

GRUTTO LANDSCHAP PROJECT

Jaarverslag 2023

De staat van ons landschap: Biomonitoring van duurzame landbouw innovaties



Jos Hooijmeijer
Egbert van der Velde
Eldar Rakhimberdiev
Ruth Howison
Jeroen Onrust
Rienk Fokkema
Georgette Lagendijk
Clarisse Kraamwinkel
Renée Veenstra
Luis Barba Escoto

Marie Stessens
Michella Ligtelijn
Taylor Craft
Aafke Saarloos (WUR)
Wouter Vansteelant
Ondřej Belfin
Natsja Zijlstra
Stijn Basting
Yvonne Verkuil
Theunis Piersma



rijksuniversiteit
 groningen



LIFE IP
GrassBirdHabitats

COLOFON

Dit onderzoek wordt in 2020-2025 gefinancierd door het Ministerie van LNV, Vogelbescherming Nederland, Provincies Fryslân, Overijssel, Groningen, Gelderland, Noord-Holland, Zuid-Holland, EU LIFE IP GrassBirdHabitats en de Rijksuniversiteit Groningen. Het bouwt voort op de onderzoekinvesteringen in 2004-2019 door het Ministerie van LNV, het Ministerie van Economische Zaken, de Provincie Fryslân, de Nederlandse Organisatie voor Wetenschappelijk Onderzoek (NWO) vanwege de TOP-subsidie 'Shorebirds in space' en de Spinoza Premie 2014 aan T. Piersma, en door bijdragen van de Rijksuniversiteit Groningen, Vogelbescherming-Nederland en Wereld Natuur Fonds aan de leerstoel Trekvoegecologie aan de RuG, grote investeringen van anonieme donoren, het Gieskes-Strijbis Fonds, en door bijdragen van het Prins Bernhard Cultuurfonds (via It Fryske Gea) en de Van der Hucht De Beukelaar Stichting. Het onderzoek naar de bodemgezondheid van Friese veenbodems onder permanente graslanden is gefinancierd middels twee onderzoekbeurzen: Gratama-GUF en SuSo (Sustainable Society).

In dit jaarverslag presenteren we de achtergrond van ons onderzoek en een overzicht van de voorlopige resultaten van de monitoring van de gruttopopulatie, predatoren en alternatieve prooien, insecten, bodemleven en landgebruik in 2023 en/of voorgaande jaren. We beschrijven de inzichten en ideeën die we daaruit halen voor verdere analyse van de data en toekomstig onderzoek. We benadrukken dat het hier gaat om voorlopige bevindingen en dat de gevonden verschillen in veel gevallen nog statistisch moeten worden getoetst. Dat betekent dat deze resultaten nog niet definitief zijn. We lichten in ons jaarverslag een tipje van de sluier op van wat we tot nu toe hebben waargenomen en voor de statistische onderbouwing verwijzen we u naar onze peer-reviewed verschenen (zie paragraaf 4.1) en nog te verschijnen artikelen. Deze artikelen en de proefschriften van de op dit onderzoek aangestelde promovendi zullen de eindrapportage van dit onderzoek vormen.

Wijze van citeren: Hooijmeijer J., E. van der Velde, E. Rakhimberdiev, R. Howison, J. Onrust, R.W. Fokkema, G. Lagendijk, C. T. Kraamwinkel, R. Veenstra, L. Barba Escoto, M. Stessens, M. Ligtelijn, T. Craft, A. Saarloos, W. Vansteelant, O. Belfin, N. Zijlstra, S. Basting, Y. Verkuil & T. Piersma. 2024. Grutto-Landschap-Project Jaarverslag 2023. Rapport van BirdEyes, Centre for Global Ecological Change at the Faculties of Science & Engineering and Campus Fryslân, University of Groningen, Leeuwarden, The Netherlands.

Foto's: Rosemarie Kentie, Egbert van der Velde, Ruth Howison, Sijmen Hendriks, Rienk Fokkema, Astrid Kant, Jeroen Onrust en RuG. Op de omslag een impressie van het bemonsteren van bodemfauna (foto Wim Tijsen).

BirdEyes

Centre for Global Ecological Change at the Faculties of Science & Engineering and Campus Fryslân,
University of Groningen, Leeuwarden, The Netherlands

Postbus 11103

9700 CC Groningen

The Netherlands

E-mail: j.c.hooijmeijer@rug.nl

Inhoudsopgave

1	Introductie Grutto Landschap Project	5
2	Monitoring Voedselweb	8
2.1	Weidevogels	9
2.2	Predatie en alternatieve prooien	14
2.3	Insecten	17
2.4	Bodemleven	18
2.5	Landschap en landgebruik	20
2.6	Pesticiden	21
3	Resultaten 2023	23
3.1	De grutto in Zuidwest Friesland	23
3.1.1	Verloop van de aantallen grutto's	23
3.1.2	Nestresultaten	24
3.1.3	Weer, maaidatum en timing van broeden	27
3.1.4	Predatie	30
3.1.5	Vangsten	33
3.1.6	Alarmtellingen, kuikenoverleving en kuikenconditie	34
3.1.7	Overleving volwassen grutto's	39
3.1.8	Verplaatsingen	39
3.2	Predatoren en alternatieve prooien in Zuidwest Friesland	41
3.2.1	Aantallen dagactieve vliegende predatoren	41
3.2.2	Aantallen nachttactieve grond predatoren	43
3.2.3	Aantallen woelmuizen in Zuidwest Friesland 2019 - 2023	47
3.3	Insectenonderzoek in Zuidwest Friesland en Duitsland	51
3.3.1	Insecten en gebruiksintensiteit in Zuidwest Friesland	51
3.3.2	Vergelijkend onderzoek in Duitsland en analyse van kuikendieet	56
3.4	Bodemgezondheid en bodemleven in Zuidwest Friesland	61
3.4.1	Dieet volwassen grutto's in Zuidwest Friesland	61
3.4.2	Regenwormen en greppels op melkveebedrijf Sterkenburgh te Skarnebuorren	63
3.4.3	Lange termijn monitoring en onderzoek regenwormen op biologisch melkveebedrijf Oevering te Idzegea	68
3.4.4	Bemesting en bodemleven in agrarische graslanden in Noord-Nederland	76
3.4.5	Achtergrond onderzoek bodemgezondheid Friese veenbodems	86
3.4.6	Ecosysteemdiensten Friese Veenbodems	87
3.4.7	De Soil Navigator Tool	89
3.4.8	Mogelijke risico's van pesticiden op bodemleven en weidevogels	90

3.5 Landgebruik meten en grutto's volgen met satellieten	92
3.5.1 Satelliet-tracking van grutto's, overzicht Oost-Atlantische Flyway 2013-2023	92
3.5.2 Grutto-perspectief op de droogte en de landbouw in Zuid-Spanje	96
3.6 De toekomst van weidevogelbeheer in het complexe agrarische landschap	99
3.6.1 Evaluatie van de overgang naar agro-ecologische landbouw	99
3.6.2 Belemmeringen voor de toepassing van agro-milieuregelingen voor weidevogelbescherming door veehouders	101
3.6.3 Agro-milieuregelingen voor weidevogelbescherming	103
4 Informatie en inspiratie	105
4.1 Publicaties in 2015-2023	106
4.2 Overleg en samenwerking met HVHL	117
4.3 Regenwormenonderzoek met burgerwetenschappers	118
5 Dankwoord	126
6 Literatuur	127



1 Introductie Grutto Landschap Project

De landbouw in Nederland staat voor een grote uitdaging: het produceren van genoeg, veilig en gezond voedsel zonder dat dit ten koste gaat van de leefbaarheid op het platteland voor plant, mens en dier. En zonder dat het de planeet in bredere zin zwaar belast. Een veelgehoorde en serieuze oplossingsrichting is om het bedrijfsmodel weer te baseren op korte kringlopen en natuurlijke processen in bodem, water en lucht. Dit heeft de potentie om de grote druk op biodiversiteit, landschap, milieu, klimaat en gezondheid te verlichten. De grutto is als boerenlandvogel in staat om ons te laten zien of dat lukt. We verwachten dat een stabiele aanwezigheid van grutto's, of nog beter populatiegroei, wijst op een hoge biodiversiteit, een gebalanceerd voedselweb en bodems die horen bij een duurzame melkveehouderij in een aantrekkelijk landschap.

Achtergrond

In 2004 is de Rijksuniversiteit Groningen (RuG) met de aanstelling van Theunis Piersma als nieuwe hoogleraar Dierecologie, Jos Hooijmeijer als zijn onderzoeksmedewerker en Julia Schroeder als eerste grutto-promovendus betaald door RuG, gestart met een langjarig demografisch onderzoek aan grutto's. Dat heeft de afgelopen jaren niet alleen veel spannende wetenschap opgeleverd, maar ook belangrijke inzichten, inspiratie en draagvlak voor beleid, beheer en bescherming van de bedreigde vogels van het boerenland. Door al het werk in binnen- en buitenland zorgt het Grutto-Team van de RuG ervoor dat we weten wat er aan de hand is met onze Nationale Vogel (stand, trends, oorzaken achteruitgang, etc.). Tevens blijkt het grutto-onderzoek van de RuG een voortdurende inspiratiebron voor allerlei lokale en landelijke initiatieven op het gebied van landschap en cultuur; er ontstond een zeer nauwe samenwerking met burgerinitiatief Kening fan 'e Greide. In de beginjaren was de RuG de belangrijkste financier van het onderzoek. Door steun van het Prins Bernhard Cultuurfonds en vervolgens de landelijke overheid kon het studiegebied worden uitgebreid en kreeg het werk meer het karakter van diepgaand monitoringsonderzoek. Vanaf 2013 nam de provincie Fryslân de rol van de landelijke overheid grotendeels over. Het onderzoek kreeg ondertussen grote impulsen uit wetenschappelijke hoek o.a. door de toekenningen aan Theunis Piersma van eerst een TOP-subsidie van NWO en vervolgens de Spinoza Premie in 2014. De financiering vanuit Fryslân liep in 2020 af maar het onderzoek heeft in 2021 een doorstart kunnen maken dankzij het Ministerie van Landbouw, Vogelbescherming Nederland en opnieuw Provincie Fryslân. Maar er zijn ook onderzoekers aan het Grutto Landschap Project verbonden via het EU LIFE IP Project GrassBirdHabitats en RuG Campus Fryslân. Bovendien zijn sinds 2020 Wageningen University & Research en EIS Naturalis aangehaakt met toxicologisch onderzoek naar de mogelijke rol van bestrijdingsmiddelen in het voedselweb van weidevogels, inclusief de grutto. En vanuit de leerstoel Agroecology van Pablo Tittone wordt ook onderzoek gedaan naar de sociaaleconomische aspecten van een natuurinclusieve landbouwtransitie. Dit rapport gaat dus over veel meer dan grutto's alleen. Hieronder leggen wij uit hoe we een transitie naar een meer natuurvriendelijke landbouw, in welke vorm dan ook, kunnen bedienen.

