	2D	3F	1A	2E	3B	1B	2B	3A	1D	2C	3D	
		controle			soilfeed			lavagruis			biolit			dolokal			
	Massavolume	kg droog/l vers	1,1	1,0	0,9	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9	0,9	1,0	1,0	0,9	1,0	1,0
	Organische stof	%	6	7	7	8	7	6	10	7	7	8	7	8	9	8	8
Zoutextract	pH		3,4	3,4	3,3	2,8	3,0	3,0	4,2	4,2	5,1	3,1	3,4	3,3	3,2	3,1	3,1
	Al	µmol/l bodem	418	289	390	1049	827	1114	33	22	11	730	339	615	664	888	1277
	Ca	µmol/l bodem	3544	4984	3552	2874	3470	1854	9117	6309	8346	2925	5083	4265	3685	3461	2221
	Fe	µmol/l bodem	2	3	3	7	3	3	3	3	5	2	5	3	2	4	3
	K	µmol/l bodem	304	298	311	237	265	391	332	399	347	406	517	736	403	299	317
	Mg	µmol/l bodem	1756	2455	2188	848	815	478	8475	6180	7971	1799	3146	2029	1030	805	618
	Mn	µmol/l bodem	26	41	49	34	-	15	9	15	4	21	13	28	41	19	10
	P	µmol/l bodem	2	3	5	3	6	3	2	2	5	2	2	4	2	2	3
	S	µmol/l bodem	97	93	107	99	109	98	123	106	132	92	96	99	93	97	102
	Si	µmol/l bodem	31	29	32	37	36	30	73	49	69	103	33	146	371	78	79
	Zn	µmol/l bodem	48	55	49	110	68	35	18	11	2	72	47	54	77	59	51
	NO3	µmol/l bodem	2	1	2	28	39	3	29	10	100	2	2	20	8	1	1
	NH4	µmol/l bodem	103	83	103	143	120	41	194	198	662	85	72	262	120	17	25
Al/Ca-ratio	mol/mol	0,1	0,1	0,1	0,4	0,2	0,6	0,0	0,0	0,0	0,25	0,1	0,1	0,18	0,26	0,58	
Sr-extract	Basenverzadiging	%	37	41	39	23	21	14	75	79	96	41	41	24	32	19	17
	CEC	meq/l bodem	38	39	50	40	33	39	61	40	59	46	35	36	30	37	40
Olsen	P	µmol/l bodem	307	416	401	289	319	317	288	222	242	278	324	335	302	306	349
Destructie	Al	mmol/l bodem	17	15	23	27	18	32	32	20	35	17	17	32	22	14	28
	Ca	mmol/l bodem	3	3	3	4	4	4	6	6	5	4	7	8	16	13	27
	Fe	mmol/l bodem	9	7	14	7	9	11	11	8	9	8	11	18	9	7	12
	K	mmol/l bodem	1	1	1	3	1	1	4	2	6	1	1	2	1	1	1
	Mg	mmol/l bodem	1	1,2	1	3	2	2	7	4	6	3	5	10	10	9	22
	Mn	mmol/l bodem	0,07	0,10	0,06	0,09	0,09	0,08	0,13	0,09	0,11	0,07	0,19	0,27	0,11	0,09	0,16
	P	mmol/l bodem	2	1	2	1	2	2	2	2	2	1	2	3	2	1	2
	S	mmol/l bodem	4	4	4	3	5	5	4	4	4	3	6	4	5	4	4
	Si	mmol/l bodem	7	6	6	6	6	6	7	6	6	6	7	8	5	4	7
	Zn	mmol/l bodem	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,1	0,1	0,1	0,2	0,1	0,2	0,1	0,2
C/N	N	mmol/g	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1	0,1
	C	mmol/g	4	4	2	3	4	5	4	3	3	3	4	3	5	3	3
	C/N-ratio	mol/mol	34	33	34	35	33	31	33	31	32	34	31	35	34	31	29

Bijlage 3 Methodiek plantchemie

Monstername

Van ieder proefvlak werd een vegetatiemonster verzameld. Hiervoor werden scheuten van het nieuwe jaar (current year shoots) van struikhei of bochtige smele verzameld. In 2024 werd per proefvlak op drie locaties de bovengrondse biomassa verzameld in een vast raster van 0,25x0,25 m. Het verzamelde plantmateriaal werd gedurende minimaal 48 uur gedroogd in een stoof bij 60°C. Na drogen werd het verzamelde plantmateriaal afhankelijk van de grootte eerst in kleinere stukken geknipt en daarna gemalen in een rotatiemaler (ZM200 Retsch, Haan, zeef grootte maximaal 0,5 mm, Duitsland of CT 293, Foss Analytics, Hillerød, Denemarken). Totale elementconcentraties werden gemeten via destructie en totaal-N werd bepaald via een C/N-analyse.

Chemische analyses

Destructie

Door plantmateriaal te destrueren (ontsluiten) is het mogelijk de verweerbare concentratie van bijna alle elementen in het materiaal te bepalen. Hiervoor werd 200 mg fijngemalen, gedroogd en gehomogeniseerd materiaal nauwkeurig afgewogen (Quintix, Satorius, Göttingen, Duitsland, nauwkeurigheid 0,0001 g) en in teflon destructievaatjes overgebracht. Aan het plantmateriaal werd 5 ml geconcentreerd salpeterzuur (HNO₃, 65%, AnalaR, VWR, Radnor, V.S.) en 2 ml waterstofperoxide (H₂O₂, 30%, Emsure, Supleco, Darmstadt, Duitsland) toegevoegd, waarna de vaatjes in een destructiemagnetron (Ethos Easy met Rotor Maxi-44, Milestone, Sorisole, Italië) werden geplaatst. Het programma bestond uit 20 minuten opwarmen met 1400W tot 140°C, gevolgd door 20 minuten bij 1000W (140°C) en 20 minuten afkoelen. Na destructie werd het destruaat nauwkeurig overgebracht in een 100 ml maatkolf en aangevuld tot 100 ml met demiwater. Het destruaat werd bewaard bij 4 °C tot verdere analyse op de ICP-OES.

C/N-analyse plantmateriaal

Voor de analyse van de totale hoeveelheid koolstof en stikstof werd een deel van het verzamelde plantmateriaal fijngemalen. Afhankelijk van het soortelijk gewicht van het materiaal en de verwachte concentraties, werd een kleine hoeveelheid (3-40 mg) van het gemalen materiaal in een tinnen container (plant materiaal in D1013, bodems in D1008, Elemental Microanalysis Ltd. Okehampton, V.K.) afgewogen met een nauwkeurigheid van 0,001 mg, waarna het met een CNSH-elementenalyzer (Vario Micro Cube, Elementar Analysensysteme, Langenselbold, Duitsland) werd geanalyseerd. Hierbij werd het monster bij 950°C onder toediening van zuurstof verbrand en over de kolommen van de analyzer geleid. De kolommen waren gevuld volgens de handleiding van de fabrikant.

Elementenanalyse (ICP en auto-analysers)

De concentraties calcium (Ca), magnesium (Mg), aluminium (Al), ijzer (Fe), mangaan (Mn), fosfor (P), zwavel (S; als maat voor sulfaat), silicium (Si) en zink (Zn) werden bepaald met behulp van een Inductively Coupled Plasma Spectrofotometer (ARCOS MV of GREEN DUO, Spectro, Kleve, Duitsland). De analyses van de destructies en zware metalen werden verricht op de ARCOS MV, met een horizontaal plasma en een axiale plasma observatie. De monsters werden verstoven tot een aerosol door een Seaspray verstuiver en een cyclonische verstuiverkamer. Voor alle extracten werd de GREEN DUO gebruikt, met een verticaal plasma in combinatie met een Crossflow verstuiver en een Scott verstuiverkamer.

Bijlage 4 Plantchemische gegevens

Tabel 10.2 Overzicht van de plantchemische gegevens per soort per meetjaar.

2015		1C	2A	3E	1E	2D	3F	1A	2E	3B	1B	2B	3A	1D	2C	3D	
		controle			soilfeed			lavagruis			bioliet			dolokal			
struikhei	N	mg/g	13	13	15	13	14	15	14	13	13	14	15	14	15	16	
	C	mg/g	495	504	499	489	502	498	488	498	502	489	502	500	494	504	500
	Al	mg/g	0,07	0,07	0,07	0,14	0,10	0,12	0,31	0,27	0,18	0,28	0,15	0,30	0,10	0,09	0,07
	Ca	mg/g	4,10	3,89	5,27	4,26	3,89	4,61	3,85	4,52	4,74	3,57	4,15	4,06	6,01	4,58	4,66
	Fe	mg/g	0,10	0,09	0,08	0,11	0,10	0,10	0,19	0,19	0,11	0,59	0,29	0,65	0,22	0,16	0,08
	K	mg/g	4,11	4,15	4,66	5,15	5,53	4,96	5,45	5,00	4,46	4,93	4,74	4,84	4,18	5,11	4,39
	Mg	mg/g	1,17	1,34	1,54	1,14	1,25	1,55	1,18	1,48	1,50	1,32	1,58	1,44	2,17	1,73	1,75
	Mn	mg/g	0,14	0,20	0,28	0,11	0,18	0,21	0,16	0,16	0,23	0,14	0,18	0,23	0,17	0,11	0,25
	P	mg/g	0,68	0,70	0,91	0,70	0,84	0,96	0,79	0,87	0,79	0,78	0,79	0,73	0,72	0,80	0,89
	S	mg/g	1,08	1,23	1,32	1,13	1,26	1,38	1,22	1,30	1,25	1,18	1,28	1,21	1,18	1,29	1,28
	Si	mg/g	0,26	0,29	0,16	0,31	0,30	0,18	0,29	0,28	0,26	0,33	0,21	0,20	0,27	0,35	0,40
	Zn	mg/g	0,04	0,04	0,04	0,05	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,05	0,03	0,03
	C/N	g/g	37	38	34	39	35	33	34	38	39	36	35	36	36	34	31
N/P	g/g	19	19	16	18	17	16	18	15	16	18	18	19	19	19	18	
Mn/Mg	g/g	0,12	0,15	0,18	0,09	0,15	0,14	0,14	0,11	0,16	0,11	0,12	0,16	0,08	0,06	0,14	
bochtige smeelt	N	mg/g	12	19	11	17	17	17	14	14	24	18	15	26	23	15	14
	C	mg/g	448	450	459	440	438	455	421	445	454	440	444	459	441	447	457
	Al	mg/g	0,17	0,08	0,06	0,28	0,17	0,30	1,70	0,33	0,35	0,45	0,16	0,20	0,09	0,08	0,13
	Ca	mg/g	1,38	1,42	1,33	1,73	1,57	1,83	3,05	1,40	2,18	2,00	1,60	2,01	2,74	1,82	3,05
	Fe	mg/g	0,12	0,13	0,10	0,15	0,14	0,16	0,68	0,19	0,23	0,51	0,29	0,47	0,15	0,10	0,23
	K	mg/g	3,47	6,16	4,24	7,23	11,48	9,32	7,69	6,60	13,47	5,44	7,94	11,11	9,73	7,52	5,41
	Mg	mg/g	0,50	0,78	0,71	0,65	0,75	0,91	1,35	0,78	1,09	1,01	1,07	1,51	1,84	1,17	1,56
	Mn	mg/g	0,06	0,14	0,28	0,20	0,33	0,20	0,32	0,16	0,22	0,19	0,25	0,28	0,22	0,19	0,21
	P	mg/g	0,37	0,74	0,43	0,66	0,92	1,09	0,72	0,63	1,34	0,64	0,79	1,15	1,10	0,88	0,62
	S	mg/g	0,85	1,00	0,74	1,14	1,16	1,17	1,05	0,89	1,46	1,21	1,03	1,42	1,33	1,14	1,01
	Si	mg/g	0,50	0,38	0,18	0,63	0,72	0,40	0,63	0,46	0,40	1,11	0,50	0,38	0,76	0,70	0,40
	Zn	mg/g	0,06	0,05	0,06	0,07	0,05	0,05	0,07	0,05	0,12	0,06	0,05	0,08	0,09	0,06	0,06
	C/N	g/g	38	24	43	26	25	26	29	33	19	24	30	18	19	31	34
N/P	g/g	32	25	25	25	19	16	20	22	18	29	19	22	21	17	22	
Mn/Mg	g/g	0,13	0,18	0,40	0,30	0,44	0,22	0,24	0,20	0,20	0,19	0,23	0,19	0,12	0,16	0,13	
2016		1C	2A	3E	1E	2D	3F	1A	2E	3B	1B	2B	3A	1D	2C	3D	
		controle			soilfeed			lavagruis			bioliet			dolokal			
struikhei	N	mg/g	14	17	15	14	15	14	15	15	15	15	17	16	14	17	14
	C	mg/g	511	497	500	506	499	498	507	502	499	506	499	512	501	500	495
	Al	mg/g	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,05	0,03	0,03
	Ca	mg/g	3,53	3,87	4,64	3,02	3,70	3,74	3,82	4,05	3,54	3,62	3,83	3,33	3,20	3,42	4,05
	Fe	mg/g	0,08	0,08	0,06	0,05	0,06	0,07	0,09	0,06	0,09	0,10	0,09	0,13	0,08	0,09	0,05
	K	mg/g	6,22	6,28	5,30	6,30	5,98	5,29	5,88	5,96	5,81	5,49	5,91	5,90	5,51	5,61	4,85
	Mg	mg/g	1,18	1,33	1,34	1,22	1,27	1,11	1,20	1,24	1,50	1,29	1,69	1,35	1,29	1,48	1,69
	Mn	mg/g	0,15	0,18	0,21	0,14	0,19	0,13	0,13	0,11	0,16	0,14	0,13	0,13	0,09	0,10	0,08
	P	mg/g	0,81	0,99	0,83	0,81	0,90	0,83	0,85	0,91	0,99	0,89	0,98	0,90	0,84	0,99	0,98
	S	mg/g	1,30	1,42	1,26	1,40	1,48	1,26	1,44	1,37	1,47	1,46	1,48	1,43	1,42	1,48	1,33
	Si	mg/g	0,33	0,32	0,36	0,47	0,37	0,37	0,34	0,26	0,27	0,35	0,36	0,28	0,40	0,32	0,29
	Zn	mg/g	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,02
	C/N	g/g	35	29	34	36	33	36	33	33	32	33	30	32	35	30	36
N/P	g/g	18	17	18	17	17	17	18	17	16	17	17	17	17	17	14	
Mn/Mg	g/g	0,13	0,14	0,16	0,12	0,15	0,11	0,11	0,09	0,11	0,11	0,08	0,10	0,07	0,07	0,05	
bochtige smeelt	N	mg/g	25	17	14	17	18	15	25	15	15	18	18	18	21	20	16
	C	mg/g	459	469	464	452	451	462	447	455	456	404	462	454	451	453	457
	Al	mg/g	0,13	0,10	0,09	0,14	0,12	0,12	0,26	0,09	0,09	0,14	0,14	0,11	0,14	0,10	0,11
	Ca	mg/g	1,68	1,67	1,87	1,59	1,59	1,62	2,00	1,46	1,61	2,20	1,83	1,85	2,07	1,98	1,77
	Fe	mg/g	0,41	0,26	0,15	0,35	0,20	0,15	0,91	0,15	0,18	0,42	0,24	0,19	0,49	0,16	0,27
	K	mg/g	9,71	5,98	7,60	7,99	8,07	5,80	9,71	8,18	7,99	9,23	8,08	8,39	9,17	9,74	6,37
	Mg	mg/g	0,91	0,63	1,01	0,67	0,79	0,48	0,90	0,69	0,76	0,96	0,84	1,05	1,43	1,05	0,97
	Mn	mg/g	0,44	0,22	0,32	0,20	0,22	0,19	0,61	0,11	0,21	0,49	0,26	0,26	0,36	0,16	0,10
	P	mg/g	1,50	0,67	1,67	0,65	0,92	0,78	1,30	1,05	1,31	1,23	0,96	1,26	1,25	1,33	0,74
	S	mg/g	1,58	1,23	1,06	1,38	1,51	0,92	2,11	1,31	1,17	1,90	1,34	1,40	1,54	1,56	1,27
	Si	mg/g	0,71	0,53	0,68	0,91	0,76	0,88	0,78	0,96	0,93	0,81	0,90	1,06	0,92	0,86	0,94
	Zn	mg/g	0,11	0,06	0,06	0,07	0,06	0,05	0,07	0,04	0,05	0,10	0,06	0,06	0,09	0,07	0,07
	C/N	g/g	18	28	33	27	25	31	18	29	30	22	26	25	22	23	29
N/P	g/g	17	25	8	26	20	19	19	15	12	15	18	14	17	15	21	
Mn/Mg	g/g	0,48	0,35	0,32	0,29	0,27	0,38	0,67	0,16	0,27	0,51	0,31	0,25	0,25	0,15	0,11	

2017		1C	2A	3E	1E	2D	3F	1A	2E	3B	1B	2B	3A	1D	2C	3D	
		controle			soilfeed			lavagruis			bioliet			dolokal			
struikhei	N	mg/g	17	15	16	16	16	14	15	15	16	16	16	15	14	15	
	C	mg/g	488	488	493	484	487	490	484	491	486	483	484	490	496	486	491
	Al	mg/g	0,05	0,06	0,03	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,04	0,03	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03
	Ca	mg/g	3,96	3,97	4,12	3,85	4,29	4,81	3,10	4,30	4,26	3,57	3,71	3,51	3,33	4,83	4,48
	Fe	mg/g	0,07	0,10	0,05	0,05	0,04	0,05	0,09	0,05	0,10	0,06	0,06	0,05	0,06	0,06	0,05
	K	mg/g	6,42	5,43	5,74	6,56	6,06	5,71	6,47	5,57	5,87	5,71	5,08	5,49	4,77	5,94	5,70
	Mg	mg/g	1,25	1,42	1,44	1,23	1,30	1,43	1,05	1,49	1,48	1,63	1,50	1,44	1,59	1,72	1,96
	Mn	mg/g	0,16	0,14	0,14	0,11	0,11	0,10	0,13	0,09	0,10	0,14	0,11	0,12	0,06	0,15	0,06
	P	mg/g	0,87	0,83	0,92	0,96	0,94	0,93	0,76	0,91	0,98	1,03	0,81	0,86	0,89	1,05	0,99
	S	mg/g	1,25	1,12	1,19	1,33	1,25	1,20	1,16	1,18	1,30	1,32	1,15	1,20	1,13	1,31	1,25
	Si	mg/g	0,42	0,40	0,40	0,41	0,47	0,46	0,40	0,47	0,44	0,40	0,43	0,48	0,42	0,43	0,47
	Zn	mg/g	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03	0,05	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,05
	C/N	g/g	28	32	32	30	31	35	34	34	32	29	31	31	33	34	32
N/P	g/g	20	18	17	17	17	15	19	16	15	16	19	18	17	14	15	
Mn/Mg	g/g	0,13	0,10	0,10	0,09	0,09	0,07	0,12	0,06	0,07	0,09	0,07	0,08	0,04	0,09	0,03	
bochtige snele	N	mg/g	20	21	23	23	22	22	24	24	20	22	24	24	19	21	21
	C	mg/g	450	454	456	449	453	455	446	454	449	450	455	450	453	442	459
	Al	mg/g	0,09	0,04	0,13	0,10	0,17	0,14	0,09	0,12	0,14	0,12	0,23	0,10	0,12	0,12	0,16
	Ca	mg/g	1,45	1,35	1,39	1,27	1,48	1,42	1,67	1,54	1,40	1,79	1,84	2,00	2,15	1,85	1,85
	Fe	mg/g	0,08	0,06	0,07	0,05	0,08	0,09	0,09	0,07	0,07	0,09	0,09	0,10	0,09	0,08	0,09
	K	mg/g	9,15	9,72	8,27	8,41	7,81	8,73	8,45	7,15	7,38	7,86	7,42	9,81	8,09	7,92	8,03
	Mg	mg/g	0,78	0,79	0,80	0,46	0,67	0,73	0,75	0,73	0,70	0,95	0,91	1,23	1,41	1,26	1,46
	Mn	mg/g	0,08	0,19	0,15	0,27	0,14	0,12	0,20	0,17	0,17	0,20	0,18	0,26	0,09	0,08	0,06
	P	mg/g	1,23	1,01	1,08	0,85	0,87	0,94	0,83	0,91	0,95	1,01	0,89	1,29	0,95	0,97	1,15
	S	mg/g	1,37	1,15	1,05	1,35	1,39	1,21	1,48	1,28	1,20	1,43	1,37	1,52	1,38	1,24	1,40
	Si	mg/g	0,48	0,46	0,50	0,66	0,69	0,55	0,65	0,64	0,59	0,65	0,52	0,52	0,61	0,58	0,60
	Zn	mg/g	0,08	0,05	0,05	0,06	0,06	0,05	0,06	0,05	0,05	0,06	0,07	0,07	0,08	0,07	0,05
	C/N	g/g	23	21	20	20	21	20	19	19	23	20	19	19	24	21	22
N/P	g/g	16	21	21	27	25	24	29	27	21	22	27	19	20	22	19	
Mn/Mg	g/g	0,11	0,23	0,19	0,59	0,20	0,17	0,27	0,23	0,25	0,22	0,19	0,22	0,07	0,07	0,04	

2018		1C	2A	3E	1E	2D	3F	1A	2E	3B	1B	2B	3A	1D	2C	3D	
		controle			soilfeed			lavagruis			bioliet			dolokal			
struikhei	N	mg/g	13	12	11	13	12	12	13	11	-	12	13	-	12	11	11
	C	mg/g	497	493	503	492	492	548	496	493	-	494	490	-	491	488	500
	Al	mg/g	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	-	0,05	0,05	-	0,05	0,04	0,05
	Ca	mg/g	3,58	3,25	3,24	3,79	3,27	4,00	3,31	3,99	-	3,20	3,20	-	3,32	3,31	2,86
	Fe	mg/g	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,09	0,08	0,08	-	0,09	0,09	-	0,08	0,07	0,08
	K	mg/g	4,77	4,40	4,09	4,80	4,41	4,17	4,56	3,43	-	4,41	3,93	-	4,10	3,84	3,73
	Mg	mg/g	1,29	1,13	1,21	1,31	1,25	1,18	1,23	1,39	-	1,30	1,21	-	1,70	1,69	1,18
	Mn	mg/g	0,18	0,15	0,13	0,15	0,12	0,08	0,13	0,09	-	0,14	0,16	-	0,10	0,08	0,05
	P	mg/g	0,74	0,61	0,68	0,67	0,59	0,58	0,65	0,66	-	0,63	0,61	-	0,68	0,64	0,54
	S	mg/g	0,96	0,88	0,84	0,89	0,88	0,79	0,95	0,85	-	0,90	0,90	-	0,93	0,86	0,83
	Si	mg/g	0,19	0,15	0,15	0,19	0,14	0,34	0,19	0,13	-	0,17	0,12	-	0,21	0,14	0,19
	Zn	mg/g	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	-	0,02	0,02	-	0,03	0,03	0,03
	C/N	g/g	37	40	45	38	40	45	38	43	-	40	39	-	41	44	46
N/P	g/g	18	20	17	19	21	21	20	17	-	19	21	-	18	17	20	
Mn/Mg	g/g	0,14	0,13	0,11	0,12	0,10	0,07	0,11	0,07	-	0,11	0,13	-	0,06	0,05	0,05	
bochtige snele	N	mg/g	17	19	12	17	15	12	16	12	13	14	13	11	15	14	11
	C	mg/g	454	457	452	455	453	453	439	450	454	449	448	454	445	445	449
	Al	mg/g	0,13	0,18	0,10	0,17	0,27	0,12	0,18	0,15	0,19	0,18	0,19	0,14	0,16	0,14	0,12
	Ca	mg/g	1,45	1,49	1,49	1,45	1,36	1,69	2,01	1,67	1,75	2,19	1,74	2,13	1,79	1,76	1,92
	Fe	mg/g	0,21	0,19	0,13	0,18	0,24	0,14	0,42	0,16	0,19	0,27	0,21	0,19	0,20	0,16	0,15
	K	mg/g	3,86	5,21	4,06	5,03	4,59	4,10	4,42	4,91	4,11	5,02	3,90	4,54	5,23	3,61	3,22
	Mg	mg/g	0,62	0,63	0,59	0,55	0,63	0,54	0,79	0,64	0,61	1,01	0,90	0,95	1,19	1,00	1,18
	Mn	mg/g	0,25	0,23	0,23	0,26	0,14	0,21	0,27	0,17	0,15	0,26	0,21	0,23	0,09	0,11	0,07
	P	mg/g	0,46	0,61	0,48	0,49	0,50	0,45	0,57	0,44	0,48	0,55	0,47	0,58	0,64	0,53	0,52
	S	mg/g	1,10	1,11	0,83	1,14	0,96	0,83	1,14	0,76	0,91	0,99	0,84	0,86	1,17	0,94	0,87
	Si	mg/g	0,29	0,29	0,27	0,31	0,36	0,42	0,42	0,42	0,39	0,30	0,35	0,40	0,40	0,41	0,36
	Zn	mg/g	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,05	0,07	0,04	0,05	0,06	0,04	0,05	0,08	0,07	0,06
	C/N	g/g	27	24	36	27	30	37	27	39	34	32	36	40	31	33	42
N/P	g/g	36	31	26	34	30	27	28	26	28	26	27	20	23	26	21	
Mn/Mg	g/g	0,40	0,36	0,40	0,47	0,22	0,38	0,34	0,26	0,25	0,26	0,23	0,24	0,08	0,11	0,06	

2019		1C	2A	3E	1E	2D	3F	1A	2E	3B	1B	2B	3A	1D	2C	3D
		controle			soilfeed			lavagruis			biotit			dolokal		
struikhei	N mg/g	15	15	15	13	14	13	14	13	14	12	12	14	13	14	12
	C mg/g	488	487	478	491	494	487	488	486	483	489	488	487	488	493	486
	Al mg/g	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,02	0,03	0,04
	Ca mg/g	2,93	3,39	3,70	3,38	4,26	3,60	3,40	2,80	2,95	3,17	3,66	3,08	3,21	4,37	3,33
	Fe mg/g	0,05	0,06	0,05	0,04	0,06	0,05	0,06	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05	0,04	0,05	0,06
	K mg/g	5,18	5,34	5,52	5,92	5,69	5,76	5,32	5,21	5,69	4,67	5,15	6,25	4,94	4,62	4,97
	Mg mg/g	1,17	1,12	1,15	1,06	1,33	1,18	1,12	1,11	1,09	1,27	1,46	1,46	1,52	2,08	1,33
	Mn mg/g	0,15	0,18	0,23	0,12	0,14	0,17	0,15	0,12	0,15	0,15	0,18	0,13	0,09	0,11	0,06
	P mg/g	0,76	0,88	0,89	0,91	0,96	0,93	0,76	0,82	0,90	0,78	0,89	0,96	0,87	0,95	0,85
	S mg/g	1,08	1,19	1,08	1,13	1,20	1,09	1,12	1,02	1,08	1,06	1,10	1,24	1,12	1,14	1,04
	Si mg/g	0,47	0,44	0,28	0,45	0,41	0,30	0,45	0,42	0,44	0,45	0,42	0,41	0,47	0,40	0,29
	Zn mg/g	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03
	C/N g/g	33	32	32	38	35	37	36	39	35	40	41	35	37	37	39
N/P g/g	19	17	17	14	15	14	18	15	15	16	13	15	15	14	15	
Mn/Mg g/g	0,13	0,16	0,20	0,11	0,11	0,14	0,13	0,11	0,14	0,12	0,12	0,09	0,06	0,05	0,05	
bochtige snele	N mg/g	15	15	14	13	13	16	17	15	17	15	14	16	18	13	14
	C mg/g	444	443	447	441	439	446	445	445	446	444	450	448	449	447	446
	Al mg/g	0,03	0,05	0,03	0,04	0,07	0,05	0,04	0,05	0,05	0,10	0,08	0,05	0,03	0,03	0,05
	Ca mg/g	1,11	1,17	1,26	1,29	1,47	1,38	1,40	1,41	1,18	1,59	1,64	1,43	1,63	1,79	1,43
	Fe mg/g	0,06	0,08	0,06	0,08	0,10	0,07	0,09	0,08	0,08	0,17	0,15	0,08	0,07	0,06	0,10
	K mg/g	6,70	9,01	9,08	7,25	7,57	9,54	7,64	9,30	8,59	9,32	8,20	8,46	7,96	7,52	8,00
	Mg mg/g	0,46	0,64	0,72	0,57	0,52	0,60	0,76	0,59	0,62	0,73	0,89	0,58	1,13	1,06	0,88
	Mn mg/g	0,19	0,31	0,25	0,14	0,24	0,22	0,20	0,14	0,15	0,16	0,19	0,23	0,15	0,12	0,15
	P mg/g	0,44	0,69	0,81	0,48	0,50	0,79	0,62	0,75	0,64	0,88	0,68	0,69	0,75	0,88	0,70
	S mg/g	0,82	0,95	0,95	0,86	0,92	1,05	1,10	0,99	0,99	1,01	0,98	1,20	1,31	1,00	0,98
	Si mg/g	0,48	0,49	0,34	0,54	0,52	0,32	0,47	0,44	0,41	0,47	0,44	0,45	0,49	0,43	0,40
	Zn mg/g	0,04	0,04	0,04	0,05	0,04	0,05	0,06	0,04	0,03	0,06	0,05	0,04	0,05	0,05	0,05
	C/N g/g	31	30	33	33	33	27	26	29	27	30	33	28	25	34	31
N/P g/g	33	22	17	28	27	21	28	20	26	17	20	23	24	15	20	
Mn/Mg g/g	0,41	0,48	0,35	0,25	0,46	0,37	0,26	0,24	0,24	0,22	0,21	0,40	0,13	0,11	0,17	

