

# Fauna herstel van verarmde geplagde droge heide in de provincie Noord-Brabant

Eindrapportage C2234143/4427774

Augustus 2022

Joost Vogels, Jan Kuper & Henk Siepel

**Provincie Noord-Brabant**



Radboud Universiteit



Provincie Noord-Brabant

## COLOFON

Titel: Fauna herstel van verarmde geplagde droge heide in de provincie Noord-Brabant – eindrapport 2022  
I.o.v: Subsidieregeling natuur Noord-Brabant  
Kenmerk: C2234143/4427774  
Auteurs: Joost Vogels, Jan Kuper & Henk Siepel  
Foto's voorkant: Joost Vogels

Stichting Bargerveen | Nijmegen | Augustus 2022

[www.stichtingbargerveen.nl](http://www.stichtingbargerveen.nl) | [www.linkedin.com/company/stichting-bargerveen](https://www.linkedin.com/company/stichting-bargerveen)



# Inhoudsopgave

1	Introductie.....	4
1.1	Aanleiding.....	4
1.1.1	Bodemmesofauna.....	4
1.1.2	Voedselkwaliteit voor ongewervelden.....	5
2	Aanpak.....	7
2.1	Proefopzet en ligging.....	7
2.2	Mesofauna bemonstering.....	8
2.3	Veldkrekels in veld en in lab experiment.....	10
2.3.1	Holletjes bezetting.....	10
2.3.2	Voedselproeven.....	10
2.3.3	Statistische analyses.....	12
3	Resultaten.....	14
3.1	Bodemmesofauna respons.....	14
3.2	Veldkrekels respons.....	21
3.2.1	Holletjes bezetting.....	21
3.2.2	Experiment I: effect behandelingen op de reproductie van Veldkrekels.....	22
3.2.3	Experiment II: effect van behandeling op nutriëntgehalten veldkrekels.....	28
4	Discussie en conclusies.....	34
4.1	Bodemmesofauna respons.....	34
4.2	Veldkrekels respons.....	34
4.2.1	Effect van behandelingen op bezetting in veldexperiment.....	34
4.2.2	Effect van behandelingen op voedselkwaliteit, groei en reproductie.....	35
4.2.3	Aard van nutriënt limitatie gemeten aan veldkrekels chemie.....	36
4.3	Implicaties voor beheer.....	38
5	Referenties.....	40
6	Bijlage(n).....	42
6.1	Bijlage A: Test resultaten microarthropoden.....	42
6.1.1	2019.....	42
6.1.2	2021.....	44
6.2	Bijlage B: toets resultaat holletjes tellingen.....	46
6.3	Bijlage C: toets resultaten gewichtontwikkeling krekels eerste 14 dagen.....	48

6.3.1	Startgewicht.....	48
6.3.2	Gewicht na 14 dagen.....	48
6.3.3	Gewichtsverandering .....	49
6.4	Bijlage D: toets resultaten voedselinname krekels .....	51
6.4.1	Dagelijkse inname na twee weken.....	51
6.4.2	Dagelijke inname over gehele levensduur.....	51
6.4.3	Totale inname na twee weken.....	52
6.4.4	Totale inname over gehele levensduur .....	53
6.5	Bijlage E: toets resultaten elementinname krekels .....	54
6.5.1	Totaal C inname .....	54
6.5.2	Dagelijkse C inname.....	54
6.5.3	Totaal N inname .....	55
6.5.4	Dagelijkse N inname .....	56
6.5.5	Totaal P inname.....	56
6.5.6	Dagelijkse P inname.....	57
6.5.7	Totaal K inname .....	58
6.5.8	Dagelijkse K inname.....	58
6.5.9	Totaal Mg inname.....	59
6.5.10	Dagelijkse Mg inname.....	60
6.5.11	Totaal Ca inname .....	60
6.5.12	Dagelijkse Ca inname .....	61
6.5.13	Totaal Mn inname.....	62
6.5.14	Dagelijkse Mn inname.....	63
6.5.15	Totaal Zn inname .....	63
6.5.16	Dagelijkse Zn inname .....	64
6.5.17	Totaal Fe inname.....	65
6.5.18	Dagelijkse Fe inname.....	65
6.5.19	Totaal Al inname .....	66
6.5.20	Dagelijkse Al inname.....	67
6.6	Bijlage F: Totaal inname elementen door Veldkrekels tijdens voedselexperiment .....	68
6.7	Bijlage G: toetsresultaten behandel­effect op reproductie.....	70
6.7.1	met kannibalistische vrouwtjes als factor .....	70
6.7.2	Kannibalistische vrouwtjes uitgesloten.....	70

6.7.3	Alleen kannibalistische vrouwtjes .....	71
6.8	Bijlage H: toetsresultaten gewichtsverandering voedselexperiment II .....	72
6.8.1	Startgewicht.....	72
6.8.2	Gewicht na 14 dagen.....	72
6.8.3	Gewichtsverandering .....	73
6.9	Bijlage I: toetsresultaten element gehalten Veldkrekels experiment II.....	75
6.9.1	N gehalte .....	75
6.9.2	P gehalte .....	75
6.9.3	N:P ratio .....	76
6.9.4	Mn gehalte .....	77
6.9.5	Mg gehalte .....	77
6.9.6	Mn:Mg ratio .....	78
6.9.7	Fe gehalte.....	79
6.9.8	Fe:Mg ratio .....	80
6.9.9	Zn gehalte .....	80
6.9.10	Zn:Mg ratio.....	81
6.10	Bijlage J: regressie analyses totaal nutriënt inname vs gehalte in krekels .....	83
6.10.1	N krekels vs N inname.....	83
6.10.2	P krekels vs P inname .....	83
6.10.3	N:P krekels vs N:P voedsel .....	83
6.10.4	Mn Krekels vs Mn inname.....	84
6.10.5	Mg krekels vs Mg inname .....	84
6.10.6	Mn:Mg krekels vs Mn:Mg voedsel.....	84
6.10.7	Fe krekels vs Fe inname .....	85
6.10.8	Fe:Mg krekels vs Fe:Mg voedsel.....	85
6.10.9	Zn krekels vs Zn inname .....	85
6.10.10	Zn:Mg krekels vs Zn:Mg voedsel .....	86

# 1 Introductie

## 1.1 Aanleiding

In 2017-2020 is het door de provincie Noord-Brabant gefinancierde project “Ontwikkeling herstelmaatregelen voor faunistisch verarmde, in het verleden geplagde droge heide in de provincie Noord-Brabant” uitgevoerd (projectcode C2204899/4171611; eindrapportage: Verbaarschot et al., 2021). Omwille van budgettaire overwegingen is dit onderzoeksproject destijds in afgeslankte vorm uitgevoerd. In het afgeslankte project werden hoofdzakelijk bodem- en plantchemische effecten van experimentele beheermaatregelen onderzocht, met slechts een klein onderdeel dat zich richtte op de respons van ongewervelden in de veldsituatie. Daarom is een vervolgpriject aangevraagd en toegekend (projectcode C2234143/4427774) die zich richt op het breder kwantificeren van de respons van fauna in dit beheerexperiment. In deze eindrapportage worden de resultaten van dit aanvullende project beschreven en bediscussieerd. Hierin wordt aandacht besteed aan de respons van de bodemmesofauna op de experimentele behandelingen, en het effect van de experimentele behandelingen op voedselkwaliteit van de vegetatie voor herbivoren onderzocht door middel van een kweekexperiment met Veldkrekels (*Gryllus campestris*) als modelsoort. Samen met de resultaten uit het eerste onderzoek worden aanbevelingen gedaan voor het (vervolg)beheer van droge heide na plaggen, met als oogmerk het herstel van “faunarijke” droge heide.

### 1.1.1 Bodemmesofauna

Omzettingsprocessen in de bodem worden niet louter door chemische processen bepaald, maar zijn vaak nauw verweven met biologische processen in de bodem. Afbraakprocessen van organische stof, maar ook de snelheid van vertering van mineralen en de mate van recycling van nutriënten wordt sterk beïnvloed door bodemorganismen zoals bacteriën, schimmels, plantenwortels en daarvan levende micro- en mesofauna. Deze bodemmesofauna bestaat hoofdzakelijk uit mijten en springstaarten. De hoofdrol van deze dieren is de regulering van de snelheid van afbraak van organische stof door schimmels (Siepel & Maaskamp, 1994, Siepel, 2015). In deze soortenrijke en talrijke groep kan op een snelle manier een indruk worden gekregen van effecten van toevoegingen van materialen (steenmeel, fosfaat) aan de bodem (Siepel et al., 2018). Aangezien de bodem van een heidesysteem tegenwoordig vaak P gelimiteerd is verwachten wij bij toevoeging van fosfaat de snelste reactie van de herbivoren in de bodemfauna, terwijl predatoren op de voet volgen. Schimmeleeters zullen naar verwachting bij toevoeging van P pas na verloop van tijd volgen. De extra toegevoegde P zal eerst door de planten worden opgenomen (zichtbaar in de reactie van de herbivoren) en pas wanneer ook het strooisel een hoger P-gehalte heeft gekregen zal een effect meetbaar zijn in de schimmels en vervolgens de schimmeleeters. Het bufferende effect van steenmeel + dolokal zal naar verwachting een verhoging van de decompositie teweegbrengen, meetbaar als een verhoging van de aantal fungivore browsers en mogelijk ook andere fungivore groepen. Vanuit de verschillen in overlevingsstrategieën kan worden opgemaakt of de stabiliteit van het systeem verandert door de toevoegingen aan de bodem. Plotselinge aantalschommelingen worden herkend door een stijgend aandeel snel migrerende soorten, terwijl een grotere stabiliteit meetbaar is door een hoger aandeel ongeslachtelijk voortplantende soorten.

## 1.1.2 Voedselkwaliteit voor ongewervelden

### 1.1.2.1 Achtergrond

Uit eerder onderzoek is gebleken dat fauna van Droge heide (H4030) vaak gelimiteerd is door de beschikbaarheid van fosfor in het voedsel, en dat dit door beheermaatregelen als plaggen verder werd versterkt (Vogels et al., 2011, Vogels et al., 2016, Vogels et al., 2017, Vogels et al., 2021b). Ook bleek uit eerder experimenteel onderzoek dat toevoegen van bufferstoffen weliswaar positief effect heeft op de vegetatie (Vogels et al., 2020b), maar dat dit negatieve effecten had op de voedselkwaliteit van die planten (Vogels et al., 2016, Vogels et al., 2021b). Daarom is in 2017 een onderzoek gestart met als doel om na te gaan of P-limitatie kan worden verlicht door een eenmalige toevoeging van P, en of een andere vorm van bufferherstel kon worden toegepast die geen negatieve effecten op de fauna als gevolg had. Tijdens de ontwerpfase van het experiment was het oorspronkelijke doel dus om een bodembuffermaatregel te formuleren die enerzijds tot voldoende herstel van de bodembuffercapaciteit zou leiden, maar anderzijds niet tot negatieve effecten op de (bodem)fauna. Gekozen werd voor een steenmeeltoediening gecombineerd met een lichte bekalking als bufferherstelmaatregel in te zetten, om vervolgens na te gaan of dit de eerder gevonden negatieve effecten van bekalking op fauna kon mitigeren. Van bekalking met dolokal zijn immers steeds meer aanwijzingen dat deze een negatieve invloed hebben op de *fitness* van herbivoren (Vogels et al., 2016, Vogels et al., 2021b), en in het veld op aantallen herbivoren en/of detritivoren (Weijters et al., 2018, Verbaarschot et al., 2020, Verbaarschot et al., 2021). Vermoed wordt dat dit effect een gevolg is van een te eenzijdige en een te sterke toename van Ca en Mg in de bodem, waarbij met name Mg steeds naar voren komt als een sterk in de plant toenemend element ten nadele van andere tweewaardige metaalionen zoals Mn, Fe en Zn (Weijters et al., 2018, Verbaarschot et al., 2020, Verbaarschot et al., 2021) en dat deze verschuivingen leiden tot problemen in de ionenhuishouding van de herbivoren (Vogels et al., 2020a, Vogels et al., 2021b). De hypothese was dat het steenmeel, met een breder aanbod van (sporen)elementen deze onbalansen in metaalionen in bodem, plant en hogere trofische niveaus kon tegengaan. Uit het eerder gereedgekomen onderzoek naar dit experiment bleek dat dit echter niet het geval was. Óók een relatief lage gift van 1 ton dolokal/ha in combinatie met steenmeel bleek te leiden tot een sterke verschuiving in de Mn:Mg, Fe:Mg, en in mindere mate, de Zn:Mg ratio in de planten. Dit effect werd hier mede veroorzaakt door de dosering (20 ton/ha) en het gekozen type steenmeel (Eifelgold) dat eveneens een belangrijke bron van Ca en Mg bleek te zijn (Verbaarschot et al., 2021). Op basis van deze meetresultaten werd dan ook geconcludeerd dat deze gecombineerde behandeling niet het beoogde resultaat heeft gehad.

### 1.1.2.2 Nieuwe hypothesen en aanpak

Met de kennis verkregen in het eerder ingezette onderzoek veranderde de oorspronkelijke hypothesen voor het voedselexperiment wezenlijk. Eerst werd verwacht dat de fitness van Veldkrekels toe zou nemen als zij plantaardig voedsel ontvingen dat verzameld werd in de met P behandelde proefvlakken, en dat deze gelijk zou blijven als zij voedsel uit de steenmeel + dolokal behandelde proefvlakken zouden ontvangen. Op basis van de kennis over de resulterende plantkwaliteit is de huidige hypothese dat de fitness van Veldkrekels net als in eerder uitgevoerd voedselonderzoek (Vogels et al., 2016, Vogels et al., 2021b) zal afnemen als gevolg van de steenmeel + dolokal behandeling. Deze hypothese werd al in het veld

ondersteund op basis van de resultaten van in het veld bemonsterde ongewervelden (Verbaarschot et al., 2021), die een negatief effect lieten zien van de steenmeel+dolokal behandelingen. Gekoppeld aan deze hypothese is besloten om het voorgestelde mechanisme dat hieraan ten grondslag zou liggen nader te onderzoeken. Gedacht wordt dat er competitie optreedt in de opname van tweewaardige metaalionen in opnamekanalen in de celmembranen van het darmepitheel. Bij insecten vindt de opname van deze ionen plaats in een bivalent metaal transporter eiwit (Orgad et al., 1998, Au et al., 2008, Mandilaras et al., 2013). Van een humaan ortholoog is bekend dat dit eiwit aselectief ionen doorlaat, en er dus competitie tussen tweewaardige ionen plaatsvindt (Shawki & Mackenzie, 2010). Bij insecten is door andere auteurs ook competitie tussen deze elementen gerapporteerd (Poteat et al., 2012). Een sterke verschuiving in de verhouding tussen tweewaardige metaalionen in het voedsel leidt dus in theorie ook tot een sterke afname in de opname van het relatief zeldzamere metaal. Uit eerder onderzoek bleek met name de Mn:Mg verhouding en de Fe:Mg als gevolg van de bekalking sterk te verschuiven (Vogels et al., 2021b), en in het huidige experiment leek dit ook voor de Zn:Mg verhouding te gelden (Verbaarschot et al., 2021; deze rapportage). Onbekend is echter óf en zo ja, welke van deze elementen als gevolg van deze verschuivingen in de planten in verminderde mate wordt opgenomen door veldkrekels, en of deze verminderde opname dusdanig sterk is dat dit leidt tot een deficiëntie in de krekels.

Om dit nader te onderzoeken is daarom naast een experiment met de focus op reproductie ook de inname van elementen door de krekels in datzelfde experiment gekwantificeerd en is het gehalte en ratio's van elementen gemeten in een aanvullende groep Veldkrekels. Deze groep werd op dezelfde voedselbehandelingen gezet als de groep krekels waarvan de reproductie werd bepaald. De individuen van de aanvullende groep werden na twee weken op het experimentele voedsel te hebben geleefd gedood en vervolgens doorgemeten op elementaire samenstelling. Uit deze bepalingen kan worden nagegaan wat de oorzaak is van een eventuele afname van de fitness van krekels die op een dieet uit de steenmeel+dolokal behandelingen werden gezet, en hoe voedsel afkomstig van de plots met P additie hierop interacteert.

Tenslotte was het op Strabrechtse heide mogelijk om het effect van de behandelingen op de bezetting van Veldkrekels direct te onderzoeken, door middel van het tellen van de holletjes waarin individuen van deze soort zich overdag in ophouden.



## 2 Aanpak

### 2.1 Proefopzet en ligging

Op Strabrechtse Heide zijn in het gekoppelde project C2204899/4171611 na overleg met de beheerder en na het brengen van veldbezoeken in het najaar van 2017 locaties voor beheerexperimenten geselecteerd in geplagde droge heide (Fig. 2.1 en Fig. 2.2). Op de geselecteerde proeflocaties zijn vijf blokken bestaande uit ieder vier proefvlakken ingezet. De proefvlakken zijn 14,5m bij 14,5m groot en in het najaar van 2017 gemaaid. Na maaien groeit de vegetatie snel, nemen omzettingsprocessen in de bodem vaak toe door een toename van de bodemtemperatuur en is de bovengrondse biomassa relatief laag. Hierdoor is de kans op het meten van effecten van de behandelingen op de fauna (en alle onderliggende processen) groter. Op 20/21 februari 2018 zijn alle proefvlakken behandeld met 20 ton/ha steenmeel (Eifelgold) en 1 ton/ha kalk (Dologran). Fosfor toediening vond plaats op 23 mei 2018 om optreden van ongewenste negatieve effecten van kalktoediening op P-beschikbaarheid tegen te gaan (Haynes, 1982). In dit al eerder ingezette onderzoek werden vooral effecten op abiotiek (bodemchemie en plantchemie) en vegetatie (samenstelling) bepaald, met een klein aanvullend faunaonderzoek, te weten een bepaling van respons van verschillende trofische groepen door middel van het gestandaardiseerd bemonsteren van tweevleugeligen (Diptera). De resultaten daarvan zijn gepubliceerd in een gezamenlijke eindrapportage (Verbaarschot et al., 2021).

De in dit project uit te voeren aanvullende onderzoeken zijn gebaseerd op een onderzoeksstrategie gericht op het begrijpen van bodem-dier interacties en plant-dier interacties. Uitgangspunt is dat we aannemen dat bodemverarming en –verzuring heeft geleid tot een afname van voedsel over alle trofische niveaus (detritivoren, herbivoren, predatoren). Vanwege beperkingen in het schaalniveau van de experimentele maatregelen (proefvlakken zijn 210 m<sup>2</sup> groot) kunnen we enkel onderzoek uitvoeren naar het effect op kleine soorten met een beperkt ruimtegebruik. Effecten op gewervelden (vogels) of op ongewervelden met een groot ruimtegebruik (o.a. enkele soorten dagvlinders) zijn met behulp van deze proefopzet niet op een zinvolle manier te onderzoeken. In het eerder ingezette onderzoek is een bescheiden effectmeting aan fauna opgenomen. Deze is in dit project uitgebreid met onderzoek naar de respons van bodemmesofauna en die van de modelsoort de Veldkrekkel (*Gryllus campestris*).

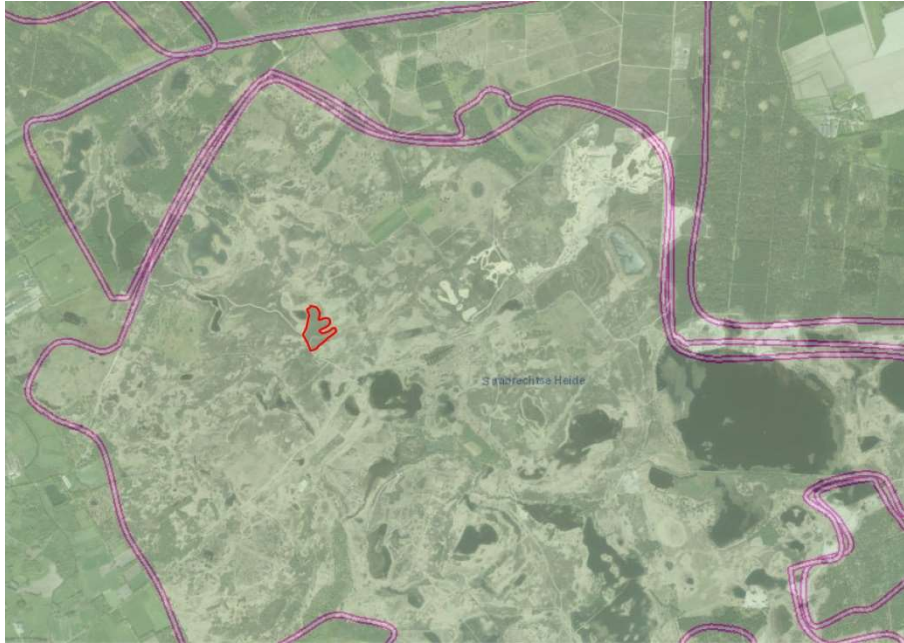


Fig. 2.1 Ligging van het beheerexperiment (rood omrand) op Strabrechtse Heide. Achtergrond: maatregelkaart Biodiversiteit Noord-Brabant. Geel gearceerd (=gehele kaartbeeld) is de begrenzing van de deelgebieden Biodiversiteit en Leefgebieden. Wit-Paarse omlijstingen: maatregelen op ecotoopniveau "Heide".

proefvlak	behandeling	Steenmeel	Dolokal	P
1A	1 Controle-controle	-	-	-
1B	3 Steenmeel-Controle	450 kg	22,5	-
1C	2 Controle-P	-	-	XXXX
1D	4 Steenmeel-P	450 kg	22,5	XXXX
2A	3 Steenmeel-Controle	450 kg	22,5	-
2B	1 Controle-controle	-	-	-
2C	4 Steenmeel-P	450 kg	22,5	XXXX
2D	2 Controle-P	-	-	XXXX
3A	2 Controle-P	-	-	XXXX
3B	3 Steenmeel-Controle	450 kg	22,5	-
3C	4 Steenmeel-P	450 kg	22,5	XXXX
3D	1 Controle-controle	-	-	-
4A	2 Controle-P	-	-	XXXX
4B	3 Steenmeel-Controle	450 kg	22,5	-
4C	4 Steenmeel-P	450 kg	22,5	XXXX
4D	1 Controle-controle	-	-	-
5A	1 Controle-controle	-	-	-
5B	4 Steenmeel-P	450 kg	22,5	XXXX
5C	3 Steenmeel-Controle	450 kg	22,5	-
5D	2 Controle-P	-	-	XXXX



Fig. 2.2 Detailsituatie van de ligging van de locaties voor beheerexperimenten op Strabrechtse heide (blauwe lijn: sterk bereiden pad in de heide).

## 2.2 Mesofauna bemonstering

Door het optreden van een extreem droge zomer in 2018 is de eerste bemonstering van bodemmesofauna (eerst gepland in najaar 2018) uitgesteld tot het voorjaar van 2019. Een tweede bemonstering vond plaats in 2021. Toch bleek ook in het voorjaar van 2019 nog

duidelijk het effect van de droogte waarneembaar in de proefvlakken, en met name in de met P behandelde proefvlakken (Afb. 2.1). In 2021 was dit effect echter weer sterk afgenomen, maar werden effecten van de behandelingen waarneembaar op de vegetatieontwikkeling, een bescheiden toename van lagere en hoge grassen en een toename van Kruipbrem (*Genista pilosa*) en Stekelbrem (*Genista anglica*) in de met P behandelde proefvlakken (Verbaarschot et al., 2021). Op 18 April 2019 en 15 april 2021 zijn in alle proefvlakken bodemkernen verzameld (Afb. 2.2). Door middel van Tullgren extractie is de bodemmesofauna vervolgens uit deze monsters geëxtraheerd. De soortsaanstelling is geanalyseerd op basis van life-history strategieën en voedselgilden om inzicht te krijgen in de abiotische processen en/of trofische processen die ten grondslag liggen aan significante verschillen tussen de behandelingen.



Afb. 2.1. Het effect van de droogte in de zomer van 2018 is nog duidelijk waarneembaar in de vegetatie. P-bemesting heeft hier aanvullend geleid tot een verdere aftakeling van de heide, waarschijnlijk door aanvullende uitdroging van de vegetatie door het opgebrachte fosfaat-zout. Rechts op deze foto: geen P toegediend (controle en steenmeel). Links voorgrond: enkel P toediening, links achtergrond: P en steenmeel toediening.



Afb. 2.2 Uitvoering van mesofauna bemonstering in de proefvlakken op Strabrechtse heide. Met een kern steker wordt een bodemkern (top 5 cm) gestoken en verzameld voor extractie op het lab).

## 2.3 Veldkrekels in veld en in lab experiment

### 2.3.1 Holletjes bezetting

Op 27 april en 26 Mei is in het veld een telling uitgevoerd van alle holletjes van veldkrekels in alle proefvlakken. In elk proefvlak is door middel van het systematisch aflopen van het gehele vlak en het met een vlaggetje markeren van elk veldkrekholletje de bezetting in elk proefvlak gekwantificeerd (Afb. 2.3). Elk proefvlak is tweemaal geheel afgelopen door banen van ca. 1 meter breed te controleren op aanwezigheid van holletjes, en dit de tweede keer haaks op de looproute van de eerste zoekronde uit te voeren.



Afb. 2.3 Tellingen van holletjes in het veld. Links: impressie van holletjes tellingen. Met vlaggetjes werd elk gevonden holletje gemarkeerd. Rechts: close-up van een gemarkeerd holletje (donkere vlak uiterst onder op de foto).