Grutto als gidssoort

Er is geen vogelsoort waarvoor Nederland zo belangrijk is als de grutto *Limosa limosa limosa*; het is dan ook om goede inhoudelijke redenen dat deze soort in 2015 gekozen is tot onze Nationale Vogel. Maar wat betreft de grutto gaat het om veel meer dan de vogel alleen. Deze soort symboliseert een platteland met een hoge biodiversiteit en landschappelijke waarde, iets wat tot het eind van de jaren '70 van de vorige eeuw vanzelfsprekend was.

Hoe snel dit kon veranderen is inmiddels bekend. Er werd breed ingezet op een hoogproductieve landbouw gebaseerd op technologische en chemische innovaties, een landbouw die niet langer gericht was op korte regionale kringlopen of afhankelijk van natuurlijke vernieuwingsfuncties. De bijbehorende intensivering, mechanisering, ontwatering, schaalvergroting, het gebruik van kunstmest en bestrijdingsmiddelen leidden echter tot een eenvormig landschap waar de focus lag op een zo hoog mogelijke productie tegen een zo laag mogelijke kostprijs. Het gevolg was een ineenstorting van populaties van vrijwel alle kenmerkende (vogel)soorten van het platteland door gebrek aan geschikt habitat en teruglopende reproductie, hand in hand met het verdwijnen van insecten en inheemse flora. De veranderde landbouw en sterke verstedelijking veranderden het landschap en faciliteerden daardoor bovendien de toename en invloed van weidevogelpredatoren, geholpen door een verminderde jachtdruk en uitbanning van de meest persistente pesticiden. Het instellen van weidevogelreservaten en opeenvolgende programma's van agrarisch natuurbeheer hebben dit proces van verliezen hooguit afgeremd, maar niet gestopt.

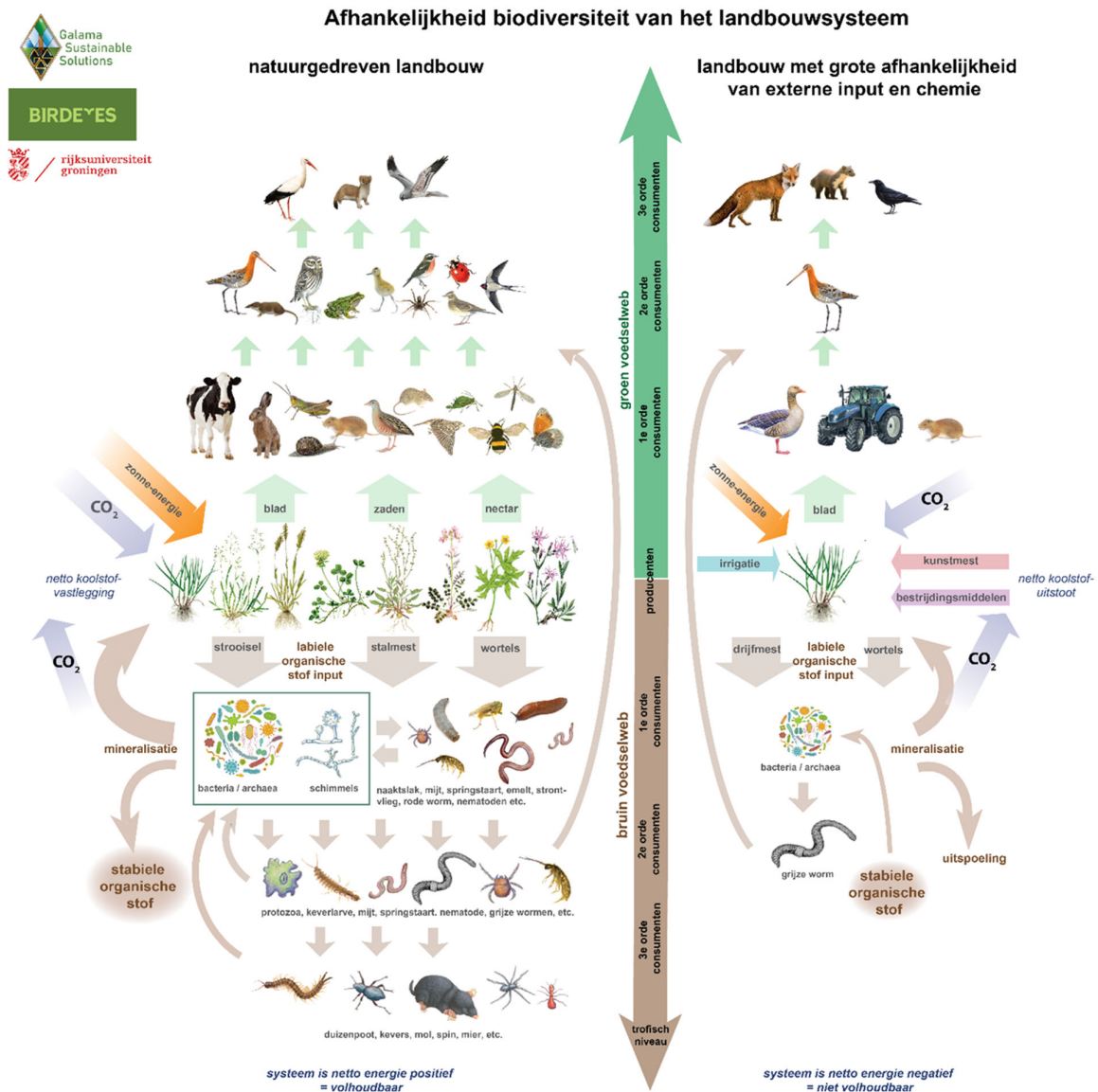
De maatschappelijke druk om daar verandering in te brengen neemt toe. Dit heeft geleid tot allerlei initiatieven om bij bestuurders, boerenstandsorganisaties, banken, zuivelverwerkers, retailers van agrarische producten en consumenten de bewustwording te vergroten dat hier niet alleen de biodiversiteit en de aantrekkelijkheid van het landschap in het geding zijn, maar ook aspecten als klimaatverandering, leefbaarheid van het platteland, inkomen voor de boer, bodemdaling, drinkwaterkwaliteit en volksgezondheid. Er is inmiddels een flink aantal boeren die laten zien dat voor duurzamer boeren een verdienmodel mogelijk is, zelfs onder de huidige subsidieregelingen en waardering van producten. De termen "natuurinclusief boeren" en "kringlooplandbouw" zijn tegenwoordig slecht gedefinieerde, maar zeer bekende begrippen. Een dergelijke omschakeling is echter op korte termijn niet voor alle boeren weggelegd omdat de markt daar nog niet klaar voor is, ze geen financiële ruimte hebben voor de benodigde investeringen, ze last hebben van tegenstrijdige regelgeving, het aan goede voorlichting ontbreekt, ze meer verwachten van technologische oplossingen en schaalvergroting of wantrouwig zijn door wispelturig overheidsbeleid.

Regeldruk en financiële onzekerheid hebben ertoe geleid dat sinds 2000 het aantal boerenbedrijven is gehalveerd, vergelijkbaar dus met de afname van het aantal grutto's. Het is een breed maatschappelijk belang om daar een oplossing voor te vinden en niet iets waarvoor de verantwoordelijkheid eenzijdig bij de boeren kan worden neergelegd. Er zijn inmiddels tal van initiatieven vanuit overheid, bedrijfsleven en boeren zelf, gericht op het stimuleren van duurzame bedrijfsmodellen met aandacht voor natuurlijke processen, klimaat, milieukwaliteit en biodiversiteit. Alles wijst er dus op dat de intentie er is om uit de biodiversiteitscrisis te komen, maar daarvoor is wel opschaling nodig.

Hoe, waar en of dat lukt, dat kunnen wij meten aan de hand van het boegbeeld onder de boerenlandvogels, de grutto. Maar minstens zo belangrijk om te meten, zijn de elementen waarmee deze soort in het grasland-voedselweb verbonden is zoals insecten, bodemfauna, predatoren en prooidieren (fig. 1.1). Met deze kennis willen we de gevolgen van het transitieproces zichtbaar maken. Ons onderzoek heeft als geen ander de potentie om als eerste de veranderingen in biodiversiteit en landschap als gevolg van een verduurzaming van het landgebruik daadwerkelijk te meten en van een wetenschappelijk fundament te voorzien. Grutto's als waakvogels van een transitieproces, daar gaat dit onderzoek over.

Doelstellingen

Op hoofdlijnen willen we drie dingen bereiken met dit onderzoek. In de eerste plaats gaat het om **monitoring**: goed meten of de biodiversiteit op het platteland toeneemt en in welke gebieden en op welke bedrijven dat dan gebeurt. In de tweede plaats gaat het om **kennis**: met monitoring alleen ben je er niet, je wilt ook begrijpen waarom populaties zich wel of niet herstellen om de beheers- en beleidsmaatregelen aan te kunnen scherpen. Tenslotte gaat het ons ook om beleidsmakers, burgers en beheerders te voorzien van **onafhankelijke informatie en inspiratie**. Hieronder zullen we verder uitwerken hoe we dat aan willen pakken.



Figuur 1.1: Schematische weergave van een voedselweb op een ecosysteem-gedreven melkveehouderij (links) en een input-gedreven melkveehouderij (rechts), tegenwoordig de meest gangbare bedrijfsvorm. In het ecosysteem-gedreven melkveebedrijf worden natuurlijke processen benut die bijdragen aan een goed ontwikkeld bodemecosysteem waarbij de capaciteit van de bodem als een dynamisch levend systeem functioneert en daarmee allerlei ecosysteem diensten levert (o.a. levering van nutriënten, ziektevering en opbouw bodemstructuur). Vernieuwd naar Onrust et al. (2019) door Oane Galama.

2 Monitoring Voedselweb

Een goede monitoring is ontzettend belangrijk, maar zonder wetenschappelijke duiding heb je er niks aan. Omgekeerd kan je geen wetenschappelijk gefundeerde uitspraken doen als je monitoring niet op orde is. Pas wanneer je oorzaak en gevolg begrijpt, kan je werken aan een oplossing van je probleem. Dit is een kwestie van lange adem, jaar na jaar meten, en lange-termijn meetreeksen opbouwen om het studiesysteem echt te kunnen ontrafelen en begrijpen. Met gedetailleerde meetreeksen aan het voedselweb van de grutto denken we voldoende handvatten te hebben om (a) veranderingen in de Nederlandse gruttopopulatie vroegtijdig te signaleren, en (b) effectiviteit van beheer, bescherming en beleid te meten en bij te sturen doordat we beter begrijpen welke processen daaraan ten grondslag liggen. In dit project werken we aan onderzoeksvragen rond onderstaande thema's, waarin de grutto de rol van indicatorsoort vervult.