2022		1C	2A	3E	1E	2D	3F	1A	2E	3B	1B	2B	3A	1D	2C	3D
		controle			soilfeed			lavagruis			biotit			dolokal		
struikhei	N mg/g	12	14	14	12	12	12	12	11	11	11	12	11	12	13	12
	C mg/g	512	500	495	502	504	499	515	510	500	505	500	505	506	491	506
	Al mg/g	0,04	0,06	0,05	0,04	0,06	0,06	0,04	0,05	0,10	0,05	0,07	0,05	0,05	0,05	0,07
	Ca mg/g	3,76	3,55	3,95	3,62	3,54	4,15	3,54	3,83	4,64	3,91	4,14	4,33	3,35	4,46	3,67
	Fe mg/g	0,07	0,09	0,07	0,07	0,08	0,07	0,07	0,07	0,11	0,08	0,10	0,08	0,10	0,08	0,08
	K mg/g	4,08	4,61	4,55	5,24	4,61	4,13	4,31	4,60	3,93	3,22	4,11	3,85	3,93	4,08	3,80
	Mg mg/g	1,06	1,25	1,36	1,00	1,09	1,41	0,97	1,02	1,17	1,33	1,44	1,57	1,41	1,70	1,42
	Mn mg/g	0,19	0,36	0,19	0,12	0,19	0,14	0,14	0,12	0,20	0,26	0,26	0,19	0,09	0,16	0,10
	P mg/g	0,70	0,78	0,84	0,76	0,72	0,85	0,70	0,73	0,71	0,77	0,79	0,83	0,70	0,83	0,72
	S mg/g	0,83	1,19	0,98	0,91	0,95	0,97	0,81	0,91	0,97	0,97	1,01	1,14	0,87	1,09	0,86
	Si mg/g	0,24	0,31	0,29	0,25	0,27	0,27	0,21	0,26	0,27	0,24	0,27	0,29	0,30	0,25	0,22
	Zn mg/g	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04	0,03	0,03	0,03	0,04	0,03	0,05	0,03	0,03	0,03	0,03
	C/N g/g	44	36	36	42	41	41	44	46	45	45	41	45	43	38	43
N/P g/g	17	18	16	16	17	15	17	15	16	14	15	13	17	16	16	
Mn/Mg g/g	0,18	0,28	0,14	0,12	0,18	0,10	0,15	0,12	0,17	0,20	0,18	0,12	0,06	0,09	0,07	
bochtige snele	N mg/g	12	17	18	13	18	18	13	15	16	13	20	17	14	18	14
	C mg/g	455	451	447	444	443	441	442	449	443	460	468	455	457	462	447
	Al mg/g	0,04	0,09	0,05	0,03	0,12	0,10	0,09	0,08	0,06	0,04	0,09	0,06	0,04	0,08	0,05
	Ca mg/g	1,70	1,42	1,85	1,52	2,20	1,58	1,33	1,77	1,60	1,42	1,95	2,61	1,91	2,26	1,50
	Fe mg/g	0,09	0,11	0,10	0,07	0,10	0,09	0,18	0,08	0,09	0,07	0,11	0,09	0,07	0,10	0,08
	K mg/g	6,55	6,34	6,82	9,24	9,13	9,16	7,81	7,56	8,58	6,91	5,91	5,87	5,22	5,87	7,43
	Mg mg/g	0,65	1,16	1,33	0,74	1,16	0,95	0,74	0,91	0,82	0,75	1,07	1,08	1,46	1,16	0,88
	Mn mg/g	0,19	0,20	0,33	0,15	0,27	0,19	0,20	0,18	0,12	0,21	0,19	0,23	0,06	0,19	0,21
	P mg/g	0,60	0,85	0,99	0,74	0,96	0,99	0,57	0,86	0,84	0,70	1,22	0,88	0,93	0,89	0,83
	S mg/g	0,65	1,01	1,03	0,72	1,12	1,12	0,64	1,05	0,87	0,69	1,32	1,03	0,91	1,15	0,78
	Si mg/g	0,26	0,26	0,24	0,35	0,28	0,27	0,32	0,31	0,35	0,27	0,40	0,27	0,36	0,34	0,25
	Zn mg/g	0,04	0,04	0,07	0,05	0,06	0,03	0,05	0,05	0,03	0,04	0,08	0,05	0,05	0,07	0,03
	C/N g/g	37	26	25	33	24	25	34	30	29	35	24	26	33	26	33
N/P g/g	21	20	18	18	19	18	23	18	19	19	16	20	15	20	17	
Mn/Mg g/g	0,29	0,17	0,25	0,21	0,23	0,20	0,28	0,20	0,15	0,28	0,18	0,21	0,04	0,16	0,24	

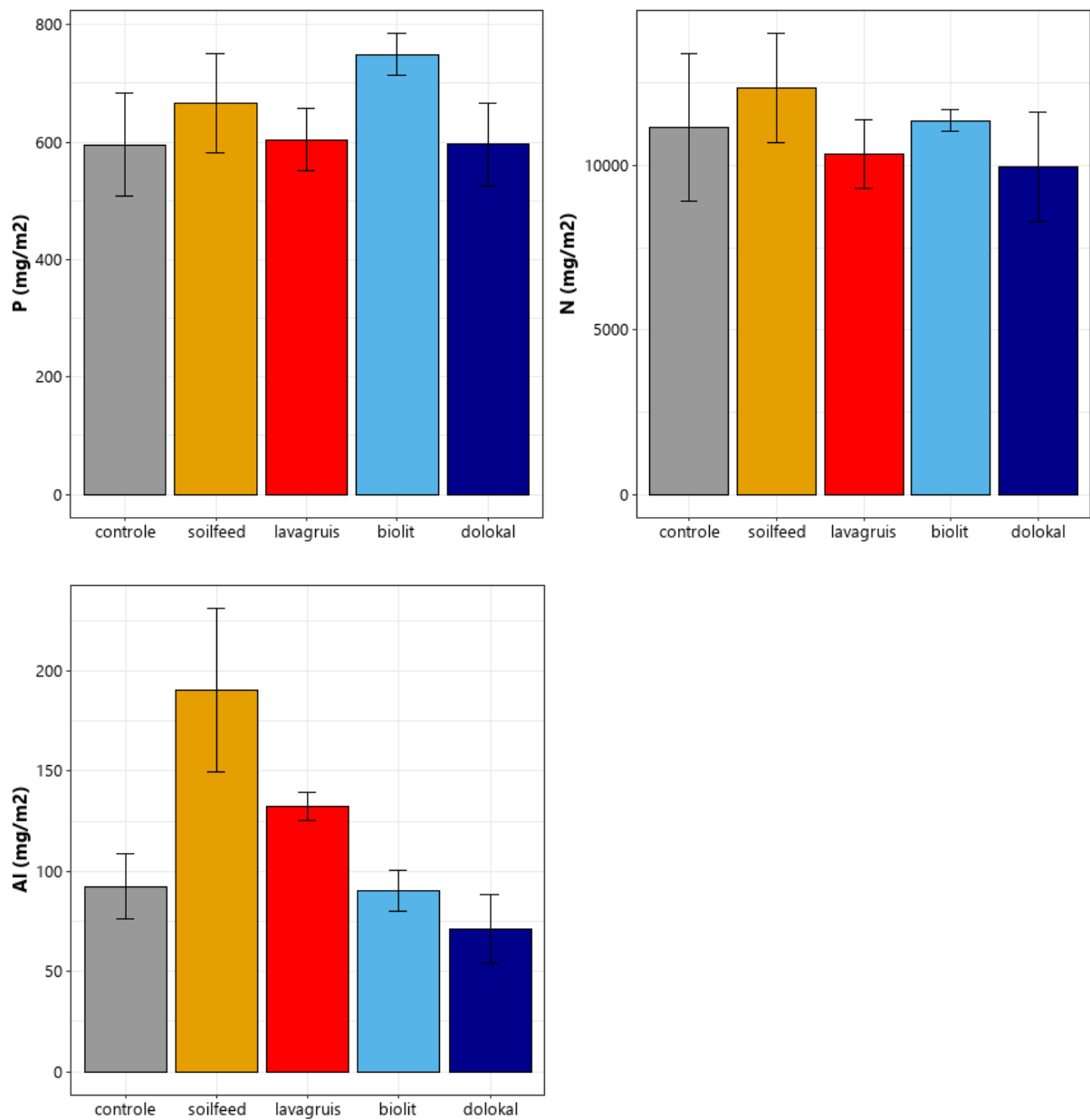
2024		1C	2A	3E	1E	2D	3F	1A	2E	3B	1B	2B	3A	1D	2C	3D
		controle			soilfeed			lavagruis			bioliet			dolokaal		
struikhei	N	12	13	12	12	12	11	13	11	11	11	11	11	13	11	13
	C	482	483	484	481	489	489	477	483	478	485	484	478	481	483	480
	Al	0,04	0,06	0,04	0,05	0,08	0,06	0,07	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,02	0,04	0,04
	Ca	3,67	5,11	5,54	4,21	4,32	3,90	4,06	4,07	3,98	4,31	3,95	4,50	3,54	4,30	4,44
	Fe	0,06	0,07	0,07	0,06	0,07	0,07	0,07	0,07	0,06	0,07	0,07	0,07	0,05	0,07	0,06
	K	3,30	3,32	3,71	4,37	4,73	4,07	4,75	3,98	4,21	3,63	3,85	3,69	3,84	4,06	4,43
	Mg	1,42	1,83	1,85	1,68	1,53	1,19	1,60	1,66	1,68	1,94	1,86	2,13	1,90	2,01	2,01
	Mn	0,35	0,87	0,74	0,27	0,57	0,34	0,25	0,29	0,33	0,36	0,46	0,60	0,08	0,13	0,13
	P	0,68	0,80	0,69	0,77	0,83	0,57	0,85	0,71	0,75	0,78	0,81	0,76	0,87	0,80	0,78
	S	0,98	1,09	1,03	1,01	1,13	0,93	1,08	1,01	1,01	1,06	1,04	1,03	1,16	1,07	1,08
	Si	0,50	0,53	0,46	0,52	0,51	0,51	0,48	0,55	0,52	0,45	0,52	0,50	0,50	0,50	0,46
	Zn	0,04	0,04	0,03	0,04	0,03	0,03	0,04	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03	0,03
	C/N	39	36	40	41	42	44	36	45	45	43	46	43	38	42	36
	N/P	18	17	18	15	14	19	15	15	14	14	13	15	15	14	17
Mn/Mg	0,25	0,47	0,40	0,16	0,37	0,29	0,16	0,17	0,20	0,18	0,25	0,28	0,05	0,06	0,06	
bochtige smele	N	22	18	15	18	13	12	16	13	13	13	12	15	14	14	13
	C	452	454	456	446	438	449	440	445	447	446	448	451	446	454	451
	Al	0,03	0,02	0,01	0,02	0,05	0,02	0,03	0,06	0,07	0,02	0,05	0,03	0,04	0,03	0,01
	Ca	1,84	1,84	1,87	1,63	1,86	1,72	1,49	1,72	1,95	1,97	2,01	1,82	1,79	1,97	1,63
	Fe	0,08	0,07	0,06	0,07	0,08	0,06	0,06	0,07	0,08	0,06	0,09	0,06	0,08	0,06	0,06
	K	7,03	7,32	7,34	9,08	7,93	8,39	8,85	7,84	7,67	8,22	6,27	6,88	6,97	6,78	8,34
	Mg	1,37	0,95	1,14	0,71	0,54	0,77	0,74	0,66	0,82	0,85	0,95	0,93	1,06	1,04	1,20
	Mn	0,57	0,52	0,41	0,42	0,45	0,36	0,40	0,37	0,39	0,47	0,47	0,41	0,16	0,14	0,23
	P	1,03	1,15	0,96	0,91	0,81	0,76	0,68	0,74	0,84	0,78	0,76	0,92	0,74	0,87	0,97
	S	1,12	1,08	0,91	0,98	0,85	0,90	0,89	0,87	0,90	0,81	0,79	0,97	0,86	1,01	1,03
	Si	0,49	0,59	0,47	0,53	0,51	0,51	0,52	0,57	0,57	0,51	0,54	0,47	0,51	0,52	0,49
	Zn	0,06	0,05	0,05	0,06	0,04	0,07	0,05	0,04	0,04	0,04	0,05	0,05	0,04	0,04	0,03
	C/N	21	25	30	25	34	36	27	34	34	35	39	30	33	32	34
	N/P	21	15	16	19	16	16	24	17	15	16	15	16	19	16	14
Mn/Mg	0,42	0,55	0,36	0,60	0,84	0,47	0,54	0,56	0,47	0,55	0,50	0,44	0,16	0,13	0,19	

Bijlage 5 GLMM-uitkomsten Al-, Fe- en Zn-gehalte in struikhei en bochtige smele

Tabel 10.3 GLMM-uitkomsten van alle meetjaren samen getoetst over de gehele looptijd van het experiment voor het Al-, Fe- en Zn-gehalte in mg/g in struikhei en bochtige smele. *, **, ***: significant verschil van $p=0.05$; 0.01 en 0.001.

struikhei	Al		Fe		Zn	
	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t
intercept	0,07 (0,02)	3,31***	0,10 (0,03)	3,66***	0,03 (0,003)	13,60***
soilfeed	0,002 (0,003)	0,67	-0,01 (0,01)	-0,87	-0,001 (0,001)	-0,35
lavagruis	0,007 (0,004)	1,72	0,01 (0,01)	0,79	-0,002 (0,001)	-1,26
bioliet	0,003 (0,004)	0,87	0,11 (0,01)	1,46	-0,002 (0,001)	-1,86
dolokaal	-0,004 (0,004)	-1,10	-0,002 (0,01)	-0,30	-0,002 (0,001)	-1,19
bochtige smele	Al		Fe		Zn	
	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t	Estimate (SE)	t
intercept	0,12 (0,03)	3,63***	0,16 (0,04)	3,96***	0,06 (0,007)	8,66***
soilfeed	0,01 (0,01)	1,81	0,003 (0,03)	0,10	0,001 (0,003)	0,14
lavagruis	0,03 (0,01)	3,36***	0,02 (0,03)	0,63	-0,003 (0,003)	-0,94
bioliet	0,02 (0,01)	2,33*	0,03 (0,02)	1,70	0,003 (0,003)	0,93
dolokaal	0,003 (0,01)	0,47	0,004 (0,03)	0,17	0,004 (0,004)	1,17

Bijlage 6 Nutriënteninhoud in bovengrondse vegetatie



Figuur 10.1 Totale hoeveelheid Ca, Mg en K in mg/m² in de bovengrondse biomassa van struikhei + grassen per behandeling in het tiende meetjaar (gemiddeld ± standaardfout).

Bijlage 7 Vegetatieopnamen

Tabel 10.4 Overzicht van de vegetatieopnamen van 2015, 2016, 2017, 2019, 2022 en 2024; kopgegevens, soorten en gemiddelde werkelijke bedekking (%) op basis van Braun-Blanquet.

		2015			2016			2017			2019			2022			2024				
		1C	2A	3E	1C	2A	3E	1C	2A	3E	1C	2A	3E	1C	2A	3E	1C	2A	3E		
		Controle																			
Totale bedekking	%	98	99	98	90	90	98	80	55	85	70	40	50	80	25	50	95	70	99		
Kale bodem	%	2	1	2	10	10	2	20	40	15	30	40	50	20	75	50	5	30	1		
Moslaag	%	90	98	95	90	80	95	40	30	45	30	40	30	45	5	0	45	25	25		
Kruidlaag	%	92	90	90	85	85	85	75	50	80	60	30	30	65	25	45	80	65	60		
Strooisellaag	%	35	25	15	50	50	35	40	45	5	5	30	15	8	8	8	1	1	1		
Grassen (incl. Juncaceae en Cyperaceae)	%	2	7	20	1	3	15	1	2	2	10	8	5	10	10	20	10	10	20		
Heide	%	92	90	80	85	80	75	70	45	80	60	10	5	60	10	20	75	60	35		
Gemiddelde hoogte (struik)	cm	50	50	45	60	40	30	60	45	20	55	25	30	80	50	60	80	35	60		
soortenaantal Vaatplanten		3	9	6	4	11	9	6	10	7	7	8	9	7	9	9	8	8	9		
soortenaantal Mossen		6	8	7	6	5	4	4	4	3	3	3	3	4	1	2	2	4	2		
Soortgroepen (aantal species)																					
Totaal aantal vaatplanten		3	9	6	4	11	9	6	10	7	7	8	9	7	9	9	8	8	9		
Algemene heidesoorten (A)		3	6	6	3	7	6	5	7	6	5	5	6	5	6	7	6	6	6		
Soorten van iets gebufferde condities (B)		0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1		
Graslandsoorten (G)		0	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1		
Ruderalen, Pioniers, Storingsoorten (R)		0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Houtige gewassen (H)		0	2	0	0	2	1	0	2	1	0	2	1	0	2	0	0	0	1		
Latijnse naam	Nederlandse naam	Type	Groep																		
Calluna vulgaris	Struikhei	V	A	88	88	88	88	88	68	68	38	68	68	8	3	68	8	18	68	68	38
Carex pilulifera	Pilzegge	V	A	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0
Deschampsia flexuosa	Bochtige smele	V	A	3	3	8	3	3	8	2	3	3	3	2	3	1	3	8	2	4	8
Festuca filiformis	Fijn schapengras	V	A	0	8	8	0	4	4	3	3	4	8	3	4	8	8	18	4	4	18
Juncus squarrosus	Trekruis	V	A	0	2	8	0	1	8	0	2	4	0	0	3	0	1	3	0	1	4
Molinia caerulea	Pijpenstrootje	V	A	3	2	2	3	2	2	2	2	8	3	2	2	2	2	2	2	2	2
Rumex acetosella	Schapenzuring	V	A	0	2	2	0	1	3	3	3	4	4	4	4	3	3	4	3	4	4
Aira praecox	Vroege haver	V	B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	3	4	0	3	3	3	2
Luzula campestris	Gewone veldbies	V	B	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agrostis capillaris	Gewoon struisgras	V	G	0	2	0	0	0	3	1	2	0	4	3	3	4	3	3	3	3	3
Betula species (juv)	Ruwe berk	V	H	0	2	0	0	2	1	0	1	1	0	1	1	0	2	0	0	0	0
Pinus sylvestris (juv)	Grove den	V	H	0	2	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1
Persicaria hydropiper	Waterpeper	V	R	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cladina portentosa	Open rendiermos	L		0	2	2	0	0	0	0	2	3	0	0	2	0	0	0	0	0	3
Cladonia species	Cladonia spec.	L		4	18	38	4	4	4	0	2	0	2	2	2	4	4	4	3	4	3
Aulacomnium andogynum	Gewoon knopjesmos	B		0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Brachythecium rutabulum	Gewoon dikkopmos	B		18	4	4	18	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0
Bryum species 1	Knikmos spec.	B		0	4	4	0	0	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Bryum species 2	Knikmos spec.	B		4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Campylopus introflexus	Grijs kronkelsteeltje	B		38	88	68	18	38	68	8	18	8	8	38	8	38	4	8	38	18	18
Campylopus pyriformis	Breekblaadje	B		0	4	8	0	0	4	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cephaloziella divaricata	Gewoon draadmos	B		8	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dicranum scoparium	Gewoon gaffeltandmos	B		4	4	18		4	18	0	3	8	1	2	18	3	0	4	0	0	8
Eurhynchium praelongum	Fijn laddermos	B		0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hypnum jutlandicum	Heideklauwtjesmos	B		38	18	8	38	18	8	38	38	38	8	2	2	8	0	0	38	4	0
Pohlia nutans	Gewoon peermos	B		0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Polytrichum commune	Gewoon haarmos	B		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
Polytrichum juniperinum	Zandhaarmos	B		0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Polytrichum species	Haarmos species	B		0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pseudoscleropodium purum	Groot laddermos	B		0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

		2015			2016			2017			2019			2022			2024				
		1E	2D	3F	1E	2D	3F	1E	2D	3F	1E	2D	3F	1E	2D	3F	1E	2D	3F		
		Soilfeed																			
Totale bedekking	%	95	98	98	90	90	90	60	75	90	65	65	60	70	50	65	95	95	98		
Kale bodem	%	3	2	2	10	10	2	40	25	10	35	35	40	30	50	35	5	5	2		
Moslaag	%	85	95	95	90	80	95	35	40	55	20	30	20	15	10	10	25	25	10		
Kruidlaag	%	91	90	90	85	80	90	55	70	80	65	45	40	70	50	60	75	75	80		
Strooisellaag	%	25	25	15	50	40	30	45	25	5	10	20	15	5	15	5	1	1	1		
Grassen (incl. Juncaceae en Cyperaceae)	%	3	5	20	1	2	15	1	3	2	10	8	25	20	20	50	30	4	50		
Heide	%	90	85	85	90	70	75	55	65	80	50	15	5	45	20	10	65	40	40		
Gemiddelde hoogte (struik)	cm	65	50	40	60	30	35	60	40	20	40	30	35	80	60	60	80	45	60		
soortenaantal Vaatplanten		8	8	9	10	8	11	11	9	7	10	9	9	11	9	9	12	10	10		
soortenaantal Mossen		7	7	9	5	5	5	6	4	2	3	3	3	5	4	4	3	4	2		
Soortgroepen (aantal species)																					
Totaal aantal vaatplanten		8	8	9	10	8	11	11	9	7	10	9	9	11	9	9	12	10	10		
Algemene heidesoorten (A)		6	5	7	7	5	7	7	5	7	6	6	6	7	5	7	7	5	7		
Soorten van iets gebufferde condities (B)		0	0	0	1	0	0	2	1	0	1	1	1	1	1	2	1	2			
Graslandsoorten (G)		0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	1	2	1	1	1	2	2	1		
Ruderalen, Pioniers, Stringsoorten (R)		0	0	1	1	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0		
Houtige gewassen (H)		2	2	1	1	2	1	1	2	0	1	1	0	2	2	0	1	2	0		
Latijnse naam	Nederlandse naam	Type	Groep																		
Calluna vulgaris	Struikhei	V	A	88	88	88	88	68	38	38	68	38	18	3	38	18	8	68	38	38	
Carex pilulifera	Pilzegge	V	A	2	0	2	3	0	3	3	0	2	0	1	2	2	0	2	2	0	
Deschampsia flexuosa	Bochtige smele	V	A	3	3	4	3	4	8	0	3	3	2	3	2	3	2	4	3		
Erica tetralix	Gewone dophei	V	A	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Festuca filiformis	Fijn schapengras	V	A	0	4	8	1	3	8	3	4	4	4	3	18	8	18	38	8	38	38
Juncus squarrosus	Trekrus	V	A	0	0	8	2	0	4	2	0	2	1	2	3	1	0	2	1	0	2
Molinia caerulea	Pijpenstrootje	V	A	2	3	3	3	3	3	3	2	8	3	2	8	3	2	8	3	2	
Rumex acetosella	Schapenzuring	V	A	2	3	4	2	2	3	4	4	4	0	3	4	4	4	3	4		
Aira praecox	Vroege haver	V	B	0	0	0	0	0	0	2	2	0	4	4	3	8	3	3	4	4	3
Hypochaeris radicata	Gewoon biggenkruid	V	B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2	
Luzula campestris	Gewone veldbies	V	B	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
Agrostis capillaris	Gewoon struisgras	V	G	0	4	0	0	4	2	2	4	0	3	3	3	8	4	2	18	8	2
Holcus lanatus	Gestreepte witbol	V	G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	
Taraxacum species	Paardenbloem species	V	G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
Betula species (juv)	Ruwe berk	V	H	2	2	1	0	1	1	1	2	0	1	0	0	1	1	0	2	1	0
Pinus sylvestris (juv)	Grove den	V	H	1	2	0	1	2	0	0	1	0	0	2	0	0	1	0	0	1	0
Quercus robur (juv)	Zomereik	V	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Juncus effusus	Pitrus	V	R	0	0	2	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Pericaria hydropiper	Waterpeper	V	R	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cladina portentosa	Open rendiermos	L		0	3	2	0	0	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
Cladonia species	Cladonia spec.	L		4	8	8	3	3	4	0	0	0	1	0	4	0	4	4	0	3	
Aulacomnium andogynum	Gewoon knopjesmos	B		4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Brachythecium rutabulum	Gewoon dikkopmos	B		18	4	4	18	4	4	2	0	0	1	0	0	2	3	0	0	0	0
Bryum species 1	Knikmos spec.	B		0	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0
Bryum species 2	Knikmos spec.	B		4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Campylopus introflexus	Grijs kronkelsteeltje	B		38	88	68	38	38	68	8	18	38	4	38	8	8	8	4	18	8	4
Campylopus pyriformis	Breekblaadje	B		0	0	8	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cephaloziella divaricata	Gewoon draadmos	B		4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ceratodon purpureus	Gewoon purpersteeltje	B		0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
Dicranum scoparium	Gewoon gaffeltandmos	B		3	4	8	3	4	8	1	3	0	0	4	3	3	4	4	0	4	0
Eurhynchium praelongum	Fijn laddermos	B		0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Funaria hygrometrica	Gewoon krulmos	B		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
Hypnum jutlandicum	Heideklauwtjesmos	B		38	18	18	38	38	18	38	38	38	8	4	3	8	4	0	18	8	0
Pleurozium schreberi	Bronsmos	B		0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Polytrichum commune	Gewoon haarmos	B		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	4	0
Polytrichum commune/formosum	Haarmos fraai/gewoon	B		0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Polytrichum piliferum	Ruig haarmos	B		0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0