### 2.3.2 Voedselproeven

#### 2.3.2.1 Experiment I

In totaal zijn op Strabrechtse heide 60 vrouwtjes en 43 mannetjes verzameld. Op 15 april is tevens voedsel verzameld in de proefvlakken: van elk proefvlak is een evenredige hoeveelheid struikheide verzameld; deze is per behandeling vervolgens bewerkt tot voedselbrokken grotendeels volgens de methode beschreven in Vogels et al. (2021b). Waar in de oorspronkelijke methode een 50-50 mix van grassen en struikheide werd verzameld en tot voedselbrokken verwerkt, is in dit experiment enkel struikheide als voedselplant verzameld. Dit omdat er te weinig grassen voorhanden waren in de experimentele plots. Alle krekels zijn in een geconditioneerde ruimte in het kassencomplex van de Radboud Universiteit Nijmegen ondergebracht in speciaal ingerichte containers (Afb. 2.4), waar ze vervolgens tot 1 van de vier voedsel typen werden toegewezen. Elk krekeltje werd vanaf het moment dat ze volwassen werden op dag 1, dag 14 en daarna 1 keer per week gewogen om het gewichtsverloop per individu te kunnen bepalen. In de periode voordat ze tot imago vervelden kregen krekels vers voedsel (hoofdzakelijk IJle Dravik *Anisantha sterilis*) toegediend, pas vanaf vervelling werden zij op het experimentele voedsel gezet. Voedselbrokken werden steeds voor toediening gewogen om een beeld te krijgen van het totale hoeveelheid geconsumeerd voedsel. Vrouwtjes zijn na vervelling tot imago twee weken lang zonder mannetje gehouden om het effect van de voedselbehandeling op reproductie zo goed mogelijk te kunnen evalueren. Na afloop van deze twee weken is het resterende voedsel verzameld om te kunnen bepalen hoeveel voedsel er gegeten is. Van elke voedselbehandeling zijn monsters apart gehouden voor latere analyse van de chemische samenstelling. Na twee weken is een mannetje

steeds 1 etmaal bij een vrouwtje ondergebracht, om zo bevruchting mogelijk te maken, maar tegelijkertijd de kans op kannibalisme te reduceren. Uit eerder onderzoek bleken vrouwtjes namelijk geneigd de mannetjes aan te vreten of volledig op te eten, met name in behandelingen met dolokal (Vogels et al., 2021b). Contact met mannetjes reduceren tot 1 etmaal kon dit ongewenste effect reduceren, maar niet volledig tot nul brengen. Nadat vrouwtjes in contact gekomen zijn met een mannetje zijn deze op een kweekbak met zandig substraat overgezet, dat regelmatig met een plantenspuit bevochtigd werd. Dit werd uitgevoerd om ei-afzet mogelijk te maken. In deze fase van het experiment werd enkel het toegevoegde voedsel gewogen om een beeld te krijgen van de hoeveelheid consumptie, maar is resterend voedsel niet meer verzameld. Na 1 week werd elk vrouwtje overgezet op een nieuwe kweekbak met zandig substraat (waarbij ook weer een mannetje gedurende een etmaal werd geplaatst). Alle kweekbakken werden regelmatig bevochtigd. Reproductie is vervolgens bepaald door het aantal jonge nimfen in de kweekbakken te tellen. Normaal is dit na ca twee en een halve week, maar in dit experiment was de ontwikkeling sterk vertraagd en kwamen de eitjes pas na vier en een halve week uit. Bovendien kwam slechts een deel van de eitjes uit. De reden hiervoor wordt gezocht in een te lage temperatuur in de kweekruimte, die de ontwikkelingssnelheid van de eitjes sterk vertraagde. Aan het einde van het experiment werden daarom alle nog niet uitgekomen eitjes uit het zand gezeefd en geteld. Uitgekomen eieren waren goed identificeerbaar en werden niet meegeteld.



Afb. 2.4 Verzamelen en inzet kweek experiment met veldkrekels. Linksboven: uitgraven van nimfen in het veld. Rechtsboven: opstelling van krekels in geconditioneerde ruimte. Linksonder: verzorging van kweek in geconditioneerde ruimte. Rechtsonder: close-up van een voedselcontainer in start van experiment. Een nimf is in een container geplaatst, met mogelijkheid tot drinken (gaasje met filterpapier) en schuilen (buisje met zwarte tape). In deze fase werden krekels nog niet op het experimentele voedsel gezet.

### 2.3.2.2 Experiment II

In totaal zijn 22 vrouwtjes verzameld en op dezelfde wijze als in par. 2.3.2.1 beschreven in dezelfde klimaatkamer op de verschillende voedselbehandelingen gezet. Na vervelling tot

imago werden vrouwtjes aan één van de vier voedselbehandelingen toegewezen en na twee weken van dit voedsel geleefd te hebben werden de vrouwtjes gedood door ze in de vriezer te zetten voor latere analyse van de chemische samenstelling.

### 2.3.2.3 Chemische samenstelling

Chemische samenstelling is geanalyseerd door het uitvoeren van een zure destructie en C/N-analyse. Het experimentele voedsel en krekels uit experiment II is gedroogd en fijn gemalen. 200 mg van het gemalen plantmateriaal en 50 mg gemalen krekels is in afgesloten Teflon buizen gedestruëerd in een Milestone microwave oven na additie van 4 ml HNO<sub>3</sub> (65 %) en 1 ml H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> (30 %). De oplossing is vervolgens geanalyseerd op chemische samenstelling door middel van inductively coupled plasma optical emission spectrometry (IRIS Intrepid II XDL, Thermo Electron Corporation, Franklin, USA). 3 mg fijn gemalen gedroogd en gemalen plantmateriaal en 1 mg gemalen krekels is in een tinnen cupje geplaatst en op C en N-gehalte geanalyseerd met een CNS Elemental Analyzer, Model EA NA1500 (Carlo Erba - Thermo Fisher Scientific).

## 2.3.3 Statistische analyses

### 2.3.3.1 Mesofauna

Voor de mesofauna werden allereerst de totaalaantallen per behandeling met elkaar vergeleken voor zowel 2019 als 2021 (variantieanalyse, generalized linear mixed model met bodemkern en blok als random factoren), ook een eventueel verschil tussen 2019 en 2021 is op deze manier getoetst. Vervolgens zijn de microarthropoden ingedeeld naar voedselgildes (Siepel & De Ruiter-Dijkman, 1993) en zijn de verhoudingen tussen de voedselgildes per behandeling en jaar getoetst. Analyse van overlevingsstrategieën heeft een beperkt beeld opgeleverd, daar vrijwel geen foretische soorten zijn waargenomen (soorten met grote mobiliteit). Het overgrote deel van de microarthropodenfauna bleek te bestaan uit kleine ongeslachtelijk voortplantende soorten. De onbedekte bodem (gemaaid eind 2017) is in de droge zomer van 2018 erg uitgedroogd, waardoor alleen kleine soorten, die makkelijker tussen de zandkorrels neerwaarts in de bodem kunnen migreren hebben kunnen overleven (Siepel, 1996b). De fauna bestaat voor bijna 100% uit deze droogtevermijders. Populatieherstel van de overblijvende soorten is echter snel en een respons op de behandelingen kan ondanks de droge jaren worden verwacht.

### 2.3.3.2 Krekels experimenten

Getelde holletjes werden geanalyseerd door middel van een generalized linear mixed model, met blok als random factor, en datum, P-additie, steenmeel+dolokal additie en de interactie als fixed factor. Bij een initiële poisson GLMM bleek significante overdispersie op te treden. Om deze overdispersie te modelleren is een negative binomial GLMM als uiteindelijk toetsmodel gebruikt.

Effecten van de behandelingen op reproductie werden geanalyseerd door middel van GLM-analyse met quasipoisson distributie. Aangezien kannibalisme nog steeds plaatsvond en dit effect uitoefende op het reproductief potentieel van de vrouwtjes werd het al dan niet kannibalistisch zijn van de vrouwtjes meegenomen als factor. Initieel model was daar het effect van de drie factoren inclusief de drieweg interactie tussen P-additie, steenmeel + dolokal additie en kannibalisme, en dit model werd vervolgens versimpeld door eerst de (niet significante) drieweg interactie te verwijderen uit het model en vervolgens de (niet significante) interactie tussen P-additie en steenmeel + dolokal additie te verwijderen uit het model.

Daarnaast werden effecten van P-additie, steenmeel + dolokal additie en de interactie tussen beide factoren getoetst met weglating van de kannibalistische vrouwtjes en met weglating van alle niet-kannibalistische vrouwtjes. Bij niet significante invloed van de interactie werd dit model versimpeld door de interactie uit het model weg te laten.

Verschillen in gewicht en gewichtsonwikkeling, voedselinname, element inname, effecten op elementaire samenstelling en element ratio's van krekels zijn getoetst door middel van lineaire regressie modellen met als initieel model P-additie, steenmeel + dolokal additie en de interactie tussen P-additie en steenmeel+ dolokal additie als predictors. Wanneer er geen significante interactie tussen P-additie en steenmeel + dolokal werd aangetoond werden de resultaten van een versimpeld model met enkel P-additie en steenmeel + dolokal additie als predictors gebruikt om significante effecten van deze behandelingen te identificeren.

Relaties tussen de totale inname van elementen en/of ratio's en gehalten resp. ratio's in veldkrekels werden getoetst door middel van lineaire regressie met element inname als predictorvariabele en element gehalte als respons. In deze analyse waren we vooral geïnteresseerd of er sterke verbanden tussen inname en gehalten aanwezig waren en is de voedselbehandeling zelf niet meegenomen in de analyse. Dit meenemen zou bovendien in een aantal gevallen leiden tot een sterke collineariteit, vooral als de behandeling een sterk significant effect heeft op de element concentratie van het voedsel en er even veel gegeten werd per behandeling. Een sterk verband tussen element inname en element gehalte werd geïnterpreteerd als een aanwijzing dat dit element limiterend is voor de groei en/of ontwikkeling van de veldkrekels. Dit werd echter samen met effecten van behandelingen op element gehalten en ratio's geïnterpreteerd.

Voorafgaand aan het uitvoeren van lineaire regressieanalyses werd nagegaan of de gegevens aan de assumptie van een normaalverdeling voldeden door middel van een Shapiro toets. In het geval dat daaraan niet voldeed werd de data log getransformeerd en opnieuw getoetst op de assumptie van normaal verdeelde data.

Alle statistische analyses werden uitgevoerd met gebruik van het softwareprogramma R (R Core Team, 2022), met gebruik van de packages lme4 (Bates et al., 2017) voor GLMM modellering.

# 3 Resultaten

## 3.1 Bodemmesofauna respons

In 2019 zijn in totaal 21154 individuen gevangen en gedetermineerd in 102 soorten. Voor 2021 lagen de aantallen iets lager, nl. 17170 individuen over 92 soorten. De meest talrijke soorten (in een jaar tenminste 2.5% van het totaal uitmakend) zijn onder de Oribatida: *Liochthonius alpestris* (2019 0.9%, 2021 5.6%, fungivore grazer), *Tectocepheus velatus* (2019 7.1%, 2021 22.9%, opportunistische herbofungivoor), *Microppia minus* (2019 10.3%, 2021 4.3%, fungivore grazer), onder de Endeostigmata: *Nanorchestes arboriger* (2019 2.8%, 2021 0.9%, fungivore browser), onder de Prostigmata: *Brachytydeus mirabilis* (2019 30.1%, 2021 28.8%, herbivore browser), *Eupodes acuminatus* (2019 13.0%, 2021 3.1%, omnivoor), *Eupodes alaskanensis* (2019 16.6%, 2021 2.5%, omnivoor) en *Microtydeus subterraneus* (2019 4.1%, 2021 4.5%, herbivore browser). Effecten van behandelingen zijn getoetst op significantie door middel van een generalized linear mixed model met bodemkern en blok als random factoren. Test resultaten van 2019 zijn weergegeven in Bijlage A.

In 2019 werd er een significant positief effect van P-additie op het totaalaantal microarthropoden gevonden, maar tegelijkertijd ook een significant negatief effect van steenmeel + dolokal (Fig. 3.1, Bijlage A). In de gecombineerde behandeling lijkt het negatieve steenmeel + dolokal effect het sterkst van invloed, aangezien in deze behandelcombinatie het aantal microarthropoden tevens significant lager was dan in de controle behandeling. In de 2021 bemonstering is dit patroon ongewijzigd (Fig. 3.2, Bijlage A).

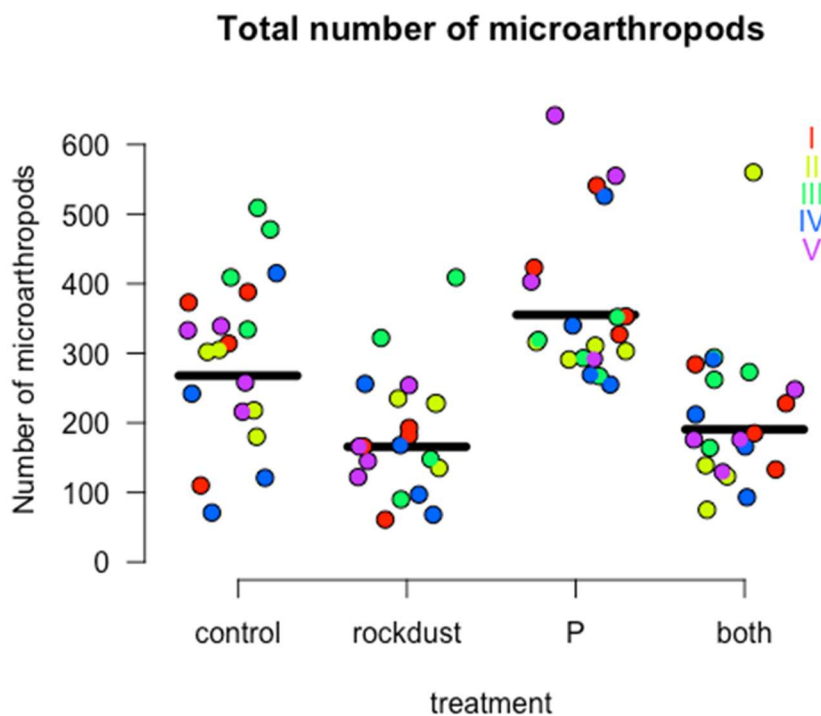




Fig. 3.1 Totaal in de bemonstering aangetroffen microarthropoden (mesofauna) per behandeling in 2019. Control: geen steenmeel noch P toegevoegd. Rockdust: eifelgold (20 ton/ha) + dolokal (1 ton /ha) toegediend. P: P (50 Kg/ha) toegevoegd. Both: eifelgold+ dolokal + P toegediend.

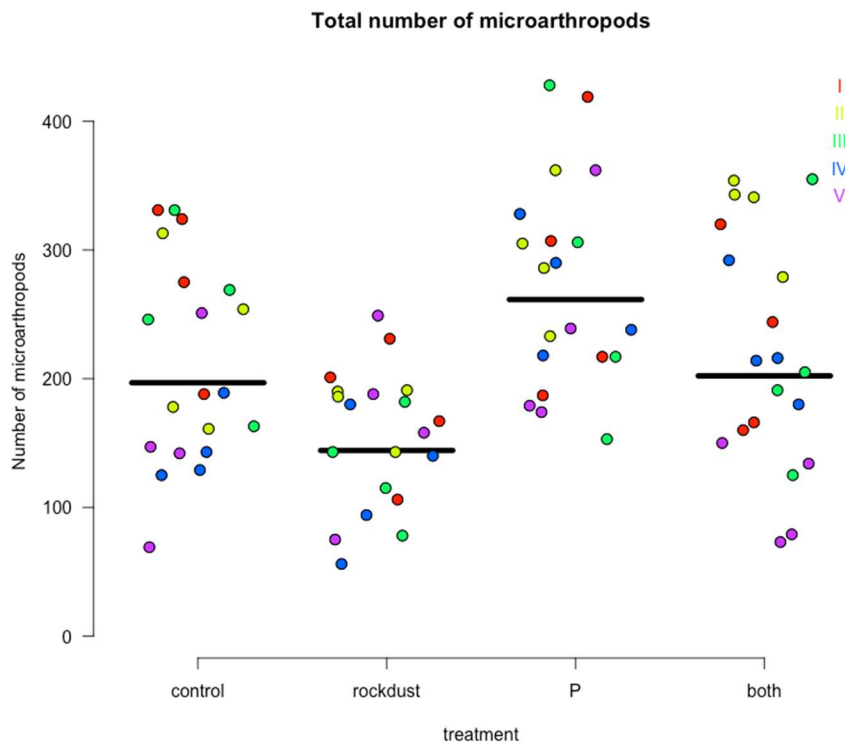


Fig. 3.2 Totaal in de bemonstering aangetroffen microarthropoden (mesofauna) per behandeling in 2021. Control: geen steenmeel noch P toegevoegd. Rockdust: eifelgold (20 ton/ha) + dolokal (1 ton /ha) toegediend. P: P (50 Kg/ha) toegevoegd. Both: eifelgold+ dolokal + P toegediend.

Wanneer dit totaal uitgesplitst wordt over trofische groep waartoe de individuen behoren (Fig. 3.3) is op te maken dat deze verschillend reageren op de behandelingen. Hierbij moet overigens opgemerkt worden dat er grote verschillen zijn in dichtheden tussen de groepen: in volgorde: herbivoren > fungivoren > omnivoren > predatoren. Het aantal fungivoren neemt in 2019 significant af in de steenmeel + dolokal behandelingen, maar ook in de P behandelingen is deze lager, maar hier niet significant (slechts een trend). In 2021 blijkt dit effect geheel omgekeerd te zijn: in zowel de steenmeel+dolokal als de P behandeling en de combinatie is sprake van significant hogere dichtheden van fungivoren (Fig. 3.4, Bijlage A). Herbivoren namen in de steenmeel behandelingen in 2019 near significant af (in de gecombineerde behandelingen was dit significant lager dan controle), maar P-behandeling leidde niet tot een afname. In 2021 was sprake van een significante afname bij deze groep in de steenmeel+P behandeling (Fig. 3.4, Bijlage A) Omnivoren lieten in 2019 een sterke significante toename zien in de P behandeling, maar enkel zonder steenmeel+dolokal (hier was een significant negatieve interactie met P gevonden: Bijlage A). In 2021 was in deze groep sprake van een significante afname in de steenmeel+dolokal behandelingen, en van een toename in de enkele P behandeling (Fig. 3.4, Bijlage A). Predatoren werden door geen van de jaren in geen van de behandelingen in dichtheid beïnvloed ten opzichte van controle, als was er in 2021 sprake van een trend tot afname in de steenmeel+dolokal behandeling (Fig. 3.4, Bijlage A).

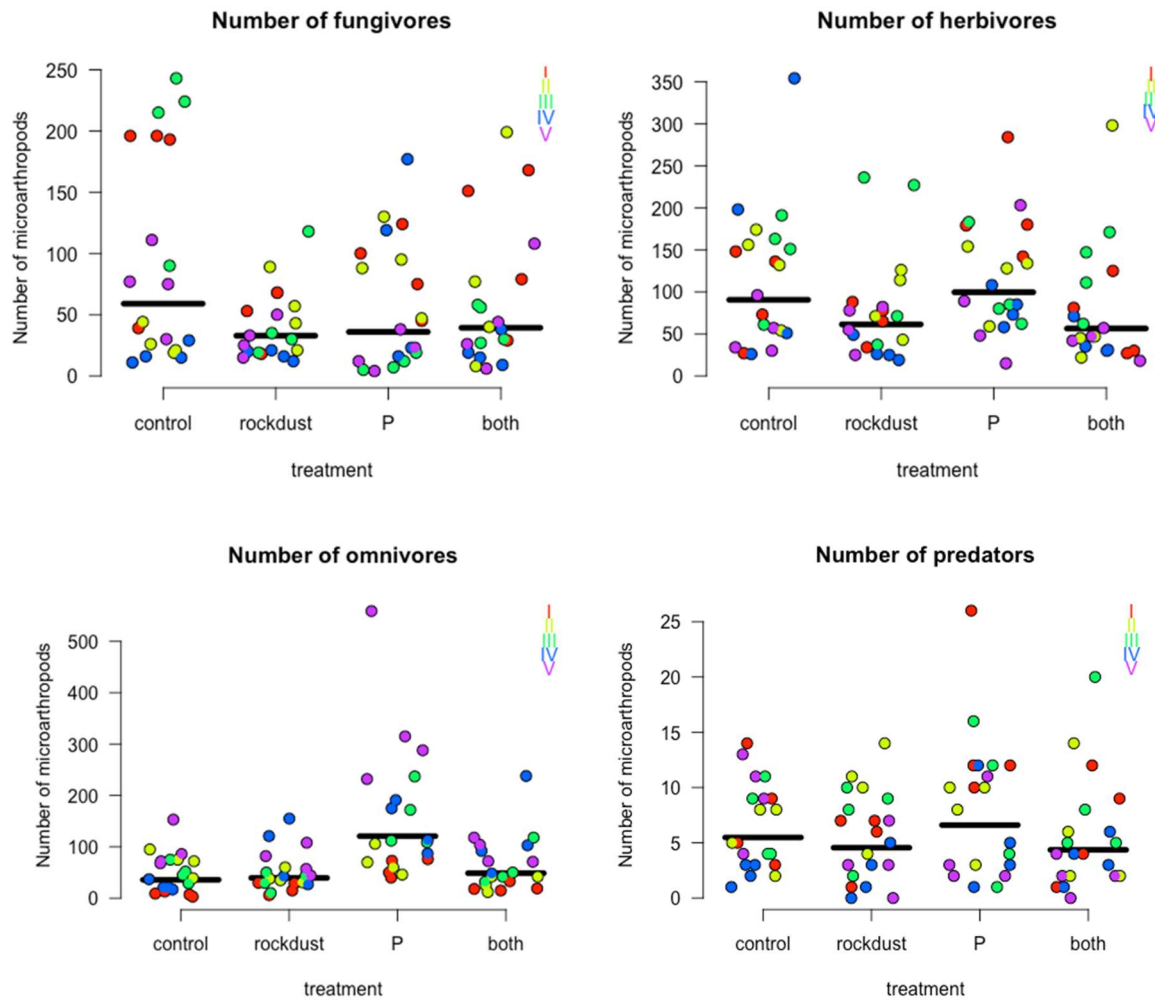


Fig. 3.3. Totaal in de 2019 bemonstering aangetroffen microarthropoden (mesofauna) per behandeling, uitgesplitst over voedselgilde: Fungivoren, herbivoren, omnivoren en predatoren. Control: geen steenmeel noch P toegevoegd. Rockdust: eifelgold (20 ton/ha) + dolokal (1 ton /ha) toegediend. P: P (50 Kg/ha) toegevoegd. Both: eifelgold+ dolokal + P toegediend.

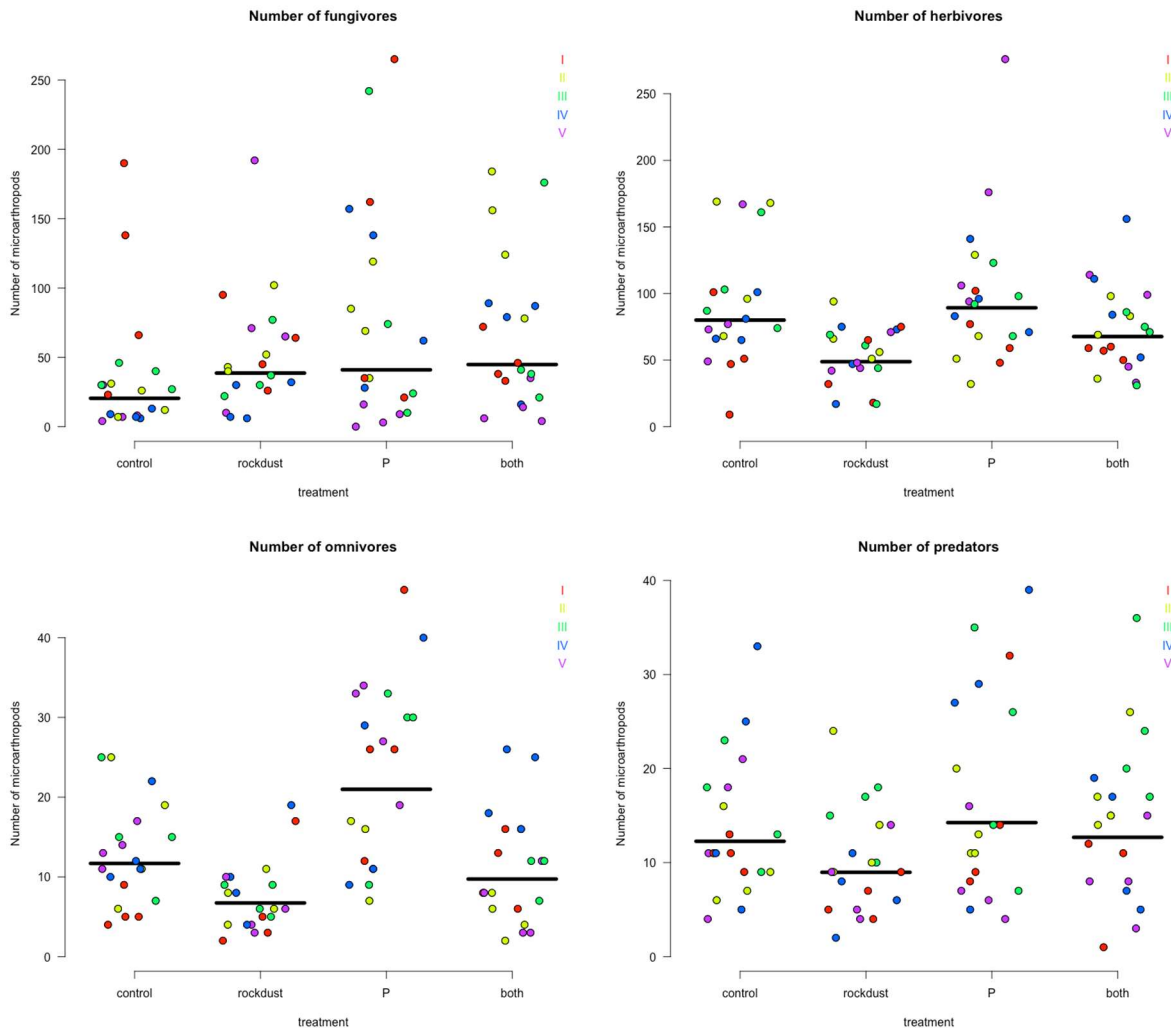


Fig. 3.4 Totaal in de 2021 bemonstering aangetroffen microarthropoden (mesofauna) per behandeling, uitgesplitst over voedselgilde: Fungivoren, herbivoren, omnivoren en predatoren. Control: geen steenmeel noch P toegevoegd. Rockdust: eifelgold (20 ton/ha) + dolokal (1 ton /ha) toegediend. P: P (50 Kg/ha) toegevoegd. Both: eifelgold+ dolokal + P toegediend.

De bemonstering van 2021 laat dus een vergelijkbaar beeld zien ten opzichte van 2019 met dien verstande dat de totale aantallen lager zijn dan in 2019 voor alle behandelingen behalve de combinatiebehandeling, en dat het effect op fungivoren is omgekeerd. De initiële hoge aantallen van de omnivoren in 2019 (vooral Eupodidae, met de dominante soorten *Eupodes alaskanensis*, *E. acuminatus* en *Subeupodes boerner*) zijn echter in 2021 verdwenen. Deze initiële stijging is mogelijk een na-ijleffect van de droogte uit 2018. De genoemde soorten leven naast plantenwortels ook vooral van nematoden, die zelf sterk reageren op een opleving van bacteriën. Deze groep kan zich na een droogtejaar sneller herstellen dan schimmels, en er is veel onverteerd strooisel op de bodem aanwezig om een snelle groei mogelijk te maken. Kortom in 2019 is in alle behandelingen een versterkte bacteriële decompositie te zien, met als positieve uitschieters de P-behandeling (Fig. 3.5b: 42.2% omnivoren), gevolgd door de combinatie (Fig. 3.5b: 30.8% omnivoren) en steenmeel (Fig. 3.5a: 28.6% omnivoren), vergeleken met de controle (Fig. 3.5a: 16.7% omnivoren). In 2021 is van deze versnelde decompositie vrijwel niets meer terug te zien: de omnivoren zijn nog steeds het talrijkst in de fosfaatbehandeling

(Fig. 3.5b: 8.5%), gevolgd door de combinatie en steenmeel + dolokal (Fig. 3.5a: resp. 5.0 en 4.8%), maar vergeleken met de controle (Fig. 3.5a: 6.1%) is dat inmiddels minder. Fungivoren blijken in 2021 juist te zijn toegenomen in zowel de steenmeel+dolokal behandelingen als in de P behandelingen, al is deze toename relatief bescheiden. De voor de langere termijn belangrijke groep voor de afbraak van organische stof zijn de fungivore en herbofungivore grazers (Siepel & Maaskamp, 1994, van Eekeren et al., 2022). Deze dieren verteren ook de schimmelcelwanden en zorgen daarmee voor een betere recycling van schaarse nutriënten (Siepel & Maaskamp, 1994). In 2019 zijn de percentages van deze groepen het hoogst in de controle (Fig. 3.5a) en de combinatie (Fig. 3.5b) met resp. 23.8% en 20.7%, gevolgd door steenmeel + dolokal (Fig. 3.5a) en fosfaat (Fig. 3.5b) met resp. 15.5% en 14.5%. Hierbij moet wel aangetekend worden dat vanwege de enorme aantalsstijging in de fosfaatbehandeling, het absolute aantal van deze schimmelgrazers toch het hoogst is in de fosfaat behandeling (844 individuen versus 568 bij steenmeel). In 2021 zijn hier de rollen omgedraaid en blijkt het toevoegen van fosfaat en sterk stimulerend effect te hebben gehad: 18.7% (824 individuen) in de combinatie (Fig. 3.5b) en 16.1% (879 individuen) in de fosfaatbehandeling (Fig. 3.5b) tegenover 13.7% (578 individuen) in de controle (Fig. 3.5a) en 12.2% (373 individuen) in de steenmeel+ dolokal behandeling (Fig. 3.5a). De percentages predatoren onder de microarthropoden namen over het geheel toe: in 2019 waren dat er 2.2% tot 3.0%, terwijl dat percentage in 2021 was gestegen tot 6.1% tot 6.6%, zonder significante verschillen tussen de behandelingen. In bossen ligt dit percentage rond de 10% (Siepel 1996a), terwijl in voedselrijkere graslanden daar nog het dubbele van gehaald kan worden. Deze soorten zijn dan tevens prederend op eieren van insecten en grote aantallen nematoden (van Eekeren et al., 2022).