Grutto's als indicatoren van een robuuste en gezonde flyway-populatie

In de jaarcyclus van de grutto is het Nederlandse broedgebied cruciaal, want in Nederland moeten de nieuwe grutto's worden geproduceerd en dat is waar het al jaren aan schort. Vanzelfsprekend volgen we daarom het broedsucces en de demografische ontwikkelingen in ons eigen land. Hoewel Nederland cruciaal is voor de voortplanting, brengen grutto's 7-8 maanden per jaar door in overwinterings- en tussenstopgebieden langs de East-Atlantic Flyway. Daardoor is een gezonde populatie óók afhankelijk van de gebieden elders langs de trekroute, en veelal zijn dit ook landbouwgebieden. Door de monitoring van de Nederlandse populatiegrootte en de jaarlijkse overleving blijven we volgen of er sprake is van een robuuste flyway, en komen we problemen langs de trekroute vroegtijdig op het spoor. De grutto's met satellietzenders brengen die gebieden en de habitats die ze gebruiken in kaart en vertellen ons of ook buiten Nederland, landbouw en biodiversiteit in balans zijn.

Grutto's als indicatoren van een landschap waarin predatoren in balans zijn met hun prooien

Eieren en kuikens van grutto's worden gegeten door een groot aantal soorten predatoren. De kans dat dit een nest overkomt is niet voor elk nest gelijk, maar afhankelijk van het grondgebruik. In raaigras-monoculturen en op gemaaid land is de kans daarop veel groter en is bovendien de kuikenoverleving lager. Dat hangt ongetwijfeld samen met een groter predatierisico en verlaagd voedselaanbod op dergelijke percelen. In gebieden met een rijke biodiversiteit zijn er meer alternatieve prooien dan alleen grutto's en hun eieren. Gebieden waar zowel nest- als kuikenoverleving populatiegroei van de grutto's mogelijk maken kunnen daarom worden beschouwd als gebieden waar predatoren in balans zijn met hun prooien.

Grutto's als indicatoren voor de insectenrijkdom van graslanden

Opgroeiende gruttokuikens leven in eerste instantie niet van regenwormen, maar van de insecten die ze meestal van de vegetatie plukken. Er zijn echter steeds minder insecten en landbouwintensivering is een van de oorzaken. Als we de groei en overleving van kuikens in graslanden met verschillend beheer meten, geven grutto's directe informatie over insectenrijkdom en het herstel van insectenpopulaties. Ons onderzoeksgebied zal deel uitmaken van een landelijk netwerk waarin insectenpopulaties gemonitord worden. Het monitoringprogramma voor insecten zal beginnen met een breed basisonderzoek, waarin we de meest dominante insectengroepen en hun herkomst willen identificeren, en om de eerste metingen te doen van de fluctuaties in biomassa in tijd en ruimte over de gradiënt van landgebruiksintensiteit. Dit zal veel informatie opleveren over de relatie tussen insectenbeschikbaarheid

en beheer en biedt de mogelijkheid om te onderzoeken of ander landgebruik daadwerkelijk leidt tot herstel van insectenpopulaties.

Grutto's als indicatoren van ecologisch goed functionerende graslandbodems

In maart en begin april, na aankomst in Nederland en opnieuw vanaf eind mei, voor vertrek naar de zuidelijke overwinteringsgebieden, zijn grutto's niet aan een territorium of partner gebonden. Ze zijn dan vooral op zoek naar gebieden waar ze goed aan voedsel kunnen komen. Grutto's kiezen plekken waar (1) de bodem voldoende doordringbaar is (vooral later in het voorjaar is dit een probleem) en (2) voldoende regenwormen beschikbaar zijn. Daarom geeft juist in deze tijden van het jaar de verspreiding van grutto's informatie over de aanwezigheid van gezonde graslandbodems. Deze verspreiding wordt vlakdekkend over heel Nederland in beeld gebracht door individuen met een satellietzender, en kan in Zuidwest Friesland ook met geringde individuen gekoppeld worden aan proefvlakken waarover we al sinds 2004 jaarlijks informatie verzamelen. Wij koppelen de verspreiding van grutto's aan bodemeigenschappen, inclusief biodiversiteit en de relatie met agrochemicaliën.

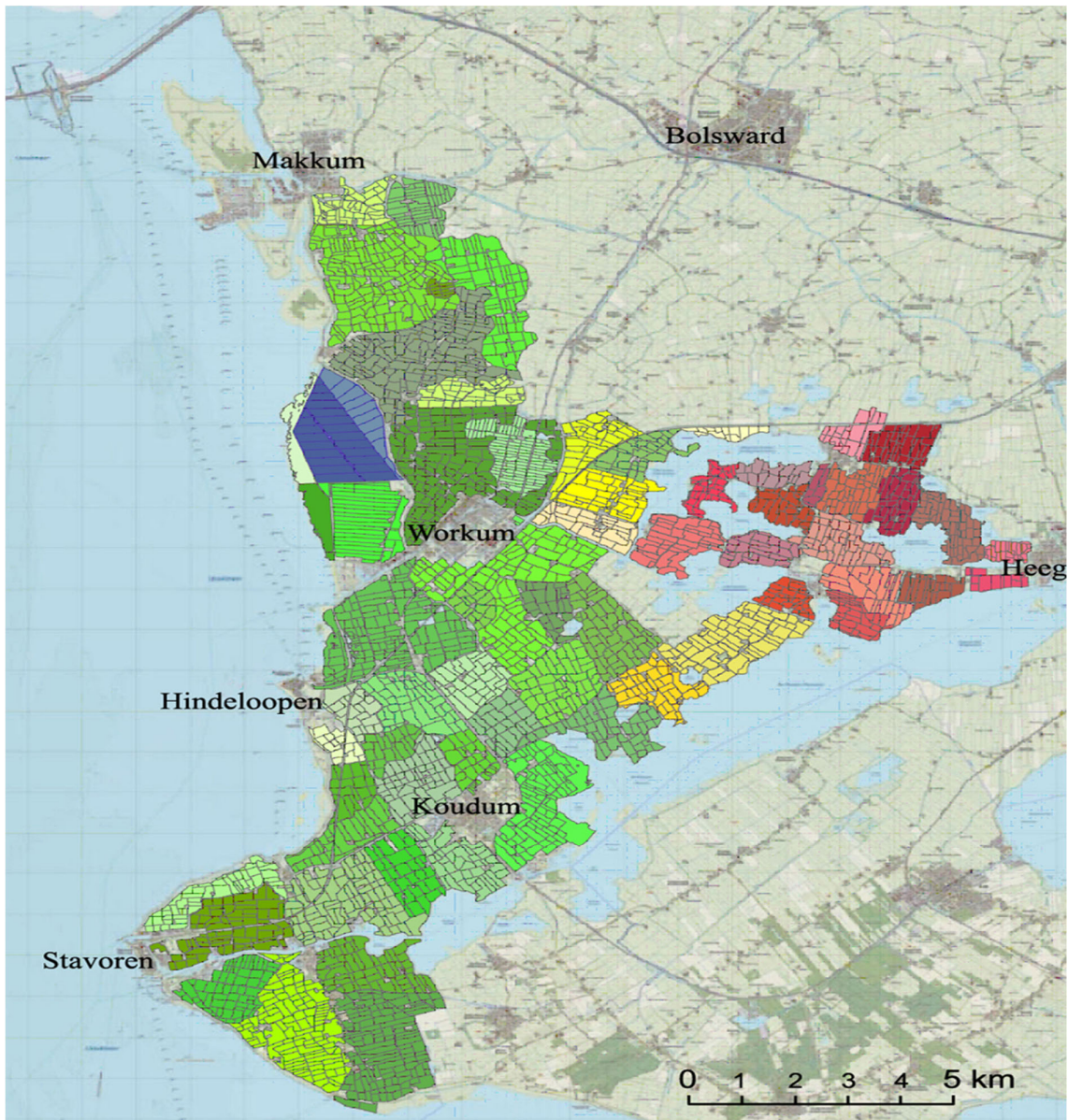
Grutto's als indicatoren voor een rijkgeschakeerde en duurzame melkveehouderij

Omdat grutto's zich met hun kuikens door een gebied verplaatsen en in de loop van hun broedcyclus afhankelijk zijn van een schakering aan biotopen, zal een gruttopopulatie die in balans is of groeit indicatief zijn voor een gebied waar de melkveehouderij in al zijn variatie zorgt voor een aantrekkelijk en biodivers landschap. Dit is een landschap waarin niet alleen boeren gedijen, maar het toerisme als economische drager tot z'n recht kan komen en het aangenaam wonen is.

2.1 Weidevogels

De grutto is een icoon voor de biodiversiteit van het platteland en vertegenwoordigt een belangrijke drager daarvan: de boerenlandvogels. We kiezen voor de grutto omdat het met ca. 25.000 broedparen een nog vrij algemeen voorkomende soort is, en (nog) wordt aangetroffen op zowel speciaal voor weidevogels beheerd grasland als op reguliere, intensieve melkveebedrijven. Bovendien stellen grutto's vanuit landbouwperspectief geen onrealistisch zware eisen aan beheer en is het daarmee een goede indicatorsoort voor de eerste (positieve) veranderingen.