		2015			2016			2017			2019			2022			2024				
		1A	2E	3B	1A	2E	3B	1A	2E	3B	1A	2E	3B	1A	2E	3B	1A	2E	3B		
		Lavagruis																			
Totale bedekking	%	98	95	98	85	75	95	70	70	70	60	65	60	65	75	65	95	95	95		
Kale bodem	%	2	5	2	15	25	5	25	30	30	40	30	40	35	25	35	5	10	15		
Moslaag	%	85	95	95	80	75	95	60	50	45	30	30	20	30	5	10	25	10	10		
Kruidlaag	%	95	90	82	80	70	70	65	60	65	60	45	50	60	75	65	85	85	80		
Strooisellaag	%	40	30	30	50	40	40	50	30	15	10	10	10	5	5	8	1	1	1		
Grassen (incl. Juncaceae en Cyperaceae)	%	1	6	5	1	4	5	1	5	1	25	8	10	25	65	50	30	60	65		
Heide	%	95	85	80	80	60	50	65	55	40	40	5	10	40	15	5	55	40	20		
Gemiddelde hoogte (struik)	cm	60	40	50	60	25	40	60	25	20	45	25	35	65	80	60	70	60	50		
soortenaantal Vaatplanten		4	8	8	8	10	9	9	9	9	9	13	10	9	10	9	11	12	9		
soortenaantal Mossen		9	7	6	5	4	4	3	4	3	3	3	5	4	2	2	4	5	4		
Sooirtgroepen (aantal species)																					
Totaal aantal vaatplanten		4	8	8	8	10	9	9	9	9	9	13	10	9	10	9	11	12	9		
Algemene heidesoorten (A)		3	7	6	5	8	6	6	6	7	6	8	6	6	7	6	6	6	6		
Soorten van iets gebufferde condities (B)		0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2	2	2		
Graslandsoorten (G)		0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1		
Ruderalen, Pioniers, Storingsoorten (R)		0	0	0	1	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0		
Houtige gewassen (H)		1	1	2	1	0	0	1	1	0	1	2	0	1	1	0	1	2	0		
Latijnse naam	Nederlandse naam	Type	Groep																		
Calluna vulgaris	Struikhei	V	A	88	88	88	88	68	68	68	38	18	38	3	8	38	8	8	68	38	18
Carex pilulifera	Pilzegge	V	A	0	1	0	1	2	2	2	2	1	2	1	0	2	2	0	2	0	1
Cuscuta epithymum	Klein warkruid	V	A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Deschampsia flexuosa	Bochtige smele	V	A	2	4	8	3	3	8	3	3	3	2	3	3	3	2	2	3	2	8
Festuca filiformis	Fijn schapengras	V	A	0	4	3	0	3	3	3	4	3	8	8	8	8	68	68	8	38	68
Juncus squarrosus	Trekrus	V	A	0	3	1	0	4	0	0	2	2	0	3	2	0	8	2	0	8	0
Molinia caerulea	Pijpenstrootje	V	A	3	2	2	3	3	3	3	0	2	8	2	4	1	2	8	3	2	2
Rumex acetosella	Schapenzuring	V	A	0	2	4	3	2	4	4	3	3	8	4	4	3	4	4	3	4	4
Spergularia rubra	Rode schijnspurrie	V	A	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aira praecox	Vroege haver	V	B	0	0	0	0	1	0	2	2	1	4	4	4	4	4	4	4	4	4
Hypochaeris radicata	Gewoon biggenkruid	V	B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2	1	2	2	2
Agrostis capillaris	Gewoon struisgras	V	G	0	0	0	0	2	3	2	2	2	4	3	3	4	3	8	38	8	8
Agrostis stolonifera	Fioringras	V	G	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Holcus lanatus	Gestreepte witbol	V	G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Betula species (juv)	Ruwe berk	V	H	0	1	1	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0
Pinus sylvestris (juv)	Grove den	V	H	1	0	1	1	0	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1	0
Coryza canadensis	Canadese fijnstraal	V	R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Juncus effusus	Pitrus	V	R	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Persicaria hydropiper	Waterpeper	V	R	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Solanum nigrum	Zwarte nachtschade	V	R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Juncus bulbosus	Knolrus	V	X	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cladina portentosa	Open rendiermos	L		0	4	2	0	0	0	0	2	2	0	3	2	0	0	0	0	2	0
Cladonia species	Cladonia spec.	L		0	18	8	0	4	4	0	0	0	0	0	3	4	0	4	4	0	0
Aulacomnium andogynum	Gewoon knopjesmos	B		4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Brachythecium rutabulum	Gewoon dikkopmos	B		8	4	4	4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bryum species 1	Knikmos spec.	B		0	0	4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	3	0	0	3	0	0
Bryum species 2	Knikmos spec.	B		4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Campylopus introflexus	Grijs kronkelsteeltje	B		18	88	88	18	38	68	38	18	18	8	38	8	3	8	0	8	4	4
Campylopus pyriformis	Breekblaadje	B		4	4	0	4	0	0	0	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Cephaloziella divaricata	Gewoon draadmos	B		4	8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ceratodon purpureus	Gewoon purpersteeltje	B		0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0	0	4	4	4
Dicranum scoparium	Gewoon gaffeltandmos	B		0	4	4	0	4	4	0	3	3	0	4	8	8	4	4	0	4	3
Hypnum jutlandicum	Heideklauwtjesmos	B		88	18	18	68	18	38	38	38	38	3	4	2	8	0	3	8	3	0
Pohlia nutans	Gewoon peermos	B		4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Polytrichum piliferum	Ruig haarmos	B		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	4	4
Polytrichum species	Haarmos species	B		0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pseudoscleropodium purum	Groot laddermos	B		4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

		2015			2016			2017			2019			2022			2024				
		1B	2B	3A	1B	2B	3A	1B	2B	3A	1B	2B	3A	1B	2B	3A	1B	2B	3A		
		Biolit 100																			
Totale bedekking	%	92	98	97	85	90	90	75	50	65	60	60	65	85	65	75	95	95	95		
Kale bodem	%	8	2	3	15	10	10	25	40	35	40	40	35	15	35	25	5	5	5		
Moslaag	%	70	95	95	80	80	80	35	30	45	25	15	20	15	10	15	25	25	10		
Kruidlaag	%	92	90	92	75	85	65	70	40	60	60	45	60	85	60	70	90	75	85		
Strooisellaag	%	40	25	25	30	40	40	30	40	20	10	10	2	3	3	3	1	1	1		
Grassen (incl. Juncaceae en Cyperaceae)	%	3	5	3	5	2	2	6	1	1	50	35	10	85	50	60	85	55	75		
Heide	%	92	90	90	75	75	65	50	40	35	20	5	5	15	5	8	25	15	10		
Gemiddelde hoogte (struik)	cm	60	50	50	60	50	40	50	40	25	35	25	40	60	40	50	70	40	50		
soortenaantal Vaatplanten		4	9	8	10	9	9	12	10	8	11	12	12	9	12	8	10	11	9		
soortenaantal Mossen		6	11	9	4	5	4	3	4	3	4	2	4	4	3	1	3	5	1		
Sooirtgroepen (aantal species)																					
Totaal aantal vaatplanten		4	9	8	10	9	9	12	10	8	11	12	12	9	12	8	10	11	9		
Algemene heidesoorten (A)		4	6	5	5	6	6	7	6	5	7	7	7	6	5	6	6	5			
Soorten van iets gebufferde condities (B)		0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	2	2	1	1	1	1	2			
Graslandsoorten (G)		0	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1			
Ruderalen, Pioniers, Storingsoorten (R)		0	0	0	3	0	1	2	0	0	1	0	0	0	1	0	1	2	0		
Houtige gewassen (H)		0	2	2	0	2	1	1	2	1	1	2	2	0	3	1	1	1	1		
Latijnse naam	Nederlandse naam	Type	Groep																		
Calluna vulgaris	Struikhei	V	A	88	88	88	88	88	68	38	18	18	18	8	3	18	8	8	18	18	8
Carex pilulifera	Pilzegge	V	A	0	2	0	1	3	3	3	2	3	3	2	2	1	3	0	1	1	0
Corynephorus canescens	Buntgras	V	A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Cuscuta epithymum	Klein warkruid	V	A	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Deschampsia flexuosa	Bochtige smele	V	A	3	4	4	0	4	4	3	3	3	3	2	3	2	3	2	2	4	8
Festuca filiformis	Fijn schapengras	V	A	0	4	3	0	3	4	8	4	4	18	8	18	88	38	68	88	38	68
Juncus squarrosus	Trekus	V	A	2	0	0	2	0	0	2	0	0	3	0	1	1	0	0	0	0	0
Molinia caerulea	Pijpenstrootje	V	A	1	2	0	1	2	2	1	2	0	3	2	2	2	2	3	2	2	2
Rumex acetosella	Schapenzuring	V	A	0	1	4	4	3	4	4	4	4	8	8	38	3	4	4	3	4	3
Aira praecox	Vroege haver	V	B	0	0	0	0	0	4	3	2	8	18	4	3	4	0	3	4	2	2
Hypochaeris radicata	Gewoon biggenkruid	V	B	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	0	2	0	2	0	2
Agrostis capillaris	Gewoon struisgras	V	G	0	2	3	0	4	3	3	4	3	4	3	3	4	3	8	3	18	18
Agrostis stolonifera	Fioringras	V	G	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Taraxacum species	Paardenbloem species	V	G	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Betula species (juv)	Ruwe berk	V	H	0	2	2	0	2	0	2	1	0	1	2	1	0	2	1	0	1	1
Pinus sylvestris (juv)	Grove den	V	H	0	8	1	0	8	1	0	1	1	0	8	2	0	1	0	1	0	0
Quercus robur (juv)	Zomereik	V	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Coryza canadensis	Canadese fijnstraal	V	R	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	1	0
Epilobium cf. montanum	Bergbasterdwederik	V	R	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Epilobium tetragonum	Kantige basterdwederik	V	R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Juncus effusus	Pitrus	V	R	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Moehringia trinervia	Drienerfmuur	V	R	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Persicaria hydropiper	Waterpeper	V	R	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Senecio inaequidens	Bezemkruid	V	R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Cladina portentosa	Open rendiermos	L		0	2	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	1
Cladonia species	Cladonia spec.	L		4	18	4	2	3	4	0	0	0	0	0	4	4	4	3	4	3	3
Aulacomnium andogynum	Gewoon knopjesmos	B		0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Brachythecium rutabulum	Gewoon dikkopmos	B		8	4	4	8	4	4	0	3	0	0	0	2	0	0	0	4	0	0
Bryum species 1	Knikmos spec.	B		0	0	8	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bryum species 2	Knikmos spec.	B		8	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Campylopus introflexus	Grijs kronkelsteeltje	B		38	88	68	38	68	38	38	18	8	8	4	4	3	4	0	8	4	0
Campylopus pyriformis	Breekblaadje	B		8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0
Cephaloziella divaricata	Gewoon draadmos	B		4	4	8	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ceratodon purpureus	Gewoon purpersteeltje	B		0	4	0	0	0	0	2	0	0	3	0	3	0	0	0	0	0	0
Dicranum scoparium	Gewoon gaffeltandmos	B		0	4	4	0	0	8	0	3	3	1	3	8	8	4	3	0	4	3
Funaria hygrometrica	Gewoon krulmos	B		0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Hypnum jutlandicum	Heideklauwtjesmos	B		38	18	38	38	18	38	18	38	38	2	0	4	8	0	0	18	4	0
Pleurozium schreberi	Bronsmos	B		0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Polytrichum commune	Gewoon haarmos	B		0	3	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0
Polytrichum commune/formosum	Haarmos fraai/gewoon	B		0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Polytrichum piliferum	Ruig haarmos	B		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0

				2015			2016			2017			2019			2022			2024		
				1F	2F	3C	1F	2F	3C	1F	2F	3C	1F	2F	3C	1F	2F	3C	1F	2F	3C
				Biolit 200																	
Totale bedekking	%			95	98	93	85	85	95	70	65	85	70	65	55	80	80	90	95	99	95
Kale bodem	%			3	2	7	15	15	5	15	35	15	30	35	45	20	20	10	5	1	5
Moslaag	%			80	92	90	80	80	95	40	40	50	35	40	15	25	15	10	25	20	10
Kruidlaag	%			86	90	80	80	60	85	70	60	70	45	50	85	70	86	90	90	95	
Strooisellaag	%			40	30	20	40	40	30	30	30	15	10	5	2	1	5	1	1	3	1
Grassen (incl. Juncaceae en Cyperaceae)	%			3	15	15	10	5	15	5	20	15	45	10	30	60	70	80	70	90	80
Heide	%			85	80	74	70	55	50	50	35	30	15	5	10	15	5	10	25	5	20
Gemiddelde hoogte (struik)	cm			60	50	55	60	30	30	45	25	20	35	30	35	50	60	50	50	80	50
soortenaantal Vaatplanten				6	10	10	13	10	12	9	10	9	8	10	12	8	10	9	8	9	8
soortenaantal Mossen				8	8	8	6	6	5	5	4	3	4	4	4	3	2	3	5	3	6
Soortgroepen (aantal species)																					
Totaal aantal vaatplanten				6	10	10	13	10	12	9	10	9	8	10	12	8	10	9	8	9	8
Algemene heidesoorten (A)				6	7	7	6	6	8	6	6	6	6	6	7	6	8	6	6	5	5
Soorten van iets gebufferde condities (B)				0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	2	0	1	1	1	2	1
Graslandsoorten (G)				0	1	1	3	2	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1
Ruderalen, Pioniers, Storingsoorten (R)				0	0	0	3	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Houtige gewassen (H)				0	2	2	0	2	2	0	2	1	0	2	1	1	0	1	0	0	1
Latijnse naam	Nederlandse naam	Type	Groep																		
Calluna vulgaris	Struikhei	V	A	88	88	68	88	68	38	38	18	18	18	3	8	18	8	8	18	8	18
Carex pilulifera	Pilzegge	V	A	3	1	2	3	0	3	3	2	0	2	0	0	2	2	0	2	0	0
Corynephorus canescens	Buntgras	V	A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Deschampsia flexuosa	Bochtige smele	V	A	3	3	18	4	4	18	3	3	3	2	2	8	2	2	3	3	8	8
Festuca filiformis	Fijn schapengras	V	A	3	3	3	2	3	3	4	4	18	8	8	18	38	68	88	38	38	68
Hieracium umbellatum (?)	Havikskruid spec.	V	A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Juncus squarrosus	Trekus	V	A	0	2	1	0	2	1	0	0	2	0	2	1	0	2	2	0	0	0
Molinia caerulea	Pijpenstrootje	V	A	1	18	2	3	8	2	2	18	2	3	8	2	2	3	2	3	8	2
Rumex acetosella	Schapenzuring	V	A	3	2	4	4	4	4	8	4	4	8	4	18	8	4	4	4	3	4
Spergularia rubra	Rode schijnspurrie	V	A	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Aira praecox	Vroege haver	V	B	0	0	0	0	0	2	1	2	8	3	4	0	0	0	4	4	0	0
Hypochaeris radicata	Gewoon biggenkruid	V	B	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	2	0	1	2	0	1	2
Luzula campestris	Gewone veldbies	V	B	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Agrostis capillaris	Gewoon struisgras	V	G	0	2	3	0	2	2	4	0	3	8	3	3	8	8	3	18	38	8
Agrostis stolonifera	Fioringras	V	G	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cerastium fontanum	Gewone hoornbloem	V	G	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Holcus lanatus	Gestreepte witbol	V	G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Taraxacum species	Paardenbloem species	V	G	0	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Betula species (juv)	Ruwe berk	V	H	0	2	2	0	2	1	0	1	2	0	1	1	0	0	1	0	0	1
Pinus sylvestris (juv)	Grove den	V	H	0	8	1	0	1	1	0	2	0	8	0	0	0	0	0	0	0	0
Quercus robur (juv)	Zomereik	V	H	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Persicaria hydropiper	Waterpeper	V	R	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Persicaria maculosa	Perzikkruid	V	R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Sagina procumbens	Liggende vetmuur	V	R	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Sonchus species	Melkdistel species	V	R	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Juncus bulbosus	Knolrus	V	X	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cladina portentosa	Open rendiermos	L		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0	2	0	0	
Cladonia species	Cladonia spec.	L		3	8	4	3	0	4	0	0	0	0	0	0	4	3	0	4	0	0
Aulacomnium andogynum	Gewoon knopjesmos	B		4	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Brachythecium albicans	Bleek dikkopmos	B		0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Brachythecium rutabulum	Gewoon dikkopmos	B		8	4	4	18	4	4	4	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Bryum species 1	Knikmos spec.	B		0	0	8	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Bryum species 2	Knikmos spec.	B		8	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Campylopus introflexus	Grijs kronkelsteeltje	B		18	68	68	18	18	68	18	18	38	8	38	3	8	3	4	18	3	3
Campylopus pyriformis	Breekblaadje	B		4	4	4	0	0	0	2	3	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Cephaloziella divaricata	Gewoon draadmos	B		4	4	8	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ceratodon purpureus	Gewoon purpersteeltje	B		0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	4	0	3	
Dicranum scoparium	Gewoon gaffeltandmos	B		18	8	4	18	4	4	4	3	3	8	18	8	8	8	4	8	8	4
Hypnum jutlandicum	Heideklauwtjesmos	B		38	18	18	38	38	38	8	18	18	8	4	8	8	0	8	4	4	
Polytrichum commune	Gewoon haarmos	B		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
Polytrichum commune/formosum	Haarmos fraai/gewoon	B		0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Polytrichum piliferum	Ruig haarmos	B		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	0	4
Pseudoscleropodium purum	Groot laddermos	B		0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

		2015			2016			2017			2019			2022			2024				
		1D	2C	3D	1D	2C	3D	1D	2C	3D	1D	2C	3D	1D	2C	3D	1D	2C	3D		
		Dolokal																			
Totale bedekking	%	95	97	98	90	80	90	60	55	85	60	65	60	75	80	90	95	90	95		
Kale bodem	%	5	3	5	10	20	10	40	45	15	40	35	40	25	20	10	5	10	5		
Moslaag	%	80	95	92	80	70	85	40	30	45	25	20	15	15	10	10	25	25	10		
Kruidlaag	%	81	90	80	80	70	75	55	50	80	60	60	65	75	75	90	75	80	90		
Strooisellaag	%	35	30	30	50	50	30	35	30	10	5	10	5	1	3	1	1	1	1		
Grassen (incl. Juncaceae en Cyperaceae)	%	5	10	20	1	2	25	1	5	40	50	40	40	60	75	85	70	70	85		
Heide	%	80	85	75	90	60	60	50	40	40	20	5	5	20	3	8	30	15	12		
Gemiddelde hoogte (struik)	cm	70	50	50	70	25	30	50	20	20	40	20	40	70	35	45	70	35	50		
soortenaantal Vaatplanten		5	9	8	4	12	8	11	10	10	11	14	12	10	11	10	14	17	17		
soortenaantal Mossen		7	7	7	6	6	5	4	3	3	3	4	4	4	3	5	4	4	3		
Soortgroepen (aantal species)																					
Totaal aantal vaatplanten		5	9	8	4	12	8	11	10	10	11	14	12	10	11	10	14	17	17		
Algemene heidesoorten (A)		5	6	7	4	6	7	6	6	8	7	8	8	6	6	7	6	7	7		
Soorten van iets gebufferde condities (B)		0	0	0	0	1	0	1	2	2	1	1	1	2	1	2	2	3	3		
Graslandsoorten (G)		0	1	0	0	2	0	1	1	0	2	2	1	1	2	1	3	3	2		
Ruderalen, Pioniers, Stringsoorten (R)		0	1	0	0	1	0	2	0	0	1	1	1	2	1	1	3	5	5		
Houtige gewassen (H)		0	1	1	0	2	1	1	1	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0		
Latijnse naam	Nederlandse naam	Type	Groep																		
Calluna vulgaris	Struikhei	V	A	88	88	88	88	68	68	38	18	38	18	3	3	38	3	8	38	18	8
Carex nigra	Zwarte zegge	V	A	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carex pilulifera	Pilzegge	V	A	2	3	2	0	3	3	3	3	2	2	2	3	1	2	1	2	3	1
Cuscuta epithymum	Klein warkruid	V	A	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Deschampsia flexuosa	Bochtige smele	V	A	2	8	18	4	8	18	3	3	4	2	2	3	2	3	3	8	3	3
Festuca filiformis	Fijn schapengras	V	A	2	4	8	0	4	3	3	4	38	18	18	38	38	68	88	18	68	88
Hieracium umbellatum (?)	Havikskruid spec.	V	A	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	0	0	0	0	0	0
Juncus squarrosus	Trekrus	V	A	0	0	2	0	0	3	0	0	2	0	0	2	0	2	0	4	1	1
Molinia caerulea	Pijpenstrootje	V	A	8	2	2	3	3	2	2	2	2	8	3	2	2	3	2	8	3	2
Rumex acetosella	Schapenzuring	V	A	0	4	3	4	4	4	4	4	3	4	18	8	4	4	2	4	4	4
Aira praecox	Vroege haver	V	B	0	0	0	0	1	0	3	2	0	8	4	3	4	3	0	4	4	4
Hypochaeris radicata	Gewoon biggenkruid	V	B	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	2	3	3	2	2
Luzula campestris	Gewone veldbies	V	B	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Agrostis capillaris	Gewoon struisgras	V	G	0	3	0	0	8	0	0	4	0	8	3	3	18	8	8	18	8	3
Dactylis glomerata	Kropaar	V	G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Leontodon autumnalis	Vertakte leeuwentand	V	G	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Taraxacum species	Paardenbloem species	V	G	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2	1	0	0	1	0	2	2	2
Betula species (juv)	Ruwe berk	V	H	0	0	1	0	1	1	0	2	0	0	2	1	0	0	0	0	0	0
Pinus sylvestris (juv)	Grove den	V	H	0	2	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Salix species (juv)	Wilg species	V	H	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cirsium vulgare	Speerdistel	V	R	0	1	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Conyza canadensis	Canadese fijnstraal	V	R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	2	2	1	2	2	3	3
Epilobium cf. montanum	Bergbasterdwederik	V	R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Epilobium tetragonum	Kantige basterdwederik	V	R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Gnaphalium luteo-album	Bleekgele droogbloem	V	R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	0
Juncus effusus	Pitrus	V	R	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Logfia minima	Dwergviltkruid	V	R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Persicaria hydropiper	Waterpeper	V	R	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Senecio inaequidens	Bezemkruid	V	R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1
Jacobaea vulgaris	Jacobskruid	V	R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0
Senecio vulgaris	Klein kluiskruid	V	R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2
Sonchus species	Melkdistel species	V	R	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	2
Cladonia species	Cladonia spec.	L		3	4	4	4	0	4	0	0	0	0	0	4	0	3	0	0	3	3
Aulacomnium andogynum	Gewoon knopjesmos	B		0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Brachythecium rutabulum	Gewoon dikkopmos	B		38	4	4	18	8	4	3	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0
Bryum species 1	Knikmos spec.	B		0	0	4	0	0	0	2	0	0	0	0	0	3	0	1	0	0	0
Bryum species 2	Knikmos spec.	B		4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Campylopus introflexus	Grijs kronkelsteeltje	B		0	68	88	18	38	38	3	8	38	8	4	8	8	4	0	3	4	3
Campylopus pyriformis	Breekblaadje	B		3	0	8	4	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Cephaloziella divaricata	Gewoon draadmos	B		4	0	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Ceratodon purpureus	Gewoon purpersteeltje	B		0	0	0	3	0	0	0	0	2	4	2	0	0	1	4	4	0	0
Dicranum scoparium	Gewoon gaffeltandmos	B		3	4	8	0	4	4	0	3	3	0	4	8	0	4	4	0	4	4
Eurhynchium praelongum	Fijn laddermos	B		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
Funaria hygrometrica	Gewoon krulmos	B		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0
Hypnum jutlandicum	Heideklauwtjesmos	B		38	38	18	38	38	38	38	38	38	4	4	2	8	4	0	8	4	4
Pohlia nutans	Gewoon peermos	B		4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Polytrichum commune/formosum	Haarmos fraai/gewoon	B		0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Polytrichum piliferum	Ruig haarmos	B		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0
Pseudoscleropodium purum	Groot laddermos	B		0	4	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Bijlage 8 Overzichtsfoto's van de proefvlakken in 2024



Figuur 10.2 Blok 2 met een overzichtsfoto van de volgende proefvlakken (van linksboven naar rechtsonder): controle, lavagruis, soilfeed, biolit 100, biolit 200 en dolokal. Foto's: B. van de Riet, 16 juli 2024.



Figuur 10.3: Blok 3 met een overzichtsfoto van de volgende proefvlakken (van linksboven naar rechtsonder): controle, lavagruis, soilfeed, biolit100, biolit 200 en dolokal. Foto's: B. van de Riet, 16 juli 2024.



Figuur 10.4 Blok 4 met een overzichtsfoto van de volgende proefvlakken (van linksboven naar rechtsonder): controle, lavagruis, soilfeed, biolit100, biolit 200 en dolokal. Foto's: E. Verbaarschot, mei 2024.

Bijlage 9 Methodiek microbiologie

“Metabarcoding” of sequencing van het DNA-materiaal in de bodem levert vele duizenden Amplicon Sequencing Variants (“ASV’s”) op. We nemen hierbij aan dat deze genetische varianten ongeveer op “soort” niveau onderscheiden worden. Van een aanzienlijk deel van deze ASV’s is echter nog onbekend om welke soort het precies gaat, wat deels te wijten is aan het hoge aandeel soorten dat nog niet door de wetenschap is beschreven. Op basis van metabarcoding kan men dergelijke onbeschreven ASV’s echter wél met enige zekerheid onderscheiden als unieke “soort”, maar de bijhorende soortnaam kennen we in dergelijke gevallen dan dus nog niet. Op grond van het DNA (en gelijkenissen met bekende taxa) is vaak wel redelijk goed te bepalen in welke hogere taxonomisch groep zo’n onbekende soort thuishoort, bijvoorbeeld op het niveau van de stam/fylum of familie. Op basis van het aantal “reads” van een bepaalde ASV dat gevonden wordt in de bodem, kan verder ook een ruwe schatting worden gemaakt van de (relatieve) abundantie van de betreffende ASV in de bodem. Daarbij moet wel bedacht worden dat voor de analyse minder dan 0,2 gram bodem wordt gebruikt, en er dus alleen een beeld geleverd kan worden van een heel klein stukje bodem. Waarschijnlijk is er in de meeste bodems een aanzienlijke ruimtelijke heterogeniteit aanwezig, die voor een groot deel is opgevangen door mengmonsters te nemen en goed te homogeniseren.

Submonsters werden in dit onderzoek afgesplitst van de bodemmonsters voor bodemchemie, waarna deze werden gehomogeniseerd en gevriesdroogd. DNA werd vervolgens geïsoleerd van 0,1-0,2 g mengmonster met behulp van DNeasy PowerSoil Kit volgens standaard procedure (Qiagen, Venlo, the Netherlands), gevolgd door een extra schoonmaakstap met de OneStep PCR inhibitor removal kit (Zymo Research). DNA concentraties werden gekwantificeerd met de dsDNA Assay Kit en Qubit fluorometer (Invitrogen). Sequencing is in deze studie uitgevoerd voor de schimmelmicrobiële gemeenschap en de gemeenschap van bacteriën (eubacteriën en archaea). Verder is er gebruikt gemaakt van qPCR (quantitative Polymerase Chain Reaction) voor het bepalen van schimmel- en bacterie-abundanties.

Schimmel- en bacterie-abundanties (qPCR)

Specifieke fragmenten DNA materiaal van schimmels (een stuk van het 18S rDNA gen) en bacteriën (een stuk van het 16S rRNA gen) werden vermeerderd met behulp van primers en qPCR. Deze methode levert een proxy voor microbiële abundantie. Zo kan een tamelijk grove schatting worden gemaakt van het kwantitatieve voorkomen van schimmels en bacteriën in de bodem, wat nuttig is wanneer bijvoorbeeld verschillende behandelingen met elkaar worden vergeleken. Abundantie van het 18S rDNA gen is bepaald met behulp van het primerpaar FF390.1 (CGA TAA CGA ACG AGA CCT)/ FR1 (AIC CAT TCA ATC GGT AIT) (Vainio and Hantula 2000). Abundantie van bacteriën werd geschat op basis van het 16S rRNA gen met behulp van het primerpaar 515F (GTGYCAGCMGCCGCGGTAA) / 806R (GGACTACNVTGGTWTCTAAT). Elke reactie had 4 µl monster, 10 µl 2X KAPA SYBR FAST qPCR Master Mix, 4,2 µl water, 0,4 µl van elke primer (1:10 verdund), 0,4 µl ROX high en 1 µl BSA. qPCR werd uitgevoerd op een Bio-Rad CFX96 Real-Time Thermal Cycler (Bio-Rad, Hercules, CA, USA). Standaardcurves zijn gemaakt op basis van een 10x verdunning van PCR product waarvan de concentratie op voorhand was bepaald. Een hoge precisie is gegarandeerd door de sterke lineaire relatie tussen log-getransformeerde concentraties en cq-waarden ($R^2 > 0.95$).