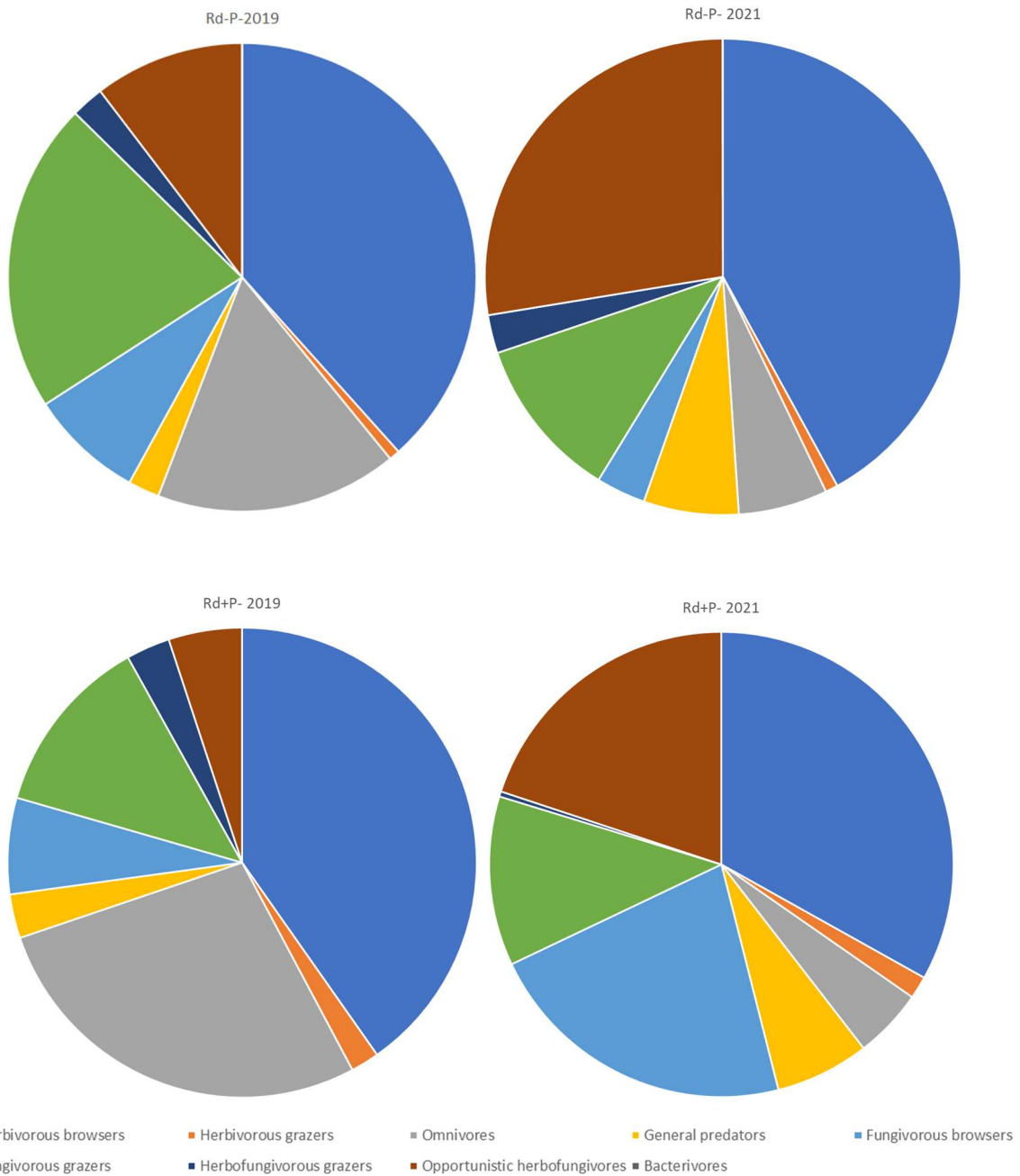


Fig. 3.5a Verdeling voedselgildes over de microarthropoden in 2019 en 2021 voor de behandelingen Rd-P- (controle) en Rd+P- (steenmeel)

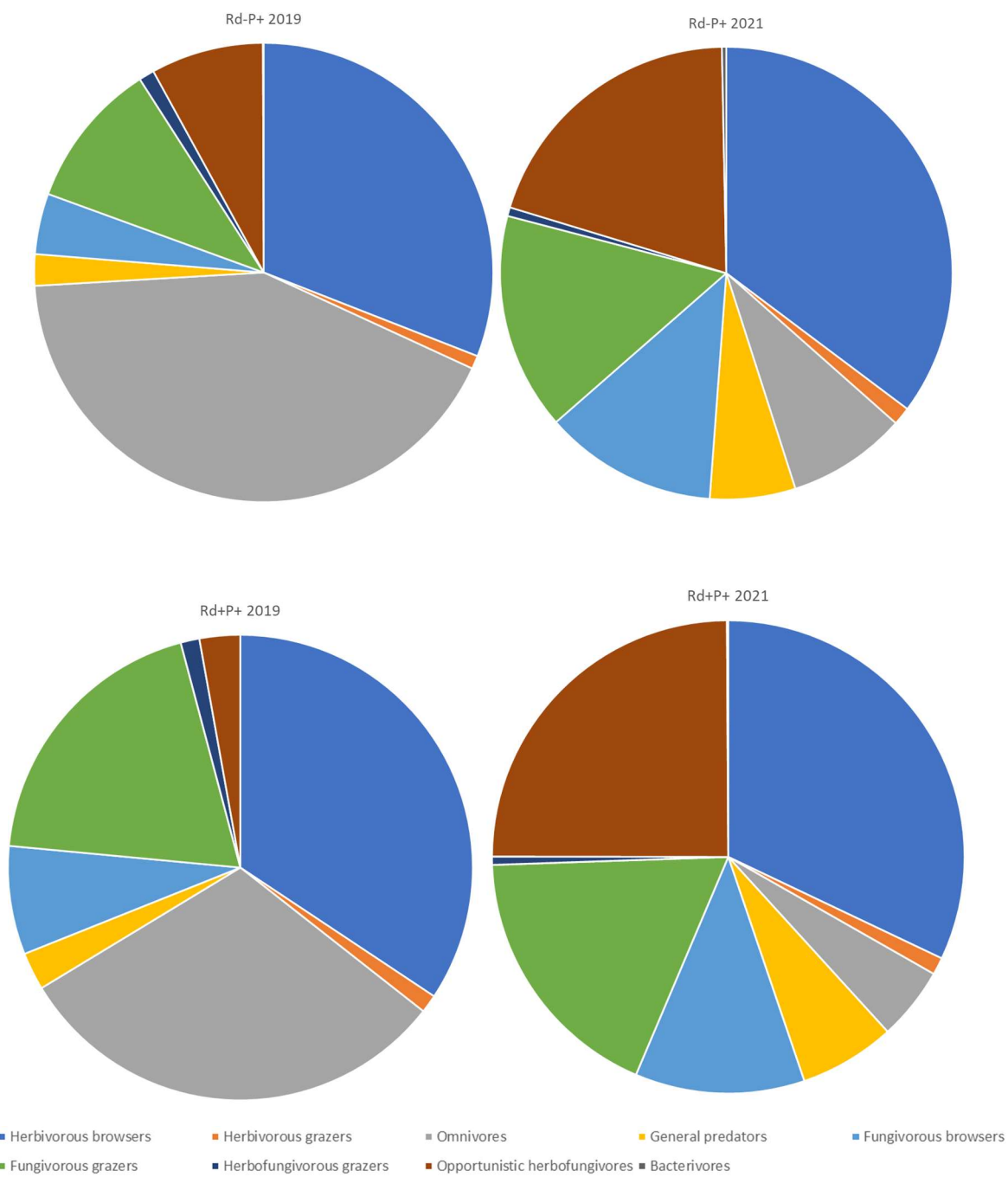


Fig. 3.4b. Verdeling voedselgildes over de microarthropoden in 2019 en 2021 voor de behandelingen Rd-P+ (fosfaat) en Rd+P+ (combinatie).

## 3.2 Veldkrekkel respons

### 3.2.1 Holletjes bezetting

Uit de tellingen is gebleken dat in de P behandelde proefvlakken significant meer holletjes geteld werden dan in de controle (Fig. 3.6; Afb. 3.1; negative binomial GLMM:  $p < 0.001$ ; voor test resultaten zie bijlage B). Steenmeel + dolokal additie had geen significant effect op het aantal holletjes ten opzichte van de controle. In de gecombineerde behandeling was het effect van P in April lager dan in de enkel met P behandelde proefvlakken, maar niet significant verschillend van enkel P-behandeling. In Mei werden gemiddeld nagenoeg dezelfde hoeveelheden holletjes geteld in deze behandeling vergeleken met de enkel met P behandelde proefvlakken. Uit deze resultaten is op te maken dat de bezetting van Veldkrekels in de proefvelden dus duidelijk is gestegen als gevolg van de P-additie, maar dat steenmeel + dolokal additie geen effect heeft uitgeoefend op Veldkrekkel bezetting. Deze bezetting is, net als in de controle behandelingen erg laag (gemiddeld 4-6 holletjes per proefvlak).

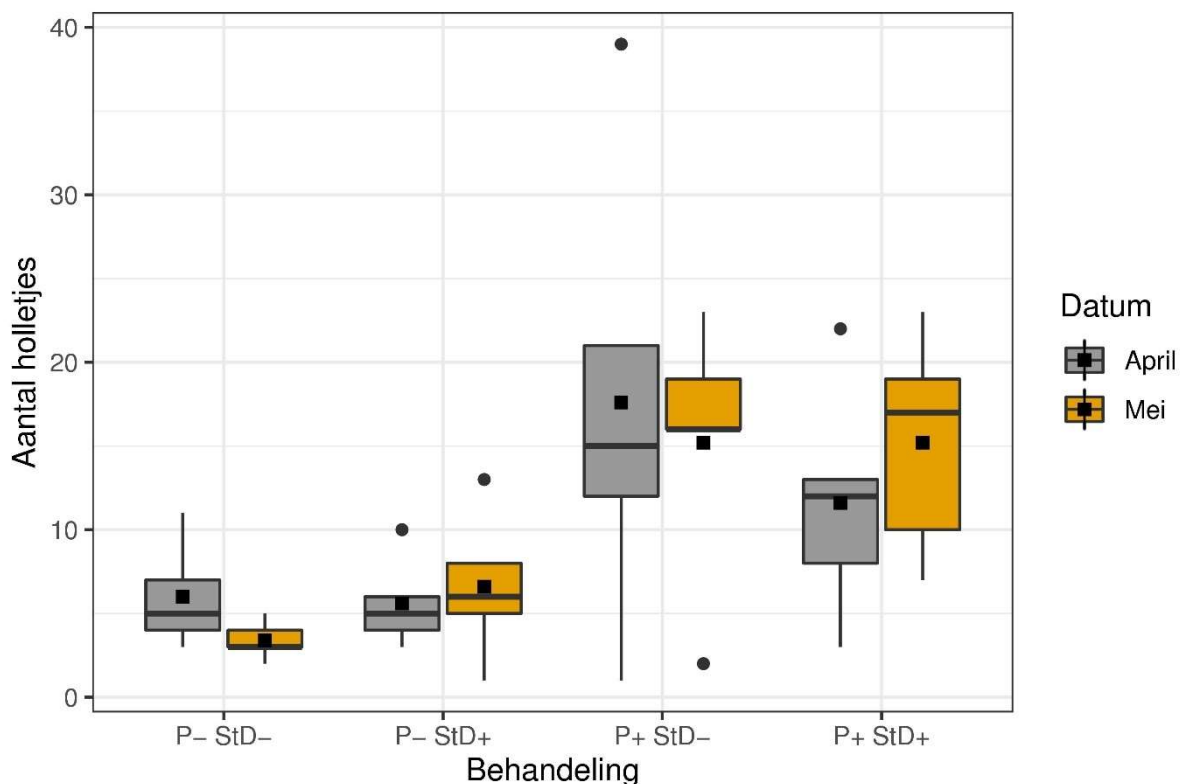


Fig. 3.6 Effect van de behandeling op bezetting van veldkrekels, gemeten door middel van holletjes tellingen in April en Mei. Boxen geven 25 en 75 percentielen weer, whiskers  $1.5 \times$  de interkwartiel range, punten de waarden die buiten deze interkwartiel range liggen. Horizontale balkjes: mediane waarde. Vierkanten: gemiddelde waarde. P+: P (50 Kg/ha) toegevoegd. StD+: eifelgold+ dolokal (10/1 ton/ha) toegediend. P-: geen P toediening. StD-: geen eifelgold + dolokal toediening.



Afb. 3.1 Impressie van krekkel bezetting in een proefblok, elke foto geeft een behandeling weer met alle markeervlaggen geplaatst. Linksboven: controle, rechtsboven: P additie, linksonder: steenmeel + dolokal additie, rechtsonder steenmeel + dolokal + P additie.

### 3.2.2 Experiment I: effect behandelingen op de reproductie van Veldkrekels

#### 3.2.2.1 Voedselkwaliteit

Van het aangeboden voedsel zijn voor dit experiment geen gerepliceerde metingen uitgevoerd, dus verschillen tussen behandelingen zijn niet toetsbaar, en is het dus niet zonder meer mogelijk om met zekerheid te zeggen dat dit een effect van de behandelingen is. Uit het gekoppelde onderzoek naar onder meer bodem- en plantchemie (Verbaarschot et al., 2021) zijn deze metingen echter wel gerepliceerd uitgevoerd en getoetst op significante verschillen. Door deze resultaten samen te nemen zijn de effecten die met zekerheid door de behandelingen zijn veroorzaakt wel te identificeren.

#### C, N en P

De fosfaat toediening had duidelijk een positief effect op het P-gehalte van het voedsel, en dit effect werd ook in het eerdere onderzoek gevonden (Tab. 3.1). C-gehalte was wat lager in de P-StD+ behandeling, N gehalte was hoger in de P+ StD+ behandeling. Dit effect werd echter niet ondersteund door het voorgaande onderzoek. Dit leidde tot een significant lagere N:P verhouding in het voedsel in de P+ behandelingen, van ca 42 naar 27 tot 30. Opvallend is ook dat als gevolg van de StD+ behandeling de C:N verhouding lijkt te zijn gedaald. In het voorgaande onderzoek is dit niet getoetst. Of dit een werkelijk behandeloeffect is, kan dus niet met zekerheid gezegd worden.



Tab. 3.1 Element gehalten en verhoudingen van het voedsel dat aan de krekels is aangeboden in het experiment. In vet gedrukt de elementen waar in de metingen van het voedsel duidelijke verschillen werden gevonden ten opzichte van andere behandelingen. Rood: duidelijk lager, Groen: duidelijk hoger. Metingen zijn tijdens het experiment niet gerepliceerd uitgevoerd. In de tabel is onderstreept waar in het veld, in het voorgaande jaar consistent significante verschillen werden gevonden (gegevens uit Verbaarschot et al., 2021), daar is ook met letters aangegeven hoe deze in die metingen onderling verschilden. Voor een aantal elementen en ratio's waren (sommige gevonden) verschillen gemeten in het voedsel niet gevonden in het genoemde onderzoek. Bij C, K, en Ca werden geen significante verschillen gevonden tussen de groepen. Voor Mn, Zn Mn:Mg en Zn:Mg ratio waren de resultaten voor de P+SmD- behandeling afwijkend, en voor Fe:Mg ratio werd in dit voedselexperiment geen duidelijk effect gevonden, maar in het voorgaande onderzoek wel. Voor S, Si en C:N ratio waren geen toetsresultaten voorhanden uit het voorgaande onderzoek.

Element	P-StD-	P- StD+	P+ StD-	P+ StD+
C (mmol/g)	39.64	35.92	40.00	39.15
N (mmol/g)	0.64	0.69	0.67	0.75
P (µmol/g)	14.93 <sup>a</sup>	16.09 <sup>a</sup>	25.45 <sup>b</sup>	24.87 <sup>b</sup>
K (µmol/g)	79.76	71.95	78.70	76.60
S (µmol/g)	33.68	32.72	37.36	35.57
Al (µmol/g)	6.44	7.88	9.31	8.72
Ca (µmol/g)	84.61	86.86	91.21	77.33
Fe (µmol/g)	3.38	3.74	4.31	3.74
Mg (µmol/g)	38.51 <sup>a</sup>	46.08 <sup>c</sup>	39.94 <sup>b</sup>	46.46 <sup>c</sup>
Mn (µmol/g)	1.28 <sup>a</sup>	0.59 <sup>b</sup>	2.34 <sup>a</sup>	0.73 <sup>b</sup>
Na (µmol/g)	15.70	18.08	15.88	16.30
Si (µmol/g)	12.17	11.93	13.62	13.85
Zn (µmol/g)	1.02 <sup>a</sup>	0.75 <sup>b</sup>	1.01 <sup>b</sup>	0.73 <sup>b</sup>
C:N ratio (molair)	62.40	51.88	59.61	52.24
N:P ratio (molair)	42.55 <sup>a</sup>	41.71 <sup>a/c</sup>	27.21 <sup>b</sup>	30.14 <sup>b</sup>
Mn:Mg ratio (molair)	0.03 <sup>a</sup>	0.01 <sup>b</sup>	0.06 <sup>a</sup>	0.02 <sup>b</sup>
Fe:Mg ratio (molair)	0.09 <sup>a</sup>	0.08 <sup>b</sup>	0.11 <sup>b</sup>	0.08 <sup>b</sup>
Zn:Mg ratio (molair)	0.03 <sup>a</sup>	0.02 <sup>b</sup>	0.03 <sup>b</sup>	0.02 <sup>b</sup>

### Overige elementen

de StD + behandeling leidde tot een toename van Mg in de plant, en tot een afname van de Mn en Zn gehalten (Tab. 3.1). Bijgevolg veranderde de Mn:Mg ratio en de Zn:Mg ratio ook duidelijk, en deze effecten werden ook waargenomen in het voorgaande onderzoek. De Fe gehalten van het voedsel verschilden niet duidelijk tussen de behandelingen en de Fe:Mg ratio's bijgevolg ook niet. Deze verhouding was in het voorgaande onderzoek echter wel significant lager in de enkele of gecombineerde P+ / SmD+ behandelingen.

In de P+ SmD- behandeling was het Mn gehalte van het voedsel duidelijk hoger dan in de andere behandelingen. Dit verschil werd in het voorgaande onderzoek echter niet gevonden. In het experiment leidde dit tot een tweemaal hogere Mn:Mg ratio in de P+ SmD- behandeling ten opzichte van de P- SmD- behandeling, en tot een anderhalf tot driemaal lagere verhouding in de SmD+ behandeling ten opzichte van de P- SmD- behandeling. Voor de Zn:Mg verhouding leidde de SmD + behandeling tot een anderhalf keer lagere verhouding. In relatieve zin is de verschuiving in elementgehalten en/of ratio's dus het sterkst bij Mn opgetreden. Deze

verschuivingen zijn min of meer in lijn met eerder uitgevoerd onderzoek naar de effecten van P toediening en bekalking na plaggen op reproductie van veldkrekels in een experiment op de Veluwe (Vogels et al., 2021b), met vergelijkbare verhoudingen in zowel controle als bekalkingsbehandelingen. De enkele P+ behandeling heeft in het huidige experiment echter geleid tot een duidelijk hogere Mn gehalte van het voedsel, en bijgevolg hogere Mn:Mg verhouding; in het eerder uitgevoerde voedselexperiment was deze verhouding juist lager. De SmD+ behandelingen leidden tot erg vergelijkbare verschuivingen in de Mn:Mg ratio.

### 3.2.2.2 Gewichtsonwikkeling

Bij de start van het experiment waren de verse volwassen krekels in de P- behandelingen gemiddeld iets zwaarder dan de P+ behandelingen, maar dit verschil was niet significant (Fig. 3.7, Bijlage C). Na twee weken op experimenteel voedsel te hebben geleefd was het gewicht van de meeste krekels toegenomen, en was het gemiddelde gewicht van de P+ behandelingen gelijk of iets hoger dan in de P- behandelingen. De gewichtstoename in de SmD+ behandelingen bleef wat achter ten opzichte van de SmD- behandelingen, maar dit verschil was slechts near-significant (Fig. 3.7, Bijlage C:  $p=0.09$ ).

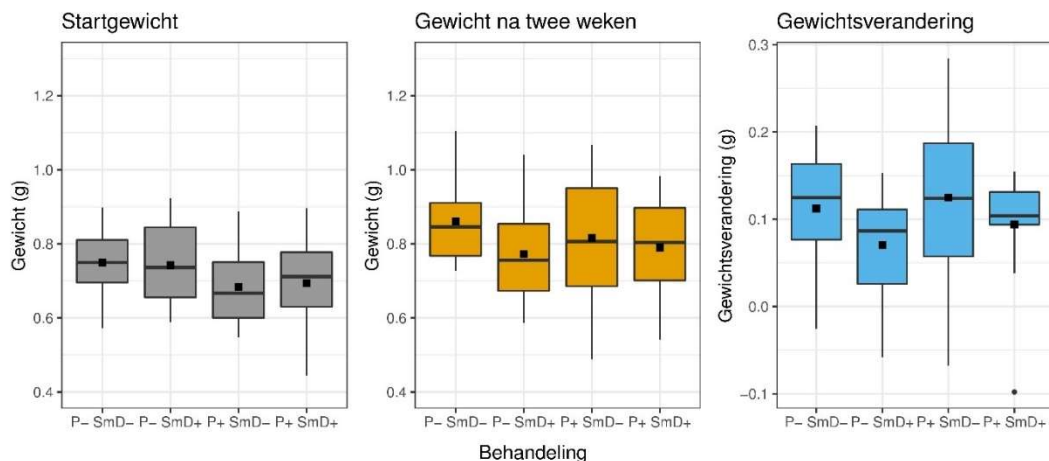


Fig. 3.7 Effect van de voedselbehandelingen op gewicht van veldkrekels in het voedselexperiment. Voor uitleg van de box-plots en behandelcodes, zie Fig. 3.6. Links: gewicht van Veldkrekels bij aanvang van het experiment. Midden: gewicht na 2 weken op experimenteel voedsel te hebben geleefd. Rechts: gewichtsverandering in de eerste twee weken.

### 3.2.2.3 Voedsel en element inname

De hoeveelheid gegeten voedsel tijdens de eerste 14 dagen van het experiment en over de gehele levensduur van de Veldkrekels is weergegeven in Fig. 3.8. Deze is zowel in absolute hoeveelheden als in inname per dag uitgedrukt, aangezien de levensduur van Veldkrekels over het gehele experiment sterk kon verschillen. Voor de vergelijkbaarheid is de voedselinname over 14 dagen eveneens ook in inname per dag uitgedrukt, maar dit resultaat was per definitie niet wezenlijk anders dan de totaal inname. De voedselinname was na 14 dagen gemiddeld wat lager in de P-SmD+ behandeling, maar dit verschilde niet significant van de andere behandelingen (Bijlage D). Over de gehele levensduur was de dagelijkse voedselinname van de P-SmD+ behandeling eveneens lager, maar dit verschil was enkel near significant (Bijlage D:  $p=0.07$ ).

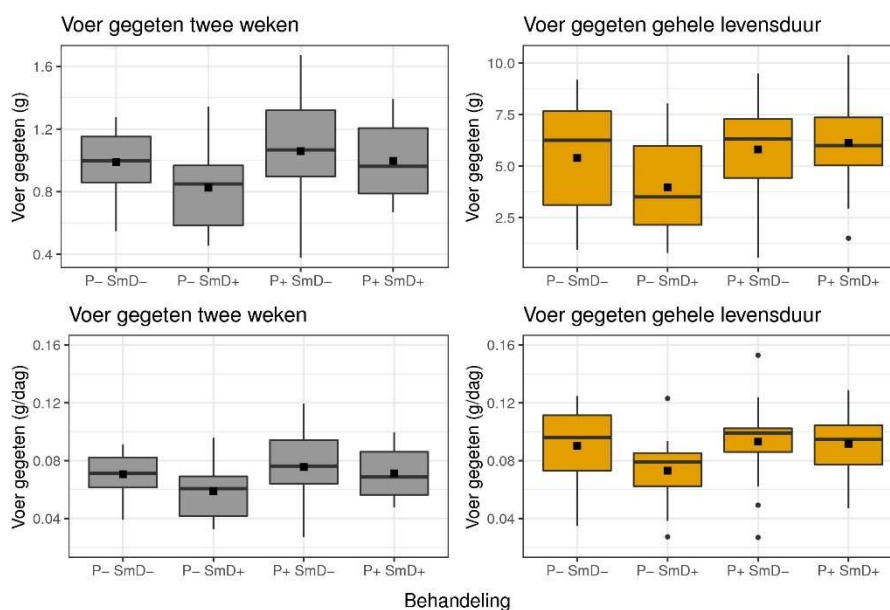


Fig. 3.8 Effect van de behandelingen op de voedselinname van veldkrekels in het voedselexperiment. Voor uitleg van de box-plots en behandelcodes, zie Fig. 3.6. Figuren boven: voedsel uitgedrukt in grammen gegeten voedsel. Figuren onder: inname uitgedrukt in gram gegeten voedsel per dag. Figuren links: voedselinname na twee weken. Figuren rechts: voedsel inname over de gehele levensduur.

Als gevolg van verschillen in de elementaire samenstelling van het voedsel, en in mindere mate door verschillen in de (totale) hoeveelheid geconsumeerd voedsel verschilde de totale en dagelijkse inname van elementen door de krekels tussen de behandelingen (Tab. 3.2, Fig. 3.9, Fig. 3.10, Bijlage E, Bijlage F). Opvallend is dat een significant effect van de totale en/of dagelijkse inname van elementen als gevolg van de P+ behandeling steeds hoger was dan de controle, en als gevolg van de SmD+ behandeling steeds lager was dan de controle (Tab. 3.2, Fig. 3.9, Fig. 3.10).