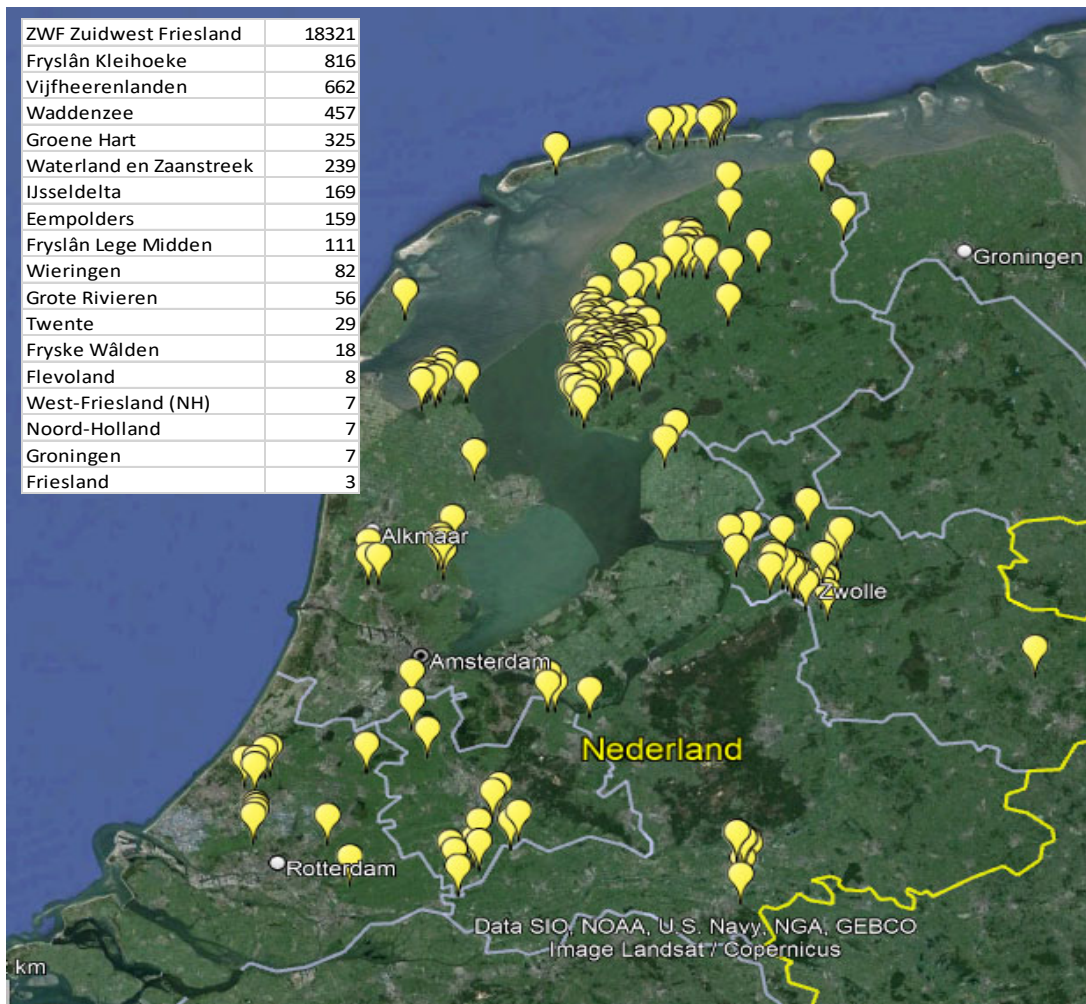
Het zwaartepunt van de monitoring ligt in Zuidwest Friesland. Al sinds 2004 laten we hier zien dat onze monitoring de vinger aan de pols houdt als het gaat om populatietrends, verliesoorzaken van legsels en overleving van volwassen dieren en kuikens. Dat gaat dus veel verder dan alleen het laten zien van een populatietrend: we meten de hele keten van nestoverleving, kuikenoverleving, overleving van volwassen vogels, verplaatsingen tussen gebieden, bottlenecks tijdens de trek en in de overwinteringsgebieden en de processen daarachter. We maken daardoor inzichtelijk waar het voor grutto's misgaat. Voor het onderzoek worden vogels individueel herkenbaar gemaakt door middel van kleurringen en soms voorzien van zenders. Het onderzoek vindt plaats op 11.500 ha bestaande uit regulier boerenland, land met beheersmaatregelen en weidevogelreservaten; het is daarmee een representatieve afspiegeling van de situatie in het Nederlandse weidelandschap (fig. 2.1).



Figuur 2.1: Overzicht van het huidige studiegebied in Zuidwest Friesland met een omvang van 11.500 ha, verdeeld over 2874 percelen. In 2004 werd kleinschalig gestart op de Workumerwaard (blauw). In 2007 werd het groene (en gele) deel toegevoegd en in 2012 werd het gebied verder uitgebreid met de rode polders.

We dragen echter niet alleen het onderzoek in Friesland, maar coördineren en stimuleren grutto-onderzoek met behulp van kleurringen in heel Nederland (fig. 2.2). Hieraan is in het buitenland ook te zien dat een vogel uit Nederland komt wanneer deze na het broedseizoen ons land verlaat. Op overwinteringsplekken en tussenstops tijdens de trek bepalen we elk jaar aan de hand van de fractie geringde vogels hoe groot de totale Nederlandse populatie is, waardoor er altijd een actueel beeld is van de omvang daarvan.

Het landelijke kleurring-onderzoek stelt ons ook in staat om jaarlijks uitspraken te doen over het broedsucces in ons land. Dat is cruciale informatie, want uit ons onderzoek blijkt keer op keer dat de



Figuur 2.2: Locaties in Nederland waar de afgelopen jaren grutto's geringd zijn met het kleurring-schema van de RuG en de aantallen geringde vogels per regio.

achteruitgang van weidevogels vooral te wijten is aan falende reproductie. Er komen wel kuikens uit het ei, maar meer dan 90% daarvan gaat vroegtijdig dood omdat ze onvoldoende voedsel en dekking vinden in ons huidige polderlandschap en mede daardoor veel risico lopen op predatie. In samenwerking met Sovon Vogelonderzoek, Vogelbescherming Nederland en honderden vrijwilligers wordt na het broedseizoen elk jaar de balans opgemaakt.

Gruttomonitoring - Friese component

Het onderzoeksgebied in Zuidwest Friesland bestrijkt 11.470 ha, 62 polders, 2874 percelen en honderden individuele boeren en grondeigenaren. Het strekt zich uit ten westen van de Friese Meren-gordel van Makkum in het noorden tot Stavoren en Laaksum in het zuiden en Heeg in het oosten (zie figuur 2.1). Ons onderzoeksgebied is zo gekozen dat we een gebalanceerde afwisseling hebben van gebieden met extensief agrarisch beheer (en ingericht als weidevogelgebied) met daartussen intensief agrarisch gebied met een zeer lage dichtheid aan grutto's. Deze gefragmenteerde populatie maakt het goed mogelijk om de parameters te meten die nodig zijn om een goede metapopulatie-analyse te doen: plaats-specifieke reproductie, overleving en de verplaatsing tussen gebieden. Dat levert inzicht op waardoor de populatie krimpt of in de toekomst hopelijk weer groeit.

Dit type onderzoek vergt veel inspanning door het intensieve veldwerk; het onderzoeksgebied is daarom onderverdeeld in deelgebieden. In elk van deze gebieden is een medewerker van de RuG verantwoordelijk voor het veldwerk en contacten. Het is voor het draagvlak voor het onderzoek van groot belang om intensief contact te onderhouden met boeren, terreinbeherende organisaties en vrijwillige weidevogelbeschermers. Voor het doen van goed onderzoek heb je professionele mensen nodig, maar voor ondersteuning bij de uitvoering van veldwerk, het verzamelen van data en basale analyses is de inzet van grote aantallen studenten en vrijwilligers van onschatbare waarde. Het basis-veldwerk voor de grutto-populatiemonitoring bestaat uit (fig. 2.3 en 2.4):

- maart-april: in de vestigingsfase het lokaliseren van grutto's, het aflezen van individuele kleurringcombinaties en het bepalen van de populatiegrootte door in april 3 gebiedsdekkende tellingen uit te voeren. Ieder perceel wordt minstens eenmaal per week bekeken, veelal vanaf wegen en kavelpaden.
- april-juni: in de broedfase worden in samenwerking met lokale vrijwilligers (nazorgers) nesten gezocht. De nesten worden ingemeten en de uitkomstdatum wordt bepaald door een ei te "lotteren" (Liebezeit *et al.* 2007). Van een afstand of met een nestcamera stellen we vast of er gekleurringde vogels bij het nest horen. Om de gekleurringde populatie op peil te houden worden jaarlijks nieuwe vogels gekleurringd met een individuele kleurringcombinatie. Ongeveer 80 daarvan krijgen, verspreid over het broedseizoen en type beheer, vlak voor het uitkomen van de eieren een radio- of een satellietzender, waarmee we het habitatgebruik langs de hele trekroute kunnen volgen.
- mei-15 juli: in de jongenfase worden primair de nesten van de gezenderde vogels bezocht vanaf het moment van verwachte uitkomst, zodat de jongen in het nest kunnen worden geringd. Alle andere gevonden nesten worden maximaal 4 dagen na de verwachte uitkomstdatum bezocht om het uitkomstsucces te bepalen. Zo veel mogelijk nestkuikens worden geringd met een unieke codevlag (geen biometrie of bloedmonster). De gezenderde families worden gevolgd tot het moment dat de kuikens vliegvlug of dood zijn om het uitvliegsucces te bepalen en het habitatgebruik vast te stellen.

Hoewel de precieze timing afhankelijk is van het verloop van het seizoen wordt tussen eind mei en tot half juni in samenwerking met lokale vrijwilligers een drietal alarmtellingen over het hele studiegebied uitgevoerd als benadering van het broedsucces van de hele populatie. Groepen op gemaaid grasland worden gecontroleerd op gekleurringde individuen en we proberen van zo veel mogelijk uitgevlogen kuikens de codevlag af te lezen.



Figuur 2.3: Timing van de verschillende veldwerkzaamheden voor de gruttomonitoring.



Figuur 2.4: Een pas uitgekomen kuiken met codevlag, een groot kuiken en volwassen grutto met kleurringen.

Gruttomonitoring - Landelijke component

De RuG zal ook in de toekomst het landelijke kleurring-onderzoek coördineren en faciliteren door het uitgeven van kleurringen, het administreren van de ring- en biometrische gegevens en het verwerken van honderden terugmeldingen per jaar uit binnen- en buitenland. Dit levert o.a. ieder jaar een meting op van de totale kuikenproductie van de Nederlandse gruttopopulatie (jaarlijkse rapportages door Sovon samen met VBN en RuG) en geeft inzicht in de kuikenoverleving in andere delen van het land. Deze gekleurde vogels zijn een waardevolle aanvulling op de dataset voor de bepaling van de grootte van de totale populatie (zie hieronder).

De geringde vogels en individuen met satellietzenders geven ons ook informatie welke plekken en habitats in heel Nederland belangrijk zijn voorafgaand en na het broedseizoen; met ruimtelijke analysetechnieken in combinatie met veldbezoeken willen we verder uitzoeken waarom deze plekken aantrekkelijk zijn en of deze plekken kunnen worden gelinkt aan duurzaam agrarisch beheer.