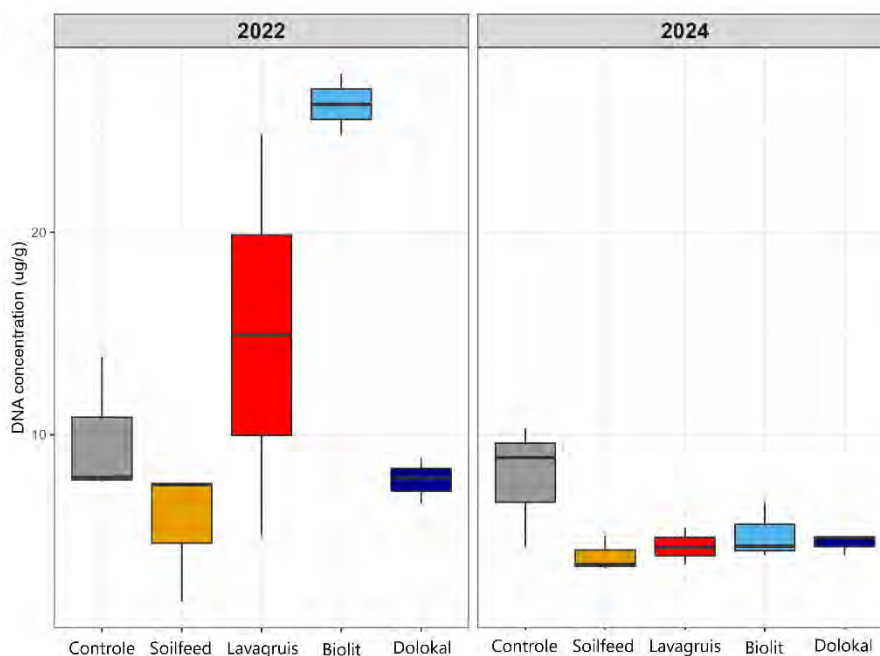
DNA metabarcoding van de schimmel en bacteriegemeenschap (High-throughput amplicon sequencing)

Voor schimmels werd de ITS1 regio geamplificeerd met behulp van primers ITS1f en ITS2, volgens Smith and Peay (2014). Voor bacteriën werd de V4 regio van 16S rRNA geamplificeerd met behulp van primers F515 en R806 (Caporaso et al. 2011). Elk reactiemengsel van 25 µl bevatte 1 µl van het monster, 0,5 µM van elke forward en reverse primer, 1X PCR-buffer, 200 µM dNTPs, 1 U Phusion High-Fidelity DNA-

polymerase (New England Biolabs, Ipswich, MA, USA) en 1 μ l BSA. PCR-omstandigheden waren als volgt: initiële denaturatie bij 98 °C gedurende 60 s, gevolgd door 30 cycli (16S: 25 cycli) van: denaturatie bij 98 °C gedurende 30 s, annealing bij 55 °C gedurende 30 s, extensie bij 72 °C gedurende 30 s; en een extra extensie bij 72 °C gedurende 10 minuten. Het succes van amplificatie werd getest op 1,5% agarose gel. Succesvolle PCR-producten werden 50 x verdund en een tweede PCR werd uitgevoerd met behulp van primers met dubbele barcode met Illumina-adapters (2,5 μ l verdunde PCR-producten en 0,1 μ M van elke primer). De omstandigheden waren: 98 °C voor 60 s, 12 cycli: bij 98 °C voor 10 s, 63 °C voor 30 s, 72 °C voor 30 s; en 72 °C gedurende 5 minuten. PCR-producten op een agarosegel gezet en succesvolle amplicons werden samengevoegd tot één bibliotheek per merker (16S of ITS). De bibliotheek werd gezuiverd met behulp van Machery Nagel gel purificatiekits QIAquick Gel Extraction Kit (Qiagen, Venlo, Nederland) en gekwantificeerd met behulp van qPCR (KAPA Library Quantification Kits, Kapa Biosystems, Wilmington, MA, USA). Sequencing werd uitgevoerd met behulp van het Illumina MiSeq platform (Illumina Inc; San Diego, CA, USA) met 2x300 cycli voor forward en reverse reads.

De verkregen data werd verder geanalyseerd met behulp van de Dada2 pipeline (Callahan et al. 2016) in R. Resulterende 16S ASV's werden geïdentificeerd met het DECIPHER algoritme in combinatie met de SILVA database (v38). De ITS (schimmel) ASV's werden vergeleken d.m.v. het BLAST algoritme tegen de UNITE database (v100521). Alle niet-schimmel of niet-bacterie sequenties werden verwijderd, en voor schimmels werden ASV's verder onderverdeeld in functionele groepen door het geslachtsniveau te matchen aan een database (vergelijkbaar met FUNGuild, Nguyen et al. 2015). Om de diversiteit van ASV's goed te kunnen vergelijken werd elk sample voorafgaand aan alle analyses gesubsampled naar 17.000 reads voor 16S en 10.000 reads voor ITS1 door middel van rarefaction.

Bijlage 10 DNA concentraties



Figuur 10.5 DNA concentraties onder verschillende experimentele behandelingen (controle, biolit, soilfeed, lavagruis en dolokal) in 2022 (links) en 2024 (rechts) in de Strabrechtse heide. DNA concentraties worden berekend in μ g/g bodem.

Bijlage 11 Model resultaten tweeleugeligen

Tabel 10.5 GLMM model resultaten van aantal aangetroffen families tweeleugeligen verdeeld over trofische groep waartoe deze families behoren, per bemonsteringsjaar (2018, 2019, 2022 en 2024). Estimate (model): de model berekening. Estimate (FR): terugberekende waarde ($e^{(estimate\ controle + estimate\ behandeling)}$), correspondeert met het gemiddelde van die behandeling. Significantie: significantie niveaus: N.S.: $p > 0.1$ (niet significant verschillend) : $p < 0.1$ (=near significant); *: $p < 0.05$; **: $p < 0.01$;***: $p < 0.001$. Richting: Rode pijl die naar beneden wijst = significante ($p < 0.05$) afname. Groene pijl die naar beneden wijst = significante ($p < 0.05$) toename. Gele pijl die schuin naar beneden wijst = near-significante ($p < 0.1$) afname. Gele pijl die schuin omhoog wijst = near-significante ($p < 0.1$) toename.

Jaar	Voedselgilde	Behandeling	Model	n	Richting	Estimate (model)	estimate (FR)	Standard Error	z-waarde	p-waarde	Significantie
2018	Herbivoor	Controle	Poisson	5		0.588	1.800	0.333	1.763	0.0778	.
		Soilfeed	Poisson	5		-0.251	1.400	0.504	-0.499	0.6180	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5		-0.588	1.000	0.558	-1.054	0.2920	N.S.
		Biolit	Poisson	5		0.105	2.000	0.459	0.229	0.8186	N.S.
		Dolokal	Poisson	5		-0.118	1.600	0.486	-0.242	0.8085	N.S.
2018	Detritivoor	Controle	Poisson	5		1.569	4.800	0.204	7.685	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	5		0.080	5.417	0.283	0.283	0.7774	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5		0.000	5.000	0.289	0.000	1.0000	N.S.
		Biolit	Poisson	5		0.041	5.208	0.286	0.143	0.8864	N.S.
		Dolokal	Poisson	5		0.288	6.667	0.270	1.065	0.2867	N.S.
2018	Carnivoor	Controle	Poisson	5		1.142	3.134	0.268	4.265	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	5		-0.208	1.776	0.372	-0.558	0.5772	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5		0.172	2.596	0.338	0.508	0.6117	N.S.
		Biolit	Poisson	5		-0.208	1.776	0.372	-0.558	0.5772	N.S.
		Dolokal	Poisson	5		-0.208	1.776	0.372	-0.558	0.5772	N.S.
2019	Herbivoor	Controle	Poisson	5		0.588	1.800	0.333	1.763	0.0778	.
		Soilfeed	Poisson	5		-0.405	1.200	0.527	-0.769	0.4417	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5		0.105	2.000	0.459	0.229	0.8186	N.S.
		Biolit	Poisson	5		-0.118	1.600	0.486	-0.242	0.8085	N.S.
		Dolokal	Poisson	5		-0.405	1.200	0.527	-0.769	0.4417	N.S.
2019	Detritivoor	Controle	Poisson	5		1.609	5.000	0.200	8.047	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	5		-0.041	4.800	0.286	-0.143	0.8864	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5		-0.083	4.600	0.289	-0.289	0.7729	N.S.
		Biolit	Poisson	5		0.247	6.400	0.267	0.925	0.3551	N.S.
		Dolokal	Poisson	5		-0.083	4.600	0.289	-0.289	0.7729	N.S.
2019	Carnivoor	Controle	Poisson	5		0.782	2.186	0.308	2.543	0.0110	*
		Soilfeed	Poisson	5		-1.012	0.795	0.584	-1.733	0.0831	.
		Lavagruis	Poisson	5		-0.606	1.193	0.507	-1.195	0.2322	N.S.
		Biolit	Poisson	5		0.167	2.584	0.410	0.408	0.6834	N.S.
		Dolokal	Poisson	5		0.375	3.180	0.392	0.957	0.3386	N.S.
2022	Herbivoor	Controle	Poisson	3		0.693	2.000	0.408	1.698	0.0895	.
		Soilfeed	Poisson	3		0.154	2.333	0.556	0.277	0.7817	N.S.
		Lavagruis	Poisson	3		-0.182	1.667	0.606	-0.301	0.7633	N.S.
		Biolit	Poisson	3		0.000	2.000	0.577	0.000	1.0000	N.S.
		Dolokal	Poisson	3		0.000	2.000	0.577	0.000	1.0000	N.S.
2022	Detritivoor	Controle	Poisson	3		1.540	4.667	0.267	5.764	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	3		0.134	5.333	0.366	0.365	0.7152	N.S.
		Lavagruis	Poisson	3		0.194	5.667	0.361	0.538	0.5906	N.S.
		Biolit	Poisson	3		0.134	5.333	0.366	0.365	0.7152	N.S.
		Dolokal	Poisson	3		0.580	8.333	0.334	1.737	0.0824	N.S.
2022	Carnivoor	Controle	Poisson	3		0.693	2.000	0.408	1.698	0.0895	.
		Soilfeed	Poisson	3		0.606	3.667	0.508	1.194	0.2324	N.S.
		Lavagruis	Poisson	3		-0.182	1.667	0.606	-0.301	0.7633	N.S.
		Biolit	Poisson	3		-0.182	1.667	0.606	-0.301	0.7633	N.S.
		Dolokal	Poisson	3		0.606	3.667	0.508	1.194	0.2324	N.S.
2024	Herbivoor	Controle	Poisson	3		0.000	1.000	0.577	0.000	1.0000	N.S.
		Soilfeed	Poisson	3		0.000	1.000	0.816	0.000	1.0000	N.S.
		Lavagruis	Poisson	3		0.288	1.333	0.764	0.377	0.7064	N.S.
		Biolit	Poisson	3		0.000	1.000	0.816	0.000	1.0000	N.S.
		Dolokal	Poisson	3		0.511	1.667	0.730	0.699	0.4843	N.S.
2024	Detritivoor	Controle	Poisson	3		1.735	5.667	0.243	7.152	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	3		-0.125	5.000	0.354	-0.353	0.7238	N.S.
		Lavagruis	Poisson	3		-0.061	5.333	0.348	-0.174	0.8618	N.S.
		Biolit	Poisson	3		-0.061	5.333	0.348	-0.174	0.8618	N.S.
		Dolokal	Poisson	3		0.000	5.667	0.343	0.000	1.0000	N.S.
2024	Carnivoor	Controle	Poisson	3		0.511	1.667	0.447	1.142	0.2534	N.S.
		Soilfeed	Poisson	3		0.470	2.667	0.570	0.824	0.4097	N.S.
		Lavagruis	Poisson	3		0.693	3.333	0.548	1.266	0.2057	N.S.
		Biolit	Poisson	3		0.588	3.000	0.558	1.054	0.2920	N.S.
		Dolokal	Poisson	3		0.788	3.667	0.539	1.462	0.1438	N.S.

Tabel 10.6 GLMM model resultaten van aantal aangetroffen individuen van tweevleugeligen verdeeld over trofische groep waartoe deze families behoren, per bemonsteringsjaar (2018, 2019, 2022 en 2024). Estimate (model): de model berekening. Estimate (FR): terugberekende waarde ($e^{(estimate\ controle + estimate\ behandeling)}$), correspondeert met het gemiddelde van die behandeling. Significantie: significantie niveaus: N.S: $p > 0.1$ (niet significant verschillend) : $p < 0.1$ (=near significant); * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$. Richting: Rode pijl die naar beneden wijst = significante ($p < 0.05$) afname. Groene pijl die naar beneden wijst = significante ($p < 0.05$) toename. Gele pijl die schuin naar beneden wijst = near-significante ($p < 0.1$) afname. Gele pijl die schuin omhoog wijst = near-significante ($p < 0.1$) toename.

Jaar	Voedselgilde	Behandeling	Model	n	Richting	Estimate (model)	Estimate (Ind)	Standard Error	z-waarde	p-waarde	Significantie
2018	Herbivoor	Controle	NegBin	5		3.266	26.205	0.322	10.135	0.0000	***
		Soilfeed	NegBin	5		-0.319	21.055	0.314	-1.016	0.3096	N.S.
		Lavagruis	NegBin	5		-0.312	21.207	0.313	-0.998	0.3181	N.S.
		Biolit	NegBin	5		-0.130	25.450	0.314	-0.414	0.6792	N.S.
		Dolokal	NegBin	5		-0.091	26.449	0.314	-0.290	0.7717	N.S.
2018	Detritivoor	Controle	NegBin	5		4.404	81.784	0.209	21.112	0.0000	***
		Soilfeed	NegBin	5		0.080	266.172	0.262	0.306	0.7595	N.S.
		Lavagruis	NegBin	5		0.351	348.883	0.268	1.306	0.1914	N.S.
		Biolit	NegBin	5		-0.315	179.222	0.262	-1.202	0.2294	N.S.
		Dolokal	NegBin	5		-0.307	180.763	0.263	-1.166	0.2436	N.S.
2018	Carnivoor	Controle	Poisson	5		1.638	5.143	0.321	5.109	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	5		0.312	6.567	0.239	1.308	0.1909	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5		0.360	6.887	0.236	1.522	0.1280	N.S.
		Biolit	Poisson	5		-0.034	4.645	0.259	-0.131	0.8958	N.S.
		Dolokal	Poisson	5		0.000	4.805	0.257	0.000	1.0000	N.S.
2019	Herbivoor	Controle	NegBin	5		3.366	28.975	0.220	15.274	0.0000	***
		Soilfeed	NegBin	5		0.363	41.642	0.301	1.206	0.2278	N.S.
		Lavagruis	NegBin	5		0.382	42.475	0.301	1.269	0.2044	N.S.
		Biolit	NegBin	5		-0.097	26.304	0.305	-0.317	0.7512	N.S.
		Dolokal	NegBin	5		0.156	33.860	0.302	0.516	0.6060	N.S.
2019	Detritivoor	Controle	NegBin	5		5.504	245.670	0.319	17.228	0.0000	***
		Soilfeed	NegBin	5		0.149	285.088	0.419	0.355	0.7222	N.S.
		Lavagruis	NegBin	5		-0.188	203.603	0.415	-0.452	0.6512	N.S.
		Biolit	NegBin	5		0.172	291.874	0.415	0.415	0.6780	N.S.
		Dolokal	NegBin	5	👉	-0.844	105.588	0.434	-1.944	0.0519	.
2019	Carnivoor	Controle	NegBin	5		1.570	4.805	0.400	3.923	0.0001	***
		Soilfeed	NegBin	5	👇	-1.661	0.913	0.656	-2.532	0.0113	*
		Lavagruis	NegBin	5	👇	-0.948	1.863	0.574	-1.652	0.0985	.
		Biolit	NegBin	5		-0.155	4.117	0.527	-0.293	0.7693	N.S.
		Dolokal	NegBin	5		0.564	8.444	0.503	1.121	0.2624	N.S.
2022	Herbivoor	Controle	NegBin	3		3.328	27.894	0.292	11.397	0.0000	***
		Soilfeed	NegBin	3		0.084	30.325	0.394	0.212	0.8322	N.S.
		Lavagruis	NegBin	3	👇	-1.009	10.171	0.421	-2.396	0.0166	*
		Biolit	NegBin	3		-0.277	21.140	0.409	-0.678	0.4980	N.S.
		Dolokal	NegBin	3		-0.273	21.240	0.403	-0.676	0.4991	N.S.
2022	Detritivoor	Controle	NegBin	3		5.104	164.741	0.369	13.821	0.0000	***
		Soilfeed	NegBin	3		0.049	173.021	0.454	0.108	0.9139	N.S.
		Lavagruis	NegBin	3	👇	-1.191	50.061	0.481	-2.474	0.0134	*
		Biolit	NegBin	3	👇	-1.021	59.344	0.466	-2.192	0.0284	*
		Dolokal	NegBin	3		-0.661	85.090	0.460	-1.436	0.1510	N.S.
2022	Carnivoor	Controle	NegBin	3		1.735	5.667	0.334	5.192	0.0000	***
		Soilfeed	NegBin	3		-0.194	4.667	0.486	-0.400	0.6893	N.S.
		Lavagruis	NegBin	3		-0.435	3.667	0.505	-0.862	0.3890	N.S.
		Biolit	NegBin	3		-0.125	5.000	0.481	-0.260	0.7946	N.S.
		Dolokal	NegBin	3	👆	1.137	17.667	0.428	2.656	0.0079	**
2024	Herbivoor	Controle	NegBin	3		3.976	53.315	0.506	7.854	0.0000	***
		Soilfeed	NegBin	3	👇	-1.311	14.375	0.490	-2.675	0.0075	**
		Lavagruis	NegBin	3		-0.250	41.508	0.460	-0.544	0.5861	N.S.
		Biolit	NegBin	3		0.319	73.314	0.449	0.709	0.4785	N.S.
		Dolokal	NegBin	3		0.145	61.646	0.456	0.319	0.7500	N.S.
2024	Detritivoor	Controle	NegBin	3		7.981	2923.959	0.535	14.917	0.0000	***
		Soilfeed	NegBin	3		-0.036	2819.920	0.575	-0.063	0.9497	N.S.
		Lavagruis	NegBin	3		0.115	3280.484	0.581	0.198	0.8430	N.S.
		Biolit	NegBin	3		-0.619	1573.945	0.623	-0.995	0.3200	N.S.
		Dolokal	NegBin	3		-0.317	2129.068	0.611	-0.519	0.6035	N.S.
2024	Carnivoor	Controle	NegBin	3		1.588	4.895	0.402	3.954	0.0001	***
		Soilfeed	NegBin	3		0.245	6.255	0.492	0.498	0.6185	N.S.
		Lavagruis	NegBin	3		0.074	5.272	0.501	0.148	0.8824	N.S.
		Biolit	NegBin	3		0.685	9.715	0.472	1.453	0.1461	N.S.
		Dolokal	NegBin	3	👆	1.213	16.468	0.479	2.532	0.0113	*

Bijlage 12 Model resultaten loopkevers

Tabel 10.7 GLMM model resultaten van aantal soorten loopkevers, per bemonsteringsjaar (2015, 2016, 2018, 2019 en 2024). Estimate (model): de model berekening. Estimate (SR): terugberekende waarde ($e^{(estimate\ controle + estimate\ behandeling)}$), correspondeert met het gemiddelde van die behandeling. Significantie: significantie niveaus: N.S: $p > 0.1$ (niet significant verschillend) : $p < 0.1$ (=near significant); *: $p < 0.05$; **: $p < 0.01$; ***: $p < 0.001$. Richting: Rode pijl die naar beneden wijst = significante ($p < 0.05$) afname. Groene pijl die naar beneden wijst = significante ($p < 0.05$) toename. Gele pijl die schuin naar beneden wijst = near-significante ($p < 0.1$) afname. Gele pijl die schuin omhoog wijst = near-significante ($p < 0.1$) toename.

Jaar	Behandeling	Model	n	obs	Richting	Estimate (model)	estimate (SR)	Standard Error	z-waarde	p-waarde	Significantie
2015	Controle	Poisson	5	25		2.451	11.600	0.131	18.666	0.0000	***
2015	Soilfeed	Poisson	5	25		0.114	13.000	0.181	0.631	0.5282	N.S.
2015	Lavagruis	Poisson	5	25		0.034	12.000	0.184	0.184	0.8539	N.S.
2015	Bioliet	Poisson	5	25		-0.017	11.400	0.187	-0.093	0.9257	N.S.
2015	Dolokal	Poisson	5	25		0.083	12.600	0.182	0.454	0.6495	N.S.
2016	Controle	Poisson	5	25		2.499	12.170	0.132	18.940	0.0000	***
2016	Soilfeed	Poisson	5	25		0.016	12.370	0.180	0.090	0.9282	N.S.
2016	Lavagruis	Poisson	5	25		0.048	12.769	0.179	0.268	0.7884	N.S.
2016	Bioliet	Poisson	5	25		-0.017	11.971	0.182	-0.091	0.9275	N.S.
2016	Dolokal	Poisson	5	25		0.109	13.567	0.176	0.616	0.5378	N.S.
2018	Controle	Poisson	5	25		2.628	13.840	0.138	19.092	0.0000	***
2018	Soilfeed	Poisson	5	25		0.056	14.631	0.167	0.334	0.7386	N.S.
2018	Lavagruis	Poisson	5	25		0.082	15.026	0.165	0.497	0.6192	N.S.
2018	Bioliet	Poisson	5	25		0.121	15.620	0.164	0.738	0.4606	N.S.
2018	Dolokal	Poisson	5	25		0.121	15.619	0.164	0.738	0.4607	N.S.
2019	Controle	Poisson	5	25		2.281	9.786	0.145	15.733	0.0000	***
2019	Soilfeed	Poisson	5	25		0.151	11.384	0.195	0.776	0.4375	N.S.
2019	Lavagruis	Poisson	5	25		-0.021	9.586	0.203	-0.102	0.9191	N.S.
2019	Bioliet	Poisson	5	25		0.151	11.384	0.195	0.776	0.4375	N.S.
2019	Dolokal	Poisson	5	25		0.078	10.585	0.198	0.396	0.6921	N.S.
2024	Controle	Poisson	3	15		2.703	14.925	0.160	16.878	0.0000	***
2024	Soilfeed	Poisson	3	15		-0.196	12.272	0.222	-0.883	0.3775	N.S.
2024	Lavagruis	Poisson	3	15		0.043	15.588	0.208	0.209	0.8347	N.S.
2024	Bioliet	Poisson	3	15		-0.069	13.930	0.214	-0.322	0.7477	N.S.
2024	Dolokal	Poisson	3	15		-0.045	14.262	0.213	-0.213	0.8311	N.S.

Tabel 10.8 GLMM model resultaten van de activiteitsdichtheid van loopkevers, per bemonsteringsjaar (2015, 2016, 2018, 2019 en 2024). Estimate (model): de model berekening. Estimate (AD): terugberekende waarde ($e^{(estimate\ controle + estimate\ behandeling)}$), correspondeert met het gemiddelde van die behandeling. Significantie: significantie niveaus: N.S: $p > 0.1$ (niet significant verschillend) : $p < 0.1$ (=near significant); *: $p < 0.05$; **: $p < 0.01$; ***: $p < 0.001$. Richting: Rode pijl die naar beneden wijst = significante ($p < 0.05$) afname. Groene pijl die naar beneden wijst = significante ($p < 0.05$) toename. Gele pijl die schuin naar beneden wijst = near-significante ($p < 0.1$) afname. Gele pijl die schuin omhoog wijst = near-significante ($p < 0.1$) toename.

Jaar	Behandeling	Model	n	obs	Richting	Estimate (model)	estimate (AD)	Standard Error	z-waarde	p-waarde	Significantie
2015	Controle	NegBin	5	25		3.847	46.829	0.126	30.487	0.0000	***
2015	Soilfeed	NegBin	5	25		0.105	51.990	0.126	0.828	0.4079	N.S.
2015	Lavagruis	NegBin	5	25		-0.030	45.457	0.128	-0.232	0.8167	N.S.
2015	Bioliet	NegBin	5	25		-0.048	44.649	0.129	-0.370	0.7117	N.S.
2015	Dolokal	NegBin	5	25		0.065	49.992	0.127	0.515	0.6063	N.S.
2016	Controle	NegBin	5	25		3.909	49.843	0.136	28.644	0.0000	***
2016	Soilfeed	NegBin	5	25		0.026	51.166	0.126	0.208	0.8355	N.S.
2016	Lavagruis	NegBin	5	25		0.080	53.992	0.126	0.637	0.5241	N.S.
2016	Bioliet	NegBin	5	25		0.046	52.184	0.126	0.364	0.7159	N.S.
2016	Dolokal	NegBin	5	25		0.081	54.052	0.126	0.645	0.5186	N.S.
2018	Controle	NegBin	5	25		4.001	54.664	0.324	12.362	0.0000	***
2018	Soilfeed	NegBin	5	25		0.087	59.626	0.212	0.409	0.6826	N.S.
2018	Lavagruis	NegBin	5	25		-0.027	53.201	0.214	-0.127	0.8990	N.S.
2018	Bioliet	NegBin	5	25		0.108	60.887	0.215	0.501	0.6166	N.S.
2018	Dolokal	NegBin	5	25		-0.016	53.797	0.214	-0.075	0.9403	N.S.
2019	Controle	NegBin	5	25		3.452	31.565	0.300	11.519	0.0000	***
2019	Soilfeed	NegBin	5	25		0.242	40.205	0.213	1.136	0.2561	N.S.
2019	Lavagruis	NegBin	5	25		-0.025	30.785	0.217	-0.115	0.9082	N.S.
2019	Bioliet	NegBin	5	25		0.247	40.421	0.214	1.154	0.2485	N.S.
2019	Dolokal	NegBin	5	25		0.037	32.739	0.216	0.169	0.8656	N.S.
2024	Controle	NegBin	3	15		4.000	54.585	0.249	16.047	0.0000	***
2024	Soilfeed	NegBin	3	15		-0.303	40.326	0.271	-1.117	0.2638	N.S.
2024	Lavagruis	NegBin	3	15		0.206	67.043	0.263	0.781	0.4347	N.S.
2024	Bioliet	NegBin	3	15		0.166	64.460	0.263	0.632	0.5277	N.S.
2024	Dolokal	NegBin	3	15		0.164	64.292	0.265	0.617	0.5374	N.S.

Tabel 10.9 GLMM model resultaten van aantal soorten loopkevers verdeeld naar vochtvoorkeur, per bemonsteringsjaar (2015, 2016, 2018, 2019 en 2024). Estimate (model): de model berekening. Estimate (SR): terugberekende waarde ($e^{(estimate\ controle + estimate\ behandeling)}$), correspondeert met het gemiddelde van die behandeling. Significantie: significantie niveaus: N.S: $p > 0.1$ (niet significant verschillend) ; $p < 0.1$ (=near significant); * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$. Richting: Rode pijl die naar beneden wijst = significante ($p < 0.05$) afname. Groene pijl die naar beneden wijst = significante ($p < 0.05$) toename. Gele pijl die schuin naar beneden wijst = near-significante ($p < 0.1$) afname. Gele pijl die schuin omhoog wijst = near-significante ($p < 0.1$) toename.