Tab. 3.2 Overzicht van significante effecten van voedselbehandelingen op totaal en dagelijkse element inname ( $\mu\text{mol}$  resp.  $\mu\text{mol}/\text{dag}$ ) door Veldkrekels. = : geen significant effect.,  $\uparrow$  en  $\downarrow$  : significante toe/afname. ( $\downarrow$ ), ( $\uparrow$ ) : near significante toe/afname. \*:  $p < 0.05$ ; \*\*:  $p < 0.01$ ; \*\*\*:  $p < 0.001$ . Voor de gecombineerde behandeling P + SmD+ is aangegeven of er significante interactie tussen beide behandelingen optrad. Een significant effect betekent daar dat het effect voor de gecombineerde behandeling anders is dan voor de enkele behandeling (P+ of SmD+). Voor een overzicht van de gebruikte toetsen en toets resultaten, zie bijlage E.

Element inname	P+	SmD+	P+ x SmD+	Element inname	P+	SmD+	P+ x SmD+
Totaal C	=	=	=	Totaal Ca	( $\uparrow$ )	( $\downarrow$ )	=
Dagelijks C	=	( $\downarrow$ )	( $\uparrow$ )	Dagelijks Ca	=	$\downarrow^*$	=
Totaal N	$\uparrow^{**}$	=	=	Totaal Mn	$\uparrow^{***}$	$\downarrow^{***}$	=
Dagelijks N	$\uparrow^{**}$	=	=	Dagelijks Mn	$\uparrow^{***}$	$\downarrow^{***}$	=
Totaal P	$\uparrow^{***}$	=	=	Totaal Zn	=	$\downarrow^{***}$	=
Dagelijks P	$\uparrow^{***}$	=	=	Dagelijks Zn	=	$\downarrow^{***}$	=
Totaal K	=	( $\downarrow$ )	=	Totaal Fe	$\uparrow^{**}$	=	=
Dagelijks K	=	$\downarrow^*$	=	Dagelijks Fe	$\uparrow^{**}$	( $\downarrow$ )	=
Totaal Mg	$\uparrow^*$	=	=	Totaal Al	$\uparrow^{***}$	=	=
Dagelijks Mg	( $\uparrow$ )	=	=	Dagelijks Al	$\uparrow^{***}$	=	=

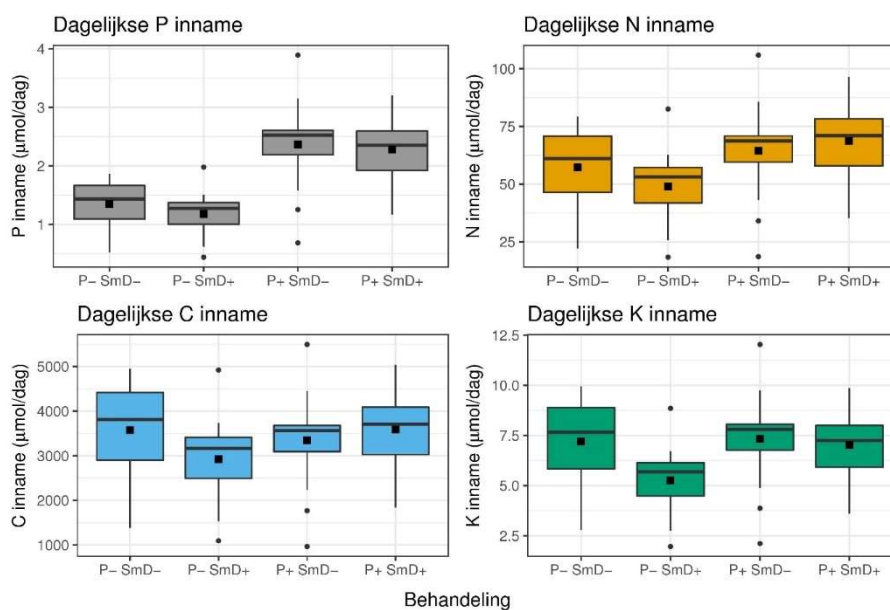


Fig. 3.9 Op levensduur gecorrigeerde totaal inname van elementen (P, N, C en K) door Veldkrekels in het experiment uitgesplitst per behandeling. Voor uitleg van de box-plots en behandelcodes, zie Fig. 3.6.

De sterkste significante verschillen in element inname werden gevonden voor P (Fig. 3.9), deze nam in de P+ behandelingen met bijna 80% toe ten opzichte van de controle behandelingen. Een tweede zeer sterke verschuiving in element inname ten opzichte van controle behandeling was waarneembaar bij Mn (Fig. 3.10). Deze nam toe in de P+ behandeling, maar juist sterk af in de SmD+ behandeling. Voor Zn werd een sterke afname van de inname geconstateerd bij de SmD+ behandelingen ten opzichte van de controle, maar geen toename in de P+ behandelingen (Fig. 3.10). Dit effect werd eveneens voor Ca gevonden, maar hier was de relatieve afname minder sterk. Opvallend was tenslotte een toename van de Fe en Al inname in de P+ behandelingen, een gevolg van hogere gehalten van deze elementen in het voedsel (Tab. 3.1).

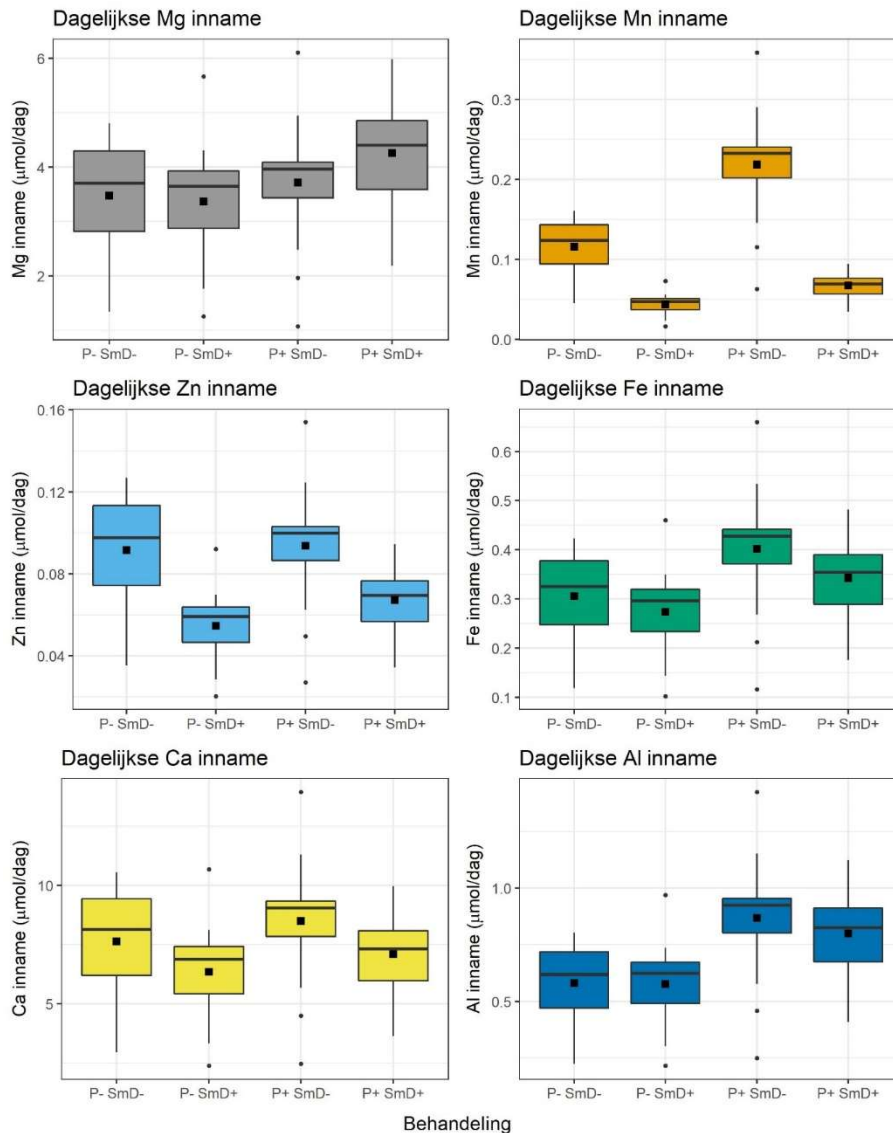


Fig. 3.10 Op levensduur gecorrigeerde totaal inname van elementen (Mg, Mn, Zn, Fe, Ca en Al) door Veldkrekels in het experiment uitgesplitst per behandeling. Voor uitleg van de box-plots en behandelcodes, zie Fig. 3.6.

### 3.2.2.4 Reproductie

De totale reproductie in de controle behandeling P-SmD- was doorgaans laag met gemiddeld ca 25 tot iets meer dan 50 eieren/nimfen, maar werd in de P-SmD+ behandeling nog lager met gemiddeld ca 13 nakomelingen. In deze behandelingen kwam een groot deel van de individuen niet tot reproductie: 7 van totaal 14 individuen had geen enkele nakomeling voortgebracht. In de controle behandeling was dit bij 4 van de 14 individuen het geval, in de P+SmD- behandeling bij 2 van de 15 individuen en in de P+SmD+ behandeling bij 3 van de 15 individuen. Voor de P+SmD- behandeling tenslotte is een opvallend grote spreiding in de reproductie gevonden, met in totaal 5 individuen die ruim meer dan 100 eieren/nimfen produceerden, maar ook 3 individuen die minder dan 10 nakomelingen produceerden. Afgezien van de P+SmD- behandeling bleken vrouwtjes die een mannetje (gedeeltelijk) hadden opgegeten een gemiddeld hogere reproductie te behalen ten opzichte van de vrouwtjes die dit niet hadden gedaan (Fig. 3.11).

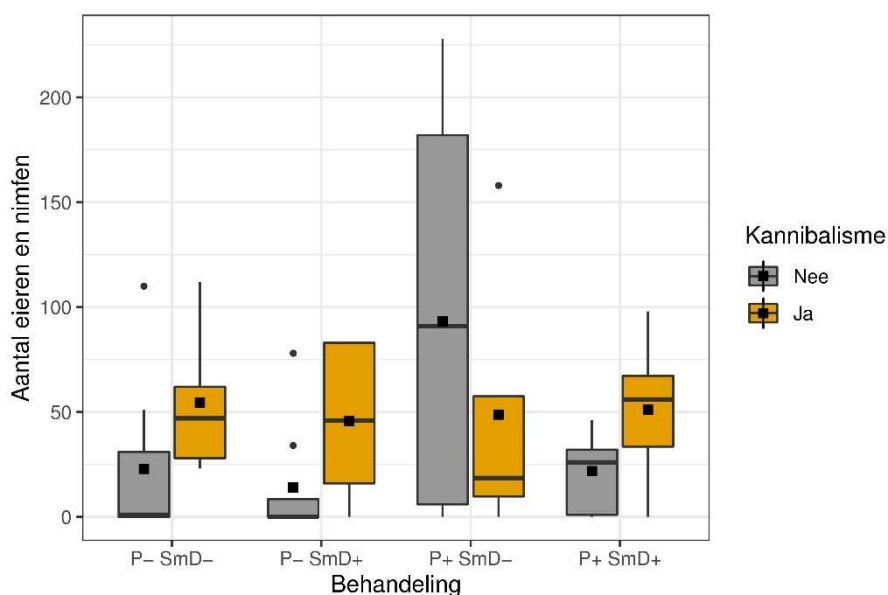


Fig. 3.11 Reproductie (gelegde eieren en uit eieren uitgeslopen nimfen) van Veldkrekels in het voedselexperiment. Reproductie is uitgesplitst over vrouwtjes wel of geen kannibalistisch gedrag hadden vertoond tijdens het voedselexperiment. Voor uitleg van de box-plots en behandelcodes, zie Fig. 3.6.

Effecten van de behandelingen zijn op verschillende manieren getoetst: allereerst door middel van een interactie model waarbij kannibalisme als interactie met de behandeling werd meegenomen in het model. Daarnaast zijn modellen met weglating van de kannibalistische vrouwtjes uitgevoerd, en zijn de effecten op alleen de kannibalistische vrouwtjes getoetst op significante behandel-effecten. In zowel het interactie model als het model met weglating van kannibalistische vrouwtjes was een significant positief effect van P-additie en een significant negatief effect van SmD+ additie op de totale reproductie gevonden (Bijlage G: quasipoisson GLM; interactie model: P+:  $t=2.488$ ,  $p=0.016$ , SmD+:  $t=-2.544$ ,  $p=0.014$ ; model exclusief kannibalisme: P+:  $t=2.317$ ,  $p=0.027$ , SmD+:  $t=-2.370$ ,  $p=0.024$ ). Er was geen significant verschil van behandelingen op de reproductie van de kannibalistische vrouwtjes gevonden (quasipoisson GLM: P+:  $t=0.0027$ ,  $p=0.98$ ; SmD+:  $t=-0.167$ ,  $p=0.87$ ). Kannibalisme lijkt de voedsel-effecten dus te mitigeren. Opvallend is hier wel dat de reproductie van de kannibalistische vrouwtjes in de P+SmD- behandeling juist lager is dan bij de niet kannibalistische vrouwtjes bij dezelfde behandeling.

### 3.2.3 Experiment II: effect van behandeling op nutriëntgehalten veldkrekels

#### 3.2.3.1 Gewichtsontwikkeling

In het tweede experiment bleek het gewicht van de krekels bij de start niet evenwichtig verdeeld te zijn (Fig. 3.12; Bijlage H). Vrouwtjes veldkrekels die in de P+SmD- behandeling waren ingedeeld bleken bij aanvang gemiddeld zwaarder te zijn dan de controle, maar dit verschil was enkel near-significant (LM: P+:  $t=0.198$ ,  $p=0.063$ ). Na 14 dagen op het experimentele voedsel te hebben geleefd bleken individuen in deze behandeling echter significant zwaarder te zijn dan de controle (LM: P+:  $t=2.628$ ,  $p=0.017$ ). In de gecombineerde P+SmD+ behandeling bleef het gewicht juist achter, maar deze interactie was enkel near significant ( $t=-1.841$ ,  $p=0.082$ ). Afgemeten als gewichtsverandering over 14 dagen was de gewichtstoename in de P+SmD- behandeling near significant hoger dan de controle (LM:  $t=2.076$ ,  $p=0.053$ ). Er zijn dus

aanwijzingen voor een sterkere gewichtstoename in de P+ behandelingen, maar enkel wanneer er geen voedsel uit de SmD+ behandelingen werd gevoerd.

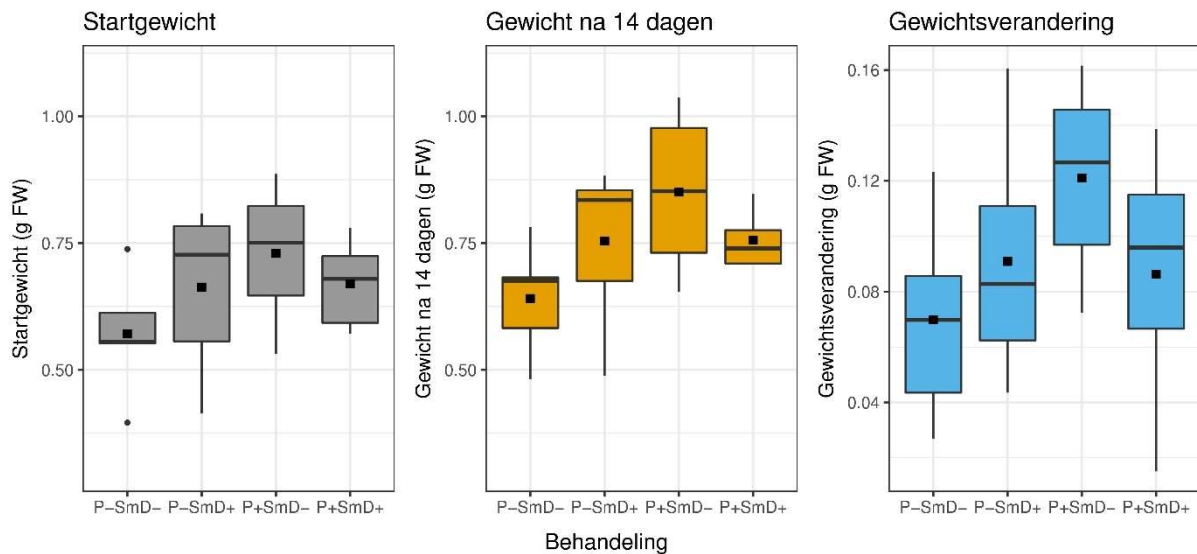


Fig. 3.12 Effect van de voedselbehandelingen op versgewicht van veldkrekels in het aanvullende voedselexperiment. Links: gewicht van Veldkrekels bij aanvang van het experiment. Midden: gewicht na 2 weken op experimenteel voedsel te hebben geleefd. Rechts: gewichtsverandering in de eerste twee weken. Voor uitleg van de box-plots en behandelcodes, zie Fig. 3.6.

### 3.2.3.2 Effect van behandelingen op N, P en N:P ratio van krekels

Het N-gehalte van de krekels was wat lager in de enkele P+ en SmD+ behandeling ten opzichte van de controle, maar juist niet in de gecombineerde behandeling P+SmD+ (Fig. 3.13A). De effecten van de losse behandelingen waren niet significant, maar de interactie tussen deze twee was wel significant (bijlage I:  $t=2.23$ ,  $p=0.039$ ). Dit is hier te interpreteren als een omgekeerde trend ten opzichte van de gemiddeld wat lagere N-gehalten in de losse behandelingen; deze zou in een additief model immers nog lager moeten uitvallen in de gecombineerde behandeling. Voor P was geen significante interactie tussen de behandelingen gevonden. P-gehalte van krekels was significant verhoogd in de P+ behandelingen ten opzichte van de P-behandelingen (Fig. 3.13B, Bijlage I:  $t=3.57$ ,  $p=0.002$ ). Samen leidde dit tot een significant verlaagde N:P ratio in krekels als gevolg van de P+ behandeling (Fig. 3.13C, Bijlage I,  $t=-3.23$ ,  $p=0.004$ ). SmD+ behandeling had hier geen significant effect noch een interactie-effect op N:P ratio van krekels. In de P behandelingen was de N:P ratio 25.8 en 26.2 en ligt daar dicht bij het gemiddelde voor terrestrische ongewervelden (Elser et al., 2000a). In de P- behandelingen was dit 30.6 resp. 28.4. Er was geen significant verband tussen totaal inname van N van de krekels en N-gehalte (Fig. 3.13D, Bijlage J:  $t=-0.99$ ,  $p=0.33$ ,  $R^2=0.05$ ). Voor P inname en P in de krekels bestond wel een significant positief verband (Fig. 3.13E, Bijlage J:  $t=17.73$ ,  $p<0.001$ ,  $R^2=0.18$ ). Ook was er een duidelijk significant positief verband gevonden voor de N:P ratio van het voedsel en dat van de krekels (Fig. 3.13F, Bijlage J:  $t=3.29$ ,  $p=0.004$ ,  $R^2=0.32$ ).

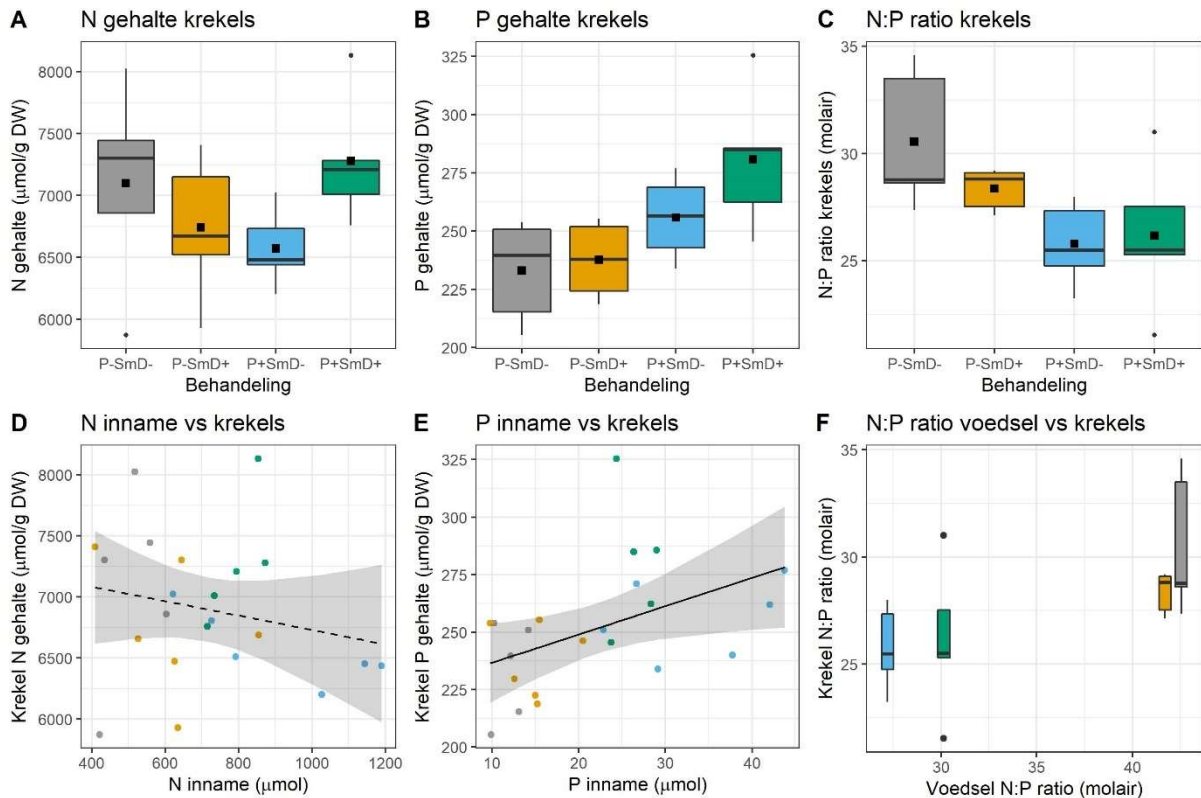


Fig. 3.13 Effect van behandelingen op krekels N en P-gehalte, N:P ratio en relatie tussen element inname en element gehalte en element ratio. Figuur A, B, C: N en P-gehalte en N:P ratio van krekels onder verschillende behandelingen. Figuur D, E: relatie tussen N en P inname en N en P-gehalte van krekels. Figuur F: relatie tussen voedsel N:P ratio en krekels N:P ratio. Voor uitleg van de box-plots en behandelcodes zie Fig. 3.6. In figuur D en E zijn significante relaties met vaste lijnen weergegeven, niet significante relaties met stippellijnen. Grijs gearceerd gebied geeft het 95% betrouwbaarheidsinterval weer van de regressie. Kleuren van de punten corresponderen met de behandelingen in figuur A-C.

### 3.2.3.3 Effect van behandelingen op Mn, Mg en Mn:Mg ratio van krekels

Het Mn gehalte in krekels werd zeer sterk beïnvloed door zowel de P+ als de SmD+ behandelingen. Deze was significant hoger in de P+ behandelingen en significant lager in de SmD+ behandelingen (Fig. 3.14A, Bijlage I: P+:  $t=5.62$ ,  $p<0.001$ ; SmD+:  $t=-3.33$ ,  $P=0.004$ ). In de P+SmD- behandeling was het Mn gehalte ongeveer anderhalf zo hoog dan in de P-SmD- behandeling, in de SmD+ behandeling was deze ca 1.25 keer zo laag. In de gecombineerde behandeling was het Mn gehalte duidelijk lager dan in de P+SmD- behandeling. Het Mg gehalte van krekels werd alleen significant beïnvloed door de P+ behandeling (Fig. 3.14B; Bijlage I; P+:  $t=3.44$ ,  $p=0.003$ ), al was deze gemiddeld nog wel wat hoger in de gecombineerde behandeling. Bijgevolg veranderde de Mn:Mg ratio in veldkrekels ook sterk als gevolg van de voedselbehandelingen; deze was significant verhoogd in de krekels die voedsel ontvingen uit P+ behandeling, en significant verlaagd uit de SmD+ behandelingen (Fig. 3.14C, Bijlage I: P+:  $t=4.64$ ,  $p<0.001$ ; SmD+:  $t=-4.34$ ,  $p<0.001$ ). Er bleek een sterk verband te bestaan tussen de totale Mn inname en Mn gehalte van de krekels (Fig. 3.14D; Bijlage J:  $t=6.71$ ,  $p<0.001$ ;  $R^2=0.68$ ). Ook voor Mg was een significant positief verband tussen Mg inname en Mg gehalte waarneembaar, maar dit verband was minder sterk (Fig. 3.14E; Bijlage J:  $t=2.15$ ,  $p=0.044$ ,  $R^2=0.15$ ). In Fig. 3.14D is ook duidelijk te zien dat de Mn inname sterk door de behandelingen wordt beïnvloed, met hoge inname in de P+SmD+ behandelingen, en laagste inname bij de P-



SmD+ behandelingen. Bij Mg liggen deze inname waarden meer door elkaar heen. Tenslotte werd ook een significant verband tussen voedsel Mn:Mg ratio en krekels Mn:Mg ratio gevonden (Fig. 3.14F; Bijlage J:  $t=5.57$ ,  $p<0.001$ ,  $R^2=0.59$ ).

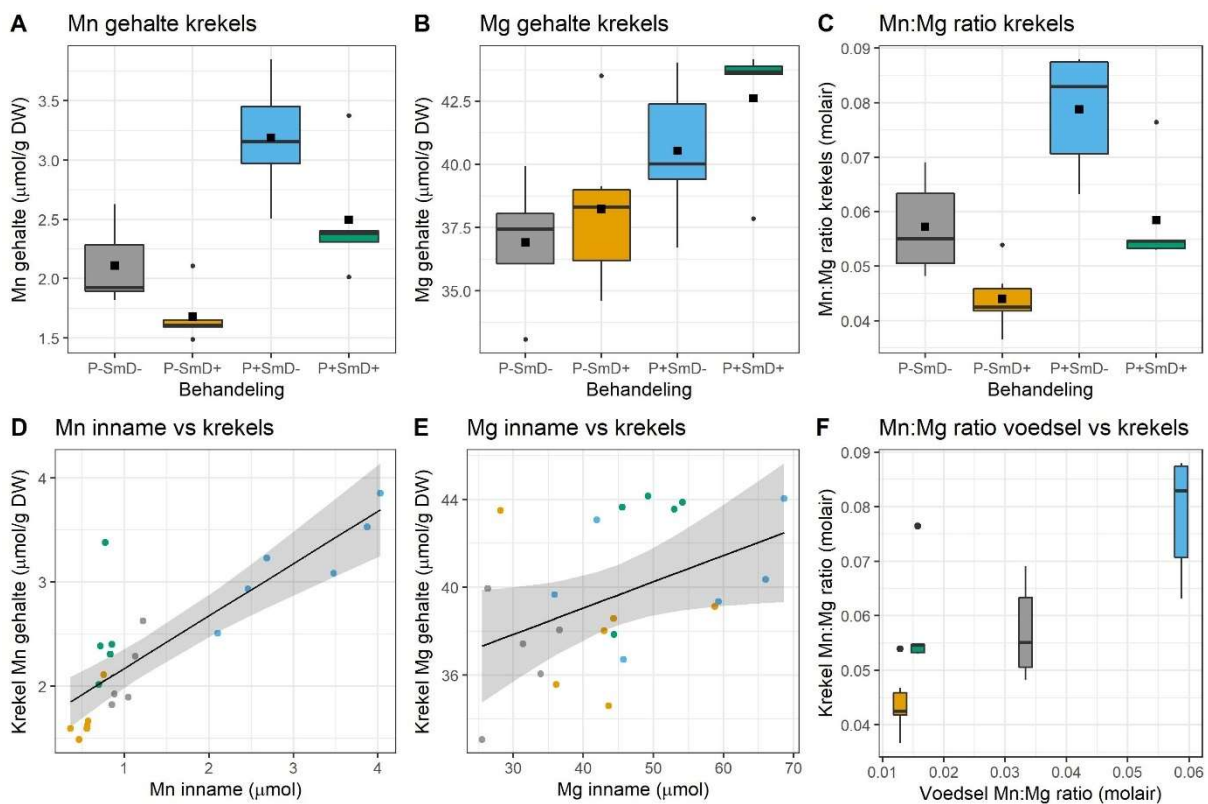


Fig. 3.14 Effect van behandelingen op krekels Mn en Mg gehalte, Mn:Mg ratio en relatie tussen element inname en element gehalte en element ratio. Figuur A, B, C: Mn en Mg gehalte en Mn:Mg ratio van krekels onder verschillende behandelingen. Figuur D, E: relatie tussen Mn en Mg inname en Mn en Mg gehalte van krekels. Figuur F: relatie tussen voedsel Mn:Mg ratio en krekels Mn:Mg ratio. Voor uitleg van de box-plots en behandelcodes zie Fig. 3.6. Voor uitleg van de regressies en kleuren van de punten in figuur D en E zie Fig. 3.13.