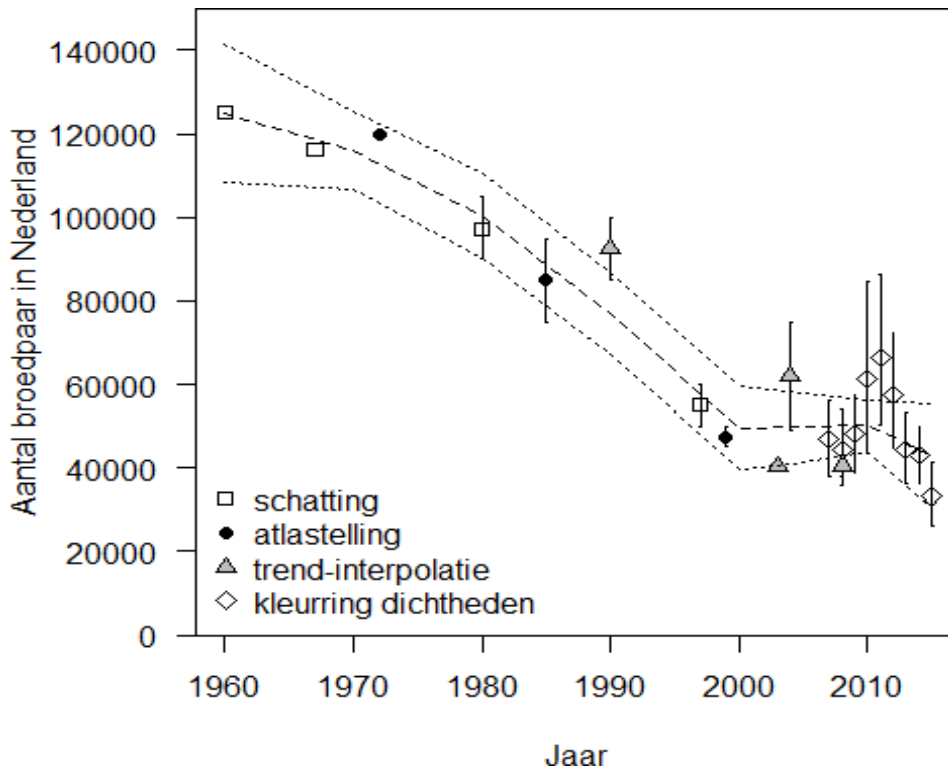
Gruttomonitoring - Internationale component

In het grutto-onderzoek werken we samen met collega's langs de hele flyway. Met name in Duitsland, Spanje en Portugal hebben we al gezamenlijke projecten en we gaan die opzetten in West-Afrika. De RuG blijft jaarlijks expedities in het winterhalfjaar naar Iberia en West-Afrika organiseren, in samenwerking met lokale partners en (Nederlandse) vrijwilligers. Het intensieve ringleeswerk tijdens deze voorjaarsstop in Iberia is essentieel om een betrouwbaar beeld te geven van de demografische veranderingen van de grutto's in Zuidwest Friesland omdat dit de enige manier is om zicht te krijgen op de overleving van vogels die zich tijdens het broedseizoen buiten ons onderzoeksgebied bevinden en daardoor vrijwel niet teruggemeld worden. Maar het is ook cruciaal om iets te kunnen zeggen over de overleving van grutto's op andere plaatsen in Nederland waardoor we nu veel beter in staat zijn om jaarlijks een accuraat en actueel beeld te geven van de populatieomvang (fig. 2.5).

Satellietzenders zijn onmisbaar om te bepalen welke plekken en habitats buiten Nederland belangrijk zijn

tijdens de trek en in de overwinteringsgebieden. Het gaat vaak om moeilijk toegankelijke gebieden waarvan nog onduidelijk is wat deze gebieden zo aantrekkelijk maakt. Door de grutto's met zenders als gids te gebruiken zullen we gericht dergelijke plekken bezoeken. In de afgelopen jaren is een groot aantal grutto's in samenwerking met onze buitenlandse collega's gezenderd. Ieder die het wil kan kijken waar die grutto's op ieder moment zijn door deze website aan te klikken:

<https://www.globalflywaynetwork.org/tracks/species/Limosa%20limosa>



Figuur 2.5: Aantal gruttobroedparen in Nederland, op basis van schattingen, atlastellingen, interpolaties van trendstudies en onze schatting op basis van kleurringdichtheden in Spanje en Portugal (Kentie et al. 2016).

2.2 Predatie en alternatieve prooien

We vergeten het wel eens als we balen van een verloren nest, maar het is niet meer dan normaal dat een deel van de legsels, kuikens en volwassen vogels opgegeten wordt door predatoren. Toch lopen de verliezen door predatie net wat te vaak zo hoog op dat in sommige delen van Nederland het ontmoedigen, weren en bejagen van predatoren steeds meer een gebruikelijk onderdeel van weidevogelbeheer zijn geworden. Sommige soorten predatoren zijn ontegenzeggelijk toegenomen, maar het is echter ook duidelijk dat de huidige landbouw en de verstedelijking van het platteland opportunistische roofdiersoorten faciliteert. Dit betekent dat zolang onze landbouwmethoden niet veranderen, we het predatoren simpelweg gemakkelijk maken. Nesten en kuikens zijn kwetsbaarder geworden door het steeds vroegere maaien waardoor dekking ontbreekt; door voedselgebrek groeien kuikens langzamer en blijven ze langer kwetsbaar voor predatie. Weidevogels zijn tegenwoordig al lang niet meer op elk boerenbedrijf te vinden waardoor het vaak niet mogelijk is om gezamenlijk een predator te verjagen. Weidevogels concentreren zich steeds meer op plekken met aangepast beheer, en juist door

die concentratie zijn ze extra kwetsbaar voor predatie door grondpredatoren. Om meer grip te krijgen op het fenomeen predatie verzamelen we gestandaardiseerd informatie over het voorkomen van predatoren. Hiervoor maken we gebruik van cameravallen en tellingen. Om meer te weten te komen over nestpredatie plaatsen we ook cameravallen bij nesten en nemen we DNA-monsters van gepredeerde grutto's.

Maar om echt meer inzicht te krijgen in het fenomeen predatie is gericht onderzoek nodig naar de voedsel生态学 van predatoren waarin ook bewegingen van gezenderde individuen worden geanalyseerd. Dan kan duidelijk worden op welke momenten weidevogels kwetsbaar zijn, b.v. tijdens en na het maaien, en of het aanleggen van beheersmaatregelen zoals kuikenstroken en plasdrassen geen ecologische vallen zijn die het predatoren nog makkelijker maken. Dat is specialistisch werk en voor deze verbreding van ons onderzoek zijn we op zoek naar partners en aanvullende financiering.

Monitoring predatoren

Aan het einde van de winter plaatsen we op strategische plekken in het hele onderzoeksgebied op een gestandaardiseerde manier cameravallen volgens een vast patroon dat gedurende de hele onderzoeksperiode tot 2025 niet verandert. Deze cameravallen blijven gedurende het broedseizoen van de weidevogels staan totdat de grasgroei een te belemmerende factor wordt en zal in de toekomst mogelijk ook in het najaar/winter worden ingezet. Alle bij elkaar opgetelde waarnemingen van een soort zijn dan een maat voor de relatieve talrijkheid in een bepaald jaar maar het zegt natuurlijk niet zo veel over de absolute aantallen. Deze methode is vooral geschikt voor het monitoren van marterachtigen (incl. das en otter), vossen en katten. Hiernaast krijgen we een goed beeld van andere zoogdieren zoals hazen en reeën in de omgeving.

Om een vergelijking te kunnen maken tussen de soorten en relatieve aantallen van de predatoren in de omgeving en wat we uiteindelijk daarvan terugzien als nest predator, zetten we additioneel een deel van onze cameravallen in voor het monitoren van nestpredatie. De cameraval blijft net zo lang bij een nest staan totdat het gepredeerd wordt of uitkomt en kan dan bij een ander nest geplaatst worden. De effectiviteit van het gebruik van nestcamera's hangt af van het soort predator in combinatie met de hoogte van de vegetatie. In hoog gras zal het lastig zijn om predatie door kleine marterachtigen vast te leggen maar kan predatie door vogels wel te zien zijn.

Voor het monitoren van vliegende predatoren maken we gebruik van gebiedsdekkende tellingen in de eerste 3 weken van april. April is de vestigingsfase van grutto's; wellicht laten ze zich bij het zoeken naar een broedlocatie leiden door de aantallen en soorten predatoren die ze dan aantreffen als indicatie voor het predatierisico dat ze zelf of hun eieren en kuikens zullen lopen. De predatoren zelf zitten in april meestal nog niet te broeden waardoor ze nog goed te tellen zijn. Deze methode geeft informatie over de aantallen roofvogels, reigers, kraaiachtigen en meeuwen.

Woelmuizen

Woelmuizen sturen op onze breedtegraad een aanzienlijk deel van de ecologische processen aan, vergelijkbaar met lemmingen in hoog-noordelijke delen van de wereld. Aardmuis en vooral veldmuis zijn in gebieden waar weidevogels voorkomen vaak de talrijkste woelmuizen hoewel plaatselijk. Ze komen vooral voor in weinig betreden habitats als bermen, kades en slootkanten maar in jaren met veel muizen kunnen ze zich sterk uitbreiden naar landbouwpercelen.

Woelmuizen kennen een zogenaamde cyclische populatieopbouw. Slechte jaren worden opgevolgd door opbouwjaren, piekjaren en in uitzonderlijke gevallen kan zelfs van uitbraken van met name veldmuis worden gesproken (zoals deze eeuw al twee keer in het Friese merengebied het geval is geweest). Van een natuurlijke cyclus is allang geen sprake meer en de 3-4 jaarcyclus is minder geprononceerd dan vroeger en er kan zelfs een reeks van jaren volgen zonder duidelijke piekaantallen. De uitbraken in Friesland zijn niet het gevolg van natuurlijke cycli, maar van de interactie tussen weersomstandigheden, grootschaligheid (minder predatie in open landschap), diepontwatering, afgenomen beweiding, landbouwkundige intensivering en als gevolg daarvan een groot aanbod van eiwitrijke vegetatie (met name Engels raaigras) (Wymenga *et al.* 2015, 2021). Predatoren spelen waarschijnlijk een beperkte rol bij het reguleren van uitbraken.

Het is helaas nooit goed gemeten, maar waarschijnlijk is het totale aanbod van deze belangrijke prooi-soort in agrarische gebieden vaak nog maar een fractie van de dichtheden die in goed functionerende ecosystemen voorkomen. Dat maakt gebieden met hoge dichtheden weidevogels met name in jaren met weinig muizen, bijzonder kwetsbaar voor predatie door gebrek aan alternatieve prooien.

In jaren met een verhoogd muizenaanbod, zoals in 2014 en 2019, laten predatoren weidevogellegfels en -kuikens veelal links liggen. Een jaar later zijn de muizen echter verdwenen en zijn er extra veel predatoren (veel jongen) die het broedsucces van weidevogels decimeren. Om meer zicht te krijgen op de populatiedynamica van veldmuizen in relatie tot broedsucces, predatoren en landgebruik, doen we gestandaardiseerde metingen aan het voorkomen van veldmuizen in ons onderzoeksgebied.

Voor een beter begrip is echter veel uitgebreider onderzoek nodig. Nergens ter wereld is de rol van woelmuizen in relatie tot de populatiedynamiek van weidevogels goed en meerjarig onderzocht. We denken dat in toekomstig beheer van weidevogelpopulaties, het organiseren van beheer gericht op het verbeteren van alternatief prooiaanbod noodzakelijk is. Dit is een manier van denken waarin veel beter kan en moet worden samengewerkt tussen boeren, terreinbeherende organisaties en waterschappen.