Jaar	Vochtvoorkeur	Behandeling	Model	n	obs	Richting	Estimate (model)	Estimate (SR)	Standard Error	z-waarde	p-waarde	Significantie
2015	Hygrofiel	Controle	Poisson	5	25		1.281	3.600	0.236	5.435	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	5	25		0.054	3.800	0.329	0.164	0.8694	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		0.054	3.800	0.329	0.164	0.8694	N.S.
		Bioliet	Poisson	5	25		-0.118	3.200	0.344	-0.343	0.7317	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		0.054	3.800	0.329	0.164	0.8694	N.S.
2015	Mesofiel	Controle	Poisson	5	25		1.281	3.600	0.236	5.435	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	5	25		0.000	3.600	0.333	0.000	1.0000	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		0.000	3.600	0.333	0.000	1.0000	N.S.
		Bioliet	Poisson	5	25		-0.118	3.200	0.344	-0.343	0.7317	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		0.105	4.000	0.325	0.324	0.7457	N.S.
2015	Xerofiel	Controle	Poisson	5	25		1.472	4.356	0.223	6.604	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	5	25		0.241	5.545	0.285	0.847	0.3967	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		0.044	4.654	0.298	0.149	0.8813	N.S.
		Bioliet	Poisson	5	25		0.128	4.950	0.292	0.438	0.6615	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		0.087	4.752	0.295	0.295	0.7679	N.S.
2016	Hygrofiel	Controle	Poisson	5	25		1.386	4.000	0.224	6.200	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	5	25		-0.105	3.600	0.325	-0.324	0.7457	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		-0.163	3.400	0.330	-0.493	0.6223	N.S.
		Bioliet	Poisson	5	25		-0.288	3.000	0.342	-0.842	0.3996	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		-0.163	3.400	0.330	-0.493	0.6223	N.S.
2016	Mesofiel	Controle	Poisson	5	25		1.163	3.200	0.250	4.653	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	5	25		0.061	3.400	0.348	0.174	0.8618	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		0.118	3.600	0.344	0.343	0.7317	N.S.
		Bioliet	Poisson	5	25		0.000	3.200	0.354	0.000	1.0000	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		0.118	3.600	0.344	0.343	0.7317	N.S.
2016	Xerofiel	Controle	Poisson	5	25		1.565	4.780	0.241	6.479	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	5	25		0.077	5.163	0.276	0.279	0.7806	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		0.148	5.545	0.272	0.546	0.5849	N.S.
		Bioliet	Poisson	5	25		0.148	5.545	0.272	0.546	0.5849	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		0.278	6.310	0.264	1.052	0.2929	N.S.
2018	Hygrofiel	Controle	Poisson	5	25		1.224	3.400	0.243	5.046	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	5	25		0.000	3.400	0.343	0.000	1.0000	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		0.211	4.200	0.326	0.646	0.5172	N.S.
		Bioliet	Poisson	5	25		-0.125	3.000	0.354	-0.353	0.7238	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		-0.194	2.800	0.361	-0.538	0.5906	N.S.
2018	Mesofiel	Controle	Poisson	5	25		1.435	4.200	0.218	6.576	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	5	25		-0.211	3.400	0.326	-0.648	0.5172	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		0.000	4.200	0.309	0.000	1.0000	N.S.
		Bioliet	Poisson	5	25		0.047	4.400	0.305	0.152	0.8788	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		0.091	4.600	0.302	0.301	0.7631	N.S.
2018	Xerofiel	Controle	Poisson	5	25		1.833	6.254	0.202	9.074	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	5	25		0.223	7.818	0.237	0.943	0.3455	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		0.061	6.645	0.246	0.247	0.8051	N.S.
		Bioliet	Poisson	5	25		0.272	8.209	0.234	1.162	0.2452	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		0.272	8.209	0.234	1.162	0.2452	N.S.
2019	Hygrofiel	Controle	Poisson	5	25		1.018	2.767	0.278	3.667	0.0002	***
		Soilfeed	Poisson	5	25		-0.074	2.569	0.385	-0.193	0.8473	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		-0.241	2.174	0.402	-0.599	0.5491	N.S.
		Bioliet	Poisson	5	25		-0.074	2.569	0.385	-0.193	0.8473	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		-0.241	2.174	0.402	-0.599	0.5491	N.S.
2019	Mesofiel	Controle	Poisson	5	25		0.949	2.582	0.284	3.342	0.0008	***
		Soilfeed	Poisson	5	25		0.074	2.781	0.385	0.193	0.8474	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		-0.368	1.788	0.433	-0.848	0.3962	N.S.
		Bioliet	Poisson	5	25		-0.262	1.986	0.420	-0.624	0.5326	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		0.143	2.979	0.379	0.378	0.7055	N.S.
2019	Xerofiel	Controle	Poisson	5	25		1.475	4.370	0.220	6.705	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	5	25		0.310	5.959	0.280	1.106	0.2688	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		0.241	5.562	0.285	0.847	0.3970	N.S.
		Bioliet	Poisson	5	25		0.435	6.754	0.273	1.592	0.1114	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		0.205	5.363	0.287	0.714	0.4755	N.S.
2024	Hygrofiel	Controle	Poisson	3	15		0.511	1.667	0.447	1.142	0.2534	N.S.
		Soilfeed	Poisson	3	15		0.182	2.000	0.606	0.301	0.7633	N.S.
		Lavagruis	Poisson	3	15		0.000	1.667	0.632	0.000	1.0000	N.S.
		Bioliet	Poisson	3	15		0.000	1.667	0.632	0.000	1.0000	N.S.
		Dolokal	Poisson	3	15		0.000	1.667	0.632	0.000	1.0000	N.S.
2024	Mesofiel	Controle	Poisson	3	15		0.891	2.439	0.442	2.017	0.0437	*
		Soilfeed	Poisson	3	15		-0.288	1.829	0.535	-0.538	0.5909	N.S.
		Lavagruis	Poisson	3	15		0.118	2.744	0.481	0.245	0.8067	N.S.
		Bioliet	Poisson	3	15		0.223	3.048	0.470	0.475	0.6349	N.S.
		Dolokal	Poisson	3	15		0.000	2.439	0.495	0.000	1.0000	N.S.
2024	Xerofiel	Controle	Poisson	3	15		2.367	10.667	0.177	13.390	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	3	15		-0.247	8.333	0.267	-0.925	0.3551	N.S.
		Lavagruis	Poisson	3	15		0.031	11.000	0.248	0.124	0.9013	N.S.
		Bioliet	Poisson	3	15		-0.170	9.000	0.261	-0.650	0.5156	N.S.
		Dolokal	Poisson	3	15		-0.065	10.000	0.254	-0.254	0.7995	N.S.

Tabel 10.10 GLMM model resultaten van de activiteitsdichtheid van loopkevers verdeeld naar vochtvoorkeur, per bemonsteringsjaar (2015, 2016, 2018, 2019 en 2024). Estimate (model): de model berekening. Estimate (AD): terugberekende waarde ($e^{(estimate\ controle + estimate\ behandeling)}$), correspondeert met het gemiddelde van die behandeling. Significantie: significantie niveaus: N.S: $p > 0.1$ (niet significant verschillend) ; $p < 0.1$ (=near significant); * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$. Richting: Rode pijl die naar beneden wijst = significante ($p < 0.05$) afname. Groene pijl die naar beneden wijst = significante ($p < 0.05$) toename. Gele pijl die schuin naar beneden wijst = near-significante ($p < 0.1$) afname. Gele pijl die schuin omhoog wijst = near-significante ($p < 0.1$) toename.

Jaar	Vochtvoorkeur	Behandeling	Model	n	obs	Richting	Estimate (model)	Estimate (AD)	Standard Error	z-waarde	p-waarde	Significantie
2015	Hygrofiel	Controle	NegBin	5	25		2.955	19.200	0.173	17.068	0.0000	***
		Soilfeed	NegBin	5	25		-0.274	14.600	0.251	-1.089	0.2761	N.S.
		Lavagruis	NegBin	5	25		-0.122	17.000	0.248	-0.492	0.6230	N.S.
		Bioliet	NegBin	5	25		-0.158	16.400	0.248	-0.634	0.5258	N.S.
		Dolokal	NegBin	5	25		-0.234	15.200	0.250	-0.933	0.3508	N.S.
2015	Mesofiel	Controle	Poisson	5	25		2.483	11.980	0.212	11.730	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	5	25		0.236	15.162	0.167	1.412	0.1578	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		-0.098	10.857	0.181	-0.544	0.5861	N.S.
		Bioliet	Poisson	5	25		0.016	12.167	0.176	0.088	0.9296	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25	↑	0.426	18.344	0.160	2.659	0.0078	**
2015	Xerofiel	Controle	NegBin	5	25		2.701	14.894	0.229	11.801	0.0000	***
		Soilfeed	NegBin	5	25		0.351	21.160	0.236	1.487	0.1371	N.S.
		Lavagruis	NegBin	5	25		0.112	16.662	0.239	0.468	0.6395	N.S.
		Bioliet	NegBin	5	25		0.030	15.344	0.243	0.122	0.9027	N.S.
		Dolokal	NegBin	5	25		0.026	15.281	0.241	0.106	0.9153	N.S.
2016	Hygrofiel	Controle	Poisson	5	25		2.517	12.394	0.128	19.683	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	5	25		-0.235	9.795	0.191	-1.231	0.2183	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		0.063	13.194	0.177	0.354	0.7237	N.S.
		Bioliet	Poisson	5	25		0.047	12.994	0.178	0.266	0.7901	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25	↘	-0.438	7.996	0.203	-2.161	0.0307	*
2016	Mesofiel	Controle	NegBin	5	25		2.548	12.785	0.240	10.625	0.0000	***
		Soilfeed	NegBin	5	25		-0.069	11.926	0.225	-0.309	0.7570	N.S.
		Lavagruis	NegBin	5	25		-0.096	11.611	0.227	-0.423	0.6721	N.S.
		Bioliet	NegBin	5	25		-0.159	10.908	0.230	-0.690	0.4899	N.S.
		Dolokal	NegBin	5	25		0.008	12.893	0.223	0.038	0.9698	N.S.
2016	Xerofiel	Controle	NegBin	5	25		3.138	23.050	0.218	14.371	0.0000	***
		Soilfeed	NegBin	5	25		0.207	28.343	0.194	1.064	0.2872	N.S.
		Lavagruis	NegBin	5	25		0.184	27.694	0.194	0.946	0.3443	N.S.
		Bioliet	NegBin	5	25		0.165	27.174	0.195	0.845	0.3979	N.S.
		Dolokal	NegBin	5	25		0.243	29.394	0.193	1.261	0.2072	N.S.
2018	Hygrofiel	Controle	NegBin	5	25		2.996	20.004	0.388	7.714	0.0000	***
		Soilfeed	NegBin	5	25		0.215	24.801	0.272	0.791	0.4291	N.S.
		Lavagruis	NegBin	5	25		-0.003	19.938	0.278	-0.012	0.9904	N.S.
		Bioliet	NegBin	5	25		-0.108	17.952	0.281	-0.385	0.7001	N.S.
		Dolokal	NegBin	5	25	↘	-0.507	12.049	0.289	-1.756	0.0792	*
2018	Mesofiel	Controle	NegBin	5	25		2.613	13.640	0.243	10.748	0.0000	***
		Soilfeed	NegBin	5	25		-0.414	9.018	0.258	-1.605	0.1086	N.S.
		Lavagruis	NegBin	5	25		0.010	13.772	0.244	0.039	0.9687	N.S.
		Bioliet	NegBin	5	25		0.024	13.974	0.245	0.099	0.9213	N.S.
		Dolokal	NegBin	5	25		0.310	18.605	0.237	1.308	0.1910	N.S.
2018	Xerofiel	Controle	NegBin	5	25		2.953	19.161	0.358	8.247	0.0000	***
		Soilfeed	NegBin	5	25		0.219	23.849	0.251	0.870	0.3840	N.S.
		Lavagruis	NegBin	5	25		0.004	19.234	0.254	0.015	0.9880	N.S.
		Bioliet	NegBin	5	25		0.409	28.840	0.251	1.631	0.1029	N.S.
		Dolokal	NegBin	5	25		0.167	22.637	0.251	0.663	0.5071	N.S.
2019	Hygrofiel	Controle	NegBin	5	25		2.801	16.454	0.402	6.964	0.0000	***
		Soilfeed	NegBin	5	25		0.231	20.733	0.239	0.966	0.3338	N.S.
		Lavagruis	NegBin	5	25		-0.020	16.124	0.246	-0.082	0.9345	N.S.
		Bioliet	NegBin	5	25		-0.259	12.700	0.250	-1.038	0.2994	N.S.
		Dolokal	NegBin	5	25		-0.262	12.666	0.253	-1.034	0.3013	N.S.
2019	Mesofiel	Controle	Poisson	5	25		1.420	4.136	0.269	5.274	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	5	25		0.044	4.324	0.296	0.150	0.8808	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		-0.526	2.444	0.348	-1.513	0.1302	N.S.
		Bioliet	Poisson	5	25		-0.201	3.384	0.316	-0.635	0.5252	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		0.276	5.452	0.281	0.983	0.3256	N.S.
2019	Xerofiel	Controle	NegBin	5	25		2.183	8.877	0.367	5.945	0.0000	***
		Soilfeed	NegBin	5	25		0.321	12.232	0.428	0.749	0.4539	N.S.
		Lavagruis	NegBin	5	25		0.190	10.738	0.432	0.440	0.6598	N.S.
		Bioliet	NegBin	5	25	↑	0.945	22.844	0.430	2.198	0.0280	*
		Dolokal	NegBin	5	25		0.431	13.662	0.430	1.003	0.3159	N.S.
2024	Hygrofiel	Controle	Poisson	3	15		1.799	6.042	0.294	6.113	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	3	15		0.351	8.587	0.298	1.179	0.2385	N.S.
		Lavagruis	Poisson	3	15		0.000	6.042	0.323	0.000	1.0000	N.S.
		Bioliet	Poisson	3	15		-0.379	4.134	0.358	-1.059	0.2896	N.S.
		Dolokal	Poisson	3	15		-0.236	4.770	0.344	-0.687	0.4918	N.S.
2024	Mesofiel	Controle	Poisson	3	15		1.508	4.517	0.437	3.450	0.0006	***
		Soilfeed	Poisson	3	15		0.000	4.517	0.351	0.000	1.0000	N.S.
		Lavagruis	Poisson	3	15		0.405	6.775	0.321	1.264	0.2063	N.S.
		Bioliet	Poisson	3	15		0.405	6.775	0.321	1.264	0.2063	N.S.
		Dolokal	Poisson	3	15		0.446	7.057	0.318	1.402	0.1609	N.S.
2024	Xerofiel	Controle	NegBin	3	15		3.745	42.297	0.288	12.988	0.0000	***
		Soilfeed	NegBin	3	15	↘	-0.514	25.298	0.301	-1.710	0.0873	*
		Lavagruis	NegBin	3	15		0.225	52.951	0.288	0.779	0.4357	N.S.
		Bioliet	NegBin	3	15		0.178	50.531	0.287	0.619	0.5359	N.S.
		Dolokal	NegBin	3	15		0.213	52.336	0.292	0.730	0.4651	N.S.

Tabel 10.11 GLMM model resultaten van aantal soorten loopkevers verdeeld naar voedselvoorkeur, per bemonsteringsjaar (2015, 2016, 2018, 2019 en 2024). Estimate (model): de model berekening. Estimate (SR): terugberekende waarde ($e^{(estimate\ controle + estimate\ behandeling)}$), correspondeert met het gemiddelde van die behandeling. Significantie: significantie niveaus: N.S: $p > 0.1$ (niet significant verschillend) ; $p < 0.1$ (=near significant); * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$. Richting: Rode pijl die naar beneden wijst = significante ($p < 0.05$) afname. Groene pijl die naar beneden wijst = significante ($p < 0.05$) toename. Gele pijl die schuin naar beneden wijst = near-significante ($p < 0.1$) afname. Gele pijl die schuin omhoog wijst = near-significante ($p < 0.1$) toename.

Jaar	Voedselspecialisme	Behandeling	Model	n	obs	Richting	Estimate (model)	Estimate (SR)	Standard Error	z-waarde	p-waarde	Significantie
2015	herbivoor	Controle	Poisson	5	25		0.470	1.600	0.354	1.329	0.1837	N.S.
2015	herbivoor	Soilfeed	Poisson	5	25		-0.470	1.000	0.570	-0.824	0.4097	N.S.
2015	herbivoor	Lavagruis	Poisson	5	25		0.118	1.800	0.486	0.242	0.8085	N.S.
2015	herbivoor	Biolit	Poisson	5	25		-0.470	1.000	0.570	-0.824	0.4097	N.S.
2015	herbivoor	Dolokal	Poisson	5	25		0.118	1.800	0.486	0.242	0.8085	N.S.
2015	cam-herbivoor	Controle	Poisson	5	25		-0.052	0.949	0.474	-0.110	0.9121	N.S.
2015	cam-herbivoor	Soilfeed	Poisson	5	25		0.336	1.329	0.582	0.578	0.5631	N.S.
2015	cam-herbivoor	Lavagruis	Poisson	5	25		0.470	1.518	0.567	0.830	0.4067	N.S.
2015	cam-herbivoor	Biolit	Poisson	5	25		0.336	1.329	0.582	0.578	0.5631	N.S.
2015	cam-herbivoor	Dolokal	Poisson	5	25		0.182	1.139	0.602	0.303	0.7619	N.S.
2015	camivoor	Controle	Poisson	5	25		2.001	7.400	0.164	12.175	0.0000	***
2015	camivoor	Soilfeed	Poisson	5	25		0.078	8.000	0.228	0.342	0.7325	N.S.
2015	camivoor	Lavagruis	Poisson	5	25		-0.085	6.800	0.238	-0.356	0.7219	N.S.
2015	camivoor	Biolit	Poisson	5	25		-0.027	7.200	0.234	-0.117	0.9068	N.S.
2015	camivoor	Dolokal	Poisson	5	25		0.078	8.000	0.228	0.342	0.7325	N.S.
2015	insectivoor	Controle	Poisson	5	25		0.000	1.000	0.447	0.000	1.0000	N.S.
2015	insectivoor	Soilfeed	Poisson	5	25		0.000	1.000	0.632	0.000	1.0000	N.S.
2015	insectivoor	Lavagruis	Poisson	5	25		0.182	1.200	0.606	0.301	0.7633	N.S.
2015	insectivoor	Biolit	Poisson	5	25		0.336	1.400	0.586	0.575	0.5655	N.S.
2015	insectivoor	Dolokal	Poisson	5	25		0.000	1.000	0.632	0.000	1.0000	N.S.
2015	springstaarten	Controle	Poisson	5	25		-0.511	0.600	0.577	-0.885	0.3763	N.S.
2015	springstaarten	Soilfeed	Poisson	5	25		0.981	1.600	0.677	1.449	0.1474	N.S.
2015	springstaarten	Lavagruis	Poisson	5	25		0.000	0.600	0.816	0.000	1.0000	N.S.
2015	springstaarten	Biolit	Poisson	5	25		-0.405	0.400	0.913	-0.444	0.6569	N.S.
2015	springstaarten	Dolokal	Poisson	5	25		0.000	0.600	0.816	0.000	1.0000	N.S.
2016	herbivoor	Controle	Poisson	5	25		0.000	1.000	0.447	0.000	1.0000	N.S.
2016	herbivoor	Soilfeed	Poisson	5	25		0.470	1.600	0.570	0.824	0.4097	N.S.
2016	herbivoor	Lavagruis	Poisson	5	25		-0.223	0.800	0.671	-0.333	0.7394	N.S.
2016	herbivoor	Biolit	Poisson	5	25		0.336	1.400	0.586	0.575	0.5655	N.S.
2016	herbivoor	Dolokal	Poisson	5	25		0.588	1.800	0.558	1.054	0.2920	N.S.
2016	cam-herbivoor	Controle	Poisson	5	25		-0.011	0.989	0.455	-0.024	0.9811	N.S.
2016	cam-herbivoor	Soilfeed	Poisson	5	25		-0.223	0.791	0.670	-0.333	0.7392	N.S.
2016	cam-herbivoor	Lavagruis	Poisson	5	25		0.000	0.989	0.632	0.000	1.0000	N.S.
2016	cam-herbivoor	Biolit	Poisson	5	25		0.588	1.781	0.557	1.054	0.2917	N.S.
2016	cam-herbivoor	Dolokal	Poisson	5	25		0.788	2.176	0.539	1.463	0.1435	N.S.
2016	camivoor	Controle	Poisson	5	25		2.104	8.200	0.156	13.473	0.0000	***
2016	camivoor	Soilfeed	Poisson	5	25		-0.076	7.600	0.225	-0.337	0.7358	N.S.
2016	camivoor	Lavagruis	Poisson	5	25		0.048	8.600	0.218	0.218	0.8273	N.S.
2016	camivoor	Biolit	Poisson	5	25		-0.217	6.600	0.234	-0.928	0.3533	N.S.
2016	camivoor	Dolokal	Poisson	5	25		-0.076	7.600	0.225	-0.337	0.7358	N.S.
2016	insectivoor	Controle	Poisson	5	25		0.182	1.200	0.606	0.447	0.6552	N.S.
2016	insectivoor	Soilfeed	Poisson	5	25		-0.182	1.000	0.606	-0.301	0.7633	N.S.
2016	insectivoor	Lavagruis	Poisson	5	25		0.000	1.200	0.577	0.000	1.0000	N.S.
2016	insectivoor	Biolit	Poisson	5	25		-0.182	1.000	0.606	-0.301	0.7633	N.S.
2016	insectivoor	Dolokal	Poisson	5	25		0.000	1.200	0.577	0.000	1.0000	N.S.
2016	springstaarten	Controle	Poisson	5	25		-0.231	0.794	0.507	-0.456	0.6485	N.S.
2016	springstaarten	Soilfeed	Poisson	5	25		0.560	1.389	0.627	0.893	0.3718	N.S.
2016	springstaarten	Lavagruis	Poisson	5	25		0.405	1.190	0.645	0.628	0.5298	N.S.
2016	springstaarten	Biolit	Poisson	5	25		0.405	1.190	0.645	0.628	0.5298	N.S.
2016	springstaarten	Dolokal	Poisson	5	25		0.000	0.794	0.707	0.000	1.0000	N.S.
2018	herbivoor	Controle	Poisson	5	25		0.723	2.060	0.395	1.828	0.0675	N.S.
2018	herbivoor	Soilfeed	Poisson	5	25		0.154	2.404	0.389	0.396	0.6921	N.S.
2018	herbivoor	Lavagruis	Poisson	5	25		0.223	2.575	0.383	0.582	0.5604	N.S.
2018	herbivoor	Biolit	Poisson	5	25		0.511	3.434	0.361	1.414	0.1574	N.S.
2018	herbivoor	Dolokal	Poisson	5	25		0.405	3.090	0.369	1.099	0.2716	N.S.
2018	cam-herbivoor	Controle	Poisson	5	25		0.182	1.200	0.408	0.447	0.6552	N.S.
2018	cam-herbivoor	Soilfeed	Poisson	5	25		0.288	1.600	0.540	0.533	0.5943	N.S.
2018	cam-herbivoor	Lavagruis	Poisson	5	25		0.288	1.600	0.540	0.533	0.5943	N.S.
2018	cam-herbivoor	Biolit	Poisson	5	25		0.154	1.400	0.556	0.277	0.7817	N.S.
2018	cam-herbivoor	Dolokal	Poisson	5	25		0.405	1.800	0.527	0.769	0.4417	N.S.
2018	camivoor	Controle	Poisson	5	25		2.219	9.200	0.147	15.051	0.0000	***
2018	camivoor	Soilfeed	Poisson	5	25		-0.165	7.800	0.218	-0.758	0.4482	N.S.
2018	camivoor	Lavagruis	Poisson	5	25		-0.067	8.600	0.212	-0.318	0.7505	N.S.
2018	camivoor	Biolit	Poisson	5	25		-0.044	8.800	0.211	-0.211	0.8330	N.S.
2018	camivoor	Dolokal	Poisson	5	25		-0.140	8.000	0.216	-0.646	0.5180	N.S.
2018	insectivoor	Controle	Poisson	5	25		0.000	1.000	0.447	0.000	1.0000	N.S.
2018	insectivoor	Soilfeed	Poisson	5	25		0.470	1.600	0.570	0.824	0.4097	N.S.
2018	insectivoor	Lavagruis	Poisson	5	25		0.336	1.400	0.586	0.575	0.5655	N.S.
2018	insectivoor	Biolit	Poisson	5	25		0.182	1.200	0.606	0.301	0.7633	N.S.
2018	insectivoor	Dolokal	Poisson	5	25		0.182	1.200	0.606	0.301	0.7633	N.S.
2018	springstaarten	Controle	Poisson	5	25		-1.609	0.200	1.000	-1.609	0.1075	N.S.
2018	springstaarten	Soilfeed	Poisson	5	25		1.609	1.000	1.095	1.469	0.1418	N.S.
2018	springstaarten	Lavagruis	Poisson	5	25		1.099	0.600	1.155	0.951	0.3414	N.S.
2018	springstaarten	Biolit	Poisson	5	25		0.693	0.400	1.225	0.566	0.5714	N.S.
2018	springstaarten	Dolokal	Poisson	5	25		1.792	1.200	1.080	1.659	0.0971	N.S.

Tabel 10.1111 (vervolg)

Jaar	Voedetspecialisme	Behandeling	Model	n	obs	Richting	Estimate (model)	Estimate (SR)	Standard Error	z-waarde	p-waarde	Significantie
2019	herbivoor	Controle	Poisson	5	25		0.336	1.400	0.378	0.890	0.3733	N.S.
2019	herbivoor	Soilfeed	Poisson	5	25		0.134	1.600	0.518	0.258	0.7954	N.S.
2019	herbivoor	Lavagruis	Poisson	5	25		0.619	2.600	0.469	1.320	0.1867	N.S.
2019	herbivoor	Biolit	Poisson	5	25		0.619	2.600	0.469	1.320	0.1867	N.S.
2019	herbivoor	Dolokal	Poisson	5	25		0.539	2.400	0.476	1.133	0.2571	N.S.
2019	carni-herbivoor	Controle	Poisson	5	25		0.336	1.400	0.378	0.890	0.3733	N.S.
2019	carni-herbivoor	Soilfeed	Poisson	5	25		0.251	1.800	0.504	0.499	0.6180	N.S.
2019	carni-herbivoor	Lavagruis	Poisson	5	25		0.000	1.400	0.535	0.000	1.0000	N.S.
2019	carni-herbivoor	Biolit	Poisson	5	25		-0.154	1.200	0.556	-0.277	0.7817	N.S.
2019	carni-herbivoor	Dolokal	Poisson	5	25		0.000	1.400	0.535	0.000	1.0000	N.S.
2019	carnivoor	Controle	Poisson	5	25		1.825	6.200	0.180	10.159	0.0000	***
2019	carnivoor	Soilfeed	Poisson	5	25		0.121	7.000	0.247	0.492	0.6227	N.S.
2019	carnivoor	Lavagruis	Poisson	5	25		-0.215	5.000	0.269	-0.800	0.4236	N.S.
2019	carnivoor	Biolit	Poisson	5	25		0.032	6.400	0.262	0.126	0.8997	N.S.
2019	carnivoor	Dolokal	Poisson	5	25		-0.102	5.600	0.261	-0.390	0.6952	N.S.
2019	insectivoor	Controle	Poisson	5	25		-0.990	0.372	0.747	-1.325	0.1850	N.S.
2019	insectivoor	Soilfeed	Poisson	5	25		-0.693	0.186	1.258	-0.551	0.5815	N.S.
2019	insectivoor	Lavagruis	Poisson	5	25		-22.264	0.000	49602.010	0.000	0.9996	N.S.
2019	insectivoor	Biolit	Poisson	5	25		-0.693	0.186	1.258	-0.551	0.5815	N.S.
2019	insectivoor	Dolokal	Poisson	5	25		0.000	0.372	1.027	0.000	1.0000	N.S.
2019	springstaarten	Controle	Poisson	5	25		-0.946	0.388	0.723	-1.308	0.1909	N.S.
2019	springstaarten	Soilfeed	Poisson	5	25		0.693	0.777	0.864	0.802	0.4225	N.S.
2019	springstaarten	Lavagruis	Poisson	5	25		0.405	0.583	0.911	0.445	0.6562	N.S.
2019	springstaarten	Biolit	Poisson	5	25		0.916	0.971	0.835	1.098	0.2724	N.S.
2019	springstaarten	Dolokal	Poisson	5	25		0.693	0.777	0.864	0.802	0.4225	N.S.
2024	herbivoor	Controle	Poisson	3	15		1.563	4.774	0.317	4.935	0.0000	***
2024	herbivoor	Soilfeed	Poisson	3	15		-0.223	3.619	0.385	-0.579	0.5626	N.S.
2024	herbivoor	Lavagruis	Poisson	3	15		0.236	6.047	0.344	0.688	0.4917	N.S.
2024	herbivoor	Biolit	Poisson	3	15		0.065	5.092	0.358	0.180	0.8568	N.S.
2024	herbivoor	Dolokal	Poisson	3	15		0.125	5.410	0.353	0.355	0.7226	N.S.
2024	carni-herbivoor	Controle	Poisson	3	15		0.847	2.333	0.378	2.242	0.0250	*
2024	carni-herbivoor	Soilfeed	Poisson	3	15		-0.154	2.000	0.556	-0.277	0.7817	N.S.
2024	carni-herbivoor	Lavagruis	Poisson	3	15		0.000	2.333	0.535	0.000	1.0000	N.S.
2024	carni-herbivoor	Biolit	Poisson	3	15		-0.336	1.667	0.586	-0.575	0.5655	N.S.
2024	carni-herbivoor	Dolokal	Poisson	3	15		0.000	2.333	0.535	0.000	1.0000	N.S.
2024	carnivoor	Controle	Poisson	3	15		1.897	6.667	0.224	8.484	0.0000	***
2024	carnivoor	Soilfeed	Poisson	3	15		-0.163	5.667	0.330	-0.493	0.6223	N.S.
2024	carnivoor	Lavagruis	Poisson	3	15		-0.051	6.333	0.320	-0.160	0.8728	N.S.
2024	carnivoor	Biolit	Poisson	3	15		0.049	7.000	0.312	0.156	0.8759	N.S.
2024	carnivoor	Dolokal	Poisson	3	15		-0.051	6.333	0.320	-0.160	0.8728	N.S.
2024	insectivoor	Controle	-	-	15		-	0.000	-	-	-	-
2024	insectivoor	Soilfeed	-	-	15		-	0.000	-	-	-	-
2024	insectivoor	Lavagruis	-	-	15		-	0.000	-	-	-	-
2024	insectivoor	Biolit	-	-	15		-	0.000	-	-	-	-
2024	insectivoor	Dolokal	-	-	15		-	0.000	-	-	-	-
2024	springstaarten	Controle	Poisson	3	15		0.000	1.000	0.577	0.000	1.0000	N.S.
2024	springstaarten	Soilfeed	Poisson	3	15		-0.405	0.667	0.913	-0.444	0.6569	N.S.
2024	springstaarten	Lavagruis	Poisson	3	15		-0.405	0.667	0.913	-0.444	0.6569	N.S.
2024	springstaarten	Biolit	Poisson	3	15		-31.240	0.000	3509289.724	0.000	1.0000	N.S.
2024	springstaarten	Dolokal	Poisson	3	15		-50.931	0.000	38745320.695	0.000	1.0000	N.S.