#### 3.2.3.4 Effect van behandelingen op Fe en Fe:Mg ratio van krekels

Het Fe gehalte werd niet significant beïnvloed door de voedselbehandelingen (Fig. 3.15A, Bijlage I), al was deze in de P+SmD- behandeling gemiddeld wat lager. Voor de P+ behandelingen werd een trend gevonden voor een lagere Fe:Mg verhouding (Fig. 3.15C, Bijlage I:  $t=-2.012$ ,  $p=0.059$ ), maar dit (bescheiden) effect is vooral een gevolg van de hier hogere Mg gehalten (Fig. 3.15B, Bijlage I, zie ook par. 3.2.3.3). Er werd geen significant verband gevonden tussen de Fe inname en Fe gehalte in de krekels (Fig. 3.15D, Bijlage J:  $t=0.46$ ,  $p=0.65$ ,  $R^2=0.01$ ), en evenmin tussen de Fe:Mg ratio van het voedsel en dat in de krekels (Fig. 3.15F, Bijlage J:  $t=-0.96$ ,  $p=0.35$ ,  $R^2=0.02$ ).

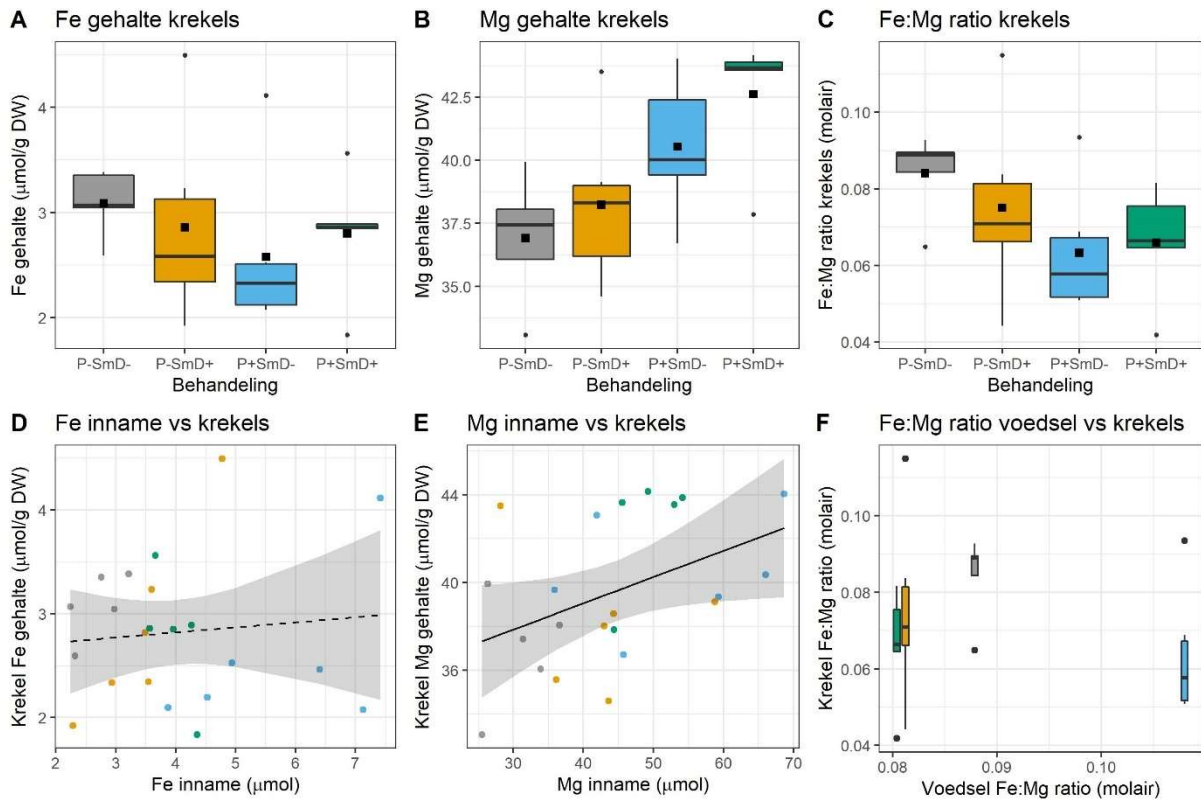


Fig. 3.15 Effect van behandelingen op krekkel Fe en Mg gehalte, Fe:Mg ratio en relatie tussen element inname en element gehalte en element ratio. Figuur A, B, C: Fe en Mg gehalte en Fe:Mg ratio van krekels onder verschillende behandelingen. Figuur D, E: relatie tussen Fe en Mg inname en Fe en Mg gehalte van krekels. Figuur F: relatie tussen voedsel Fe:Mg ratio en krekkel Fe:Mg ratio. Voor uitleg van de box-plots en behandelcodes zie Fig. 3.6. Voor uitleg van de regressies en kleuren van de punten in figuur D en E zie Fig. 3.13.

### 3.2.3.5 Effect van behandelingen op Zn, Mg en Zn:Mg ratio van krekels

Het Zn gehalte van krekels was significant lager in de P+ voedselbehandelingen (Fig. 3.16A, Bijlage I:  $t=-2.92$ ,  $p=0.0089$ ). De P+ behandelingen leidden ook tot een significant lagere Zn:Mg verhouding (Fig. 3.16C, Bijlage I:  $t=-4.223$ ,  $p<0.001$ ), een effect dat versterkt wordt door de in deze behandeling hogere Mg gehalten (Fig. 3.16B, Bijlage I, zie ook par. 3.2.3.3). Er werd echter geen significant verband gevonden tussen de Zn inname en Zn gehalte in de krekels (Fig. 3.16D, Bijlage J:  $t=-1.297$ ,  $p=0.21$ ,  $R^2=0.08$ ), en ook was er geen verband tussen de Zn:Mg ratio van het voedsel en dat in de krekels (Fig. 3.16F, Bijlage J:  $t=0.391$ ,  $p=0.70$ ,  $R^2=0.01$ ).

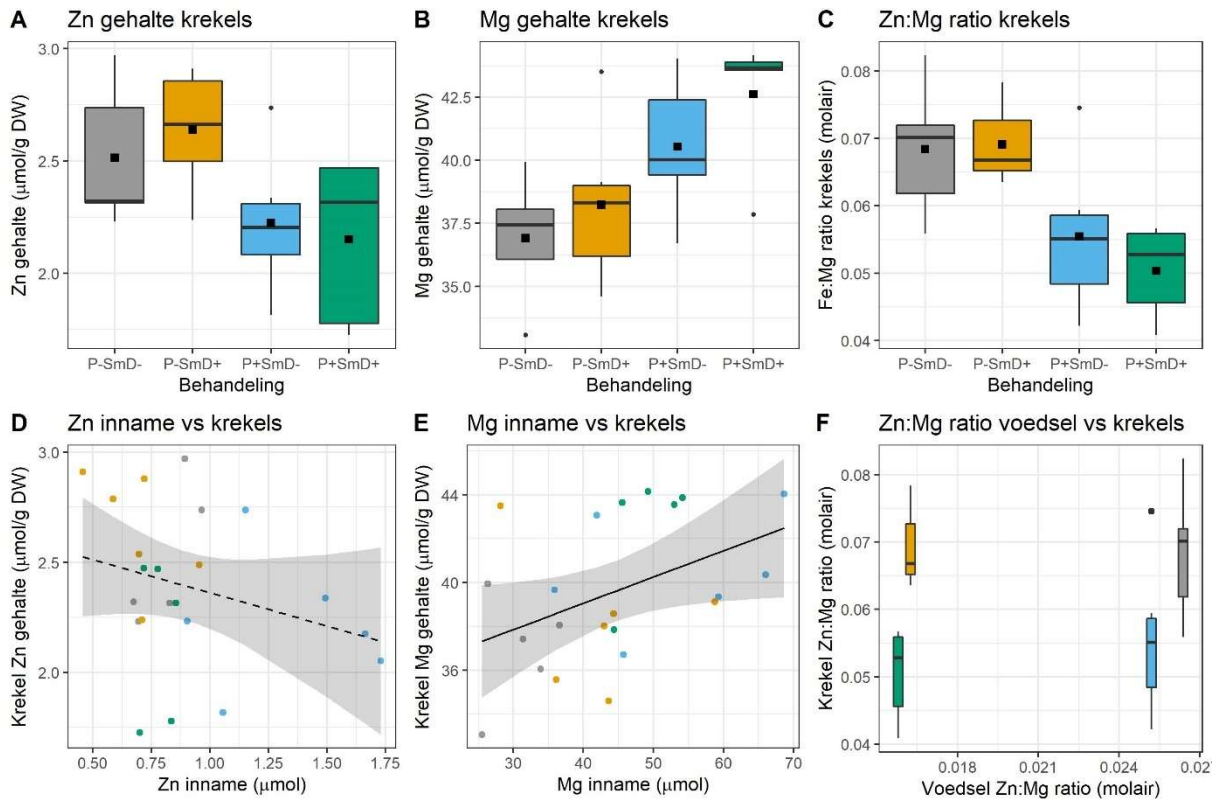


Fig. 3.16 Effect van behandelingen op krekkel Zn en Mg gehalte, Zn:Mg ratio en relatie tussen element inname en element gehalte en element ratio. Figuur A, B, C: Zn en Mg gehalte en Zn:Mg ratio van krekels onder verschillende behandelingen. Figuur D, E: relatie tussen Mn en Mg inname en Zn en Mg gehalte van krekels. Figuur F: relatie tussen voedsel Zn:Mg ratio en krekkel Zn:Mg ratio. Voor uitleg van de box-plots en behandelcodes zie Fig. 3.6. Voor uitleg van de regressies en kleuren van de punten in figuur D en E zie Fig. 3.13.

# 4 Discussie en conclusies

## 4.1 Bodemmesofauna respons

De bodemmesofauna laat in de eerste jaren een duidelijke indicatie van een versnelling van de bacteriële afbraak van organische stof zien over alle behandelingen, waarschijnlijk mede veroorzaakt door het droogtejaar van 2018, en verder gestimuleerd door de temperatuurstijging in de bodem vanwege de lage vegetatie (gemaaid eind 2017). In deze versnelde decompositie is een duidelijk effect waarneembaar van toegevoegd fosfaat, een duidelijke indicatie dat er sprake is van P-limitatie (zie ook Siepel et al. 2018). Het fosfaateffect blijkt ook op lagere termijn te blijven bestaan, wat is te zien uit de afbraakstimulerende groepen onder de microarthropoden in de latere bemonstering (2021). Toevoegen van steenmeel + dolokal blijkt voor beide jaren een negatief effect te hebben op het totaalaantal, en dit effect is vooral veroorzaakt door een sterke afname van de herbivore en omnivoren in deze behandelingen. Fungivoren laten echter een toename zien, maar alleen over de langere termijn. De voor de decompositie belangrijke fungivore grazers laten evenwel alleen een toename zien in de P behandelde proefvlakken, en een afname in de steenmeel+dolokal behandelde proefvlakken. Mogelijke oorzaken zijn een te snelle schok in pH of basenverzadiging, of door een versterkte vastlegging van fosfaat door overmaat van kalk uit het dolokal (Siepel et al. 2019). Toevoeging van fosfaat blijkt in het P-gelimiteerde systeem, dat de heide is geworden juist een positief effect te hebben op de strooiselafbraak op de langere termijn. De combinatie van P en steenmeel/dolokal heeft een intermediair effect; de negatieve effecten van steenmeel + dolokal worden ondervangen en dankzij de P-toevoeging blijft ook op langere termijn een positieve werking op de strooiselafbraak waarneembaar. Dit effect is in grote lijnen in overeenstemming met de respons van macrofungi: in het voorafgaand project (Verbaarschot et al., 2021) is de respons ervan gemonitord en bleek een remmend effect van de enkele steenmeel + dolokal behandeling op te treden, en een toename van (afbraak indicerende) macrofungi in de met P behandelde proefvlakken.

## 4.2 Veldkrekkel respons

### 4.2.1 Effect van behandelingen op bezetting in veldexperiment

De bezetting van Veldkrekels was duidelijk hoger in de plots die een P-toediening hadden gekregen: deze verdubbelde ten opzichte van de proefvlakken zonder P-toediening. Dit effect is een bevestiging van de ook in voorgaand onderzoek met gegevens ondersteunde hypothese dat in geplagde droge heide een versterking van P-limitatie optreedt bij hogere trofische niveaus (Vogels et al., 2016, Vogels et al., 2017, Siepel et al., 2018, Verbaarschot et al., 2021, Vogels et al., 2021a, Vogels et al., 2021b). Steenmeel + dolokal toediening had in het veld echter geen significant effect op de holletjes bezetting. Deze was echter in zowel de controle als de steenmeel + dolokal behandeling erg laag, met gemiddeld 4-7 bezette holletjes, wat het lastig maakt om verschillen in bezetting nog aan te kunnen tonen. In de gecombineerde behandelingen was de holletjes bezetting in de eerste meting wat lager dan in de enkel met P-toediening behandelde proefvlakken, maar dit verschil was niet significant. We zien de duidelijke toename van krekholletjes in de P bemeste proefvlakken dus als een aanvullende ondersteuning voor de hypothese dat versterkte P-limitatie voor fauna optreedt als gevolg van

plagbeheer. Gezien de algeheel lage bezetting van de controle behandelingen worden conclusies over de afwezigheid van een significant negatief effect van steenmeel + dolokal toediening op krekholletjes met wat meer voorzichtigheid bejegend. Steenmeel + dolokal toediening leidt in ieder geval niet tot het sterk afnemen of verdwijnen van veldkrekels in droge heide, maar het leidt zeker ook niet tot een verbetering van de habitatkwaliteit.

#### 4.2.2 Effect van behandelingen op voedselkwaliteit, groei en reproductie

De resultaten van de Velkrekkel kweekproef zijn grotendeels in lijn met de eerder uitgevoerde kweekproef met voedsel uit een vergelijkbaar opgezet experiment in het Nationale Park de Hoge Veluwe (Vogels et al., 2016, Vogels et al., 2021b). Krekels die voedsel aangeboden kregen uit plots waar P additie was toegepast produceerden meer eitjes en/of nakomelingen dan krekels die voedsel ontvingen uit plots waar deze behandeling niet was uitgevoerd. De P-behandeling leidde tot een verlaging van de N:P ratio van ca 42 naar 27-30. Uit eerder onderzoek blijkt dat een N:P verhouding van 27 nagenoeg gelijk is aan die van terrestrische ongewervelden (Elser et al., 2000a), en dat voedsel met een N:P verhouding van meer dan 40 leidt tot een duidelijk verminderde reproductie bij veldkrekels (Vogels et al., 2021b). Als gevolg van de P behandeling was de C:N ratio van het voedsel ook lager, dus dit zou in theorie ook kunnen leiden tot een hogere reproductie. Uit het tweede experiment werd echter geen verband gevonden tussen N inname en N-gehalte van de krekels, en juist wel voor P, wat dit mogelijke verband erg onwaarschijnlijk maakt. We concluderen derhalve dat de voedselkwaliteit van de vegetatie voor wat betreft macronutriënten in de proef bepaald wordt door het aanbod van P, en niet door dat van N.

Ook het in eerder gevonden negatieve effect van bekalking op de reproductie van Veldkrekels (Vogels et al., 2016, Vogels et al., 2021b) werd in dit experiment opnieuw aangetoond. Aanwijzingen voor een 'remmend' effect van steenmeel + dolokal toediening op de reproductie werden ook gevonden in de gewichtsonwikkeling van de krekels in de eerste twee weken. Deze bleef achter de steenmeel + dolokal behandelingen ten opzichte van de andere behandelcombinaties, maar dit effect was enkel *near significant*. De voedselinname in de P-SmD+ behandeling bleef bovendien wat achter ten opzichte van de andere behandelingen, maar ook hier was het verschil slechts *near significant*. Toch zijn beide effecten aanwijzingen dat zij voedsel ontvangen van een verminderde voedselkwaliteit, wat leidt tot een vermindering van groei, en tot een vermindering van eetlust bij krekels. Bekend is dat de mate van voedselinname wordt gestuurd door de vraag naar nutriënten: als de hoeveelheid aminozuren en/of koolhydraten in de haemolymf afneemt eten dieren meer, en selecteren zij bovendien eiwitrijk dan wel koolhydraatrijk voedsel naar gelang hun behoefte (Behmer, 2009). Hier kregen veldkrekels geen keuze, maar de wat lagere inname in de P- SmD+ behandeling is het best verklaarbaar door een sterkere verzadiging van aminozuren in de krekels, wat de inname vervolgens beperkt. In de P+ behandeling zou dit in theorie minder gauw optreden, omdat opheffing van P-limitatie een optimale eiwitsynthese garandeert. P-deficiëntie leidt tot een verminderde eiwitsynthese capaciteit, omdat ribosomaal RNA zeer rijk is aan P (Elser et al., 1996).

Kannibalisme trad ook in dit experiment op, maar verschilde niet in frequentie tussen de behandelingen. Het totaal aantal gevallen van kannibalisme door vrouwtjes was ook lager dan in

de eerder uitgevoerde experimenten. Kannibalisme trad net als in het vorige experiment (Vogels et al., 2016, Vogels et al., 2021b) enkel op bij vrouwtjes, mannetjes deden zich nooit tegoed aan een vrouwtje. Net als in het vorige experiment had kannibalisme enig positief effect op reproductie, maar het kon tekorten niet volledig ondervangen: in de P+SmD- behandeling was de reproductie van niet kannibalistische vrouwtjes nog steeds fors hoger.

De inname van elementen door Veldkrekels gedurende de voedselproef verschilde sterk tussen de behandelingen. In de P+ behandelingen was de dagelijkse en totaal inname van N, P, Mg, Mn, Fe en Al significant hoger dan in de controle behandeling. In de SmD+ behandelingen daalde de dagelijkse en totale inname van K, Ca, Mn en Zn juist sterk. Dit was een gevolg van de combinatie van sterk gewijzigde nutriënt concentraties in het voedsel door de behandelingen, verschillen in dagelijkse en totale inname van voedsel tussen de behandelingen en door sterk gewijzigde element ratio's. P inname verdubbelde als gevolg van de P+ behandeling, maar voor N was dit effect minder sterk. Voor K is de verminderde dagelijkse voedselinname in de P-SmD+ behandeling, in combinatie met in dit voedsel lager gemeten K-gehalte verantwoordelijk voor de significant lagere inname. Dit verschil was echter niet heel groot. Grote verschillen waren te vinden in de Mn en Zn inname bij krekels die voedsel ontvingen uit de SmD+ behandelingen. Deze halveerde bij Mn en nam voor Zn met ca 30-40% af. In de P+SmD- behandeling verdubbelde de Mn inname juist, als gevolg van de hier hogere gemeten Mn gehalten in het voedsel. Ook opvallend was een hogere Al inname in de P+ behandeling, eveneens een gevolg van hogere Al gehalten in het voedsel.

### 4.2.3 Aard van nutriënt limitatie gemeten aan veldkrekels chemie

#### 4.2.3.1 P en Mn als limiterende elementen in het voedsel

De resultaten uit het tweede experiment bleken erg waardevol te zijn in het duiden van de gevonden verschillen in reproductie als gevolg van de behandelingen. Zo werd duidelijk dat het N-gehalte van krekels hoogstwaarschijnlijk niet sturend is in het reproductief potentieel: deze was gemiddeld juist het laagst in de P+SmD- behandeling. P-additie leidde zoals verwacht tot een verhoging van het P-gehalte in de krekels, en tot een significante afname van de N:P ratio van de krekels, van gemiddeld 29.5 in de P- behandelingen naar 26 in de P+ behandelingen. Ook bleek er een duidelijk significant verband aanwezig tussen totaal P inname en P in de krekels, en van de N:P ratio van het voedsel en N:P in de krekels. Voor N werd geen verband gevonden. Deze resultaten geven dus een ondersteuning voor de hypothese dat P-tekorten verantwoordelijk zijn voor de lagere reproductie.

Het remmende effect van steenmeel + dolokal additie op krekels reproductie was op basis van eerder en hier gevonden effecten op plantkwaliteit in theorie terug te voeren op een gebrek in ofwel Mn, ofwel Fe, ofwel Zn. In dit experiment bleek een verschil in Fe inname niet op te treden in tegenstelling tot het eerder uitgevoerde experiment, en bleek Zn inname juist wel sterk te verschillen. Wanneer wordt aangenomen dat een tekort in één van de drie sporenelementen zich uit in verlaagde gehalten in de krekels, én in een duidelijk verband tussen inname van het desbetreffende element en het gehalte van het element in de veldkrekels, kan op basis van vergelijkingen tussen behandelingen, element inname en krekels chemie nagegaan worden welk element werkelijk limiterend is. Uit deze vergelijkingen komt Mn duidelijk naar voren als het limiterende element voor krekels. Het gehalte in krekels nam duidelijk af in de SmD+

behandelingen, en juist toe in de P+ behandelingen, en er werd bovendien een zeer sterke relatie tussen Mn inname en het gehalte in de krekels gevonden, en was het gehalte in de krekels hoger dan de totaal inname over deze periode. Een significante relatie tussen inname en gehalte in krekels bestond ook voor Mg. Deze was echter minder sterk, en bovendien werd deze toename voornamelijk bepaald door de hogere Mg gehalten in de P+ behandelingen. Tenslotte werd eenzelfde duidelijk patroon gevonden in de Mn:Mg ratio, wat ook wijst op een relatief gebrek aan Mn in het voedsel ten opzichte van Mg. Voor Fe noch Zn werden deze patronen gevonden. Voor Fe werd enkel een trend tot lagere Fe gehalten in krekels bij de P+ behandeling gevonden, maar er was geen enkel verband aantoonbaar tussen Fe inname en Fe in de krekels. De totale inname was bovendien in de meeste gevallen hoger dan het totaal gehalte in de krekels, een tweede teken dat er geen gebrek in Fe heeft opgetreden. Voor Zn was eveneens geen significante relatie tussen Zn inname en Zn in de krekels gevonden (het niet significante verband was hier negatief). Zn was wel lager in de P+ behandelingen, wat suggereert dat Zn door die individuen actiever buiten het lichaam gehouden wordt.

Al met al geven deze resultaten aan dat Fe en Zn in voldoende (voor Zn wellicht zelfs te hoge) mate in het voedsel aanwezig is, en dat de gehalten in de krekels in homeostase gehouden worden. Voor Mn zijn evenwel duidelijke aanwijzingen voor een gebrek, en we concluderen op basis daarvan dat dit het element is dat als gevolg van de steenmeel + dolokal behandeling versterkt limiterend is geworden.

#### 4.2.3.2 *Fysiologische mechanismen*

Voor P is het fysiologische werkingsmechanisme door verscheidene auteurs al blootgelegd (Elser et al., 1996, Elser et al., 2000b, Sterner & Elser, 2002, Vogels et al., 2020a). Bij een te hoge N:P ratio van het voedsel wordt de efficiëntie en snelheid van eiwitsynthese uiteindelijk beperkt. Aangezien N de belangrijkste bouwsteen is voor aminozuren, en dus voor eiwitsynthese, draagt een verdere toename van N dus niet meer bij aan een snellere groei. Bij een verdere scheefgroei in de verhoudingen leidt dit zelfs tot een afname van de groei. Deze processen liggen zeer waarschijnlijk ook ten grondslag aan de verminderde reproductie in de controle behandelingen in vergelijking tot de P-additie behandelingen. Uit eerder empirische onderzoeken lijkt het omslagpunt voor P-limitatie bij terrestrische herbivoren ongeveer tussen 35 en 40 te liggen (Vogels et al., 2020a, Vogels et al., 2021b). In dit experiment lag die ratio in de controle behandelingen inderdaad boven deze grenswaarde.

Voor Mn is veel minder bekend over de werkingsmechanismen. In het eerder uitgevoerde experiment (Vogels et al., 2021b) is een mogelijk werkingsmechanisme wel beschreven. Mn is in hoge concentraties toxisch voor veel organismen, en de meeste studies richten zich dan ook op de schadelijke effecten van Mn toxiciteit (voor een review zie Ben-Shahar, 2018). Mn is echter ook een essentieel element, en dient als cofactor in veel enzymen. Het is een essentieel element als cofactor in het enzym arginase, dat een belangrijke rol speelt in de ureum cyclus in insecten (Reddy & Campbell, 1969). Een verminderde activiteit van arginase als gevolg van Mn gebrek leidt uiteindelijk tot een verminderde effectiviteit van excretie van overtollig N, en tot een verminderde aminozuursynthese als gevolg van een ophoping van toxisch ammonium in de cellen. Een andere rol van Mn is het gebruik ervan als versterkingsmetaal voor het exoskelet. Bij Hymenoptera is een rol van Mn aangetoond in het versterken van ovipositor, met name bij

soorten die aangepast zijn aan het afzetten van eieren in harde substraten (Quicke et al., 2008, Polidori et al., 2013). Voor Veldkrekels is het gebruik van Mn in ovipositors tot op heden niet onderzocht, maar het zou wel kunnen verklaren waarom veldkrekels een relatief hoog Mn gehalte hebben (Vogels et al., 2021b). Een eventueel gebruik van Mn in het exoskelet verklaart op zichzelf echter niet waarom individuen met een Mn tekort minder eitjes leggen, maar het kan wel bijdragen aan het eerder optreden van een Mn deficiëntie in de fysiologie van insecten. Met andere woorden: als Mn is ingebouwd in het exoskelet, kan het niet als cofactor in enzymen worden ingezet, en zullen tekorten dus ook eerder effect hebben op enzym-efficiëntie.