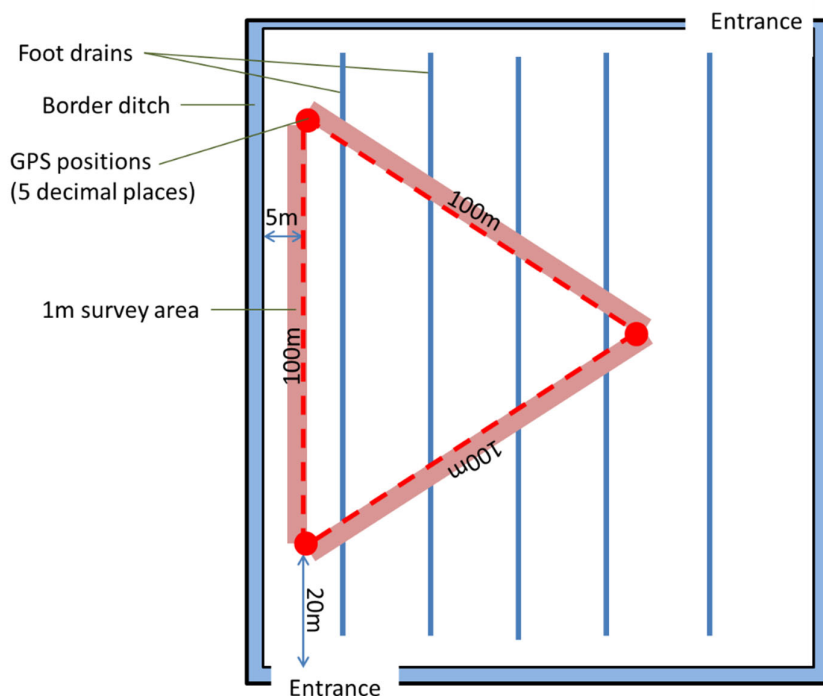
Monitoring woelmuizen

We willen weten of de aanwezigheid van woelmuizen effect heeft op de predatierisico's van nesten en kuikens van grutto's. Daarnaast zijn we benieuwd of de aanwezigheid van woelmuizen verband houdt met het landbouwkundig gebruik en de waterstanden op het perceel en hoe aanwezigheid van muizen, predatie en landgebruik op elkaar inwerken. Het onderzoek wordt uitgevoerd op 81 percelen met verschillende gebruiksintensiteit: intensief (gangbaar), intermediair en extensief (wat kan variëren van biologische boeren tot gebieden van natuurbeschermingsorganisaties). Zowel metingen van de aanwezigheid van woelmuizen als de vochttoestand kunnen worden gekoppeld aan Remote Sensing (RS)-lagen en kunnen worden gebruikt om te testen hoe deze zich verhouden tot andere RS-metingen van het landschap.

Deze 81 percelen worden jaarlijks in de tweede helft van maart gemonitord door volgens een vast patroon 3 raaien te lopen en in een strook van 1 meter breed alle muizenholletjes te tellen (fig. 2.6). Tevens worden genoteerd: beheersintensiteit, aanwezigheid van water op het perceel en in de greppels, slootpeil en eventuele begrazing.

Door jaarlijks in maart dezelfde percelen te bezoeken hebben we een eenvoudige maat voor de talrijkheid van muizen. Later in het voorjaar bemoeilijken grasgroei en mechanische bewerkingen

Het is echter bekend dat muizenpopulaties in maart de laagste stand hebben. De holletjes die je dan telt zijn vaak onbewoond en zijn daarom vooral een afspiegeling van de populatie in de voorafgaande maanden. Vaststellen of holletjes bewoond zijn is veel arbeidsintensiever en kunnen we niet zo grootschalig uitvoeren.



Figuur 2.6: ligging van de muizen-transecten op een perceel.

Er zijn steeds meer vermoedens dat de gebrekkige reproductie van boerenlandvogels samenhangt met een sterke afname van insecten. Er zijn in Nederland echter nauwelijks langjarige meetreeksen en zeker niet van (eens) algemene boerenlandsoorten als mestvliegen, langpoot- en dansmuggen. Dat heeft er deels mee te maken dat de monitoring van insecten arbeidsintensief en specialistisch is. De reeksen die er wel zijn, laten een verontrustende afname zien zo wel van het aantal soorten insecten als hun aantallen. In deze studie willen we starten met een langjarige monitoring van boerenland-insecten. Deze gegevens willen we linken aan de overleving van weidevogelkuikens, waarmee we een begin maken met het leggen van de link tussen de afname van insecten en de sterfte van weidevogelkuikens.

De vraag waarom insecten zo sterk zijn afgenomen is van cruciaal belang, niet alleen voor weidevogels. De oorzaken van deze afnames zijn niet geheel duidelijk. Dit kan liggen aan het agrarisch grondbeheer, de gewassen die verbouwd worden en ook het gebruik van bestrijdingsmiddelen kan een belangrijke oorzaak zijn. Het is opmerkelijk dat dit nog niet goed is uitgezocht voor terrestrische soorten (maar zie Buijs *et al.* 2019; Pelosi *et al.* 2021).

Tot op heden worden insecten vooral bemonsterd met verschillende soorten vallen. Het nadeel daarvan is dat je die regelmatig moet legen en het uitzoeken van de monsters is nog grotendeels handwerk. Dit

beperkt de mogelijkheden om dit, zoals in ons geval op meer dan 10.000 ha studiegebied, fijnmazig toe te passen. Niettemin plaatsen we in het hele studiegebied in het voorjaar daarom op representatieve plekken, een combinatie van verschillende vallen zoals plakvallen, potvallen, malaise-vallen en uitsluitvallen (op het land). Verschillende vallen zijn nodig om de verschillende soortgroepen goed te bemonsteren. Deze locaties zijn representatief voor de variatie in intensiteit van het landgebruik, van extensieve reservaat-graslanden en grasland met agrarisch natuurbeheer tot intensief gebruikte conventionele graslanden en maisakkers. Met deze monsterpunten krijgen we een objectieve maat voor het aantal insecten dat aanwezig is gedurende het voorjaar, kunnen we tussen voorjaren vergelijken en achterhalen waar en wanneer de verschillende soortgroepen insecten geproduceerd worden.

Daarnaast zetten we gericht extra monsterpunten in op plekken waar we verwachten dat door veranderingen in beheer ook het insectenaanbod zal veranderen. Hierdoor kunnen we beter begrijpen hoe we door het grondgebruik te wijzigen, insectenpopulaties en daarmee voedselaanbod voor veel soorten vogels kunnen stimuleren. Hiervoor kunnen we ook gebruik maken van micro-kosmossen. Dit zijn kunstmatige, vereenvoudigde ecosystemen die worden gebruikt om het gedrag van natuurlijke ecosystemen onder gecontroleerde omstandigheden te simuleren en te voorspellen.

Bij Naturalis/ EIS wordt een insecten-cameraval ontwikkeld en bij Hogeschool Van Hall Larenstein wordt ook gewerkt aan automatische beeldherkenning. Met deze methoden kunnen we insecten tellen maar ook op naam brengen en de grootte schatten. Het is echter nog onbekend of we ook de biomassa en de diversiteit betrouwbaar kunnen meten, en daarom zullen deze methoden worden gekalibreerd met traditionele metingen. Daarnaast zullen we uitwerpselen van gruttkuikens met behulp van eDNA analyseren om meer te weten te komen over hun dieetkeuze in relatie tot hun leeftijd en tijdstip in het voorjaar.

2.4 Bodemleven

In tegenstelling tot alle soorten die zijn verdwenen of op het punt staan om te verdwijnen uit het agrarische grasland, lijken regenwormen de uitzondering op die regel. De hoogste dichtheden aan regenwormen in Europa vinden we in Nederland. Op het eerste gezicht lijkt het dus in het gangbare boerenland met regenwormen niet slecht te gaan. Regenwormen worden vanwege hun positieve bijdrage aan bodemstructuur, nutriëntencyclus en voedselbron voor andere organismen beschouwd als 'ecosysteem-bouwers'. Dat zou dus betekenen dat het wel goed zit, echter, de ene regenworm is de andere niet. Op basis van hun voedsel生态学 kunnen regenwormen ingedeeld worden in twee ecotypen: rode wormen, die van grof organisch materiaal leven, en de grijze wormen, die van bodemdeeltjes en organische stof leven. In het voedselweb van een agrarisch grasland spelen vooral de rode wormen een belangrijke rol. Door hun gedrag om het voedsel aan het bodemoppervlak te verzamelen, stellen ze zich ook bloot aan allerlei predatoren zoals weidevogels maar ook marters, vossen en roofvogels eten veel regenwormen. Het huidige intensieve gebruik van graslanden heeft een negatief effect op regenwormen en vooral op de rode wormen. Door onderzoek te doen naar het voorkomen van verschillende soorten regenwormen komen we erachter waar het bodem-ecosysteem op orde is, het graslandbeheer een gezonde ecologische basis heeft en er dus kansen liggen voor weidevogels, en mogelijk ook voor boeren. Met eDNA-onderzoek hopen we bovendien een beter beeld krijgen van het dieet van grutto's. Het onderzoek draait dus niet alleen om dichtheden en biomassa van regenwormen in kaart te brengen, maar juist ook beter inzicht te krijgen in welke soorten regenwormen belangrijk zijn en hoe graslandbeheer de regenwormenbeschikbaarheid bepaalt. Aangezien bodemvocht voor

regenwormen van levensbelang is, maar ook voor een grutto om in de grond te kunnen prikken én voor de boer voor een gezond groeiend gewas, zullen we in dit onderzoek vooral ook naar de waterhuishouding van graslanden kijken.

Monitoring bodemleven

Het monitoren van regenwormen wordt gedaan door het steken van 20x20x20 cm bodemmonsters die meteen na het steken worden opgesplitst in twee lagen van 10 cm. Een gruttosnavel is ongeveer 10 cm, dus regenwormen in de bovenste 10 cm zeggen iets over hoeveel regenwormen er beschikbaar zijn voor grutto's. Elke laag wordt vervolgens met de hand uitgelopen. Daarbij worden alle regenwormen verzameld die vervolgens in het lab tot op soortsniveau worden gedetermineerd en individueel gewogen. Hiermee krijgen we een beeld over het voorkomen van verschillende soorten regenwormen, maar ook over de beschikbaarheid (aantallen en biomassa) van regenwormen voor grutto's. Uit dezelfde bodemmonsters wordt ook andere macrofauna (voornamelijk larven van kevers en langpootmuggen) verzameld die dezelfde procedure ondergaan. Bodemparameters als pH, bodemvocht, doordringbaarheid en organische stof worden uiteraard ook bepaald.