Tabel 10.12 GLMM model resultaten van de activiteitsdichtheid van loopkevers verdeeld naar voedselvoorkeur, per bemonsteringsjaar (2015, 2016, 2018, 2019 en 2024). Estimate (model): de model berekening. Estimate (AD): terugberekende waarde ($e^{(estimate\ controle + estimate\ behandeling)}$), correspondeert met het gemiddelde van die behandeling. Significantie: significantie niveaus: N.S.: $p > 0.1$ (niet significant verschillend) ; $p < 0.1$ (=near significant); * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$. Richting: Rode pijl die naar beneden wijst = significante ($p < 0.05$) afname. Groene pijl die naar beneden wijst = significante ($p < 0.05$) toename. Gele pijl die schuin naar beneden wijst = near-significante ($p < 0.1$) afname. Gele pijl die schuin omhoog wijst = near-significante ($p < 0.1$) toename.

Jaar	Voedselspecialisme	Behandeling	Model	n	obs	Richting	Estimate (model)	Estimate (AD)	Standard Error	z-waarde	p-waarde	Significantie
2015	herbivoor	Controle	NegBin	5	25		1.099	3.000	0.320	3.438	0.0006	***
2015	herbivoor	Soilfeed	NegBin	5	25		-0.629	1.600	0.512	-1.227	0.2199	N.S.
2015	herbivoor	Lavagruis	NegBin	5	25		-0.405	2.000	0.487	-0.832	0.4055	N.S.
2015	herbivoor	Biolit	NegBin	5	25		-1.099	1.000	0.581	-1.891	0.0586	.
2015	herbivoor	Dolokal	NegBin	5	25		-0.143	2.600	0.463	-0.309	0.7573	N.S.
2015	cami-herbivoor	Controle	NegBin	5	25		0.644	1.905	0.580	1.112	0.2663	N.S.
2015	cami-herbivoor	Soilfeed	NegBin	5	25		0.305	2.584	0.529	0.577	0.5638	N.S.
2015	cami-herbivoor	Lavagruis	NegBin	5	25		0.494	3.121	0.508	0.972	0.3312	N.S.
2015	cami-herbivoor	Biolit	NegBin	5	25		-0.436	1.232	0.582	-0.749	0.4538	N.S.
2015	cami-herbivoor	Dolokal	NegBin	5	25		-0.120	1.689	0.543	-0.221	0.8248	N.S.
2015	carnivoor	Controle	Poisson	5	25		3.408	30.209	0.150	22.781	0.0000	***
2015	carnivoor	Soilfeed	Poisson	5	25	↑	0.262	39.252	0.106	2.470	0.0135	*
2015	carnivoor	Lavagruis	Poisson	5	25		-0.046	28.862	0.114	-0.400	0.6892	N.S.
2015	carnivoor	Biolit	Poisson	5	25		-0.006	30.016	0.113	-0.057	0.9548	N.S.
2015	carnivoor	Dolokal	Poisson	5	25		0.196	36.751	0.108	1.822	0.0685	.
2015	insectivoor	Controle	NegBin	5	25		2.079	8.000	0.303	6.855	0.0000	***
2015	insectivoor	Soilfeed	NegBin	5	25		-0.553	4.600	0.450	-1.230	0.2188	N.S.
2015	insectivoor	Lavagruis	NegBin	5	25		-0.105	7.200	0.432	-0.244	0.8074	N.S.
2015	insectivoor	Biolit	NegBin	5	25		0.281	10.600	0.422	0.667	0.5047	N.S.
2015	insectivoor	Dolokal	NegBin	5	25		-0.255	6.200	0.437	-0.583	0.5601	N.S.
2015	springstaarten	Controle	Poisson	5	25		0.677	1.968	0.430	1.573	0.1158	N.S.
2015	springstaarten	Soilfeed	Poisson	5	25		0.080	2.132	0.394	0.203	0.8389	N.S.
2015	springstaarten	Lavagruis	Poisson	5	25		-0.087	1.804	0.411	-0.212	0.8323	N.S.
2015	springstaarten	Biolit	Poisson	5	25	↓	-1.386	0.492	0.635	-2.182	0.0291	*
2015	springstaarten	Dolokal	Poisson	5	25		-0.405	1.312	0.449	-0.902	0.3668	N.S.
2016	herbivoor	Controle	NegBin	5	25		0.182	1.200	0.464	0.393	0.6946	N.S.
2016	herbivoor	Soilfeed	NegBin	5	25		0.693	2.400	0.590	1.175	0.2400	N.S.
2016	herbivoor	Lavagruis	NegBin	5	25		-0.182	1.000	0.682	-0.267	0.7891	N.S.
2016	herbivoor	Biolit	NegBin	5	25		0.154	1.400	0.638	0.241	0.8092	N.S.
2016	herbivoor	Dolokal	NegBin	5	25		0.773	2.600	0.584	1.323	0.1858	N.S.
2016	cami-herbivoor	Controle	NegBin	5	25		0.698	2.009	0.577	1.209	0.2265	N.S.
2016	cami-herbivoor	Soilfeed	NegBin	5	25		0.165	2.371	0.393	0.422	0.6733	N.S.
2016	cami-herbivoor	Lavagruis	NegBin	5	25		0.663	3.901	0.367	1.805	0.0711	.
2016	cami-herbivoor	Biolit	NegBin	5	25	↑	0.756	4.280	0.367	2.061	0.0393	*
2016	cami-herbivoor	Dolokal	NegBin	5	25	↑	1.253	7.037	0.347	3.613	0.0003	***
2016	carnivoor	Controle	NegBin	5	25		3.618	37.249	0.143	25.218	0.0000	***
2016	carnivoor	Soilfeed	NegBin	5	25		-0.007	37.006	0.131	-0.050	0.9600	N.S.
2016	carnivoor	Lavagruis	NegBin	5	25		-0.034	36.015	0.132	-0.256	0.7980	N.S.
2016	carnivoor	Biolit	NegBin	5	25		-0.126	32.855	0.134	-0.939	0.3479	N.S.
2016	carnivoor	Dolokal	NegBin	5	25		-0.060	35.088	0.132	-0.452	0.6515	N.S.
2016	insectivoor	Controle	Poisson	5	25		1.803	6.070	0.202	8.944	0.0000	***
2016	insectivoor	Soilfeed	Poisson	5	25		-0.067	5.679	0.258	-0.259	0.7958	N.S.
2016	insectivoor	Lavagruis	Poisson	5	25		0.395	9.007	0.232	1.703	0.0886	.
2016	insectivoor	Biolit	Poisson	5	25		0.327	8.420	0.235	1.392	0.1638	N.S.
2016	insectivoor	Dolokal	Poisson	5	25	↓	-0.601	3.329	0.301	-1.996	0.0460	*
2016	springstaarten	Controle	Poisson	5	25		0.480	1.616	0.402	1.192	0.2331	N.S.
2016	springstaarten	Soilfeed	Poisson	5	25		0.000	1.616	0.466	0.000	1.0000	N.S.
2016	springstaarten	Lavagruis	Poisson	5	25		-0.251	1.257	0.498	-0.505	0.6138	N.S.
2016	springstaarten	Biolit	Poisson	5	25		0.368	2.334	0.428	0.858	0.3908	N.S.
2016	springstaarten	Dolokal	Poisson	5	25		-0.251	1.257	0.498	-0.505	0.6137	N.S.
2018	herbivoor	Controle	NegBin	5	25		1.118	3.058	0.632	1.770	0.0767	.
2018	herbivoor	Soilfeed	NegBin	5	25		0.725	6.313	0.465	1.560	0.1188	N.S.
2018	herbivoor	Lavagruis	NegBin	5	25		0.830	7.012	0.452	1.834	0.0666	.
2018	herbivoor	Biolit	NegBin	5	25	↑	0.968	8.052	0.449	2.156	0.0311	*
2018	herbivoor	Dolokal	NegBin	5	25		0.741	6.418	0.458	1.620	0.1052	N.S.
2018	cami-herbivoor	Controle	Poisson	5	25		0.987	2.684	0.365	2.704	0.0068	**
2018	cami-herbivoor	Soilfeed	Poisson	5	25		0.405	4.026	0.320	1.266	0.2055	N.S.
2018	cami-herbivoor	Lavagruis	Poisson	5	25		0.405	4.026	0.320	1.266	0.2055	N.S.
2018	cami-herbivoor	Biolit	Poisson	5	25		0.318	3.691	0.326	0.977	0.3287	N.S.
2018	cami-herbivoor	Dolokal	Poisson	5	25	↑	0.754	5.704	0.301	2.506	0.0122	*
2018	carnivoor	Controle	NegBin	5	25		3.709	40.798	0.312	11.882	0.0000	***
2018	carnivoor	Soilfeed	NegBin	5	25		-0.028	39.690	0.196	-0.141	0.8881	N.S.
2018	carnivoor	Lavagruis	NegBin	5	25		-0.258	31.526	0.199	-1.294	0.1958	N.S.
2018	carnivoor	Biolit	NegBin	5	25		-0.019	40.017	0.197	-0.098	0.9219	N.S.
2018	carnivoor	Dolokal	NegBin	5	25		-0.208	33.134	0.199	-1.044	0.2964	N.S.
2018	insectivoor	Controle	NegBin	5	25		1.789	5.986	0.436	4.101	0.0000	***
2018	insectivoor	Soilfeed	NegBin	5	25		0.161	7.029	0.462	0.348	0.7278	N.S.
2018	insectivoor	Lavagruis	NegBin	5	25		0.217	7.433	0.484	0.447	0.6546	N.S.
2018	insectivoor	Biolit	NegBin	5	25		0.029	6.165	0.506	0.058	0.9537	N.S.
2018	insectivoor	Dolokal	NegBin	5	25		-0.291	4.475	0.482	-0.603	0.5464	N.S.
2018	springstaarten	Controle	Poisson	5	25		-0.394	0.675	0.571	-0.690	0.4905	N.S.
2018	springstaarten	Soilfeed	Poisson	5	25		0.693	1.349	0.602	1.151	0.2496	N.S.
2018	springstaarten	Lavagruis	Poisson	5	25		0.223	0.843	0.609	0.338	0.7351	N.S.
2018	springstaarten	Biolit	Poisson	5	25		-0.288	0.506	0.751	-0.383	0.7016	N.S.
2018	springstaarten	Dolokal	Poisson	5	25		1.012	1.855	0.574	1.762	0.0780	.

Tabel 10.1212 (vervolg)

Jaar	Voedselspecialisme	Behandeling	Model	n	obs	Richting	Estimate (model)	Estimate (AD)	Standard Error	z-waarde	p-waarde	Significantie
2019	herbivoor	Controle	NegBin	5	25		0.588	1.800	0.378	1.555	0.1199	N.S.
2019	herbivoor	Soilfeed	NegBin	5	25		0.000	1.800	0.535	0.000	1.0000	N.S.
2019	herbivoor	Lavagruis	NegBin	5	25		0.575	3.200	0.487	1.181	0.2374	N.S.
2019	herbivoor	Biolit	NegBin	5	25	↑	1.358	7.000	0.451	3.013	0.0026	**
2019	herbivoor	Dolokal	NegBin	5	25	↓	0.799	4.000	0.474	1.685	0.0920	-
2019	camiherbivoor	Controle	NegBin	5	25		0.724	2.062	0.513	1.411	0.1581	N.S.
2019	camiherbivoor	Soilfeed	NegBin	5	25		0.403	3.087	0.516	0.783	0.4334	N.S.
2019	camiherbivoor	Lavagruis	NegBin	5	25		0.608	3.788	0.493	1.233	0.2175	N.S.
2019	camiherbivoor	Biolit	NegBin	5	25	↑	1.473	8.992	0.469	3.141	0.0017	**
2019	camiherbivoor	Dolokal	NegBin	5	25	↓	0.856	4.853	0.479	1.788	0.0738	-
2019	camivoor	Controle	NegBin	5	25		3.267	26.246	0.303	10.781	0.0000	***
2019	camivoor	Soilfeed	NegBin	5	25		0.249	33.675	0.171	1.456	0.1455	N.S.
2019	camivoor	Lavagruis	NegBin	5	25		-0.152	22.543	0.179	-0.849	0.3957	N.S.
2019	camivoor	Biolit	NegBin	5	25		-0.187	21.762	0.179	-1.046	0.2954	N.S.
2019	camivoor	Dolokal	NegBin	5	25		-0.202	21.447	0.180	-1.121	0.2623	N.S.
2019	insectivoor	Controle	Poisson	5	25		-0.990	0.372	0.747	-1.325	0.1850	N.S.
2019	insectivoor	Soilfeed	Poisson	5	25		-0.693	0.186	1.258	-0.551	0.5815	N.S.
2019	insectivoor	Lavagruis	Poisson	5	25		-22.264	0.000	49602.010	0.000	0.9996	N.S.
2019	insectivoor	Biolit	Poisson	5	25		-0.693	0.186	1.258	-0.551	0.5815	N.S.
2019	insectivoor	Dolokal	Poisson	5	25		0.000	0.372	1.027	0.000	1.0000	N.S.
2019	springstaarten	Controle	NegBin	5	25		-1.051	0.349	0.751	-1.400	0.1615	N.S.
2019	springstaarten	Soilfeed	NegBin	5	25		0.693	0.699	0.851	0.814	0.4154	N.S.
2019	springstaarten	Lavagruis	NegBin	5	25		0.693	0.699	0.858	0.808	0.4191	N.S.
2019	springstaarten	Biolit	NegBin	5	25		1.099	1.048	0.807	1.361	0.1736	N.S.
2019	springstaarten	Dolokal	NegBin	5	25		1.099	1.048	0.801	1.372	0.1701	N.S.
2024	herbivoor	Controle	NegBin	3	15		2.767	15.913	0.481	5.758	0.0000	***
2024	herbivoor	Soilfeed	NegBin	3	15		-0.680	8.064	0.439	-1.548	0.1215	N.S.
2024	herbivoor	Lavagruis	NegBin	3	15		0.661	30.830	0.416	1.589	0.1120	N.S.
2024	herbivoor	Biolit	NegBin	3	15	↑	0.705	32.199	0.407	1.733	0.0831	-
2024	herbivoor	Dolokal	NegBin	3	15	↓	0.665	30.930	0.420	1.581	0.1139	N.S.
2024	camiherbivoor	Controle	NegBin	3	15	↓	2.197	9.000	0.284	7.742	0.0000	***
2024	camiherbivoor	Soilfeed	NegBin	3	15		-0.811	4.000	0.455	-1.781	0.0749	-
2024	camiherbivoor	Lavagruis	NegBin	3	15		0.170	10.667	0.394	0.431	0.6664	N.S.
2024	camiherbivoor	Biolit	NegBin	3	15		-0.657	4.667	0.442	-1.486	0.1374	N.S.
2024	camiherbivoor	Dolokal	NegBin	3	15		0.170	10.667	0.394	0.431	0.6664	N.S.
2024	camivoor	Controle	Poisson	3	15		3.298	27.070	0.137	24.113	0.0000	***
2024	camivoor	Soilfeed	Poisson	3	15		-0.063	25.420	0.159	-0.397	0.6915	N.S.
2024	camivoor	Lavagruis	Poisson	3	15		-0.076	25.090	0.159	-0.478	0.6329	N.S.
2024	camivoor	Biolit	Poisson	3	15		-0.144	23.439	0.162	-0.889	0.3738	N.S.
2024	camivoor	Dolokal	Poisson	3	15		-0.217	21.788	0.165	-1.314	0.1889	N.S.
2024	insectivoor	Controle	-	-	-	-	-	0.000	-	-	-	-
2024	insectivoor	Soilfeed	-	-	-	-	-	0.000	-	-	-	-
2024	insectivoor	Lavagruis	-	-	-	-	-	0.000	-	-	-	-
2024	insectivoor	Biolit	-	-	-	-	-	0.000	-	-	-	-
2024	insectivoor	Dolokal	-	-	-	-	-	0.000	-	-	-	-
2024	springstaarten	Controle	Poisson	3	15		0.000	1.000	0.577	0.000	1.0000	N.S.
2024	springstaarten	Soilfeed	Poisson	3	15		-0.405	0.667	0.913	-0.444	0.6569	N.S.
2024	springstaarten	Lavagruis	Poisson	3	15		-0.405	0.667	0.913	-0.444	0.6569	N.S.
2024	springstaarten	Biolit	Poisson	3	15		-31.240	0.000	3509289.724	0.000	1.0000	N.S.
2024	springstaarten	Dolokal	Poisson	3	15		-50.931	0.000	38745320.695	0.000	1.0000	N.S.

Tabel 10.13 GLMM model resultaten van aantal soorten loopkevers verdeeld naar habitatvoorkeur, per bemonsteringsjaar (2015, 2016, 2018, 2019 en 2024). Estimate (model): de model berekening. Estimate (SR): terugberekende waarde ($e^{(estimate\ controle + estimate\ behandeling)}$), correspondeert met het gemiddelde van die behandeling. Significantie: significantie niveaus: N.S: $p > 0.1$ (niet significant verschillend) ; $p < 0.1$ (=near significant); * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$. Richting: Rode pijl die naar beneden wijst = significante ($p < 0.05$) afname. Groene pijl die naar beneden wijst = significante ($p < 0.05$) toename. Gele pijl die schuin naar beneden wijst = near-significante ($p < 0.1$) afname. Gele pijl die schuin omhoog wijst = near-significante ($p < 0.1$) toename.

Jaar	Habitatvoorkeur	Behandeling	Model	n	obs	Richting	Estimate (model)	Estimate (SR)	Standard Error	z-waarde	p-waarde	Significantie
2015	Akkers en open bodem	Controle	Poisson	5	25		-0.223	0.800	0.500	-0.446	0.6554	N.S.
		Soilfeed	Poisson	5	25		-0.693	0.400	0.866	-0.800	0.4235	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		-0.693	0.400	0.866	-0.800	0.4235	N.S.
		Bioliet	Poisson	5	25		-0.693	0.400	0.866	-0.800	0.4235	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		-0.288	0.600	0.764	-0.377	0.7064	N.S.
2015	Bossen	Controle	Poisson	5	25		-0.223	0.800	0.500	-0.446	0.6554	N.S.
		Soilfeed	Poisson	5	25		0.223	1.000	0.671	0.333	0.7394	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		0.000	0.800	0.707	0.000	1.0000	N.S.
		Bioliet	Poisson	5	25		0.223	1.000	0.671	0.333	0.7394	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		0.223	1.000	0.671	0.333	0.7394	N.S.
2015	Eurytoop	Controle	Poisson	5	25		1.758	5.800	0.186	9.466	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	5	25		0.159	6.800	0.253	0.629	0.5292	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		0.067	6.200	0.258	0.258	0.7963	N.S.
		Bioliet	Poisson	5	25		-0.035	5.600	0.265	-0.132	0.8946	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		0.098	6.400	0.256	0.384	0.7010	N.S.
2015	Heide	Controle	Poisson	5	25		1.335	3.800	0.229	5.819	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	5	25		0.147	4.400	0.313	0.468	0.6397	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		0.100	4.200	0.317	0.316	0.7519	N.S.
		Bioliet	Poisson	5	25		0.051	4.000	0.320	0.160	0.8728	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		0.147	4.400	0.313	0.468	0.6397	N.S.
2015	Overig	Controle	Poisson	5	25		-1.292	0.275	0.882	-1.465	0.1430	N.S.
		Soilfeed	Poisson	5	25		0.000	0.275	1.000	0.000	1.0000	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		0.000	0.275	1.000	0.000	1.0000	N.S.
		Bioliet	Poisson	5	25		0.000	0.275	1.000	0.000	1.0000	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		-0.693	0.137	1.225	-0.566	0.5714	N.S.
2016	Akkers en open bodem	Controle	NegBin	5	25		-0.080	0.923	0.452	-0.177	0.8593	N.S.
		Soilfeed	NegBin	5	25		-0.223	0.738	0.605	-0.369	0.7122	N.S.
		Lavagruis	NegBin	5	25		-0.223	0.738	0.614	-0.363	0.7165	N.S.
		Bioliet	NegBin	5	25		0.182	1.108	0.562	0.324	0.7458	N.S.
		Dolokal	NegBin	5	25		0.336	1.292	0.540	0.623	0.5334	N.S.
2016	Bossen	Controle	Poisson	5	25		0.000	1.000	0.447	0.000	1.0000	N.S.
		Soilfeed	Poisson	5	25		-0.223	0.800	0.671	-0.333	0.7394	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		0.000	1.000	0.632	0.000	1.0000	N.S.
		Bioliet	Poisson	5	25		-0.223	0.800	0.671	-0.333	0.7394	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		0.000	1.000	0.632	0.000	1.0000	N.S.
2016	Eurytoop	Controle	Poisson	5	25		1.758	5.800	0.186	9.466	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	5	25		0.129	6.600	0.255	0.508	0.6117	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		0.129	6.600	0.255	0.508	0.6117	N.S.
		Bioliet	Poisson	5	25		0.188	7.000	0.251	0.749	0.4539	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		0.098	6.400	0.256	0.384	0.7010	N.S.
2016	Heide	Controle	Poisson	5	25		1.435	4.200	0.218	6.576	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	5	25		-0.100	3.800	0.317	-0.316	0.7519	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		-0.049	4.000	0.312	-0.156	0.8759	N.S.
		Bioliet	Poisson	5	25		-0.405	2.800	0.345	-1.175	0.2399	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		0.000	4.200	0.309	0.000	1.0000	N.S.
2016	Overig	Controle	Poisson	5	25		-1.784	0.168	1.069	-1.669	0.0951	-
		Soilfeed	Poisson	5	25		0.693	0.336	1.225	0.566	0.5714	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		0.693	0.336	1.225	0.566	0.5714	N.S.
		Bioliet	Poisson	5	25		0.000	0.168	1.414	0.000	1.0000	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		1.099	0.504	1.155	0.951	0.3414	N.S.
2018	Akkers en open bodem	Controle	Poisson	5	25		-0.285	0.752	0.597	-0.478	0.6325	N.S.
		Soilfeed	Poisson	5	25		0.588	1.353	0.547	1.075	0.2825	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		0.336	1.052	0.574	0.586	0.5578	N.S.
		Bioliet	Poisson	5	25		0.588	1.353	0.547	1.075	0.2825	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		0.693	1.504	0.537	1.291	0.1968	N.S.
2018	Bossen	Controle	-	5	25		-	1	-	-	-	-
		Soilfeed	-	5	25		-	1	-	-	-	-
		Lavagruis	-	5	25		-	1	-	-	-	-
		Bioliet	-	5	25		-	1	-	-	-	-
		Dolokal	-	5	25		-	1	-	-	-	-
2018	Eurytoop	Controle	Poisson	5	25		2.066	7.896	0.174	11.855	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	5	25		-0.163	6.711	0.233	-0.698	0.4853	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		-0.051	7.501	0.226	-0.227	0.8206	N.S.
		Bioliet	Poisson	5	25		0.118	8.883	0.217	0.543	0.5872	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		-0.025	7.898	0.225	-0.113	0.9103	N.S.
2018	Heide	Controle	Poisson	5	25		1.281	3.600	0.236	5.435	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	5	25		0.105	4.000	0.325	0.324	0.7457	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		0.154	4.200	0.321	0.480	0.6313	N.S.
		Bioliet	Poisson	5	25		0.000	3.600	0.333	0.000	1.0000	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		0.000	3.600	0.333	0.000	1.0000	N.S.
2018	Overig	Controle	Poisson	5	25		-0.916	0.400	0.707	-1.296	0.1950	N.S.
		Soilfeed	Poisson	5	25		1.099	1.200	0.816	1.346	0.1785	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		0.916	1.000	0.837	1.095	0.2734	N.S.
		Bioliet	Poisson	5	25		0.000	0.400	1.000	0.000	1.0000	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		1.253	1.400	0.802	1.562	0.1182	N.S.