### 4.3 Implicaties voor beheer

Beheeraanbevelingen zijn het liefst kort en bondig, maar dit heeft als nadeel dat de context waarop deze zijn gebaseerd verloren gaat. Om dit te ondervangen is ervoor gekozen om deze aanbevelingen toch in een context te plaatsen, en om de aanbevelingen hierin voor het beheer te benadrukken door ze vet en onderstreept weer te geven.

De resultaten van de mesofauna en Veldkrekel proef geven duidelijk aan dat plaggen leidt tot een versterking van P-tekorten, en dat dit leidt tot een knelpunt voor veel heidekarakteristieke fauna. **Voor beheer van droge heidesystemen betekent dit dat het afgeraden wordt om op grote schaal plagbeheer in te zetten.** Het is bovendien niet te verwachten dat in het verleden geplagde heidebodems snel zullen herstellen met betrekking tot P beschikbaarheid, Het merendeel van de in het systeem biobeschikbaar P lag in het organisch stof opgeslagen en is door middel van het plaggen verwijderd. Herstel door depositie van P duurt meerdere decaden tot eeuwen (Härdtle et al., 2009), en dus rijst de vraag of het raadzaam is om door middel van een eenmalige P-gift dit tekort weer aan te vullen, ook omdat het ook een positieve bijdrage lijkt te leveren aan de kenmerkende floristische diversiteit (Vogels et al., 2020b, Verbaarschot et al., 2021). Het toedienen van P heeft echter ook risico's, aangezien dit in combinatie met de nog steeds verhoogde N-depositie kan bijdragen aan het versneld vergrassen van heide. De toename van grassen in deze en in het Park Hoge Veluwe aangelegde onderzoeksplots is in de eerste jaren na toediening nog bescheiden (Vogels et al., 2016, Vogels et al., 2019, Verbaarschot et al., 2021), maar er is wel degelijk een toename waarneembaar van grasbedekking. Op basis van de resultaten in deze korte onderzoeksperiode is er geen garantie te geven dat er niet alsnog een vergrassing optreedt als gevolg van het opheffen van P-limitatie voor de vegetatie. Ook is uit de mesofaunabemonstering gebleken dat als gevolg van P-additie een toename van de decompositiesnelheid heeft opgetreden. Dit is op zichzelf niet zonder meer als negatief te classificeren, enige toename van afbraakprocessen is juist na te streven, maar dit dient niet te sterk te worden gestimuleerd, omdat dit in dat geval de het risico op vergrassing sterk zal toenemen. **Aangeraden wordt daarom om de effecten van P-additie op de vegetatieontwikkeling, maar ook van de macrofungi en mesofauna in de proeven op de middellange termijn ook te volgen en te evalueren alvorens over te gaan op grootschalige toediening van fosfaat op het verleden geplagde droge heide.**

Voor wat betreft de steenmeel + dolokal behandeling zijn de conclusies voor beheer ook duidelijk. Op basis van de invloed van deze maatregel op de plantchemie werd voorspeld dat deze maatregel niet het beoogde effect behaalde ten opzichte van een enkele bekalking in



hogere dosering, en de resultaten uit de mesofauna en de veldkrekel kweekproef bevestigen dit. De mesofauna bleek op de lange termijn zelfs negatief te reageren op deze behandeling en de respons van de bodemmesofauna waren doorgaans gelijk aan eerdere onderzoeken naar de effecten van bekalking (Siepel et al., 2018, Siepel et al., 2019). We vermoeden dat dit effect in deze proef dus vooral het effect van de dolokal toediening is geweest en niet zozeer dat van het steenmeel. Dit vermoeden werd ondersteund door de bodem- en plantchemische analyses. Een halvering van de dosering van dolokal in combinatie met 10 ton eifelgold per hectare heeft geleid tot vergelijkbare plantchemische verschuivingen als in eerder uitgevoerd onderzoek (Vogels et al., 2016, Vogels et al., 2021b) werd gevonden. De effecten op de reproductie van veldkrekels waren ook in lijn met het eerdergenoemde onderzoek. Op basis van het huidige onderzoek is duidelijker geworden wat het fysiologische mechanisme hierachter is: een eerder vermoede rol van Fe gebrek kon worden afgevoerd, en de eveneens eerder aangegeven mogelijke rol van Mn gebrek werd juist bevestigd door de resultaten. **Voor het beheer van het habitatype Droge heide betekent dit dat het grootschalig gebruik van dolokal, óók in relatief lage doseringen in combinatie met een mineraalrijker steenmeel wordt afgeraden.** Intussen is overigens veel meer kennis beschikbaar over de effecten van verschillende typen steenmeel (al dan niet met bijmenging van kalk), en is duidelijk geworden dat ook een toediening van alleen steenmeel een significante bijdrage levert aan het herstel van bodembuffering en aan het herstel van soortenrijke heide. Tot nu toe zijn er geen sterke negatieve effecten op de fauna gevonden bij toediening van steenmeel, maar het zou goed zijn om dit ook eens in een meer experimentele setting te onderzoeken. Onderzoeken naar het effect van steenmeel zonder dolokal op de mesofauna is in nog lopende projecten al ingezet en de resultaten daarvan zullen in de komende jaren beschikbaar worden. **Aanbevolen wordt derhalve om voor het herstel van faunistisch rijke heide geen bekalking toe te passen, en pas te kiezen voor een steenmeeltoediening als alternatief wanneer uit onderzoek is gebleken dat dit niet tot dezelfde effecten leidt, of liefst juist leidt tot een verbetering van de bodem- en plantkwaliteit.**

## 5 Referenties

- Au, C., A. Benedetto & M. Aschner 2008. Manganese transport in eukaryotes: The role of DMT1. *NeuroToxicology* **29**:569-576.
- Bates, D., M. Maechler, B. Bolker & S. Walker. 2017. lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and S4. R package version 1.1-14.
- Behmer, S. T. 2009. Insect Herbivore Nutrient Regulation. *Annual Review of Entomology* **54**:165-187.
- Ben-Shahar, Y. 2018. The Impact of Environmental Mn Exposure on Insect Biology. *Frontiers in genetics* **9**:70-70.
- Elser, J. J., D. R. Dobberfuhr, N. A. MacKay & J. H. Schampel 1996. Organism Size, Life History, and N:P Stoichiometry: Toward a unified view of cellular and ecosystem processes. *BioScience* **46**:674-684.
- Elser, J. J., W. F. Fagan, R. F. Denno, D. R. Dobberfuhr, A. Folarin, A. Huberty, S. Interlandi, S. S. Kilham, E. McCauley, K. L. Schulz, E. H. Siemann & R. W. Sterner 2000a. Nutritional constraints in terrestrial and freshwater food webs. *Nature* **408**:578-580.
- Elser, J. J., R. W. Sterner, E. Gorokhova, W. F. Fagan, T. A. Markow, J. B. Cotner, J. F. Harrison, S. E. Hobbie, G. M. Odell & L. J. Weider 2000b. Biological stoichiometry from genes to ecosystems. *Ecology Letters* **3**:540-550.
- Härdtle, W., G. Von Oheimb, A. K. Gerke, M. Niemeyer, T. Niemeyer, T. Assmann, C. Drees, A. Matern & H. Meyer 2009. Shifts in N and P Budgets of Heathland Ecosystems: Effects of Management and Atmospheric Inputs. *Ecosystems* **12**:298-310.
- Haynes, R. 1982. Effects of liming on phosphate availability in acid soils. *Plant and Soil* **68**:289-308.
- Mandilaras, K., T. Pathmanathan & F. Missirlis 2013. Iron Absorption in *Drosophila melanogaster*. *Nutrients* **5**:1622-1647.
- Orgad, S., H. Nelson, D. Segal & N. Nelson 1998. Metal ions suppress the abnormal taste behavior of the *Drosophila* mutant *malvolio*. **201**:115-120.
- Polidori, C., A. J. García & J. L. Nieves-Aldrey 2013. Breaking up the wall: metal-enrichment in Ovipositors, but not in mandibles, co-varies with substrate hardness in gall-wasps and their associates. *PLoS ONE* **8**:e70529.
- Poteat, M. D., M. Díaz-Jaramillo & D. B. Buchwalter 2012. Divalent metal (Ca, Cd, Mn, Zn) uptake and interactions in the aquatic insect *Hydropsyche sparna*. **215**:1575-1583.
- Quicke, D. I. J., P. Wyeth, J. D. Fawke, H. H. Basibuyuk & J. F. V. Vincent 2008. Manganese and zinc in the ovipositors and mandibles of hymenopterous insects. *Zoological Journal of the Linnean Society* **124**:387-396.
- R Core Team. 2022. R: A language and environment for statistical computing versie 4.2.0.
- Reddy, S. R. R. & J. W. Campbell 1969. Arginine metabolism in insects: Properties of insect fat body arginase. *Comparative Biochemistry and Physiology* **28**:515-534.
- Shawki, A. & B. Mackenzie 2010. Interaction of calcium with the human divalent metal-ion transporter-1. *Biochemical and Biophysical Research Communications* **393**:471-475.
- Siepel, H. 2015. De rol van de bodemfauna in oude bosbodems. *Vakblad natuur bos landschap* **112**:23-25.
- 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*.

- Siepel, H. & F. Maaskamp 1994. Mites of different feeding guilds affect decomposition of organic matter. *Soil Biology and Biochemistry* **26**:1389-1394.
- 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 micro-arthropod soil fauna of mineral-poor dry heathlands. *Soil Biology and Biochemistry* **119**:128-134.
- Sterner, R. W. & J. J. Elser 2002. *Ecological Stoichiometry: The Biology of Elements from Molecules to the Biosphere*. Princeton University Press, New Jersey.
- van Eekeren, N., E. Jongejans, M. van Agtmaal, Y. Guo, M. van der Velden, C. Versteeg & H. Siepel 2022. Microarthropod communities and their ecosystem services restore when permanent grassland with mowing or low-intensity grazing is installed. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **323**:107682.
- Verbaarschot, E., M. Weijters, B. van de Riet, E. Brouwer, H. Bergsma, J. Vogels & R. Bobbink 2020. Effecten van steenmeeltoediening na 5 jaar op de Strabrechtse heide. RP-17.110.20.17, Onderzoekcentrum B-WARE B.V., Nijmegen, 117 pag.
- Verbaarschot, E., M. J. Weijters, L. Smits, E. Brouwer, J. J. Vogels & R. Bobbink 2021. Ontwikkeling herstelmaatregelen voor in het verleden geplagde en faunistisch verarmde droge heide - Effecten van toediening van steenmeel met dolomietenkalk en/of fosfaat na maaien. B-Ware, Nijmegen, 68 pag.
- Vogels, J., A. Van den Burg, E. Remke & H. Siepel 2011. Effectgerichte maatregelen voor het herstel en beheer van faunagemeenschappen van heideterreinen - Evaluatie en ontwerp van bestaande en nieuwe herstelmaatregelen (2006-2010). DKI-EL&I, Den Haag, 238 pag.
- Vogels, J., M. Weijters & R. Bobbink 2019. Monitoring fosfaattoevoeging heide. Effecten zeven jaar na inzet experiment., VBNE, Driebergen, 39 pag.
- Vogels, J. J., J. Brouwer & G. Jenniskens 2021a. Prooiaanbod voor Korhoenkuikens op de Sallandse Heuvelrug - Resultaten monitoring 2018-2020. Stichting Bargerveen, Nijmegen, 52 pag.
- Vogels, J. J., A. Van den Burg, D. B. Van de Waal, M. Weijters, R. Bobbink, M. Nijssen & M. Wallis de Vries 2020a. Imbalanced by overabundance - Effects of nitrogen deposition on nutritional quality of producers and its subsequent effects on consumers. VBNE, Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren, Driebergen, 167 pag.
- Vogels, J. J., W. C. E. P. Verberk, J. T. Kuper, M. J. Weijters, R. Bobbink & H. Siepel 2021b. 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., W. C. E. P. Verberk, L. P. M. Lamers & H. Siepel 2017. 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., M. Weijters, R. J. Bijlsma, R. W. de Waal, R. Bobbink & H. Siepel 2016. Fosfaattoevoeging Heide. VBNE, Driebergen, 127 pag.
- Vogels, J. J., M. J. Weijters, R. Bobbink, R.-J. Bijlsma, L. P. M. Lamers, W. C. E. P. Verberk & H. Siepel 2020b. Barriers to restoration: soil acidity and phosphorus limitation constrain recovery of heathland plant communities after sod cutting. *Applied Vegetation Science* **23**:94-106.
- 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.

# 6 Bijlage(n)

## 6.1 Bijlage A: Test resultaten microarthropoden

### 6.1.1 2019

#### Totaal

Random effects:

Groups	Name	Variance	Std.Dev.
core:block	(Intercept)	0.173852	0.41696
block	(Intercept)	0.005574	0.07466

Number of obs: 80, groups: core:block, 80; block, 5

Fixed effects:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)	5.59019	0.09916	56.375	< 2e-16 ***
factor(treat)2	-0.48025	0.13301	-3.611	0.000305 ***
factor(treat)3	0.28265	0.13184	2.144	0.032044 *
factor(treat)4	-0.34023	0.13308	-2.557	0.010569 *
or				
(Intercept)	5.59019	0.09961	56.119	< 2e-16 ***
rockDust	-0.48026	0.13263	-3.621	0.000293 ***
P	0.28265	0.13303	2.125	0.033609 *
rockDust:P	-0.14263	0.18824	-0.758	0.448624

#### Fungivoren

Random effects:

Groups	Name	Variance	Std.Dev.
core:block	(Intercept)	0.7338	0.8566
block	(Intercept)	0.1356	0.3682

Number of obs: 80, groups: core:block, 80; block, 5

Fixed effects:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)	4.0772	0.2552	15.975	<2e-16 ***
factor(treat)2	-0.5855	0.2762	-2.120	0.0340 *
factor(treat)3	-0.4948	0.2770	-1.786	0.0741 .
factor(treat)4	-0.4055	0.2763	-1.467	0.1423
or				
(Intercept)	4.0772	0.2549	15.995	<2e-16 ***
rockDust	-0.5855	0.2763	-2.120	0.0340 *
P	-0.4948	0.2769	-1.787	0.0740 .
rockDust:P	0.6748	0.3915	1.724	0.0847 .

## Herbivoren

Random effects:

Groups	Name	Variance	Std.Dev.
core:block	(Intercept)	0.40187	0.6339
block	(Intercept)	0.06883	0.2624

Number of obs: 80, groups: core:block, 80; block, 5

Fixed effects:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)	4.50565	0.18647	24.163	<2e-16 ***
factor(treat)2	-0.38957	0.20524	-1.898	0.0577 .
factor(treat)3	0.09517	0.20407	0.466	0.6410
factor(treat)4	-0.47258	0.20536	-2.301	0.0214 *

or

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)	4.50565	0.18475	24.387	<2e-16 ***
rockDust	-0.38958	0.20285	-1.921	0.0548 .
P	0.09517	0.20229	0.470	0.6380
rockDust:P	-0.17817	0.28674	-0.621	0.5344

## Omnivoren

Random effects:

Groups	Name	Variance	Std.Dev.
core:block	(Intercept)	0.2898	0.5383
block	(Intercept)	0.3051	0.5524

Number of obs: 80, groups: core:block, 80; block, 5

Fixed effects:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)	3.5785	0.2791	12.822	< 2e-16 ***
factor(treat)2	0.0977	0.1803	0.542	0.5879
factor(treat)3	1.2156	0.1776	6.846	7.6e-12 ***
factor(treat)4	0.3080	0.1797	1.714	0.0865 .

or

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)	3.5785	0.2794	12.810	< 2e-16 ***
rockDust	0.0977	0.1805	0.541	0.588
P	1.2156	0.1778	6.837	8.07e-12 ***
rockDust:P	-1.0054	0.2522	-3.987	6.70e-05 ***

## Predatoren

Random effects:

Groups	Name	Variance	Std.Dev.
core:block	(Intercept)	0.3143	0.5606
block	(Intercept)	0.1003	0.3168

Number of obs: 80, groups: core:block, 80; block, 5

Fixed effects:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)	1.7014	0.2131	7.983	1.43e-15 ***
factor(treat)2	-0.1848	0.2274	-0.812	0.417
factor(treat)3	0.1857	0.2205	0.842	0.400
factor(treat)4	-0.2283	0.2288	-0.998	0.318

or

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)	1.7014	0.2131	7.982	1.44e-15 ***
rockDust	-0.1848	0.2274	-0.812	0.417

P 0.1857 0.2205 0.842 0.400  
rockDust:P -0.2293 0.3201 -0.716 0.474

## 6.1.2 2021

### Totaal

Random effects:

Groups	Name	Variance	Std.Dev.
core:block	(Intercept)	0.11939	0.3455
block	(Intercept)	0.02353	0.1534

Number of obs: 80, groups: core:block, 80; block, 5

Fixed effects:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)	5.28238	0.10387	50.854	< 2e-16 ***
factor(treat)2	-0.31099	0.11174	-2.783	0.00538 **
factor(treat)3	0.28410	0.11079	2.564	0.01034 *
factor(treat)4	0.02677	0.11103	0.241	0.80947

or

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)	5.28238	0.10485	50.378	< 2e-16 ***
rockDust	-0.31100	0.11306	-2.751	0.00595 **
P	0.28409	0.11213	2.534	0.01129 *
rockDust:P	0.05368	0.15974	0.336	0.73684

### Fungivoren

Random effects:

Groups	Name	Variance	Std.Dev.
core:block	(Intercept)	0.8780	0.937
block	(Intercept)	0.2411	0.491

Number of obs: 80, groups: core:block, 80; block, 5

Fixed effects:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)	3.0174	0.3094	9.752	<2e-16 ***
factor(treat)2	0.6361	0.3051	2.085	0.0371 *
factor(treat)3	0.6953	0.3064	2.269	0.0233 *
factor(treat)4	0.7841	0.3053	2.568	0.0102 *

or

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)	3.0174	0.3097	9.744	<2e-16 ***
rockDust	0.6361	0.3053	2.083	0.0372 *
P	0.6953	0.3066	2.268	0.0233 *
rockDust:P	-0.5472	0.4306	-1.271	0.2038

### Herbivoren

Random effects:

Groups	Name	Variance	Std.Dev.
core:block	(Intercept)	0.20589	0.4538
block	(Intercept)	0.01091	0.1045

Number of obs: 80, groups: core:block, 80; block, 5

Fixed effects:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
--	----------	------------	---------	----------

```
(Intercept)  4.3825  0.1148 38.187 < 2e-16 ***
factor(treat)2 -0.4950  0.1495 -3.311 0.000928 ***
factor(treat)3  0.1090  0.1479  0.737 0.461018
factor(treat)4 -0.1682  0.1485 -1.132 0.257503
```

or

```
Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept) 4.3824  0.1150 38.105 < 2e-16 ***
rockDust    -0.4950  0.1498 -3.303 0.000956 ***
P           0.1090  0.1482  0.735 0.462114
rockDust:P  0.2178  0.2111  1.032 0.302179
```

### Omnivoren

Random effects:

```
Groups Name Variance Std.Dev.
core:block (Intercept) 0.19889 0.4460
block (Intercept) 0.01666 0.1291
Number of obs: 80, groups: core:block, 80; block, 5
```

Fixed effects:

```
Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)  2.4587  0.1332 18.456 < 2e-16 ***
factor(treat)2 -0.5521  0.1779 -3.104 0.00191 **
factor(treat)3  0.5850  0.1636  3.575 0.00035 ***
factor(treat)4 -0.1832  0.1719 -1.066 0.28660
```

or

```
Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept) 2.4587  0.1332 18.457 < 2e-16 ***
rockDust    -0.5521  0.1779 -3.104 0.00191 **
P           0.5850  0.1636  3.576 0.000349 ***
rockDust:P -0.2161  0.2435 -0.887 0.374854
```

### Herbivoren+Omnivoren

Random effects:

```
Groups Name Variance Std.Dev.
core:block (Intercept) 0.165039 0.40625
block (Intercept) 0.008357 0.09142
Number of obs: 80, groups: core:block, 80; block, 5
```

Fixed effects:

```
Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept)  4.5342  0.1024 44.262 < 2e-16 ***
factor(treat)2 -0.5039  0.1342 -3.754 0.000174 ***
factor(treat)3  0.1988  0.1323  1.503 0.132904
factor(treat)4 -0.1686  0.1332 -1.266 0.205475
```

or

```
Estimate Std. Error z value Pr(>|z|)
(Intercept) 4.5342  0.1025 44.251 < 2e-16 ***
rockDust    -0.5038  0.1341 -3.758 0.000172 ***
P           0.1988  0.1322  1.504 0.132685
rockDust:P  0.1364  0.1884  0.724 0.469026
```

⌵

## Predatoren

Random effects:

Groups	Name	Variance	Std.Dev.
core:block	(Intercept)	0.21799	0.4669
block	(Intercept)	0.04364	0.2089

Number of obs: 80, groups: core:block, 80; block, 5

Fixed effects:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)	2.50679	0.15469	16.205	<2e-16 ***
factor(treat)2	-0.31332	0.17803	-1.760	0.0784 .
factor(treat)3	0.15006	0.17247	0.870	0.3843
factor(treat)4	0.03387	0.17363	0.195	0.8453

or

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)	2.5068	0.1547	16.207	<2e-16 ***
rockDust	-0.3133	0.1780	-1.760	0.0784 .
P	0.1501	0.1724	0.870	0.3842
rockDust:P	0.1971	0.2476	0.796	0.4259

## 6.2 Bijlage B: toets resultaat holletjes tellingen

### Full Model

Generalized linear mixed model fit by maximum likelihood (Laplace Approximation) ['glmerMod']

Family: Negative Binomial(11.8356) ( log )

Formula: Hol ~ P \* StD + Date + (1 | Blok)

Data: Burrow

AIC	BIC	logLik	deviance	df.resid
243.5	255.4	-114.8	229.5	33

Scaled residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.7068	-0.8178	-0.3226	0.6381	2.3930

Random effects:

Groups	Name	Variance	Std.Dev.
Blok	(Intercept)	0.2168	0.4656

Number of obs: 40, groups: Blok, 5

Fixed effects:

	Estimate	Std. Error	z value	Pr(> z )
(Intercept)	1.48729	0.28080	5.297	1.18e-07 ***
PYES	1.18663	0.21370	5.553	2.81e-08 ***
StDYES	0.23902	0.23717	1.008	0.314
DateMei	-0.01334	0.14200	-0.094	0.925
PYES:StDYES	-0.39540	0.29617	-1.335	0.182

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Correlation of Fixed Effects:

(Intr)	PYES	StDYES	DateMe
--------	------	--------	--------



PYES -0.504  
StDYES -0.451 0.603  
DateMei -0.234 -0.014 -0.033  
PYES:StDYES 0.363 -0.721 -0.798 0.003

## 6.3 Bijlage C: toets resultaten gewichtsontwikkeling krekels eerste 14 dagen

### 6.3.1 Startgewicht

#### Shapiro-Wilk normality test

data: initW

W = 0.97911, p-value = 0.4757

#### Full model

```
lm(formula = initW ~ P * SM, data = KrekelEi %>% filter(!Issues2 %in% c("Death", "Major"), day14W - initW > -0.2))
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.251293	-0.073457	-0.004727	0.067407	0.206973

Coefficients:

Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	0.74896	0.03020	24.798 <2e-16 ***
PYES	-0.05770	0.04271	-1.351 0.183
SMYES	-0.03233	0.04553	-0.710 0.481
PYES:SMYES	0.03697	0.06243	0.592 0.557

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.113 on 49 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.04423, Adjusted R-squared: -0.01428

F-statistic: 0.7559 on 3 and 49 DF, p-value: 0.5243

#### Additive model

```
lm(formula = initW ~ P + SM, data = KrekelEi %>% filter(!Issues2 %in% c("Death", "Major"), day14W - initW > -0.2))
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.242641	-0.072038	-0.002209	0.076059	0.209459

Coefficients:

Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	0.74031	0.02626	28.190 <2e-16 ***
PYES	-0.04040	0.03095	-1.305 0.198
SMYES	-0.01267	0.03095	-0.409 0.684

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.1123 on 50 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.0374, Adjusted R-squared: -0.001109

F-statistic: 0.9712 on 2 and 50 DF, p-value: 0.3857

### 6.3.2 Gewicht na 14 dagen

#### Shapiro-Wilk normality test

data: day14W

W = 0.9868, p-value = 0.8216

#### Full model

```
lm(formula = day14W ~ P * SM, data = KrekelEi %>% filter(!Issues2 %in%
```

```
c("Death", "Major"), day14W - initW > -0.2))
```

Residuals:

```
  Min    1Q  Median    3Q   Max
-0.3276 -0.1018  0.0000  0.1080  0.2535
```

Coefficients:

```
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  0.86120   0.03915  21.997 <2e-16 ***
PYES        -0.04511   0.05537  -0.815  0.419
SMYES       -0.07425   0.05902  -1.258  0.214
PYES:SMYES  0.04799   0.08093   0.593  0.556
```

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.1465 on 49 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.04315, Adjusted R-squared: -0.01543  
F-statistic: 0.7366 on 3 and 49 DF, p-value: 0.5353

#### Additive model

```
lm(formula = day14W ~ P + SM, data = KrekelEi %>% filter(!Issues2 %in%
  c("Death", "Major"), day14W - initW > -0.2))
```

Residuals:

```
  Min    1Q  Median    3Q   Max
-0.33882 -0.10697 -0.01005  0.11923  0.25493
```

Coefficients:

```
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  0.84997   0.03404  24.968 <2e-16 ***
PYES        -0.02265   0.04012  -0.565  0.575
SMYES       -0.04872   0.04012  -1.214  0.230
```

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.1455 on 50 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.03629, Adjusted R-squared: -0.002263  
F-statistic: 0.9413 on 2 and 50 DF, p-value: 0.3969

### 6.3.3 Gewichtsverandering

#### Shapiro-Wilk normality test

data: day14W - initW

W = 0.97919, p-value = 0.4793

#### Full model

```
lm(formula = day14W - initW ~ P * SM, data = KrekelEi %>% filter(!Issues2 %in%
  c("Death", "Major"), day14W - initW > -0.2))
```

Residuals:

```
  Min    1Q  Median    3Q   Max
-0.19283 -0.04254  0.01376  0.05466  0.15927
```

Coefficients:

```
      Estimate Std. Error t value Pr(>|t|)
(Intercept)  0.11224   0.02046   5.486 1.43e-06 ***
PYES         0.01259   0.02894   0.435  0.666
SMYES       -0.04192   0.03085  -1.359  0.180
```

PYES:SMYES 0.01102 0.04229 0.261 0.795

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.07656 on 49 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.06726, Adjusted R-squared: 0.01016

F-statistic: 1.178 on 3 and 49 DF, p-value: 0.3278

#### Additive model

```
lm(formula = day14W - initW ~ P + SM, data = KrekelEi %>% filter(!Issues2 %in%  
  c("Death", "Major"), day14W - initW > -0.2))
```

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.19541	-0.03996	0.01299	0.05394	0.15669

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	0.10966	0.01774	6.182	1.14e-07 ***
PYES	0.01775	0.02091	0.849	0.4000
SMYES	-0.03605	0.02091	-1.725	0.0908 .