Vanwege de grote temporele en ruimtelijke variatie in dichtheden en biomassa aan regenwormen (zie jaarverslag 2021), zal er elk jaar op een vast aantal dezelfde percelen de regenwormenstand gemonitord worden, zowel op zand, klei en klei-op-veen grond. Deze percelen zijn representatief voor het landgebruik in het gebied (intensief (gangbaar), intermediair en extensief). Per perceel worden 6 willekeurige bodemmonsters genomen. De metingen vinden in maart/april plaats, wanneer regenwormen een belangrijk deel van het dieet van een adulte grutto zijn. Deze metingen worden eind juni/ begin juli herhaald wanneer jonge grutto's vliegvlug zijn en net als de volwassen vogels moeten opvetten voor de trek.

Om een beter inzicht te krijgen in de voedselbeschikbaarheid voor grutto's en andere wormeneters is het essentieel om de ecologie van de prooien beter te onderzoeken. Hiervoor wordt op percelen met verschillend(e) beheer en inrichting gedurende het hele jaar, in meer detail naar populaties van bodem-macrofauna gekeken. Dit vindt vooral plaats op percelen die opnieuw ingericht worden voor een meer natuurvriendelijke landbouw om zo gericht te kunnen adviseren wat de gevolgen van deze verschillen in inrichting en beheer zijn. Aanvullende metingen worden gedaan, ook in akkerbouw- en natuurgebieden om langs een gradiënt van landgebruiksintensiteit de populaties in kaart te brengen. De variatie in landgebruik en beheer zal gebruikt worden om onder andere te kijken naar de effecten van bemesting en ontwatering op bodemleven en beschikbaarheid daarvan voor grutto's.

Door intensieve observaties van voedsel zoekende grutto's en het volgen van gezenderde individuen komen we meer te weten over foerageerefficiëntie en prooikeuze en hoe die samenhangen met de intensiteit van het landgebruik. Prooivoorkeur kan worden vastgesteld door observaties maar ook met behulp van eDNA uit verzamelde gruttopoepjes.

2.5 Landschap en landgebruik

Steeds meer theoretisch en empirisch bewijs toont aan dat innovatieve integratie van ecologische processen in de landbouweconomisch haalbaar is. Wanneer deze geïmplementeerd worden op landschapsschaal, kunnen zij bijdragen aan herstel van de biodiversiteit, onder andere door natuurlijke processen in de bodem te bevorderen. We missen echter het biologisch relevante instrumentarium om op landschapsschaal de doeltreffendheid van die veranderingen te beoordelen. Verbeterde aardobservatietechnieken met behulp van satellieten zijn cruciale hulpmiddelen geworden voor het volgen van de werking van systemen op aarde door continue monitoring van milieuomstandigheden, b.v. water- en luchtkwaliteit, vegetatieproductiviteit en intensiteit van landgebruik. Hoe deze omstandigheden verband houden met de biologie van populaties van planten en dieren, blijft echter nog onduidelijk. Het is tegenwoordig echter mogelijk om modellen te ontwikkelen, die verplaatsingen, vestiging en voortplantingssucces van dieren expliciet via satellietbeelden koppelen aan landgebruik, in zowel ruimte als tijd. Het combineren van aardobservatietechnieken met verplaatsingen en habitatkeuze van boerenlandvogels (zoals grutto's) maakt een biologisch relevante interpretatie mogelijk van veranderingen in het landschap. Zo kan het verdwijnen van insectenetende vogels, zoals gruttokuikens, een gevolg zijn van de afname van de beschikbaarheid van ongewervelde prooidieren, veroorzaakt door intensief landgebruik. Omgekeerd kan de aanwezigheid of terugkeer van insectenetende vogels worden gebruikt als een zeer gevoelige indicator voor de aanwezigheid van ongewervelden en dus ecologisch gezonde omstandigheden.

Monitoring beheer en landschap

Met dit project willen we habitatgebruik van grutto's relateren aan agrarisch grondgebruik als multivariate maat voor de ecologische integriteit, waarbij (mate van) aanwezigheid van grutto's de ecologische waarde van percelen bepaald.

Remote sensing

Om het agrarisch grondgebruik te beschrijven, gebruiken we vier onafhankelijke metingen met behulp van remote sensing: standaarddeviatie van de oppervlakte-ruwheid (wat staat voor bodemverstoring, gebruiksintensiteit), vegetatie-groenheid (productiviteit), oppervlaktetemperatuur (vochtigheid) en grondbedekking (teelt). Een overzicht van de ruwe remote sensing-data, frequentie waarin die data beschikbaar zijn en de bronnen staat vermeld in tabel 2.1. We maken gebruik van de krachtige analyse mogelijkheden van Google Engine in de cloud om een procedure te ontwikkelen om alle ruimtelijke data te downloaden, voorbereiden en analyseren.

Tabel 2.1: Remote sensing: metingen van grondgebruik, frequentie waarin die data beschikbaar zijn en de gebruikte bronnen

Meting	Dataset, frequentie	Bron
Bodemverstoring	Sentinel 1, 6d	scihub.copernicus.eu
Habitatproductiviteit	Sentinel 2&3, 30d	
	Landsat, 16d	
	Vegetation indices, 16d	
Wateropslag	Surface temperature, 8d	earthdata.nasa.gov
	Soil moisture, 1d	
Grondgebruik, teelt	BRP gewaspercelen	smos-diss.eo.esa.int
	Corine, 6jr	nationaalgeoregister.nl
		land.copernicus.eu

Habitatmetingen

Om de metingen die met behulp van remote sensing zijn verzameld te kalibreren, zijn biologisch relevante habitatmetingen in het veld nodig. Deze bemonsteringen worden strategisch verdeeld over de percelen in het onderzoeksgebied en omvatten de volledige spreiding van gebruiksintensiteit van het huidige landgebruik, variërend van botanische reservaten tot monoculturen van Engels raaigras. Op deze percelen worden transecten uitgezet waarlangs per meter alle plantensoorten worden gedetermineerd.

De volgende eigenschappen van de bodem worden gemeten: voedselrijkdom (C, P, N, Na), textuur (verdeling en afmetingen bodemdeeltjes), structuur (doordringbaarheid, vochtigheid); de aanwezigheid van (residuen van) persistente bestrijdingsmiddelen en mogelijk hun afbraakproducten, afkomstig van direct gebruik of uitspoeling.

Habitatgebruik grutto's

De demografische metingen van de gruttopopulatie zoals nestlocaties, nestoverleving, kuikenoverleving en uitvliegsucces worden allemaal ruimtelijk vastgelegd en zijn gekoppeld aan waarnemingen van individueel herkenbare vogels. Daarnaast zijn sinds 2013 van meer dan 800 grutto's de verplaatsingen vastgelegd door gebruik te maken van satellietzenders; dit geeft een gedetailleerd beeld van de plekken die zij gebruiken, zowel tijdens het broedseizoen als gedurende de trek en in de overwinteringsgebieden. In 2023 vlogen er tientallen grutto's met kleine zenders op hun rug, aangebracht langs de hele trekroute (zie ook: <https://www.globalflywaynetwork.org/tracks/species/Limosa%20limosa>).

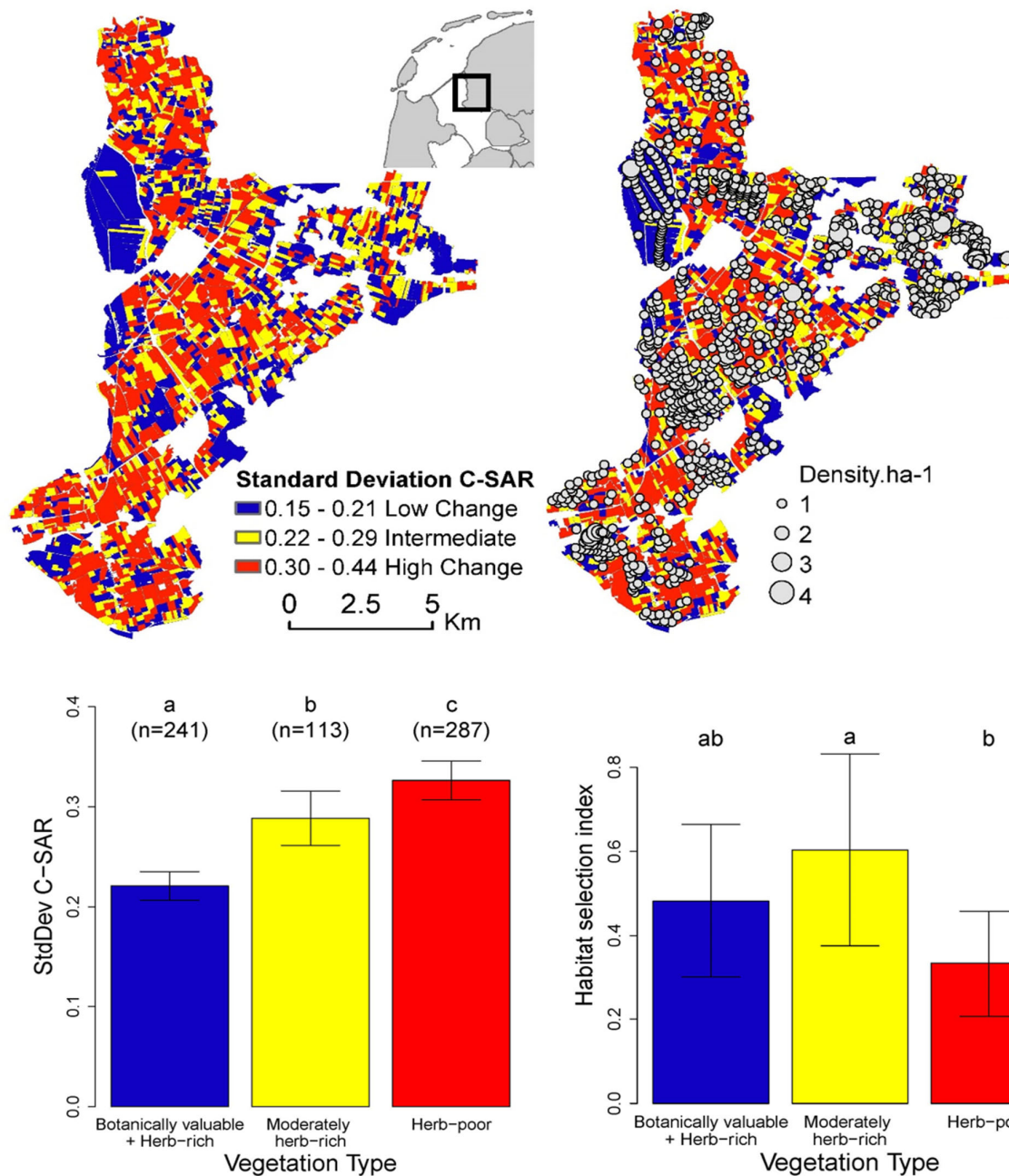
Analyse

Door middel van een meta-analyse kunnen we vaststellen en beter begrijpen hoe grutto's, hun predatoren en alternatieve prooien (muizen, hazen, eenden etc.) en hun voedsel (insecten, bodemleven) reageren op agrarisch grondgebruik. De plekken die door grutto's worden gebruikt, hun demografische parameters ter plaatse, de verscheidenheid en aantallen/biomassa van predatoren, muizen, insecten en bodemorganismen, en de bodemkwaliteit kunnen worden gekoppeld aan de vier metingen van het grondgebruik op basis van remote sensing. Daarvoor wordt een multidimensionale schaalanalyse gebruikt.