Tabel 10.1313 (vervolg)

Jaar	Habitatvoorkeur	Behandeling	Model	n	obs	Richting	Estimate (model)	Estimate (SR)	Standard Error	z-waarde	p-waarde	Significantie	
2019	Akkers en open bodem	Controle	NegBin	5	25		-0.988	0.372	0.689	-1.435	0.1513	N.S.	
		Soilfeed	NegBin	5	25		0.405	0.558	0.860	0.471	0.6374	N.S.	
		Lavagruis	NegBin	5	25		1.253	1.303	0.747	1.677	0.0935	.	
		Biolit	NegBin	5	25		1.253	1.303	0.753	1.665	0.0960	-	
		Dolokal	NegBin	5	25		0.000	0.372	0.930	0.000	1.0000	N.S.	
2019	Bossen	Controle	Poisson	5	25		-0.223	0.800	0.500	-0.446	0.6554	N.S.	
		Soilfeed	Poisson	5	25		-0.693	0.400	0.866	-0.800	0.4235	N.S.	
		Lavagruis	Poisson	5	25		-0.693	0.400	0.866	-0.800	0.4235	N.S.	
		Biolit	Poisson	5	25		-0.693	0.400	0.866	-0.800	0.4235	N.S.	
		Dolokal	Poisson	5	25		-0.288	0.600	0.764	-0.377	0.7064	N.S.	
2019	Eurytoop	Controle	Poisson	5	25		1.556	4.738	0.217	7.165	0.0000	***	
		Soilfeed	Poisson	5	25		0.189	5.725	0.276	0.687	0.4922	N.S.	
		Lavagruis	Poisson	5	25		-0.288	3.553	0.311	-0.924	0.3555	N.S.	
		Biolit	Poisson	5	25		0.118	5.330	0.280	0.421	0.6740	N.S.	
		Dolokal	Poisson	5	25		0.118	5.330	0.280	0.421	0.6741	N.S.	
2019	Heide	Controle	Poisson	5	25		1.163	3.200	0.250	4.653	0.0000	***	
		Soilfeed	Poisson	5	25		0.272	4.200	0.332	0.819	0.4125	N.S.	
		Lavagruis	Poisson	5	25		-0.065	3.000	0.359	-0.180	0.8575	N.S.	
		Biolit	Poisson	5	25		0.000	3.200	0.354	0.000	1.0000	N.S.	
		Dolokal	Poisson	5	25		0.061	3.400	0.348	0.174	0.8618	N.S.	
2019	Overig	Controle	NegBin	5	25		-0.576	0.562	0.563	-1.023	0.3061	N.S.	
		Soilfeed	NegBin	5	25		-0.405	0.375	0.872	-0.465	0.6419	N.S.	
		Lavagruis	NegBin	5	25		0.693	1.125	0.657	1.055	0.2912	N.S.	
		Biolit	NegBin	5	25		0.511	0.937	0.687	0.744	0.4570	N.S.	
		Dolokal	NegBin	5	25		0.288	0.750	0.703	0.409	0.6824	N.S.	
2024	Akkers en open bodem	Controle	Poisson	5	25		1.380	3.975	0.297	4.645	0.0000	***	
		Soilfeed	Poisson	5	25		-0.539	2.319	0.475	-1.134	0.2569	N.S.	
		Lavagruis	Poisson	5	25		0.080	4.306	0.400	0.200	0.8414	N.S.	
		Biolit	Poisson	5	25		0.080	4.306	0.400	0.200	0.8414	N.S.	
		Dolokal	Poisson	5	25		-0.087	3.643	0.417	-0.209	0.8348	N.S.	
2025	Bossen	Controle	-	5	25		-	1	-	-	-	-	
		Soilfeed	-	5	25		-	1	-	-	-	-	-
		Lavagruis	-	5	25		-	1	-	-	-	-	-
		Biolit	-	5	25		-	1	-	-	-	-	-
		Dolokal	-	5	25		-	1	-	-	-	-	-
2024	Eurytoop	Controle	Poisson	3	15		1.791	5.995	0.237	7.545	0.0000	***	
		Soilfeed	Poisson	3	15		-0.057	5.662	0.338	-0.169	0.8658	N.S.	
		Lavagruis	Poisson	3	15		0.201	7.327	0.318	0.631	0.5278	N.S.	
		Biolit	Poisson	3	15		-0.057	5.662	0.338	-0.169	0.8658	N.S.	
		Dolokal	Poisson	3	15		0.054	6.328	0.329	0.164	0.8694	N.S.	
2024	Heide	Controle	Poisson	3	15		0.981	2.667	0.354	2.774	0.0055	**	
		Soilfeed	Poisson	3	15		0.118	3.000	0.486	0.242	0.8085	N.S.	
		Lavagruis	Poisson	3	15		0.118	3.000	0.486	0.242	0.8085	N.S.	
		Biolit	Poisson	3	15		0.000	2.667	0.500	0.000	1.0000	N.S.	
		Dolokal	Poisson	3	15		0.000	2.667	0.500	0.000	1.0000	N.S.	
2024	Overig	Controle	Poisson	3	15		0.270	1.310	0.515	0.524	0.6005	N.S.	
		Soilfeed	Poisson	3	15		-1.386	0.327	1.126	-1.231	0.2184	N.S.	
		Lavagruis	Poisson	3	15		-21.236	0.000	20580.612	-0.001	0.9992	N.S.	
		Biolit	Poisson	3	15		-1.386	0.327	1.126	-1.231	0.2184	N.S.	
		Dolokal	Poisson	3	15		-0.693	0.655	0.872	-0.794	0.4269	N.S.	

Tabel 10.14 GLMM model resultaten van de activiteitsdichtheid van loopkevers verdeeld naar habitatvoorkeur, per bemonsteringsjaar (2015, 2016, 2018, 2019 en 2024). Estimate (model): de model berekening. Estimate (AD): terugberekende waarde ($e^{(estimate\ controle + estimate\ behandeling)}$), correspondeert met het gemiddelde van die behandeling. Significantie: significantie niveaus: N.S: $p > 0.1$ (niet significant verschillend) ; $p < 0.1$ (=near significant); * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$. Richting: Rode pijl die naar beneden wijst = significante ($p < 0.05$) afname. Groene pijl die naar beneden wijst = significante ($p < 0.05$) toename. Gele pijl die schuin naar beneden wijst = near-significante ($p < 0.1$) afname. Gele pijl die schuin omhoog wijst = near-significante ($p < 0.1$) toename.

Jaar	Habitatvoorkeur	Behandeling	Model	n	obs	Richting	Estimate (model)	Estimate (AD)	Standard Error	z-waarde	p-waarde	Significantie
2015	Akkers en open bodems	Controle	Poisson	5	25		-0.223	0.800	0.500	-0.446	0.6554	N.S.
2015	Akkers en open bodems	Soilfeed	Poisson	5	25		-0.693	0.400	0.866	-0.800	0.4235	N.S.
2015	Akkers en open bodems	Lavagruis	Poisson	5	25		-0.693	0.400	0.866	-0.800	0.4235	N.S.
2015	Akkers en open bodems	Biolit	Poisson	5	25		-0.693	0.400	0.866	-0.800	0.4235	N.S.
2015	Akkers en open bodems	Dolokal	Poisson	5	25		0.223	1.000	0.671	0.333	0.794	N.S.
2015	Bossen	Controle	Poisson	5	25		0.956	2.600	0.277	3.445	0.0006	***
2015	Bossen	Soilfeed	Poisson	5	25		0.000	2.600	0.392	0.000	1.0000	N.S.
2015	Bossen	Lavagruis	Poisson	5	25		-0.368	1.800	0.434	-0.848	0.3964	N.S.
2015	Bossen	Biolit	Poisson	5	25		0.208	3.200	0.373	0.556	0.5782	N.S.
2015	Bossen	Dolokal	Poisson	5	25		0.379	3.800	0.360	1.054	0.2917	N.S.
2015	Eurytoop	Controle	NegBin	5	25		3.442	31.260	0.160	21.512	0.0000	***
2015	Eurytoop	Soilfeed	NegBin	5	25		-0.211	25.323	0.182	-1.156	0.2476	N.S.
2015	Eurytoop	Lavagruis	NegBin	5	25		-0.197	25.681	0.182	-1.083	0.2788	N.S.
2015	Eurytoop	Biolit	NegBin	5	25		-0.241	24.566	0.183	-1.315	0.1885	N.S.
2015	Eurytoop	Dolokal	NegBin	5	25		-0.029	30.364	0.179	-0.163	0.8707	N.S.
2015	Heide	Controle	Poisson	5	25		2.450	11.592	0.175	14.020	0.0000	***
2015	Heide	Soilfeed	Poisson	5	25	↓	0.668	22.604	0.158	4.215	0.0000	***
2015	Heide	Lavagruis	Poisson	5	25	↓	0.360	16.615	0.168	2.145	0.0320	*
2015	Heide	Biolit	Poisson	5	25	↓	0.300	15.649	0.170	1.766	0.0775	.
2015	Heide	Dolokal	Poisson	5	25		0.223	14.490	0.173	1.291	0.1967	N.S.
2015	Overig	Controle	Poisson	5	25		-1.293	0.274	0.871	-1.485	0.1377	N.S.
2015	Overig	Soilfeed	Poisson	5	25		0.405	0.412	0.913	0.444	0.6569	N.S.
2015	Overig	Lavagruis	Poisson	5	25		0.000	0.274	1.000	0.000	1.0000	N.S.
2015	Overig	Biolit	Poisson	5	25		0.000	0.274	1.000	0.000	1.0000	N.S.
2015	Overig	Dolokal	Poisson	5	25		0.000	0.274	1.000	0.000	1.0000	N.S.
2016	Akkers en open bodems	Controle	Poisson	5	25		0.136	1.146	0.656	0.207	0.8357	N.S.
2016	Akkers en open bodems	Soilfeed	Poisson	5	25		0.095	1.260	0.432	0.221	0.8252	N.S.
2016	Akkers en open bodems	Lavagruis	Poisson	5	25		0.405	1.718	0.403	1.005	0.3147	N.S.
2016	Akkers en open bodems	Biolit	Poisson	5	25	↓	0.693	2.291	0.383	1.812	0.0700	.
2016	Akkers en open bodems	Dolokal	Poisson	5	25	↑	0.993	3.093	0.366	2.716	0.0066	**
2016	Bossen	Controle	NegBin	5	25		1.577	4.838	0.462	3.409	0.0007	***
2016	Bossen	Soilfeed	NegBin	5	25		0.190	5.848	0.400	0.474	0.6355	N.S.
2016	Bossen	Lavagruis	NegBin	5	25		-0.270	3.693	0.426	-0.635	0.5256	N.S.
2016	Bossen	Biolit	NegBin	5	25		-0.296	3.600	0.419	-0.705	0.4808	N.S.
2016	Bossen	Dolokal	NegBin	5	25		0.003	4.854	0.414	0.008	0.9939	N.S.
2016	Eurytoop	Controle	Poisson	5	25		3.226	25.171	0.166	19.503	0.0000	***
2016	Eurytoop	Soilfeed	Poisson	5	25		0.022	25.743	0.122	0.184	0.8542	N.S.
2016	Eurytoop	Lavagruis	Poisson	5	25		0.134	28.794	0.119	1.130	0.2584	N.S.
2016	Eurytoop	Biolit	Poisson	5	25		0.108	28.031	0.120	0.899	0.3688	N.S.
2016	Eurytoop	Dolokal	Poisson	5	25	↑	0.235	31.845	0.116	2.022	0.0431	*
2016	Heide	Controle	NegBin	5	25		2.690	14.737	0.259	10.372	0.0000	***
2016	Heide	Soilfeed	NegBin	5	25		-0.104	13.281	0.233	-0.447	0.6547	N.S.
2016	Heide	Lavagruis	NegBin	5	25		0.095	16.211	0.230	0.414	0.6787	N.S.
2016	Heide	Biolit	NegBin	5	25		-0.101	13.319	0.234	-0.432	0.6660	N.S.
2016	Heide	Dolokal	NegBin	5	25	↓	-0.494	8.992	0.248	-1.990	0.0465	*
2016	Overig	Controle	Poisson	5	25		-1.890	0.151	1.097	-1.723	0.0850	.
2016	Overig	Soilfeed	Poisson	5	25		0.693	0.302	1.225	0.566	0.5714	N.S.
2016	Overig	Lavagruis	Poisson	5	25		0.693	0.302	1.225	0.566	0.5714	N.S.
2016	Overig	Biolit	Poisson	5	25		0.000	0.151	1.414	0.000	0.9999	N.S.
2016	Overig	Dolokal	Poisson	5	25		1.386	0.604	1.118	1.240	0.2150	N.S.
2018	Akkers en open bodems	Controle	NegBin	5	25		-0.482	0.618	0.931	-0.518	0.6045	N.S.
2018	Akkers en open bodems	Soilfeed	NegBin	5	25	↑	1.614	3.102	0.703	2.298	0.0216	*
2018	Akkers en open bodems	Lavagruis	NegBin	5	25	↓	1.359	2.403	0.697	1.948	0.0514	.
2018	Akkers en open bodems	Biolit	NegBin	5	25	↑	1.887	4.076	0.684	2.758	0.0058	**
2018	Akkers en open bodems	Dolokal	NegBin	5	25	↑	1.424	2.566	0.696	2.039	0.0414	*
2018	Bossen	Controle	Poisson	5	25		0.832	2.798	0.319	2.606	0.0092	**
2018	Bossen	Soilfeed	Poisson	5	25		0.460	3.638	0.367	1.263	0.2103	N.S.
2018	Bossen	Lavagruis	Poisson	5	25		-0.539	1.340	0.473	-1.139	0.2546	N.S.
2018	Bossen	Biolit	Poisson	5	25		0.154	2.681	0.391	0.394	0.6936	N.S.
2018	Bossen	Dolokal	Poisson	5	25	↑	0.693	4.596	0.352	1.971	0.0487	*
2018	Eurytoop	Controle	NegBin	5	25		3.261	26.069	0.278	11.732	0.0000	***
2018	Eurytoop	Soilfeed	NegBin	5	25		-0.185	21.670	0.251	-0.737	0.4609	N.S.
2018	Eurytoop	Lavagruis	NegBin	5	25		-0.005	25.942	0.248	-0.020	0.9842	N.S.
2018	Eurytoop	Biolit	NegBin	5	25		0.102	28.868	0.250	0.408	0.6831	N.S.
2018	Eurytoop	Dolokal	NegBin	5	25		0.124	29.524	0.246	0.505	0.6134	N.S.
2018	Heide	Controle	NegBin	5	25		3.118	22.599	0.401	7.784	0.0000	***
2018	Heide	Soilfeed	NegBin	5	25		0.178	27.012	0.204	0.873	0.3827	N.S.
2018	Heide	Lavagruis	NegBin	5	25		-0.131	19.816	0.210	-0.627	0.5307	N.S.
2018	Heide	Biolit	NegBin	5	25		-0.047	21.559	0.209	-0.225	0.8219	N.S.
2018	Heide	Dolokal	NegBin	5	25	↓	-0.547	13.079	0.222	-2.462	0.0138	*
2018	Overig	Controle	NegBin	5	25		0.000	1.000	0.534	0.000	1.0000	N.S.
2018	Overig	Soilfeed	NegBin	5	25		0.470	1.600	0.703	0.668	0.5038	N.S.
2018	Overig	Lavagruis	NegBin	5	25		0.000	1.000	0.755	0.000	1.0000	N.S.
2018	Overig	Biolit	NegBin	5	25		-0.223	0.800	0.787	-0.284	0.7768	N.S.
2018	Overig	Dolokal	NegBin	5	25		0.875	2.400	0.673	1.301	0.1932	N.S.

Tabel 10.144 (vervolg)

Jaar	Habitatvoorkeur	Behandeling	Model	n	obs	Richting	Estimate (model)	Estimate (AD)	Standard Error	z-waarde	p-waarde	Significantie
2019	Akkers en open bodems	Controle	Poisson	5	25		-1.325	0.266	0.863	-1.535	0.1249	N.S.
2019	Akkers en open bodems	Soilfeed	Poisson	5	25		0.405	0.399	0.894	0.453	0.6503	N.S.
2019	Akkers en open bodems	Lavagruis	Poisson	5	25	↑	1.504	1.196	0.766	1.964	0.0496	*
2019	Akkers en open bodems	Biolit	Poisson	5	25	↑	2.603	3.589	0.718	3.625	0.0003	***
2019	Akkers en open bodems	Dolokal	Poisson	5	25		0.000	0.266	0.960	0.000	1.0000	N.S.
2019	Bossen	Controle	Poisson	5	25		-0.043	0.958	0.476	-0.090	0.9283	N.S.
2019	Bossen	Soilfeed	Poisson	5	25		-0.223	0.766	0.668	-0.334	0.7383	N.S.
2019	Bossen	Lavagruis	Poisson	5	25		-0.223	0.766	0.668	-0.334	0.7383	N.S.
2019	Bossen	Biolit	Poisson	5	25		-0.223	0.766	0.668	-0.334	0.7383	N.S.
2019	Bossen	Dolokal	Poisson	5	25		0.000	0.958	0.630	0.000	1.0000	N.S.
2019	Eurytoop	Controle	NegBin	5	25		2.010	7.464	0.284	7.073	0.0000	***
2019	Eurytoop	Soilfeed	NegBin	5	25		0.168	8.832	0.335	0.502	0.6159	N.S.
2019	Eurytoop	Lavagruis	NegBin	5	25		-0.017	7.341	0.341	-0.048	0.9613	N.S.
2019	Eurytoop	Biolit	NegBin	5	25	↑	0.878	17.965	0.322	2.724	0.0064	**
2019	Eurytoop	Dolokal	NegBin	5	25	↑	0.643	14.200	0.322	1.995	0.0460	*
2019	Heide	Controle	NegBin	5	25		3.029	20.680	0.358	8.472	0.0000	***
2019	Heide	Soilfeed	NegBin	5	25		0.295	27.779	0.223	1.326	0.1847	N.S.
2019	Heide	Lavagruis	NegBin	5	25		-0.109	18.552	0.229	-0.473	0.6362	N.S.
2019	Heide	Biolit	NegBin	5	25		-0.264	15.880	0.231	-1.143	0.2531	N.S.
2019	Heide	Dolokal	NegBin	5	25		-0.204	16.867	0.233	-0.873	0.3825	N.S.
2019	Overig	Controle	Poisson	5	25		-0.618	0.539	0.586	-1.054	0.2919	N.S.
2019	Overig	Soilfeed	Poisson	5	25		0.511	0.898	0.684	0.747	0.4553	N.S.
2019	Overig	Lavagruis	Poisson	5	25		0.980	1.437	0.630	1.557	0.1195	N.S.
2019	Overig	Biolit	Poisson	5	25		0.511	0.898	0.685	0.745	0.4563	N.S.
2019	Overig	Dolokal	Poisson	5	25		0.511	0.898	0.683	0.747	0.4548	N.S.
2024	Akkers en open bodems	Controle	NegBin	3	15		2.793	16.326	0.503	5.555	0.0000	***
2024	Akkers en open bodems	Soilfeed	NegBin	3	15	↔	-0.887	6.724	0.460	-1.929	0.0537	.
2024	Akkers en open bodems	Lavagruis	NegBin	3	15		0.491	26.670	0.434	1.131	0.2582	N.S.
2024	Akkers en open bodems	Biolit	NegBin	3	15		0.625	30.499	0.426	1.467	0.1424	N.S.
2024	Akkers en open bodems	Dolokal	NegBin	3	15		0.519	27.423	0.442	1.174	0.2405	N.S.
2024	Bossen	Controle	Poisson	3	15		2.053	7.788	0.244	8.401	0.0000	***
2024	Bossen	Soilfeed	Poisson	3	15		0.041	8.113	0.285	0.143	0.8860	N.S.
2024	Bossen	Lavagruis	Poisson	3	15		0.154	9.086	0.277	0.556	0.5784	N.S.
2024	Bossen	Biolit	Poisson	3	15		0.000	7.788	0.288	0.000	1.0000	N.S.
2024	Bossen	Dolokal	Poisson	3	15		-0.182	6.490	0.302	-0.604	0.5459	N.S.
2024	Eurytoop	Controle	NegBin	3	15		2.828	16.916	0.228	12.427	0.0000	***
2024	Eurytoop	Soilfeed	NegBin	3	15		-0.312	12.387	0.267	-1.166	0.2435	N.S.
2024	Eurytoop	Lavagruis	NegBin	3	15		0.202	20.696	0.246	0.821	0.4115	N.S.
2024	Eurytoop	Biolit	NegBin	3	15		-0.154	14.506	0.260	-0.590	0.5550	N.S.
2024	Eurytoop	Dolokal	NegBin	3	15		-0.009	16.772	0.253	-0.034	0.9732	N.S.
2024	Heide	Controle	NegBin	3	15		2.261	9.593	0.279	8.116	0.0000	***
2024	Heide	Soilfeed	NegBin	3	15		0.022	9.808	0.344	0.064	0.9486	N.S.
2024	Heide	Lavagruis	NegBin	3	15		-0.027	9.339	0.346	-0.077	0.9382	N.S.
2024	Heide	Biolit	NegBin	3	15		-0.306	7.065	0.362	-0.844	0.3987	N.S.
2024	Heide	Dolokal	NegBin	3	15		-0.112	8.573	0.351	-0.321	0.7484	N.S.
2024	Overig	Controle	Poisson	3	15		-0.326	0.722	0.668	-0.375	0.7075	N.S.
2024	Overig	Soilfeed	Poisson	3	15		-1.386	0.180	1.125	-1.233	0.2177	N.S.
2024	Overig	Lavagruis	Poisson	3	15		-18.828	0.000	6165.780	-0.003	0.9976	N.S.
2024	Overig	Biolit	Poisson	3	15		-1.386	0.180	1.125	-1.233	0.2177	N.S.
2024	Overig	Dolokal	Poisson	3	15	↑	1.179	2.346	0.575	2.049	0.0404	*

Tabel 10.15 GLMM model resultaten van aantal soorten loopkevers verdeeld naar vliegvermogen, per bemonsteringsjaar (2015, 2016, 2018, 2019 en 2024). Estimate (model): de model berekening. Estimate (SR): terugberekende waarde ($e^{(estimate\ controle + estimate\ behandeling)}$), correspondeert met het gemiddelde van die behandeling. Significantie: significantie niveaus: N.S.: $p > 0.1$ (niet significant verschillend) ; $p < 0.1$ (=near significant); * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$. Richting: Rode pijl die naar beneden wijst = significante ($p < 0.05$) afname. Groene pijl die naar beneden wijst = significante ($p < 0.05$) toename. Gele pijl die schuin naar beneden wijst = near-significante ($p < 0.1$) afname. Gele pijl die schuin omhoog wijst = near-significante ($p < 0.1$) toename.

Jaar	Vliegvermogen	Behandeling	Model	n	obs	Richting	Estimate (model)	Estimate (SR)	Standard Error	z-waarde	p-waarde	Significantie
2015	Ja	Controle	Poisson	5	25		1.609	5.000	0.200	8.047	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	5	25		0.039	5.200	0.280	0.140	0.8886	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		0.000	5.000	0.283	0.000	1.0000	N.S.
		Biolit	Poisson	5	25		-0.083	4.600	0.289	-0.289	0.7729	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		0.039	5.200	0.280	0.140	0.8886	N.S.
2015	Nee	Controle	Poisson	5	25		1.044	2.840	0.299	3.487	0.0005	***
		Soilfeed	Poisson	5	25		0.182	3.409	0.347	0.525	0.5998	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		0.065	3.030	0.357	0.181	0.8566	N.S.
		Biolit	Poisson	5	25		0.000	2.840	0.363	0.000	1.0000	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		0.182	3.409	0.347	0.525	0.5998	N.S.
2015	Onbekend	Controle	Poisson	5	25		1.281	3.600	0.236	5.435	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	5	25		0.154	4.200	0.321	0.480	0.6313	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		0.054	3.800	0.329	0.164	0.8694	N.S.
		Biolit	Poisson	5	25		0.054	3.800	0.329	0.164	0.8694	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		0.054	3.800	0.329	0.164	0.8694	N.S.
2016	Ja	Controle	Poisson	5	25		1.744	5.722	0.200	8.710	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	5	25		0.067	6.116	0.258	0.259	0.7960	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		-0.071	5.327	0.267	-0.268	0.7890	N.S.
		Biolit	Poisson	5	25		-0.035	5.524	0.265	-0.133	0.8944	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		0.188	6.905	0.251	0.750	0.4532	N.S.
2016	Nee	Controle	Poisson	5	25		1.022	2.778	0.274	3.727	0.0002	***
		Soilfeed	Poisson	5	25		0.000	2.778	0.378	0.000	1.0000	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		0.134	3.175	0.366	0.365	0.7151	N.S.
		Biolit	Poisson	5	25		0.000	2.778	0.378	0.000	1.0000	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		-0.074	2.580	0.385	-0.193	0.8473	N.S.
2016	Onbekend	Controle	Poisson	5	25		1.281	3.600	0.236	5.435	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	5	25		-0.057	3.400	0.338	-0.169	0.8658	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		0.154	4.200	0.321	0.480	0.6313	N.S.
		Biolit	Poisson	5	25		0.000	3.600	0.333	0.000	1.0000	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		0.105	4.000	0.325	0.324	0.7457	N.S.
2018	Ja	Controle	Poisson	5	25		1.890	6.618	0.229	8.241	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	5	25		0.206	8.131	0.227	0.908	0.3640	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		0.273	8.698	0.223	1.223	0.2212	N.S.
		Biolit	Poisson	5	25		0.273	8.698	0.223	1.223	0.2212	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		0.251	8.509	0.224	1.119	0.2629	N.S.
2018	Nee	Controle	Poisson	5	25		1.083	2.953	0.272	3.983	0.0001	***
		Soilfeed	Poisson	5	25		-0.310	2.165	0.396	-0.783	0.4339	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		-0.069	2.756	0.371	-0.186	0.8525	N.S.
		Biolit	Poisson	5	25		-0.143	2.559	0.378	-0.378	0.7052	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		-0.143	2.559	0.378	-0.378	0.7053	N.S.
2018	Onbekend	Controle	Poisson	5	25		1.386	4.000	0.224	6.200	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	5	25		0.000	4.000	0.316	0.000	1.0000	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		-0.223	3.200	0.335	-0.665	0.5059	N.S.
		Biolit	Poisson	5	25		0.000	4.000	0.316	0.000	1.0000	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		0.049	4.200	0.312	0.156	0.8759	N.S.
2019	Ja	Controle	Poisson	5	25		1.686	5.400	0.192	8.763	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	5	25		0.288	7.200	0.255	1.130	0.2585	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		0.170	6.400	0.261	0.650	0.5156	N.S.
		Biolit	Poisson	5	25		0.288	7.200	0.255	1.130	0.2585	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		0.201	6.600	0.259	0.773	0.4393	N.S.
2019	Nee	Controle	Poisson	5	25		0.736	2.087	0.338	2.177	0.0295	*
		Soilfeed	Poisson	5	25		0.000	2.087	0.424	0.000	1.0000	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		-0.788	0.949	0.536	-1.471	0.1413	N.S.
		Biolit	Poisson	5	25		-0.318	1.518	0.462	-0.690	0.4904	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		-0.452	1.328	0.480	-0.941	0.3468	N.S.
2019	Onbekend	Controle	Poisson	5	25		0.775	2.170	0.312	2.480	0.0131	*
		Soilfeed	Poisson	5	25		-0.095	1.973	0.436	-0.218	0.8271	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		0.000	2.170	0.426	0.000	1.0000	N.S.
		Biolit	Poisson	5	25		0.167	2.564	0.409	0.408	0.6831	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		0.167	2.564	0.409	0.408	0.6831	N.S.
2024	Ja	Controle	Poisson	3	15		2.259	9.573	0.203	11.131	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	3	15		-0.189	7.922	0.276	-0.687	0.4923	N.S.
		Lavagruis	Poisson	3	15		0.216	11.883	0.249	0.867	0.3857	N.S.
		Biolit	Poisson	3	15		-0.109	8.582	0.270	-0.405	0.6856	N.S.
		Dolokal	Poisson	3	15		-0.071	8.913	0.267	-0.268	0.7890	N.S.
2024	Nee	Controle	Poisson	3	15		0.511	1.667	0.447	1.142	0.2534	N.S.
		Soilfeed	Poisson	3	15		0.182	2.000	0.606	0.301	0.7633	N.S.
		Lavagruis	Poisson	3	15		0.000	1.667	0.632	0.000	1.0000	N.S.
		Biolit	Poisson	3	15		0.336	2.333	0.586	0.575	0.5655	N.S.
		Dolokal	Poisson	3	15		0.182	2.000	0.606	0.301	0.7633	N.S.
2024	Onbekend	Controle	Poisson	3	15		1.295	3.650	0.308	4.201	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	3	15		-0.452	2.323	0.483	-0.935	0.3498	N.S.
		Lavagruis	Poisson	3	15		-0.606	1.991	0.507	-1.195	0.2323	N.S.
		Biolit	Poisson	3	15		-0.201	2.986	0.449	-0.447	0.6552	N.S.
		Dolokal	Poisson	3	15		-0.095	3.318	0.437	-0.218	0.8273	N.S.

Tabel 10.16 GLMM model resultaten van de activiteitsdichtheid van loopkevers verdeeld naar vliegvermogen, per bemonsteringsjaar (2015, 2016, 2018, 2019 en 2024). Estimate (model): de model berekening. Estimate (AD): terugberekende waarde ($e^{(estimate\ controle + estimate\ behandeling)}$), correspondeert met het gemiddelde van die behandeling. Significantie: significantie niveaus: N.S.: $p > 0.1$ (niet significant verschillend) ; $p < 0.1$ (=near significant); *: $p < 0.05$; **: $p < 0.01$; ***: $p < 0.001$. Richting: Rode pijl die naar beneden wijst = significante ($p < 0.05$) afname. Groene pijl die naar beneden wijst = significante ($p < 0.05$) toename. Gele pijl die schuin naar beneden wijst = near-significante ($p < 0.1$) afname. Gele pijl die schuin omhoog wijst = near-significante ($p < 0.1$) toename.