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.07584 on 50 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.06597, Adjusted R-squared: 0.02861

F-statistic: 1.766 on 2 and 50 DF, p-value: 0.1816

## 6.4 Bijlage D: toets resultaten voedselinname krekels

### 6.4.1 Dagelijkse inname na twee weken

#### Shapiro-Wilk normality test

W = 0.99164, p-value = 0.9627

#### Full model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.048528	-0.013168	0.000601	0.013651	0.043758

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	0.070669	0.005240	13.487	<2e-16 ***
PYES	0.004959	0.007285	0.681	0.499
SMYES	-0.011689	0.007551	-1.548	0.128
PYES:SMYES	0.007280	0.010405	0.700	0.487

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.0196 on 53 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.09205, Adjusted R-squared: 0.04066

F-statistic: 1.791 on 3 and 53 DF, p-value: 0.1601

#### Additive model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.050251	-0.011445	-0.000774	0.013511	0.042035

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	0.068823	0.004505	15.276	<2e-16 ***
PYES	0.008528	0.005177	1.647	0.105
SMYES	-0.007855	0.005171	-1.519	0.135

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.01951 on 54 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.08367, Adjusted R-squared: 0.04973

F-statistic: 2.465 on 2 and 54 DF, p-value: 0.0945

### 6.4.2 Dagelijke inname over gehele levensduur

#### Shapiro-Wilk normality test

W = 0.98103, p-value = 0.5088

#### Full model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.066235	-0.013950	0.004096	0.015390	0.059826

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	0.090222	0.006955	12.972	<2e-16 ***
PYES	0.002894	0.009671	0.299	0.766
SMYES	-0.017148	0.010023	-1.711	0.093 .

PYES:SMYES 0.015743 0.013812 1.140 0.259

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.02602 on 53 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.08996, Adjusted R-squared: 0.03845

F-statistic: 1.746 on 3 and 53 DF, p-value: 0.1687

#### Additive model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.069961	-0.011265	0.002353	0.018803	0.056100

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	0.086230	0.006026	14.311	<2e-16 ***
PYES	0.010612	0.006924	1.533	0.131
SMYES	-0.008857	0.006915	-1.281	0.206

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.0261 on 54 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.06765, Adjusted R-squared: 0.03312

F-statistic: 1.959 on 2 and 54 DF, p-value: 0.1509

### 6.4.3 Totale inname na twee weken

#### Shapiro-Wilk normality test

W = 0.99164, p-value = 0.9627

#### Full model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.67939	-0.18435	0.00841	0.19111	0.61261

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	0.98936	0.07335	13.487	<2e-16 ***
PYES	0.06942	0.10200	0.681	0.499
SMYES	-0.16365	0.10572	-1.548	0.128
PYES:SMYES	0.10192	0.14567	0.700	0.487

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.2745 on 53 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.09205, Adjusted R-squared: 0.04066

F-statistic: 1.791 on 3 and 53 DF, p-value: 0.1601

#### Additive model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.70351	-0.16023	-0.01083	0.18915	0.58849

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	0.96352	0.06308	15.276	<2e-16 ***
PYES	0.11939	0.07248	1.647	0.105
SMYES	-0.10997	0.07239	-1.519	0.135

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.2732 on 54 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.08367, Adjusted R-squared: 0.04973  
F-statistic: 2.465 on 2 and 54 DF, p-value: 0.0945

## 6.4.4 Totale inname over gehele levensduur

### Shapiro-Wilk normality test

W = 0.96234, p-value = 0.07335

### Full model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-5.2449	-1.8187	0.1343	1.6973	4.2512

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	5.3971	0.6744	8.003	1.11e-10 ***
PYES	0.4123	0.9377	0.440	0.662
SMYES	-1.4234	0.9718	-1.465	0.149
PYES:SMYES	1.7421	1.3392	1.301	0.199

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.523 on 53 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.09851, Adjusted R-squared: 0.04749  
F-statistic: 1.931 on 3 and 53 DF, p-value: 0.1358

### Additive model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-5.6572	-1.8507	0.2818	1.5656	4.6635

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	4.9553	0.5863	8.451	1.86e-11 ***
PYES	1.2664	0.6737	1.880	0.0656 .
SMYES	-0.5059	0.6729	-0.752	0.4554

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.539 on 54 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.06973, Adjusted R-squared: 0.03527  
F-statistic: 2.024 on 2 and 54 DF, p-value: 0.1421

## 6.5 Bijlage E: toets resultaten elementinname krekels

### 6.5.1 Totaal C inname

#### Shapiro-Wilk normality test

W = 0.96472, p-value = 0.09485

#### Full model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-188397	-71973	4824	67286	166439

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	213950	26086	8.202	5.33e-11 ***
PYES	-5276	36271	-0.145	0.885
SMYES	-55016	37593	-1.463	0.149
PYES:SMYES	86260	51802	1.665	0.102

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 97600 on 53 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.08517, Adjusted R-squared: 0.03339

F-statistic: 1.645 on 3 and 53 DF, p-value: 0.1901

#### Additive model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-208812	-69004	15308	61433	186854

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	192077	22904	8.386	2.36e-11 ***
PYES	37012	26318	1.406	0.165
SMYES	-9586	26285	-0.365	0.717

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 99190 on 54 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.03731, Adjusted R-squared: 0.001651

F-statistic: 1.046 on 2 and 54 DF, p-value: 0.3582

### 6.5.2 Dagelijkse C inname

#### Shapiro-Wilk normality test

W = 0.97617, p-value = 0.32

#### Full model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-2379.2	-546.1	160.4	602.5	2149.0

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	3576.6	266.6	13.416	<2e-16 ***
PYES	-231.9	370.7	-0.625	0.5343
SMYES	-653.8	384.2	-1.702	0.0947 .



PYES:SMYES 899.6 529.4 1.699 0.0951 .

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 997.5 on 53 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.06947, Adjusted R-squared: 0.0168

F-statistic: 1.319 on 3 and 53 DF, p-value: 0.2779

#### Additive model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-2592.07	-474.98	45.22	778.51	1936.05

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	3348.5	234.3	14.290	<2e-16 ***
PYES	209.2	269.2	0.777	0.441
SMYES	-180.0	268.9	-0.669	0.506

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1015 on 54 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.01877, Adjusted R-squared: -0.01757

F-statistic: 0.5165 on 2 and 54 DF, p-value: 0.5995

### 6.5.3 Totaal N inname

#### Shapiro-Wilk normality test

W = 0.96673, p-value = 0.118

#### Full model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-3631	-1220	93	1122	3186

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	3428.5	461.0	7.438	8.91e-10 ***
PYES	593.7	641.0	0.926	0.359
SMYES	-762.4	664.3	-1.148	0.256
PYES:SMYES	1333.0	915.4	1.456	0.151

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1725 on 53 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.1527, Adjusted R-squared: 0.1048

F-statistic: 3.185 on 3 and 53 DF, p-value: 0.03113

#### Additive model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-3946.8	-1118.3	217.7	1064.8	3501.6

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	3090.52	402.37	7.681	3.24e-10 ***
PYES	1247.16	462.34	2.697	0.0093 **
SMYES	-60.41	461.77	-0.131	0.8964

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1743 on 54 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.1188, Adjusted R-squared: 0.08621  
F-statistic: 3.641 on 2 and 54 DF, p-value: 0.03284

## 6.5.4 Dagelijkse N inname

### Shapiro-Wilk normality test

W = 0.98088, p-value = 0.5022

### Full model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-45.858	-10.455	3.070	9.994	41.422

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	57.314	4.756	12.051	<2e-16 ***
PYES	7.155	6.613	1.082	0.284
SMYES	-8.286	6.854	-1.209	0.232
PYES:SMYES	12.550	9.445	1.329	0.190

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 17.8 on 53 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.1561, Adjusted R-squared: 0.1083  
F-statistic: 3.267 on 3 and 53 DF, p-value: 0.02829

### Additive model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-48.829	-8.190	1.239	12.591	38.451

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	54.132	4.138	13.082	<2e-16 ***
PYES	13.308	4.755	2.799	0.0071 **
SMYES	-1.676	4.749	-0.353	0.7255

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 17.92 on 54 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.128, Adjusted R-squared: 0.09567  
F-statistic: 3.962 on 2 and 54 DF, p-value: 0.0248

## 6.5.5 Totaal P inname

### Shapiro-Wilk normality test

W = 0.97024, p-value = 0.1722

### Full model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-133.467	-32.588	3.418	33.911	105.709

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	80.58	13.92	5.788	3.93e-07 ***
PYES	67.25	19.36	3.474	0.00103 **
SMYES	-16.66	20.06	-0.830	0.41011
PYES:SMYES	21.20	27.65	0.767	0.44651

---  
Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 52.09 on 53 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.3782, Adjusted R-squared: 0.343  
F-statistic: 10.75 on 3 and 53 DF, p-value: 1.267e-05

#### Additive model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-138.485	-28.851	2.724	30.719	110.728

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	75.203	11.982	6.277	6.12e-08 ***
PYES	77.646	13.768	5.640	6.40e-07 ***
SMYES	-5.491	13.751	-0.399	0.691

---  
Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 51.89 on 54 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.3713, Adjusted R-squared: 0.348  
F-statistic: 15.95 on 2 and 54 DF, p-value: 3.611e-06

## 6.5.6 Dagelijkse P inname

### Shapiro-Wilk normality test

W = 0.98147, p-value = 0.5291

#### Full model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.68547	-0.27678	0.09766	0.25156	1.52240

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	1.34705	0.14769	9.121	1.90e-12 ***
PYES	1.02247	0.20535	4.979	7.15e-06 ***
SMYES	-0.17154	0.21284	-0.806	0.424
PYES:SMYES	0.08245	0.29329	0.281	0.780

---  
Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.5526 on 53 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.5009, Adjusted R-squared: 0.4726  
F-statistic: 17.73 on 3 and 53 DF, p-value: 4.272e-08

#### Additive model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.70499	-0.25587	0.09332	0.27107	1.50289

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	1.3261	0.1265	10.483	1.25e-14 ***
PYES	1.0629	0.1454	7.312	1.28e-09 ***
SMYES	-0.1281	0.1452	-0.882	0.381

---  
 Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.5479 on 54 degrees of freedom  
 Multiple R-squared: 0.5001, Adjusted R-squared: 0.4816  
 F-statistic: 27.01 on 2 and 54 DF, p-value: 7.405e-09

## 6.5.7 Totaal K inname

### Shapiro-Wilk normality test

W = 0.96376, p-value = 0.08548

### Full model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-412.76	-130.86	10.57	135.38	325.64

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	430.48	52.08	8.265	4.23e-11 ***
PYES	26.70	72.42	0.369	0.7138
SMYES	-144.56	75.06	-1.926	0.0595 .
PYES:SMYES	156.78	103.43	1.516	0.1355

---  
 Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 194.9 on 53 degrees of freedom  
 Multiple R-squared: 0.1263, Adjusted R-squared: 0.07687  
 F-statistic: 2.554 on 3 and 53 DF, p-value: 0.0651

### Additive model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-449.86	-143.09	27.11	121.40	362.74

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	390.72	45.54	8.580	1.15e-11 ***
PYES	103.56	52.32	1.979	0.0529 .
SMYES	-61.99	52.26	-1.186	0.2407

---  
 Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 197.2 on 54 degrees of freedom  
 Multiple R-squared: 0.08845, Adjusted R-squared: 0.05469  
 F-statistic: 2.62 on 2 and 54 DF, p-value: 0.08205

## 6.5.8 Dagelijkse K inname

### Shapiro-Wilk normality test

W = 0.98438, p-value = 0.6701

### Full model

Residuals:

Min 1Q Median 3Q Max  
-5.2124 -1.0685 0.3138 1.1813 4.7081

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	7.1962	0.5372	13.397	<2e-16 ***
PYES	0.1316	0.7469	0.176	0.8608
SMYES	-1.9384	0.7741	-2.504	0.0154 *
PYES:SMYES	1.6353	1.0667	1.533	0.1312

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.01 on 53 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.1503, Adjusted R-squared: 0.1022  
F-statistic: 3.125 on 3 and 53 DF, p-value: 0.03338

#### Additive model

Residuals:

Min 1Q Median 3Q Max  
-5.5995 -0.9082 0.0968 1.5659 4.3211

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	6.7816	0.4699	14.433	<2e-16 ***
PYES	0.9334	0.5399	1.729	0.0896 .
SMYES	-1.0771	0.5392	-1.997	0.0508 .

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.035 on 54 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.1126, Adjusted R-squared: 0.07975  
F-statistic: 3.427 on 2 and 54 DF, p-value: 0.03972

## 6.5.9 Totaal Mg inname

### Shapiro-Wilk normality test

W = 0.96568, p-value = 0.1053

#### Full model

Residuals:

Min 1Q Median 3Q Max  
-214.873 -80.023 5.364 72.037 197.528

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	207.87	28.55	7.282	1.59e-09 ***
PYES	24.15	39.69	0.608	0.546
SMYES	-24.76	41.14	-0.602	0.550
PYES:SMYES	77.48	56.69	1.367	0.178

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 106.8 on 53 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.1173, Adjusted R-squared: 0.06734  
F-statistic: 2.348 on 3 and 53 DF, p-value: 0.08304

#### Additive model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-227.81	-68.65	12.28	72.67	215.86

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	188.22	24.86	7.571	4.88e-10 ***
PYES	62.13	28.57	2.175	0.034 *
SMYES	16.05	28.53	0.562	0.576

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 107.7 on 54 degrees of freedom  
 Multiple R-squared: 0.0862, Adjusted R-squared: 0.05235  
 F-statistic: 2.547 on 2 and 54 DF, p-value: 0.0877

## 6.5.10 Dagelijkse Mg inname

### Shapiro-Wilk normality test

W = 0.97322, p-value = 0.2362

### Full model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-2.6453	-0.6482	0.1903	0.6161	2.3893

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	3.4749	0.2929	11.862	<2e-16 ***
PYES	0.2440	0.4073	0.599	0.552
SMYES	-0.1076	0.4222	-0.255	0.800
PYES:SMYES	0.6499	0.5817	1.117	0.269

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.096 on 53 degrees of freedom  
 Multiple R-squared: 0.09715, Adjusted R-squared: 0.04604  
 F-statistic: 1.901 on 3 and 53 DF, p-value: 0.1406

### Additive model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-2.79908	-0.53805	0.09174	0.76082	2.23550

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	3.3100	0.2537	13.048	<2e-16 ***
PYES	0.5626	0.2915	1.930	0.0589 .
SMYES	0.2347	0.2911	0.806	0.4236

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 1.099 on 54 degrees of freedom  
 Multiple R-squared: 0.07589, Adjusted R-squared: 0.04166  
 F-statistic: 2.217 on 2 and 54 DF, p-value: 0.1187

## 6.5.11 Totaal Ca inname

### Shapiro-Wilk normality test

W = 0.96476, p-value = 0.09525

#### Full model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-478.40	-157.98	12.25	147.81	353.15

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	456.63	57.54	7.936	1.42e-10 ***
PYES	73.26	80.01	0.916	0.364
SMYES	-111.47	82.93	-1.344	0.185
PYES:SMYES	55.48	114.27	0.486	0.629

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 215.3 on 53 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.09113, Adjusted R-squared: 0.03969  
F-statistic: 1.771 on 3 and 53 DF, p-value: 0.1638

#### Additive model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-491.5	-173.1	6.0	157.7	341.9

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	442.57	49.36	8.966	2.81e-12 ***
PYES	100.46	56.72	1.771	0.0822 .
SMYES	-82.25	56.65	-1.452	0.1523

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 213.8 on 54 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.08709, Adjusted R-squared: 0.05328  
F-statistic: 2.576 on 2 and 54 DF, p-value: 0.08541

## 6.5.12 Dagelijkse Ca inname

### Shapiro-Wilk normality test

W = 0.98368, p-value = 0.6352

#### Full model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-6.0415	-1.0788	0.3168	1.2531	5.4570

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	7.6335	0.6008	12.705	<2e-16 ***
PYES	0.8599	0.8354	1.029	0.308
SMYES	-1.2860	0.8659	-1.485	0.143
PYES:SMYES	-0.1151	1.1931	-0.096	0.924

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.248 on 53 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.1141, Adjusted R-squared: 0.06391

F-statistic: 2.274 on 3 and 53 DF, p-value: 0.09055

#### Additive model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-6.0142	-1.1060	0.2895	1.2239	5.4842

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	7.6627	0.5143	14.899	<2e-16 ***
PYES	0.8035	0.5910	1.360	0.1796
SMYES	-1.3466	0.5902	-2.281	0.0265 *

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.227 on 54 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.1139, Adjusted R-squared: 0.08108

F-statistic: 3.471 on 2 and 54 DF, p-value: 0.0382

### 6.5.13 Totaal Mn inname

#### Shapiro-Wilk normality test

W = 0.88555, p-value = 6.145e-05

log(Cons\_Mn)

W = 0.96443, p-value = 0.08695

#### Full model, log(Cons\_Mn)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-2.1305	-0.3351	0.1023	0.4755	0.7346

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	1.73400	0.18167	9.545	9.23e-13 ***
PYES	0.67682	0.25692	2.634	0.011250 *
SMYES	-1.10196	0.27387	-4.024	0.000198 ***
PYES:SMYES	0.08812	0.37552	0.235	0.815455

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.6797 on 49 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.4732, Adjusted R-squared: 0.441

F-statistic: 14.67 on 3 and 49 DF, p-value: 6.031e-07

#### Additive model, log(Cons\_Mn)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-2.1511	-0.3145	0.1095	0.4927	0.7544

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	1.7134	0.1575	10.880	8.73e-15 ***
PYES	0.7181	0.1856	3.869	0.000317 ***
SMYES	-1.0551	0.1856	-5.685	6.73e-07 ***

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1



Residual standard error: 0.6733 on 50 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.4726, Adjusted R-squared: 0.4515  
F-statistic: 22.4 on 2 and 50 DF, p-value: 1.13e-07

## 6.5.14 Dagelijkse Mn inname

### Shapiro-Wilk normality test

W = 0.87093, p-value = 2.077e-05

### log(Cons\_Mn)

W = 0.97586, p-value = 0.2995

### Full model, log(Daily\_Cons\_Mn)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.17105	-0.12884	0.07986	0.21213	0.57468

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-2.20672	0.09926	-22.232	< 2e-16 ***
PYES	0.61356	0.14037	4.371	6.42e-05 ***
SMYES	-0.98405	0.14964	-6.576	3.01e-08 ***
PYES:SMYES	-0.15995	0.20517	-0.780	0.439

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.3714 on 49 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.7281, Adjusted R-squared: 0.7115  
F-statistic: 43.74 on 3 and 49 DF, p-value: 6.757e-14

### Additive model, log(Daily\_Cons\_Mn)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.1336	-0.1663	0.1062	0.2199	0.6223

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	-2.16928	0.08653	-25.070	< 2e-16 ***
PYES	0.53869	0.10197	5.283	2.78e-06 ***
SMYES	-1.06913	0.10197	-10.484	3.19e-14 ***

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.3699 on 50 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.7248, Adjusted R-squared: 0.7137  
F-statistic: 65.83 on 2 and 50 DF, p-value: 9.838e-15

## 6.5.15 Totaal Zn inname

### Shapiro-Wilk normality test

W = 0.9712, p-value = 0.1908

### Full model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-5.2804	-1.3615	0.1251	1.5282	3.8498

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	5.4845	0.6115	8.970	3.27e-12 ***
PYES	0.3642	0.8502	0.428	0.67010
SMYES	-2.5098	0.8812	-2.848	0.00625 **
PYES:SMYES	1.1570	1.2143	0.953	0.34502

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.288 on 53 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.1959, Adjusted R-squared: 0.1504  
F-statistic: 4.305 on 3 and 53 DF, p-value: 0.008627

#### Additive model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-5.5542	-1.6775	0.2061	1.3531	4.1432

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	5.1911	0.5278	9.835	1.23e-13 ***
PYES	0.9314	0.6065	1.536	0.13044
SMYES	-1.9005	0.6058	-3.137	0.00276 **

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.286 on 54 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.1822, Adjusted R-squared: 0.1519  
F-statistic: 6.014 on 2 and 54 DF, p-value: 0.004386

## 6.5.16 Dagelijkse Zn inname

### Shapiro-Wilk normality test

W = 0.98455, p-value = 0.6784

#### Full model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.066683	-0.010925	0.003005	0.015051	0.060232

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	0.091684	0.006381	14.368	< 2e-16 ***
PYES	0.002062	0.008873	0.232	0.817107
SMYES	-0.036980	0.009196	-4.021	0.000185 ***
PYES:SMYES	0.010518	0.012672	0.830	0.410274

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.02388 on 53 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.3332, Adjusted R-squared: 0.2954  
F-statistic: 8.827 on 3 and 53 DF, p-value: 7.639e-05

#### Additive model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.069172	-0.010080	0.003509	0.013780	0.057742

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	0.089017	0.005497	16.193	< 2e-16 ***
PYES	0.007218	0.006317	1.143	0.258
SMYES	-0.031441	0.006309	-4.984	6.79e-06 ***

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.02381 on 54 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.3245, Adjusted R-squared: 0.2995  
F-statistic: 12.97 on 2 and 54 DF, p-value: 2.512e-05

## 6.5.17 Totaal Fe inname

### Shapiro-Wilk normality test

W = 0.96709, p-value = 0.1226

### Full model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-22.6202	-6.8070	0.5792	6.9889	15.8826

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	18.267	2.557	7.145	2.63e-09 ***
PYES	6.788	3.555	1.909	0.0616 .
SMYES	-3.395	3.684	-0.921	0.3610
PYES:SMYES	1.234	5.077	0.243	0.8088

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 9.566 on 53 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.1534, Adjusted R-squared: 0.1055  
F-statistic: 3.201 on 3 and 53 DF, p-value: 0.03056

### Additive model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-22.9124	-7.1441	0.2871	6.6968	16.1747

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	17.954	2.189	8.200	4.69e-11 ***
PYES	7.393	2.516	2.938	0.00484 **
SMYES	-2.745	2.513	-1.092	0.27952

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 9.482 on 54 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.1524, Adjusted R-squared: 0.1211  
F-statistic: 4.856 on 2 and 54 DF, p-value: 0.0115

## 6.5.18 Dagelijkse Fe inname

### Shapiro-Wilk normality test

W = 0.98245, p-value = 0.5749

### Full model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.28566	-0.05212	0.01530	0.05325	0.25802

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	0.30537	0.02694	11.334	8.82e-16 ***
PYES	0.09622	0.03746	2.568	0.0131 *
SMYES	-0.03188	0.03883	-0.821	0.4154
PYES:SMYES	-0.02709	0.05351	-0.506	0.6148

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.1008 on 53 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.1928, Adjusted R-squared: 0.1471  
F-statistic: 4.22 on 3 and 53 DF, p-value: 0.009493

#### Additive model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.27925	-0.05853	0.01092	0.05316	0.26443

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	0.31224	0.02312	13.507	< 2e-16 ***
PYES	0.08294	0.02656	3.122	0.00288 **
SMYES	-0.04614	0.02653	-1.739	0.08770 .

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.1001 on 54 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.1889, Adjusted R-squared: 0.1589  
F-statistic: 6.289 on 2 and 54 DF, p-value: 0.003506

## 6.5.19 Totaal AI inname

### Shapiro-Wilk normality test

W = 0.96986, p-value = 0.1654

#### Full model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-48.838	-14.340	1.251	15.089	37.087

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	34.739	5.436	6.391	4.29e-08 ***
PYES	19.356	7.558	2.561	0.0133 *
SMYES	-3.409	7.833	-0.435	0.6652
PYES:SMYES	2.774	10.794	0.257	0.7982

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 20.34 on 53 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.2193, Adjusted R-squared: 0.1751  
F-statistic: 4.963 on 3 and 53 DF, p-value: 0.004142

#### Additive model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-49.495	-14.052	0.594	14.433	37.743

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	34.035	4.655	7.311	1.29e-09 ***
PYES	20.716	5.349	3.873	0.000293 ***
SMYES	-1.948	5.343	-0.365	0.716859

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 20.16 on 54 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.2183, Adjusted R-squared: 0.1894  
F-statistic: 7.542 on 2 and 54 DF, p-value: 0.001293

## 6.5.20Dagelijkse AI inname

### Shapiro-Wilk normality test

W = 0.9862, p-value = 0.7597

### Full model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.61675	-0.11932	0.03573	0.10541	0.55708

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	0.580726	0.057387	10.120	5.54e-14 ***
PYES	0.286324	0.079793	3.588	0.000726 ***
SMYES	-0.004575	0.082703	-0.055	0.956091
PYES:SMYES	-0.062415	0.113961	-0.548	0.586209

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.2147 on 53 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.2816, Adjusted R-squared: 0.241  
F-statistic: 6.927 on 3 and 53 DF, p-value: 0.0005092

### Additive model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.6020	-0.1351	0.0257	0.1169	0.5718

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	0.59655	0.04926	12.111	< 2e-16 ***
PYES	0.25573	0.05660	4.518	3.44e-05 ***
SMYES	-0.03745	0.05653	-0.662	0.511

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.2133 on 54 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.2776, Adjusted R-squared: 0.2508  
F-statistic: 10.37 on 2 and 54 DF, p-value: 0.0001539

## 6.6 Bijlage F: Totaal inname elementen door Veldkrekels tijdens voedselexperiment

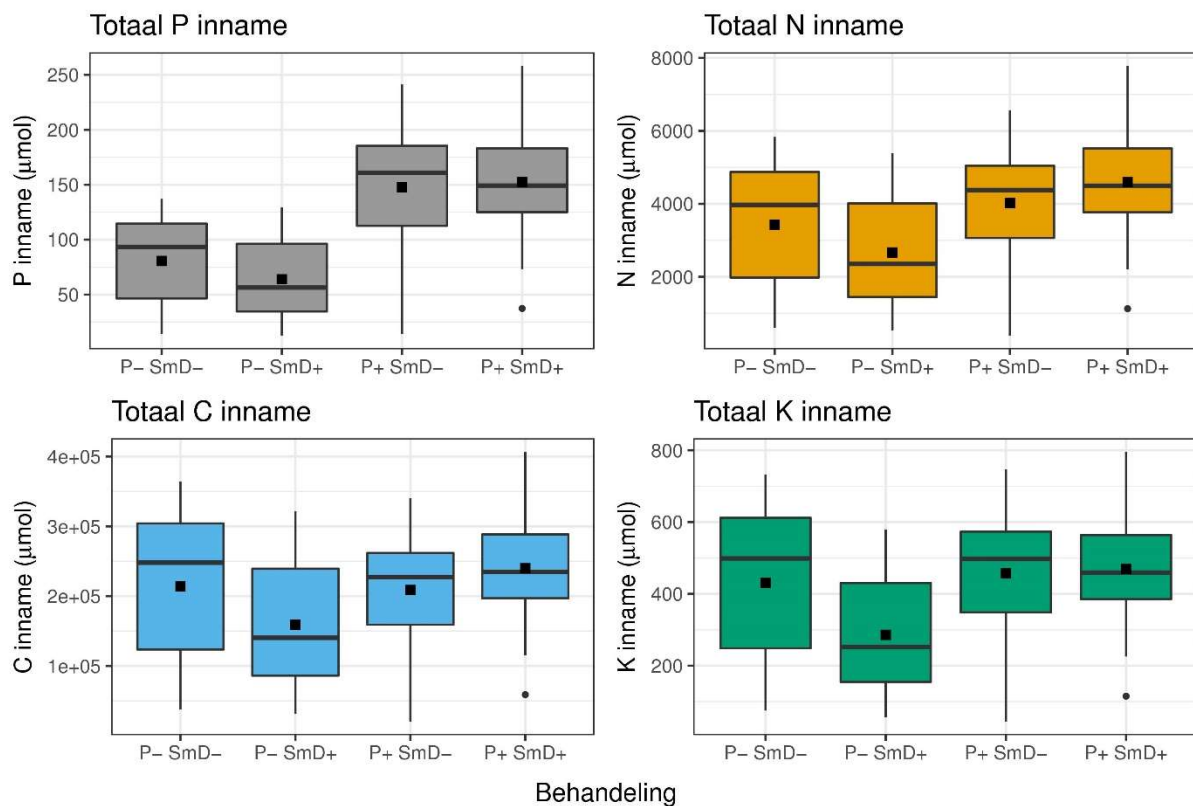


Fig. Bijlage B-1 Totaal inname van elementen (P, N, C en K) door Veldkrekels in het experiment uitgesplitst per behandeling. Boxen geven 25 en 75 percentielen weer, whiskers 1.5\* de interkwartiel range, punten de waarden die buiten deze interkwartiel range liggen. Horizontale balkjes: mediane waarde. Vierkanten: gemiddelde waarde. P+: P (50 Kg/ha) toegevoegd. StD+: eifelgold+ dolokal (10/1 ton/ha) toegediend. P-: geen P toediening. StD-: geen eifelgold + dolokal toediening.

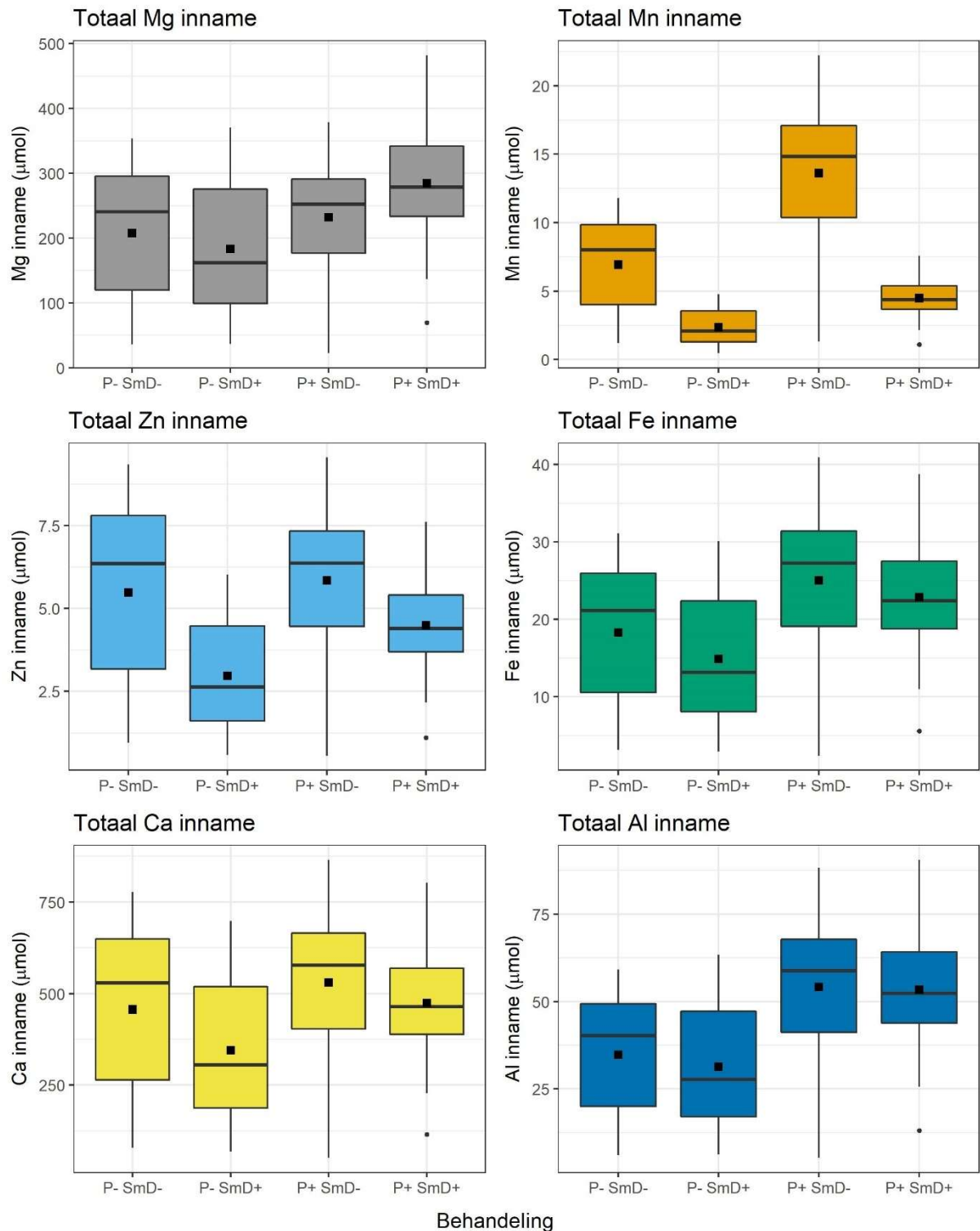


Fig. Bijlage B-2 Totaal inname van elementen (Mg, Mn, Zn, Fe, Ca en Al door Veldkrekels in het experiment uitgesplitst per behandeling. Boxen geven 25 en 75 percentielen weer, whiskers 1.5\* de interkwartiel range, punten de waarden die buiten deze interkwartiel range liggen. Horizontale balkjes: mediane waarde. Vierkanten: gemiddelde waarde. P+: P (50 Kg/ha) toegevoegd. StD+: eifelgold+ dolokal (10/1 ton/ha) toegediend. P-: geen P toediening. StD-: geen eifelgold + dolokal toediening.

## 6.7 Bijlage G: toetsresultaten behandel­effect op reproductie

### 6.7.1 met kannibalistische vrouwtjes als factor

#### Additief model, interactie met kannibalisme

```
glm(formula = EggsplusNymphs ~ P * Cannibal + SM * Cannibal,  
     family = quasipoisson, data = KrekelEi %>% filter(!Issues2 %in%  
     c("Death", "Major")))
```

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-13.349	-6.864	-3.151	2.715	14.449

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	3.3281	0.4276	7.782	3.18e-10 ***
PYES	1.1616	0.4670	2.488	0.0162 *
CannibalYES	0.6163	0.5874	1.049	0.2990
SMYES	-1.2023	0.4725	-2.544	0.0140 *
PYES:CannibalYES	-1.1510	0.6632	-1.736	0.0887 .
CannibalYES:SMYES	1.1365	0.6679	1.701	0.0949 .

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for quasipoisson family taken to be 55.00089)

Null deviance: 3642.7 on 56 degrees of freedom  
Residual deviance: 2755.8 on 51 degrees of freedom  
AIC: NA

Number of Fisher Scoring iterations: 6

### 6.7.2 Kannibalistische vrouwtjes uitgesloten

#### Additive model

```
glm(formula = EggsplusNymphs ~ P + SM, family = quasipoisson,  
     data = KrekelEi %>% filter(!Issues2 %in% c("Death", "Major"),  
     Cannibal == "NO"))
```

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-13.349	-7.318	-4.094	2.715	14.449

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	3.3281	0.4591	7.249	2.16e-08 ***
PYES	1.1616	0.5013	2.317	0.0266 *
SMYES	-1.2023	0.5073	-2.370	0.0236 *

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for quasipoisson family taken to be 63.3877)

Null deviance: 2904.7 on 36 degrees of freedom  
Residual deviance: 2039.5 on 34 degrees of freedom  
AIC: NA



Number of Fisher Scoring iterations: 6

### 6.7.3 Alleen kannibalistische vrouwtjes

#### Additive model

```
glm(formula = EggsplusNymphs ~ P + SM, family = quasipoisson,  
    data = KrekelEi %>% filter(!Issues2 %in% c("Death", "Major"),  
    Cannibal == "YES"))
```

Deviance Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-10.217	-4.715	-0.499	3.161	11.764

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	3.94438	0.33566	11.751	1.39e-09 ***
PYES	0.01059	0.39265	0.027	0.979
SMYES	-0.06580	0.39355	-0.167	0.869

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

(Dispersion parameter for quasipoisson family taken to be 38.2276)

Null deviance: 717.32 on 19 degrees of freedom  
Residual deviance: 716.25 on 17 degrees of freedom  
AIC: NA

Number of Fisher Scoring iterations: 5

## 6.8 Bijlage H: toetsresultaten gewichtsverandering voedselexperiment II

### 6.8.1 Startgewicht

#### Shapiro-Wilk normality test

W = 0.96331, p-value = 0.5589

#### Full model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.24873	-0.09298	0.02055	0.10712	0.16716

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	0.57104	0.05919	9.648	1.55e-08 ***
PYes	0.15878	0.08014	1.981	0.0631 .
StDYes	0.09209	0.08014	1.149	0.2655
PYes:StDYes	-0.15215	0.11334	-1.342	0.1961

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.1323 on 18 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.1801, Adjusted R-squared: 0.04349

F-statistic: 1.318 on 3 and 18 DF, p-value: 0.2993

#### Additive model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.216435	-0.108175	0.006605	0.111739	0.191063

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	0.61254	0.05153	11.887	3.04e-10 ***
PYes	0.08270	0.05785	1.430	0.169
StDYes	0.01602	0.05785	0.277	0.785

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.1351 on 19 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.09804, Adjusted R-squared: 0.003102

F-statistic: 1.033 on 2 and 19 DF, p-value: 0.3752

### 6.8.2 Gewicht na 14 dagen

#### Shapiro-Wilk normality test

W = 0.97879, p-value = 0.8962

#### Full model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.26555	-0.05570	0.02723	0.09621	0.18612

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	0.64084	0.05903	10.856	2.49e-09 ***
PYes	0.21004	0.07992	2.628	0.0171 *
StDYes	0.11321	0.07992	1.416	0.1737

PYes:StDYes -0.20809 0.11303 -1.841 0.0822 .

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.132 on 18 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.2773, Adjusted R-squared: 0.1569

F-statistic: 2.302 on 3 and 18 DF, p-value: 0.1116

#### Additive model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.21826	-0.10169	-0.01854	0.10669	0.23341

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	0.697593	0.053411	13.061	6.12e-11 ***
PYes	0.105997	0.059964	1.768	0.0932 .
StDYes	0.009163	0.059964	0.153	0.8802

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.14 on 19 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.1412, Adjusted R-squared: 0.05084

F-statistic: 1.562 on 2 and 19 DF, p-value: 0.2354

### 6.8.3 Gewichtsverandering

#### Shapiro-Wilk normality test

W = 0.97109, p-value = 0.7363

#### Full model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.071140	-0.030888	0.000958	0.028191	0.069683

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	0.06980	0.01824	3.827	0.00124 **
PYes	0.05127	0.02470	2.076	0.05253 .
StDYes	0.02112	0.02470	0.855	0.40380
PYes:StDYes	-0.05594	0.03493	-1.602	0.12664

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.04079 on 18 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.2039, Adjusted R-squared: 0.07123

F-statistic: 1.537 on 3 and 18 DF, p-value: 0.2393

#### Additive model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.08640	-0.03102	-0.00173	0.03344	0.08240

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	0.085057	0.016184	5.256	4.51e-05 ***
PYes	0.023295	0.018170	1.282	0.215
StDYes	-0.006855	0.018170	-0.377	0.710

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.04244 on 19 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.09046, Adjusted R-squared: -0.005283

F-statistic: 0.9448 on 2 and 19 DF, p-value: 0.4063

## 6.9 Bijlage I: toetsresultaten element gehalten Veldkrekels experiment II

### 6.9.1 N gehalte

#### Shapiro-Wilk normality test

W = 0.97177, p-value = 0.7517

#### Full model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1226.27	-261.96	-65.83	316.72	922.20

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	7100.6	249.0	28.519	<2e-16 ***
PYes	-528.4	337.1	-1.567	0.1345
StDYes	-357.0	337.1	-1.059	0.3036
PYes:StDYes	1062.9	476.8	2.229	0.0388 *

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 556.7 on 18 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.2343, Adjusted R-squared: 0.1067

F-statistic: 1.836 on 3 and 18 DF, p-value: 0.1768

#### Additive model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1056.06	-352.40	7.11	310.64	1212.08

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	6810.763	233.464	29.173	<2e-16 ***
PYes	3.093	262.106	0.012	0.991
StDYes	174.399	262.106	0.665	0.514

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 612.1 on 19 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.02289, Adjusted R-squared: -0.07996

F-statistic: 0.2226 on 2 and 19 DF, p-value: 0.8025

### 6.9.2 P gehalte

#### Shapiro-Wilk normality test

W = 0.96022, p-value = 0.4937

#### Full model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-35.276	-17.227	4.512	15.960	44.707

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	232.979	9.586	24.303	3.25e-15 ***
PYes	22.812	12.980	1.758	0.0958 .

StDYes 4.670 12.980 0.360 0.7232  
PYes:StDYes 20.321 18.356 1.107 0.2829

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 21.44 on 18 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.4676, Adjusted R-squared: 0.3788  
F-statistic: 5.269 on 3 and 18 DF, p-value: 0.008735

#### Additive model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-29.73	-18.12	2.73	12.01	50.25

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	227.437	8.224	27.657	< 2e-16 ***
PYes	32.972	9.232	3.571	0.00204 **
StDYes	14.831	9.232	1.606	0.12469

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 21.56 on 19 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.4313, Adjusted R-squared: 0.3715  
F-statistic: 7.206 on 2 and 19 DF, p-value: 0.00469

### 6.9.3 N:P ratio

#### Shapiro-Wilk normality test

W = 0.96225, p-value = 0.536

#### Full model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-4.6366	-1.2381	-0.2932	1.2265	4.8294

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	30.557	1.115	27.409	3.94e-16 ***
PYes	-4.780	1.510	-3.166	0.00534 **
StDYes	-2.191	1.510	-1.451	0.16391
PYes:StDYes	2.585	2.135	1.211	0.24159

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.493 on 18 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.4087, Adjusted R-squared: 0.3101  
F-statistic: 4.147 on 3 and 18 DF, p-value: 0.02128

#### Additive model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-3.9316	-1.6093	-0.2559	1.1564	5.5344

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	29.8518	0.9623	31.020	< 2e-16 ***
PYes	-3.4874	1.0804	-3.228	0.00443 **

StDYes -0.8982 1.0804 -0.831 0.41610

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.523 on 19 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.3605, Adjusted R-squared: 0.2932

F-statistic: 5.355 on 2 and 19 DF, p-value: 0.01431

## 6.9.4 Mn gehalte

### Shapiro-Wilk normality test

W = 0.92997, p-value = 0.1225

### Full model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.68128	-0.18956	-0.09077	0.14169	0.87970

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	2.1106	0.1784	11.830	6.35e-10 ***
PYes	1.0784	0.2416	4.464	0.0003 ***
StDYes	-0.4329	0.2416	-1.792	0.0900 .
PYes:StDYes	-0.2581	0.3416	-0.755	0.4597

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.3989 on 18 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.7187, Adjusted R-squared: 0.6718

F-statistic: 15.33 on 3 and 18 DF, p-value: 3.361e-05

### Additive model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.62263	-0.24214	-0.03714	0.10356	0.80931

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	2.1810	0.1504	14.499	9.99e-12 ***
PYes	0.9494	0.1689	5.622	2.02e-05 ***
StDYes	-0.5619	0.1689	-3.327	0.00354 **

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.3944 on 19 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.7098, Adjusted R-squared: 0.6792

F-statistic: 23.23 on 2 and 19 DF, p-value: 7.875e-06

## 6.9.5 Mg gehalte

### Shapiro-Wilk normality test

W = 0.92997, p-value = 0.1225

### Full model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-4.7625	-1.1065	0.4337	1.2302	5.2647

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	36.9178	1.2437	29.683	<2e-16 ***
PYes	3.6168	1.6840	2.148	0.0456 *
StDYes	1.3249	1.6840	0.787	0.4417
PYes:StDYes	0.7663	2.3815	0.322	0.7513

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.781 on 18 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.4132, Adjusted R-squared: 0.3154  
F-statistic: 4.224 on 3 and 18 DF, p-value: 0.01995

#### Additive model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-4.5535	-1.2806	0.4451	1.4392	5.0906

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	36.709	1.035	35.456	< 2e-16 ***
PYes	4.000	1.162	3.441	0.00274 **
StDYes	1.708	1.162	1.469	0.15807

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.715 on 19 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.4098, Adjusted R-squared: 0.3477  
F-statistic: 6.596 on 2 and 19 DF, p-value: 0.006677

## 6.9.6 Mn:Mg ratio

### Shapiro-Wilk normality test

W = 0.92068, p-value = 0.07853

#### Full Model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.015548	-0.005359	-0.002152	0.008047	0.018063

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	0.057247	0.004057	14.109	3.57e-11 ***
PYes	0.021507	0.005494	3.915	0.00102 **
StDYes	-0.013227	0.005494	-2.408	0.02700 *
PYes:StDYes	-0.007104	0.007769	-0.914	0.37263

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.009073 on 18 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.7136, Adjusted R-squared: 0.6659  
F-statistic: 14.95 on 3 and 18 DF, p-value: 3.937e-05

#### Additive model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.0139337	-0.0067677	-0.0005537	0.0084915	0.0161260



Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	0.059184	0.003445	17.179	4.95e-13 ***
PYes	0.017955	0.003868	4.642	0.000178 ***
StDYes	-0.016779	0.003868	-4.338	0.000354 ***

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.009033 on 19 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.7003, Adjusted R-squared: 0.6687  
F-statistic: 22.2 on 2 and 19 DF, p-value: 1.068e-05

## 6.9.7 Fe gehalte

### Shapiro-Wilk normality test

W = 0.95269, p-value = 0.3567

### Full Model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.96375	-0.49225	-0.04228	0.22064	1.63778

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	3.0885	0.3194	9.669	1.49e-08 ***
PYes	-0.5104	0.4325	-1.180	0.253
StDYes	-0.2305	0.4325	-0.533	0.601
PYes:StDYes	0.4517	0.6116	0.739	0.470

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.7142 on 18 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.07292, Adjusted R-squared: -0.08159  
F-statistic: 0.4719 on 3 and 18 DF, p-value: 0.7056

### Additive model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.03887	-0.56012	-0.03202	0.25777	1.53512

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	2.965300	0.269118	11.019	1.08e-09 ***
PYes	-0.284513	0.302134	-0.942	0.358
StDYes	-0.004685	0.302134	-0.016	0.988

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.7056 on 19 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.04483, Adjusted R-squared: -0.05572  
F-statistic: 0.4459 on 2 and 19 DF, p-value: 0.6468

## 6.9.8 Fe:Mg ratio

### Shapiro-Wilk normality test

W = 0.96992, p-value = 0.7092

### Full model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.030877	-0.010205	-0.000204	0.007865	0.039841

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	0.084110	0.007832	10.740	2.95e-09 ***
PYes	-0.020774	0.010604	-1.959	0.0658 .
StDYes	-0.009063	0.010604	-0.855	0.4040
PYes:StDYes	0.011686	0.014996	0.779	0.4460

---  
Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.01751 on 18 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.2048, Adjusted R-squared: 0.07223  
F-statistic: 1.545 on 3 and 18 DF, p-value: 0.2373

### Additive model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.033533	-0.012861	0.002293	0.008463	0.037186

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	0.080923	0.006609	12.244	1.84e-10 ***
PYes	-0.014931	0.007420	-2.012	0.0586 .
StDYes	-0.003220	0.007420	-0.434	0.6692

---  
Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.01733 on 19 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.1779, Adjusted R-squared: 0.09141  
F-statistic: 2.056 on 2 and 19 DF, p-value: 0.1554

## 6.9.9 Zn gehalte

### Shapiro-Wilk normality test

W = 0.95615, p-value = 0.4155

### Full model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.4263	-0.1986	-0.0211	0.2352	0.5124

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	2.5153	0.1410	17.835	6.89e-13 ***
PYes	-0.2901	0.1910	-1.519	0.146
StDYes	0.1249	0.1910	0.654	0.522
PYes:StDYes	-0.1973	0.2701	-0.731	0.474

---  
Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.3154 on 18 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.3341, Adjusted R-squared: 0.2231  
F-statistic: 3.011 on 3 and 18 DF, p-value: 0.05726

#### Additive model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.48007	-0.25238	0.02376	0.24534	0.55721

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	2.56912	0.11879	21.627	7.65e-15 ***
PYes	-0.38875	0.13336	-2.915	0.00888 **
StDYes	0.02618	0.13336	0.196	0.84648

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.3115 on 19 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.3144, Adjusted R-squared: 0.2422  
F-statistic: 4.356 on 2 and 19 DF, p-value: 0.02772

### 6.9.10 Zn:Mg ratio

#### Shapiro-Wilk normality test

W = 0.97618, p-value = 0.847

#### Full model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.0133112	-0.0053670	-0.0003934	0.0050859	0.0190783

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	0.0684352	0.0039673	17.250	1.22e-12 ***
PYes	-0.0129511	0.0053718	-2.411	0.0268 *
StDYes	0.0006998	0.0053718	0.130	0.8978
PYes:StDYes	-0.0058302	0.0075969	-0.767	0.4528

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.008871 on 18 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.5011, Adjusted R-squared: 0.4179  
F-statistic: 6.026 on 3 and 18 DF, p-value: 0.005006

#### Additive model

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.0141641	-0.0058212	-0.0000611	0.0045369	0.0204034

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	0.070025	0.003347	20.925	1.4e-14 ***
PYes	-0.015866	0.003757	-4.223	0.000461 ***
StDYes	-0.002215	0.003757	-0.590	0.562380

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.008775 on 19 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.4848, Adjusted R-squared: 0.4305  
F-statistic: 8.938 on 2 and 19 DF, p-value: 0.001837

## 6.10 Bijlage J: regressie analyses totaal nutrient inname vs gehalte in krekels

### 6.10.1 N krekel vs N inname

lm(formula = N\_gryl ~ N\_eaten, data = KrekelChem)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1197.94	-305.91	-95.13	350.32	1315.56

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	7320.9190	442.8010	16.533	3.95e-13 ***
N_eaten	-0.5902	0.5946	-0.992	0.333

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 589.3 on 20 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.04694, Adjusted R-squared: -0.0007145

F-statistic: 0.985 on 1 and 20 DF, p-value: 0.3328

### 6.10.2 P krekel vs P inname

lm(formula = P\_gryl ~ P\_eaten, data = KrekelChem)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-31.169	-18.854	-1.379	13.320	71.138

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	224.3305	12.6503	17.733	1.06e-13 ***
P_eaten	1.2320	0.5248	2.348	0.0293 *

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 24.68 on 20 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.216, Adjusted R-squared: 0.1768

F-statistic: 5.511 on 1 and 20 DF, p-value: 0.02929

### 6.10.3 N:P krekel vs N:P voedsel

lm(formula = NP\_gryl ~ NP\_food, data = KrekelChem)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-4.8146	-1.0325	-0.5796	0.9494	5.0880

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	18.72092	2.77158	6.755	1.43e-06 ***
NP_food	0.25309	0.07704	3.285	0.0037 **

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 2.479 on 20 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.3505, Adjusted R-squared: 0.318

F-statistic: 10.79 on 1 and 20 DF, p-value: 0.0037

### 6.10.4 Mn Krekel vs Mn inname

lm(formula = Mn\_gryl ~ Mn\_eaten, data = KrekelChem)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.41414	-0.28637	-0.04453	0.19764	1.31951

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	1.66791	0.13495	12.36	8.06e-11 ***
Mn_eaten	0.50295	0.07495	6.71	1.57e-06 ***

---  
Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.3957 on 20 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.6924, Adjusted R-squared: 0.6771  
F-statistic: 45.03 on 1 and 20 DF, p-value: 1.573e-06

### 6.10.5 Mg krekel vs Mg inname

lm(formula = Mg\_gryl ~ Mg\_eaten, data = KrekelChem)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-4.895	-2.142	-0.794	2.839	5.862

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	34.27374	2.54370	13.474	1.71e-11 ***
Mg_eaten	0.11978	0.05563	2.153	0.0437 *

---  
Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 3.103 on 20 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.1882, Adjusted R-squared: 0.1476  
F-statistic: 4.637 on 1 and 20 DF, p-value: 0.04367

### 6.10.6 Mn:Mg krekel vs Mn:Mg voedsel

lm(formula = MnMg\_gryl ~ MnMg\_food, data = KrekelChem)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.014404	-0.006609	0.001335	0.005221	0.026218

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	0.040239	0.004113	9.784	4.56e-09 ***
MnMg_food	0.636552	0.114313	5.569	1.89e-05 ***

---  
Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.01007 on 20 degrees of freedom  
Multiple R-squared: 0.6079, Adjusted R-squared: 0.5883  
F-statistic: 31.01 on 1 and 20 DF, p-value: 1.888e-05

### 6.10.7 Fe krekel vs Fe inname

lm(formula = Fe\_gryl ~ Fe\_eaten, data = KrekelChem)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-1.00212	-0.46989	0.02696	0.40808	1.63749

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	2.62311	0.45202	5.803	1.12e-05 ***
Fe_eaten	0.04928	0.10640	0.463	0.648

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.7 on 20 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.01061, Adjusted R-squared: -0.03886

F-statistic: 0.2145 on 1 and 20 DF, p-value: 0.6483

### 6.10.8 Fe:Mg krekel vs Fe:Mg voedsel

lm(formula = FeMg\_gryl ~ FeMg\_food, data = KrekelChem)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.033079	-0.010007	-0.001967	0.011232	0.040247

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	0.10095	0.03072	3.286	0.00369 **
FeMg_food	-0.32389	0.33913	-0.955	0.35096

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.01822 on 20 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.04362, Adjusted R-squared: -0.004203

F-statistic: 0.9121 on 1 and 20 DF, p-value: 0.351

### 6.10.9 Zn krekel vs Zn inname

lm(formula = Zn\_gryl ~ Zn\_eaten, data = KrekelChem)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.7250	-0.1525	0.0204	0.2582	0.5775

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	2.6617	0.2242	11.874	1.64e-10 ***
Zn_eaten	-0.3002	0.2315	-1.297	0.209

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.3521 on 20 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.07757, Adjusted R-squared: 0.03145

F-statistic: 1.682 on 1 and 20 DF, p-value: 0.2094

### 6.10.10 Zn:Mg krekel vs Zn:Mg voedsel

lm(formula = ZnMg\_gryl ~ ZnMg\_food, data = KrekelChem)

Residuals:

Min	1Q	Median	3Q	Max
-0.019689	-0.006949	-0.001363	0.007766	0.020266

Coefficients:

	Estimate	Std. Error	t value	Pr(> t )
(Intercept)	0.05674	0.01114	5.093	5.55e-05 ***
ZnMg_food	0.20323	0.51935	0.391	0.7

---

Signif. codes: 0 '\*\*\*' 0.001 '\*\*' 0.01 '\*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1

Residual standard error: 0.01187 on 20 degrees of freedom

Multiple R-squared: 0.007598, Adjusted R-squared: -0.04202

F-statistic: 0.1531 on 1 and 20 DF, p-value: 0.6997