Jaar	Vliegvermogen	Behandeling	Model	n	obs	Richting	Estimate (model)	Estimate (AD)	Standard Error	z-waarde	p-waarde	Significantie
2015	Ja	Controle	NegBin	5	25		2.509	12.295	0.175	14.368	0.0000	***
		Soilfeed	NegBin	5	25		0.194	14.933	0.208	0.934	0.3502	N.S.
		Lavagruis	NegBin	5	25		0.092	13.478	0.211	0.435	0.6638	N.S.
		Biolit	NegBin	5	25		-0.252	9.555	0.225	-1.121	0.2624	N.S.
		Dolokal	NegBin	5	25		0.251	15.808	0.206	1.219	0.2227	N.S.
2015	Nee	Controle	Poisson	5	25		2.390	10.915	0.368	6.494	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	5	25		0.000	10.915	0.165	0.000	1.0000	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		-0.180	9.121	0.173	-1.039	0.2988	N.S.
		Biolit	Poisson	5	25	↓	-0.484	6.729	0.189	-2.562	0.0104	*
		Dolokal	Poisson	5	25		-0.265	8.373	0.177	-1.498	0.1342	N.S.
2015	Onbekend	Controle	NegBin	5	25		3.008	20.254	0.181	16.625	0.0000	***
		Soilfeed	NegBin	5	25		0.112	22.656	0.226	0.496	0.6201	N.S.
		Lavagruis	NegBin	5	25		-0.017	19.921	0.228	-0.073	0.9419	N.S.
		Biolit	NegBin	5	25		0.246	25.899	0.223	1.102	0.2703	N.S.
		Dolokal	NegBin	5	25		0.159	23.739	0.225	0.704	0.4812	N.S.
2016	Ja	Controle	NegBin	5	25		2.788	16.257	0.278	10.032	0.0000	***
		Soilfeed	NegBin	5	25		-0.059	15.324	0.260	-0.228	0.8199	N.S.
		Lavagruis	NegBin	5	25		0.068	17.402	0.258	0.264	0.7917	N.S.
		Biolit	NegBin	5	25		-0.065	15.231	0.262	-0.249	0.8034	N.S.
		Dolokal	NegBin	5	25		0.330	22.603	0.253	1.301	0.1933	N.S.
2016	Nee	Controle	NegBin	5	25		2.596	13.412	0.216	12.004	0.0000	***
		Soilfeed	NegBin	5	25		0.224	16.776	0.265	0.845	0.3983	N.S.
		Lavagruis	NegBin	5	25		0.027	13.777	0.271	0.099	0.9210	N.S.
		Biolit	NegBin	5	25		0.023	13.718	0.271	0.083	0.9336	N.S.
		Dolokal	NegBin	5	25		-0.291	10.025	0.280	-1.038	0.2993	N.S.
2016	Onbekend	Controle	Poisson	5	25		2.989	19.870	0.156	19.164	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	5	25		-0.102	17.941	0.143	-0.715	0.4744	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		0.038	20.641	0.138	0.277	0.7821	N.S.
		Biolit	Poisson	5	25		0.066	21.220	0.137	0.481	0.6309	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		-0.081	18.326	0.142	-0.569	0.5691	N.S.
2018	Ja	Controle	NegBin	5	25		3.249	25.770	0.405	8.023	0.0000	***
		Soilfeed	NegBin	5	25		0.293	34.534	0.255	1.147	0.2513	N.S.
		Lavagruis	NegBin	5	25		0.095	28.326	0.258	0.367	0.7136	N.S.
		Biolit	NegBin	5	25		0.081	27.943	0.260	0.312	0.7552	N.S.
		Dolokal	NegBin	5	25		0.020	26.278	0.260	0.075	0.9402	N.S.
2018	Nee	Controle	Poisson	5	25		1.758	5.800	0.186	9.466	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	5	25		-0.035	5.600	0.265	-0.132	0.8946	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		-0.232	4.600	0.279	-0.830	0.4064	N.S.
		Biolit	Poisson	5	25		0.000	5.800	0.283	0.000	1.0000	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		0.129	6.600	0.255	0.508	0.6117	N.S.
2018	Onbekend	Controle	NegBin	5	25		3.023	20.562	0.343	8.810	0.0000	***
		Soilfeed	NegBin	5	25		-0.142	17.835	0.242	-0.589	0.5562	N.S.
		Lavagruis	NegBin	5	25		-0.152	17.669	0.244	-0.621	0.5346	N.S.
		Biolit	NegBin	5	25		0.156	24.044	0.241	0.649	0.5163	N.S.
		Dolokal	NegBin	5	25		-0.012	20.307	0.241	-0.052	0.9588	N.S.
2019	Ja	Controle	NegBin	5	25		3.135	22.992	0.335	9.352	0.0000	***
		Soilfeed	NegBin	5	25		0.344	32.429	0.233	1.478	0.1395	N.S.
		Lavagruis	NegBin	5	25		0.076	24.805	0.237	0.321	0.7483	N.S.
		Biolit	NegBin	5	25		0.339	32.262	0.234	1.450	0.1470	N.S.
		Dolokal	NegBin	5	25		0.083	24.972	0.238	0.348	0.7281	N.S.
2019	Nee	Controle	Poisson	5	25		0.889	2.432	0.325	2.737	0.0062	**
		Soilfeed	Poisson	5	25		0.074	2.619	0.382	0.194	0.8462	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		-0.619	1.309	0.465	-1.331	0.1833	N.S.
		Biolit	Poisson	5	25		-0.262	1.871	0.417	-0.629	0.5297	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		-0.368	1.684	0.430	-0.855	0.3928	N.S.
2019	Onbekend	Controle	NegBin	5	25		1.512	4.534	0.391	3.870	0.0001	***
		Soilfeed	NegBin	5	25		-0.193	3.739	0.375	-0.514	0.6072	N.S.
		Lavagruis	NegBin	5	25		-0.181	3.785	0.377	-0.479	0.6318	N.S.
		Biolit	NegBin	5	25		0.118	5.101	0.358	0.330	0.7417	N.S.
		Dolokal	NegBin	5	25		0.246	5.799	0.349	0.706	0.4804	N.S.
2024	Ja	Controle	NegBin	3	15		3.555	34.994	0.299	11.902	0.0000	***
		Soilfeed	NegBin	3	15		-0.293	26.102	0.350	-0.837	0.4027	N.S.
		Lavagruis	NegBin	3	15		0.410	52.732	0.340	1.206	0.2277	N.S.
		Biolit	NegBin	3	15		0.256	45.208	0.338	0.757	0.4491	N.S.
		Dolokal	NegBin	3	15		0.256	45.216	0.346	0.741	0.4590	N.S.
2024	Nee	Controle	Poisson	3	15		2.352	10.509	0.204	11.543	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	3	15		-0.134	9.196	0.258	-0.517	0.6052	N.S.
		Lavagruis	Poisson	3	15		0.000	10.509	0.250	0.000	1.0000	N.S.
		Biolit	Poisson	3	15		-0.098	9.524	0.256	-0.385	0.7006	N.S.
		Dolokal	Poisson	3	15		-0.134	9.196	0.258	-0.517	0.6053	N.S.
2024	Onbekend	Controle	NegBin	3	15		2.134	8.448	0.401	5.327	0.0000	***
		Soilfeed	NegBin	3	15		-0.730	4.070	0.469	-1.557	0.1195	N.S.
		Lavagruis	NegBin	3	15		-0.755	3.971	0.468	-1.612	0.1070	N.S.
		Biolit	NegBin	3	15		0.078	9.130	0.436	0.178	0.8585	N.S.
		Dolokal	NegBin	3	15		0.155	9.859	0.417	0.371	0.7108	N.S.

Tabel 10.17 GLMM model resultaten van aantal soorten loopkevers verdeeld naar grootteklasse, per bemonsteringsjaar (2015, 2016, 2018, 2019 en 2024). Estimate (model): de model berekening. Estimate (SR): terugberekende waarde ($e^{(estimate\ controle + estimate\ behandeling)}$), correspondeert met het gemiddelde van die behandeling. Significantie: significantie niveaus: N.S.: $p > 0.1$ (niet significant verschillend) ; $p < 0.1$ (=near significant); * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$. Richting: Rode pijl die naar beneden wijst = significante ($p < 0.05$) afname. Groene pijl die naar beneden wijst = significante ($p < 0.05$) toename. Gele pijl die schuin naar beneden wijst = near-significante ($p < 0.1$) afname. Gele pijl die schuin omhoog wijst = near-significante ($p < 0.1$) toename.

Jaar	Grootte	Behandeling	Model	n	obs	Richting	Estimate (model)	Estimate (SR)	Standard Error	z-waarde	p-waarde	Significantie
2015	klein	Controle	Poisson	5	25		0.740	2.096	0.333	2.220	0.0264	**
		Soilfeed	Poisson	5	25		0.435	3.239	0.385	1.131	0.2579	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		0.310	2.858	0.395	0.786	0.4320	N.S.
		Biolit	Poisson	5	25		0.241	2.667	0.401	0.602	0.5472	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		0.087	2.286	0.415	0.210	0.8340	N.S.
2015	middel	Controle	Poisson	5	25		1.946	7.000	0.169	11.512	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	5	25		0.000	7.000	0.239	0.000	1.0000	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		-0.090	6.400	0.245	-0.366	0.7141	N.S.
		Biolit	Poisson	5	25		-0.188	5.800	0.251	-0.749	0.4539	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		0.056	7.400	0.236	0.236	0.8137	N.S.
2015	groot	Controle	Poisson	5	25		0.875	2.400	0.289	3.033	0.0024	**
		Soilfeed	Poisson	5	25		0.080	2.600	0.400	0.200	0.8415	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		0.080	2.600	0.400	0.200	0.8415	N.S.
		Biolit	Poisson	5	25		0.154	2.800	0.393	0.392	0.6952	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		0.154	2.800	0.393	0.392	0.6952	N.S.
2016	klein	Controle	Poisson	5	25		0.904	2.470	0.314	2.881	0.0040	**
		Soilfeed	Poisson	5	25		0.000	2.470	0.390	0.000	1.0000	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		0.074	2.660	0.383	0.194	0.8465	N.S.
		Biolit	Poisson	5	25		0.325	3.420	0.362	0.899	0.3684	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		0.379	3.610	0.358	1.061	0.2889	N.S.
2016	middel	Controle	Poisson	5	25		2.001	7.400	0.164	12.175	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	5	25		0.027	7.600	0.231	0.115	0.9081	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		0.000	7.400	0.232	0.000	1.0000	N.S.
		Biolit	Poisson	5	25		-0.145	6.400	0.241	-0.601	0.5476	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		0.027	7.600	0.231	0.115	0.9081	N.S.
2016	groot	Controle	Poisson	5	25		0.788	2.200	0.302	2.615	0.0089	**
		Soilfeed	Poisson	5	25		0.000	2.200	0.426	0.000	1.0000	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		0.167	2.600	0.410	0.408	0.6834	N.S.
		Biolit	Poisson	5	25		-0.095	2.000	0.437	-0.218	0.8273	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		0.000	2.200	0.426	0.000	1.0000	N.S.
2018	klein	Controle	Poisson	5	25		0.865	2.376	0.296	2.922	0.0035	**
		Soilfeed	Poisson	5	25		0.606	4.356	0.359	1.691	0.0909	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		0.511	3.960	0.365	1.400	0.1614	N.S.
		Biolit	Poisson	5	25		0.348	3.366	0.377	0.925	0.3551	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		0.693	4.752	0.353	1.963	0.0497	*
2018	middel	Controle	Poisson	5	25		2.169	8.746	0.184	11.783	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	5	25		-0.118	7.774	0.217	-0.544	0.5867	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		-0.045	8.357	0.213	-0.214	0.8307	N.S.
		Biolit	Poisson	5	25		0.105	9.718	0.205	0.514	0.6071	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		-0.069	8.163	0.214	-0.323	0.7471	N.S.
2018	groot	Controle	Poisson	5	25		0.956	2.600	0.277	3.445	0.0006	***
		Soilfeed	Poisson	5	25		-0.080	2.400	0.400	-0.200	0.8415	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		0.000	2.600	0.392	0.000	1.0000	N.S.
		Biolit	Poisson	5	25		-0.080	2.400	0.400	-0.200	0.8415	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		0.000	2.600	0.392	0.000	1.0000	N.S.
2019	klein	Controle	Poisson	5	25		0.661	1.938	0.338	1.956	0.0505	N.S.
		Soilfeed	Poisson	5	25		0.405	2.906	0.407	0.997	0.3187	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		0.000	1.938	0.445	0.000	1.0000	N.S.
		Biolit	Poisson	5	25		0.000	1.938	0.445	0.000	1.0000	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		0.000	1.938	0.445	0.000	1.0000	N.S.
2019	middel	Controle	Poisson	5	25		1.722	5.594	0.190	9.042	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	5	25		0.102	6.193	0.261	0.390	0.6962	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		0.102	6.193	0.261	0.390	0.6962	N.S.
		Biolit	Poisson	5	25		0.305	7.592	0.249	1.226	0.2201	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		0.194	6.793	0.255	0.761	0.4468	N.S.
2019	groot	Controle	Poisson	5	25		0.788	2.200	0.302	2.615	0.0089	**
		Soilfeed	Poisson	5	25		0.000	2.200	0.426	0.000	1.0000	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		-0.452	1.400	0.483	-0.935	0.3499	N.S.
		Biolit	Poisson	5	25		-0.201	1.800	0.449	-0.446	0.6553	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25		-0.201	1.800	0.449	-0.446	0.6553	N.S.
2024	klein	Controle	Poisson	3	15		1.466	4.333	0.277	5.287	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	3	15		-0.262	3.333	0.421	-0.624	0.5328	N.S.
		Lavagruis	Poisson	3	15		-0.080	4.000	0.400	-0.200	0.8415	N.S.
		Biolit	Poisson	3	15		-0.619	2.333	0.469	-1.320	0.1867	N.S.
		Dolokal	Poisson	3	15		-0.368	3.000	0.434	-0.848	0.3964	N.S.
2024	middel	Controle	Poisson	3	15		2.142	8.516	0.225	9.510	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	3	15		-0.262	6.551	0.297	-0.884	0.3767	N.S.
		Lavagruis	Poisson	3	15		0.109	9.498	0.270	0.405	0.6853	N.S.
		Biolit	Poisson	3	15		0.143	9.826	0.267	0.535	0.5925	N.S.
		Dolokal	Poisson	3	15		0.109	9.498	0.270	0.405	0.6853	N.S.
2024	groot	Controle	Poisson	3	15		0.693	2.000	0.408	1.698	0.0995	N.S.
		Soilfeed	Poisson	3	15		0.154	2.333	0.556	0.277	0.7817	N.S.
		Lavagruis	Poisson	3	15		0.000	2.000	0.577	0.000	1.0000	N.S.
		Biolit	Poisson	3	15		-0.182	1.667	0.606	-0.301	0.7633	N.S.
		Dolokal	Poisson	3	15		-0.182	1.667	0.606	-0.301	0.7633	N.S.

Tabel 10.18 GLMM model resultaten van de activiteitsdichtheid van loopkevers verdeeld naar grootteklasse, per bemonsteringsjaar (2015, 2016, 2018, 2019 en 2024). Estimate (model): de model berekening. Estimate (AD): terugberekende waarde ($e^{(estimate\ controle + estimate\ behandeling)}$), correspondeert met het gemiddelde van die behandeling. Significantie: significantie niveaus: N.S: $p > 0.1$ (niet significant verschillend) ; $p < 0.1$ (=near significant); * $p < 0.05$; ** $p < 0.01$; *** $p < 0.001$. Richting: Rode pijl die naar beneden wijst = significante ($p < 0.05$) afname. Groene pijl die naar beneden wijst = significante ($p < 0.05$) toename. Gele pijl die schuin naar beneden wijst = near-significante ($p < 0.1$) afname. Gele pijl die schuin omhoog wijst = near-significante ($p < 0.1$) toename.

Jaar	Grootte	Behandeling	Model	n	obs	Richting	Estimate (model)	Estimate (AD)	Standard Error	z-waarde	p-waarde	Significantie
2015	klein	Controle	NegBin	5	25		2.344	10.423	0.286	8.207	0.0000	***
		Soilfeed	NegBin	5	25		-0.155	8.923	0.342	-0.455	0.6492	N.S.
		Lavagruis	NegBin	5	25		0.141	12.005	0.334	0.423	0.6724	N.S.
		Biolit	NegBin	5	25		0.012	10.547	0.336	0.035	0.9720	N.S.
		Dolokal	NegBin	5	25		-0.165	8.835	0.340	-0.486	0.6270	N.S.
2015	middel	Controle	Poisson	5	25		3.241	25.560	0.188	17.218	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	5	25		-0.068	23.868	0.123	-0.556	0.5783	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25		-0.212	20.673	0.128	-1.658	0.0974	*
		Biolit	Poisson	5	25		-0.268	19.546	0.130	-2.063	0.0391	*
		Dolokal	Poisson	5	25		0.000	25.560	0.121	0.000	1.0000	N.S.
2015	groot	Controle	Poisson	5	25		2.207	9.092	0.186	11.848	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	5	25	↑	0.672	17.797	0.179	3.755	0.0002	***
		Lavagruis	Poisson	5	25		0.244	11.606	0.194	1.257	0.2089	N.S.
		Biolit	Poisson	5	25		0.244	11.607	0.194	1.257	0.2088	N.S.
		Dolokal	Poisson	5	25	↑	0.454	14.314	0.186	2.440	0.0147	*
2016	klein	Controle	Poisson	5	25		2.215	9.165	0.236	9.392	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	5	25		0.077	9.898	0.196	0.393	0.6941	N.S.
		Lavagruis	Poisson	5	25	↑	0.507	15.213	0.178	2.839	0.0045	**
		Biolit	Poisson	5	25	↑	0.519	15.396	0.178	2.913	0.0036	**
		Dolokal	Poisson	5	25	↑	0.482	14.847	0.179	2.690	0.0071	**
2016	middel	Controle	NegBin	5	25		3.319	27.634	0.190	17.514	0.0000	***
		Soilfeed	NegBin	5	25		-0.199	22.657	0.189	-1.050	0.2937	N.S.
		Lavagruis	NegBin	5	25		-0.169	23.346	0.189	-0.891	0.3732	N.S.
		Biolit	NegBin	5	25		-0.229	21.986	0.191	-1.198	0.2308	N.S.
		Dolokal	NegBin	5	25		0.014	28.026	0.186	0.076	0.9395	N.S.
2016	groot	Controle	NegBin	5	25		2.492	12.083	0.183	13.641	0.0000	***
		Soilfeed	NegBin	5	25		0.351	17.160	0.235	1.492	0.1357	N.S.
		Lavagruis	NegBin	5	25		0.178	14.438	0.240	0.742	0.4581	N.S.
		Biolit	NegBin	5	25		0.125	13.696	0.241	0.519	0.6040	N.S.
		Dolokal	NegBin	5	25		-0.179	10.105	0.252	-0.710	0.4779	N.S.
2018	klein	Controle	NegBin	5	25		2.185	8.887	0.407	5.368	0.0000	***
		Soilfeed	NegBin	5	25		0.546	15.344	0.293	1.863	0.0625	*
		Lavagruis	NegBin	5	25		0.508	14.765	0.299	1.696	0.0899	*
		Biolit	NegBin	5	25		0.230	11.181	0.309	0.744	0.4571	N.S.
		Dolokal	NegBin	5	25		0.452	13.964	0.298	1.516	0.1296	N.S.
2018	middel	Controle	NegBin	5	25		3.406	30.147	0.284	12.012	0.0000	***
		Soilfeed	NegBin	5	25		-0.405	20.105	0.243	-1.667	0.0955	*
		Lavagruis	NegBin	5	25		-0.175	25.311	0.239	-0.730	0.4652	N.S.
		Biolit	NegBin	5	25		0.178	36.014	0.237	0.749	0.4536	N.S.
		Dolokal	NegBin	5	25		-0.096	27.395	0.238	-0.402	0.6874	N.S.
2018	groot	Controle	NegBin	5	25		2.642	14.038	0.382	6.911	0.0000	***
		Soilfeed	NegBin	5	25		0.473	22.525	0.217	2.182	0.0291	*
		Lavagruis	NegBin	5	25		-0.114	12.521	0.231	-0.494	0.6211	N.S.
		Biolit	NegBin	5	25		-0.001	14.025	0.229	-0.004	0.9967	N.S.
		Dolokal	NegBin	5	25		-0.235	11.094	0.237	-0.993	0.3207	N.S.
2019	klein	Controle	NegBin	5	25		0.860	2.362	0.555	1.550	0.1212	N.S.
		Soilfeed	NegBin	5	25		0.373	3.431	0.451	0.827	0.4083	N.S.
		Lavagruis	NegBin	5	25		0.484	3.832	0.434	1.114	0.2652	N.S.
		Biolit	NegBin	5	25	↑	1.279	8.486	0.412	3.104	0.0019	**
		Dolokal	NegBin	5	25	↑	0.785	5.180	0.423	1.857	0.0633	*
2019	middel	Controle	NegBin	5	25		2.293	9.904	0.252	9.082	0.0000	***
		Soilfeed	NegBin	5	25		0.221	12.357	0.297	0.744	0.4570	N.S.
		Lavagruis	NegBin	5	25		-0.083	9.115	0.308	-0.270	0.7875	N.S.
		Biolit	NegBin	5	25		0.510	16.497	0.294	1.734	0.0830	*
		Dolokal	NegBin	5	25		0.287	13.201	0.295	0.973	0.3308	N.S.
2019	groot	Controle	NegBin	5	25		2.753	15.697	0.425	6.473	0.0000	***
		Soilfeed	NegBin	5	25		0.217	19.506	0.248	0.878	0.3802	N.S.
		Lavagruis	NegBin	5	25		-0.017	15.427	0.255	-0.068	0.9456	N.S.
		Biolit	NegBin	5	25		-0.261	12.090	0.258	-1.013	0.3112	N.S.
		Dolokal	NegBin	5	25		-0.246	12.278	0.261	-0.941	0.3469	N.S.
2024	klein	Controle	NegBin	3	15		2.457	11.667	0.196	12.559	0.0000	***
		Soilfeed	NegBin	3	15	↓	-0.783	5.333	0.332	-2.355	0.0185	*
		Lavagruis	NegBin	3	15		0.182	14.000	0.268	0.681	0.4962	N.S.
		Biolit	NegBin	3	15		-0.665	6.000	0.322	-2.067	0.0388	*
		Dolokal	NegBin	3	15		0.082	12.667	0.273	0.302	0.7628	N.S.
2024	middel	Controle	NegBin	3	15		3.341	28.253	0.414	8.067	0.0000	***
		Soilfeed	NegBin	3	15		-0.554	16.232	0.396	-1.400	0.1615	N.S.
		Lavagruis	NegBin	3	15		0.273	37.131	0.383	0.714	0.4752	N.S.
		Biolit	NegBin	3	15		0.528	47.882	0.381	1.386	0.1657	N.S.
		Dolokal	NegBin	3	15		0.337	39.584	0.386	0.873	0.3827	N.S.
2024	groot	Controle	Poisson	3	15		2.457	11.667	0.189	14.534	0.0000	***
		Soilfeed	Poisson	3	15		0.357	16.667	0.220	1.618	0.1056	N.S.
		Lavagruis	Poisson	3	15		0.206	14.333	0.228	0.904	0.3659	N.S.
		Biolit	Poisson	3	15		-0.059	11.000	0.243	-0.243	0.8084	N.S.
		Dolokal	Poisson	3	15		-0.260	9.000	0.256	-1.013	0.3110	N.S.

Bijlage 13 Soortafkortingen loopkevers

Tabel 10.19 Overzicht van soortafkortingen van loopkevers gebruikt in de NMDS analyse. Sommige soorten zijn recent van naam gewijzigd, de soortafkortingen volgen de oude naamgeving.

Soort	Afkorting	Soort	Afkorting
<i>Acupalpus brunnipes</i>	ACUPBRUN	<i>Harpalus anxius</i>	HARPANXI
<i>Acupalpus dubius</i>	ACUPDUBI	<i>Harpalus distinguendus</i>	HARPDIST
<i>Acupalpus exiguus</i>	ACUPEXIG	<i>Harpalus latus</i>	HARPLATU
<i>Acupalpus parvulus</i>	ACUPPARV	<i>Harpalus rufipalpis</i>	HARPRPAL
<i>Agonum viduum</i>	AGONVIDU	<i>Harpalus rubripes</i>	HARPRUBR
<i>Amara aenea</i>	AMARAENE	<i>Harpalus smaragdinus</i>	HARPSMAR
<i>Amara convexior</i>	AMARCIOR	<i>Harpalus solitarius</i>	HARPSOLI
<i>Amara communis</i>	AMARCOMM	<i>Harpalus tardus</i>	HARPTARD
<i>Amara equestris</i>	AMAREQUE	<i>Leistus ferrugineus</i>	LEISFERR
<i>Amara infima</i>	AMARINFI	<i>Masoreus wetterhallii</i>	MASOWETT
<i>Amara lunicollis</i>	AMARLUNI	<i>Nebria brevicollis</i>	NEBRBREV
<i>Amara ovata</i>	AMAROVAT	<i>Nebria salina</i>	NEBRSALI
<i>Amara plebeja</i>	AMARPLEB	<i>Notiophilus aquaticus</i>	NOTIAQUA
<i>Amara tibialis</i>	AMARTIBI	<i>Notiophilus germinyi</i>	NOTIGERM
<i>Bembidion lampros</i>	BEMBLAMP	<i>Olisthopus rotundatus</i>	OLISROTU
<i>Bembidion nigricorne</i>	BEMBNIGR	<i>Oxypselaphus obscurus</i>	OXYPOBSC
<i>Bembidion properans</i>	BEMBPROP	<i>Paradromius linearis</i>	PARALINE
<i>Bradycellus harpalinus</i>	BRADHARP	<i>Philorhizus melanocephalus</i>	PARAMELA
<i>Bradycellus ruficollis</i>	BRADRUFU	<i>Parophonon maculicornis</i>	PAROMACU
<i>Calathus cinctus</i>	CALACINC	<i>Poecilus cupreus</i>	POECCUPR
<i>Calathus erratus</i>	CALAERRA	<i>Poecilus lepidus</i>	POECLEPI
<i>Calathus fuscipes</i>	CALAFUSC	<i>Poecilus versicolor</i>	POECVERS
<i>Calathus melanocephalus</i>	CALAMELA	<i>Harpalus griseus</i>	PSEUGRIS
<i>Calathus micropterus</i>	CALAMICR	<i>Harpalus rufipes</i>	PSEURUFU
<i>Carabus arcensis</i>	CARAARVE	<i>Pterostichus aterrimus</i>	PTERATER
<i>Carabus clatratus</i>	CARACLAT	<i>Pterostichus diligens</i>	PTERDILI
<i>Carabus granulatus</i>	CARAGRAN	<i>Pterostichus melanarius</i>	PTERMELA
<i>Carabus nemoralis</i>	CARANEMO	<i>Pterostichus minor</i>	PTERMINO
<i>Carabus nitens</i>	CARANITE	<i>Pterostichus nigrita</i>	PTERNIGR
<i>Carabus problematicus</i>	CARAPROB	<i>Pterostichus rhaeticus</i>	PTERRHAE
<i>Cicindela campestris</i>	CICICAMP	<i>Pterostichus vernalis</i>	PTERVERN
<i>Cicindela sylvatica</i>	CICISYLV	<i>Stenolophus mixtus</i>	STENMIXT
<i>Clivina fossor</i>	CLIVFOSS	<i>Stenolophus teutonius</i>	STENTEUT
<i>Cymindis humeralis</i>	CYMIHUME	<i>Syntomus foveatus</i>	SYNTFOVE
<i>Dyschirius globosus</i>	DYSCGLOB	<i>Syntomus truncatellus</i>	SYNTTRUN
<i>Harpalus affinis</i>	HARPAFFI		

Bijlage 14 Overzichtsfoto's van de bioliet behandeling



Figuur 10.6 Overzichtfoto's van de behandeling bioliet in blok 1, 2 en 3 gelegen in het voormalige begraasde deel van de Strabrechtse heide (foto's genomen in juli 2024) en overzichtsfoto's van de behandeling bioliet in blok 4 en 5 in het niet begraasde deel van de Strabrechtse heide (foto's genomen in mei 2024).



Toernooiveld 1
Mercator III gebouw
6525 ED Nijmegen

IBAN: NL23 RABO 0167 8984 93
BTW: NL 811402496B01
KvK: 09131250

024 212 2200
info@b-ware.eu
www.b-ware.eu

**Biogeochemical Water management
& Applied Research on Ecosystems**