We verwachten dat het habitatgebruik van grutto's gerelateerd is aan een grotere verscheidenheid en biomassa van insecten en bodemleven (en hun predatoren), met lage concentraties bestrijdingsmiddelen en op die manier een multivariate maat zijn voor de ecologische integriteit. Dat wil zeggen: een agrarisch grondgebruik waarbij bodemorganismen ecologisch optimaal functioneren en bijdragen aan een vruchtbare bodem, waarvan producten geoogst worden die geen of zo min mogelijk bestrijdingsmiddelen bevatten, waardoor een grote rijkdom aan insecten ontstaat waarvan boerenlandvogels en andere soorten profiteren.

2.6 Pesticiden

In samenwerking met de vakgroep Toxicologie van de Wageningen Universiteit werkt het Grutto Landschap Project aan de mogelijke risico's van pesticiden op weidevogels en hun voedselweb. In 2020 zijn onder andere bodemmonsters verzameld waarover in dit jaarverslag een rapportage is opgenomen.



Figuur 2.7: Remote Sensing met behulp van satellietbeelden stelt ons in staat om complete landschappen op perceelsniveau te analyseren op agrarische gebruiksintensiteit en kruidenrijkdom (links) en deze vervolgens te beoordelen op gebruiksintensiteit door grubto's (rechts). Maar deze techniek kan ook worden toegepast om de gevoeligheid van landbouwgronden voor droogte in kaart te brengen of een relatie tussen grondgebruik en het voorkomen van predatoren, rode regenwormen of veldmuizen aan te tonen en dat weer te linken aan het broedsucces van grubto's. Onze onderzoeksgroep loopt wereldwijd voorop bij het toepassen van deze veelbelovende techniek. (Figuren uit: Howison et al. 2018).

3 Resultaten 2023

Dit is een tussentijdse rapportage. In onderstaande paragrafen geven we een overzicht van de belangrijkste resultaten en voorlopige conclusies van de monitoring van de gruttopopulatie, predatoren en alternatieve prooien, insecten, bodemleven en landgebruik in 2023 en/of voorgaande jaren. De eindrapportage zal bestaan uit de proefschriften van de promovendi en wetenschappelijke publicaties.

3.1 De grutto in Zuidwest Friesland

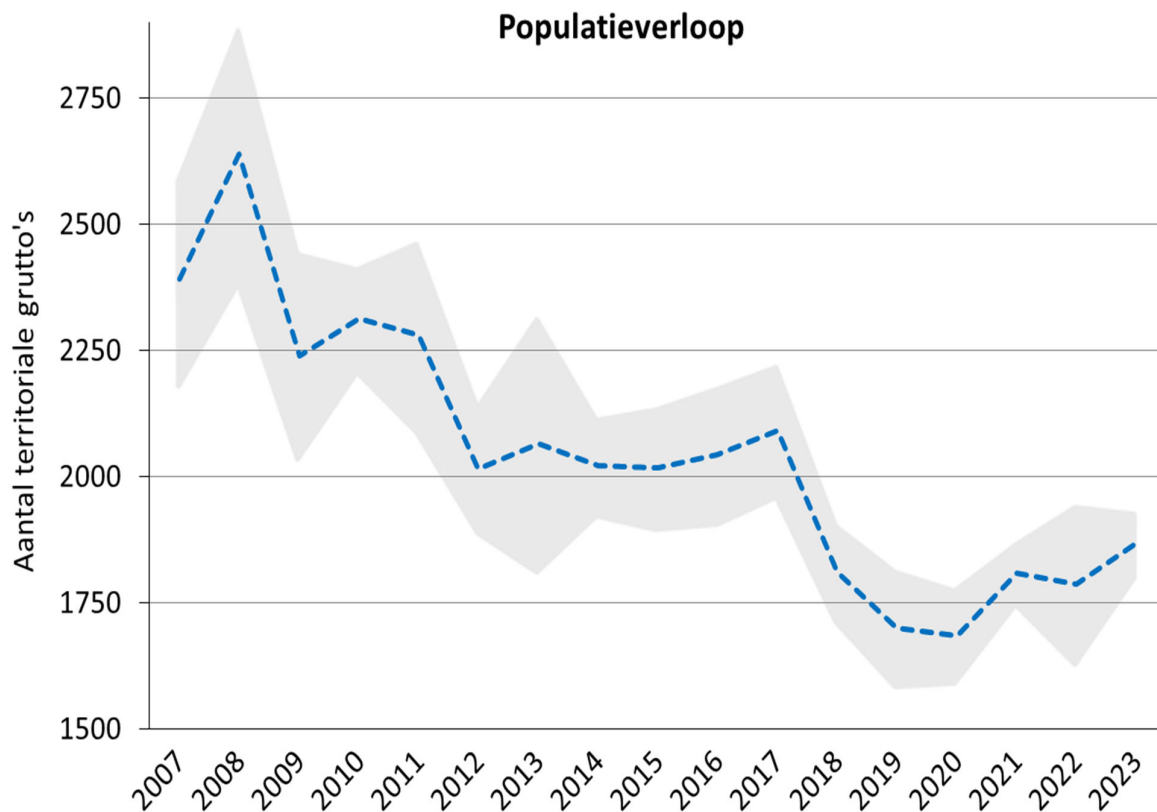
Onderzoekers: Egbert van der Velde, Marie Stessens, Rienk Fokkema en Eldar Rakhimberdiev

Hieronder geven we een overzicht van het broedseizoen van de grutto in 2023 in vergelijking met voorgaande jaren en een update van de belangrijkste demografische parameters.

3.1.1 Verloop van de aantallen grutto's

Sinds 2007 is de gruttopopulatie in het studiegebied van de RuG met 32% afgenomen, wat neerkomt op een gemiddelde jaarlijkse afname van 2,2%. De landelijke afname bedraagt <5% per jaar (Sovon; <https://www.sovon.nl/grutto>).

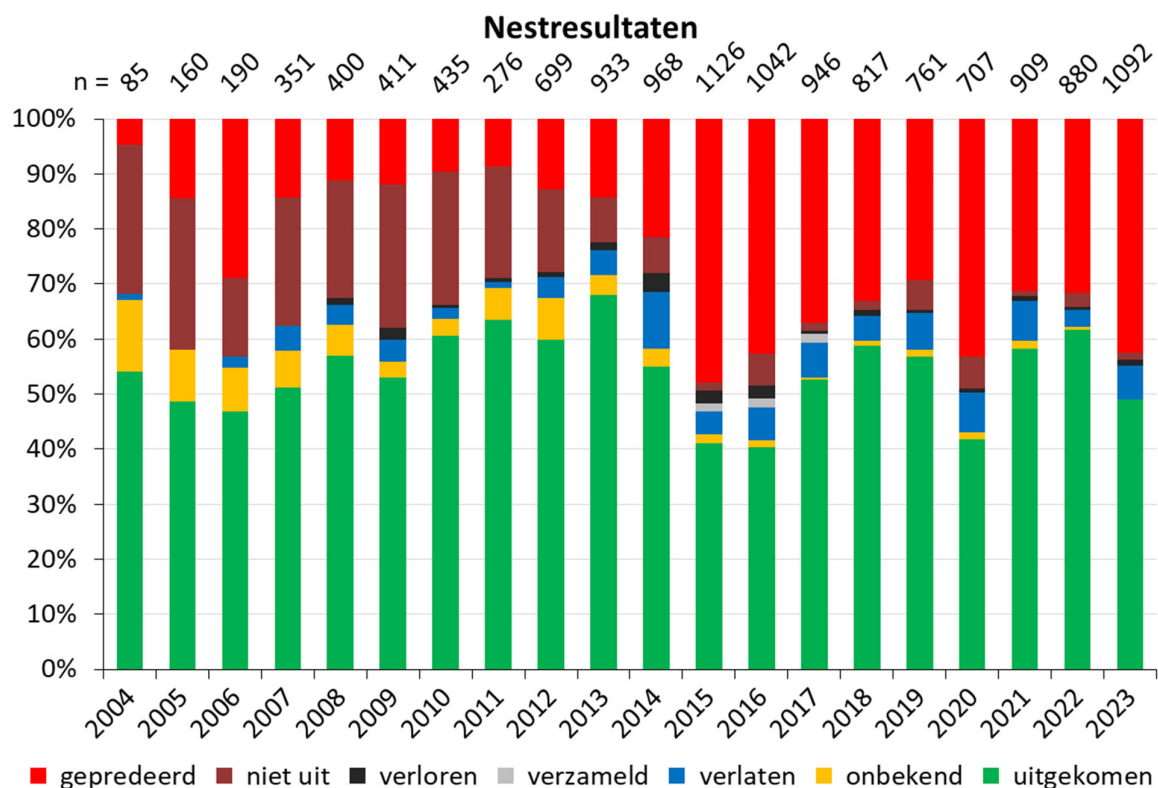
Door enkele redelijk goede broedseizoenen in recente jaren lijkt de populatie enigszins te stabiliseren (fig. 3.1.1).



Figuur 3.1.1: Verloop van het aantal territoriale grutto's in het studiegebied met in grijs de foutmarge op basis van verschillen in tellingen en geschatte waarden.

3.1.2 Nestresultaten

Het zoeken naar nesten en het bijhouden van de nestresultaten zijn een vast onderdeel van de monitoring. In figuur 3.1.2 wordt een overzicht gegeven van de gevolgde gruttonesten. Figuur 3.1.4 laat de locaties van deze nesten zien. Er wordt naar gestreefd om nesten op zoveel mogelijk verschillende habitattypen te volgen (kruidenrijk, monocultuur, bouwland, etc.). Het jaarlijks aantal gevolgde nesten wordt voornamelijk bepaald door de beschikbaarheid, welke weer afhankelijk is van het aantal broedparen, maar ook van de predatiedruk. In jaren met hoge nestpredatie, zoals in 2015, beginnen vrijwel alle grutto's die hun legsel verliezen aan een vervolglegsel (Senner *et al.* 2015, Verhoeven *et al.* 2020).



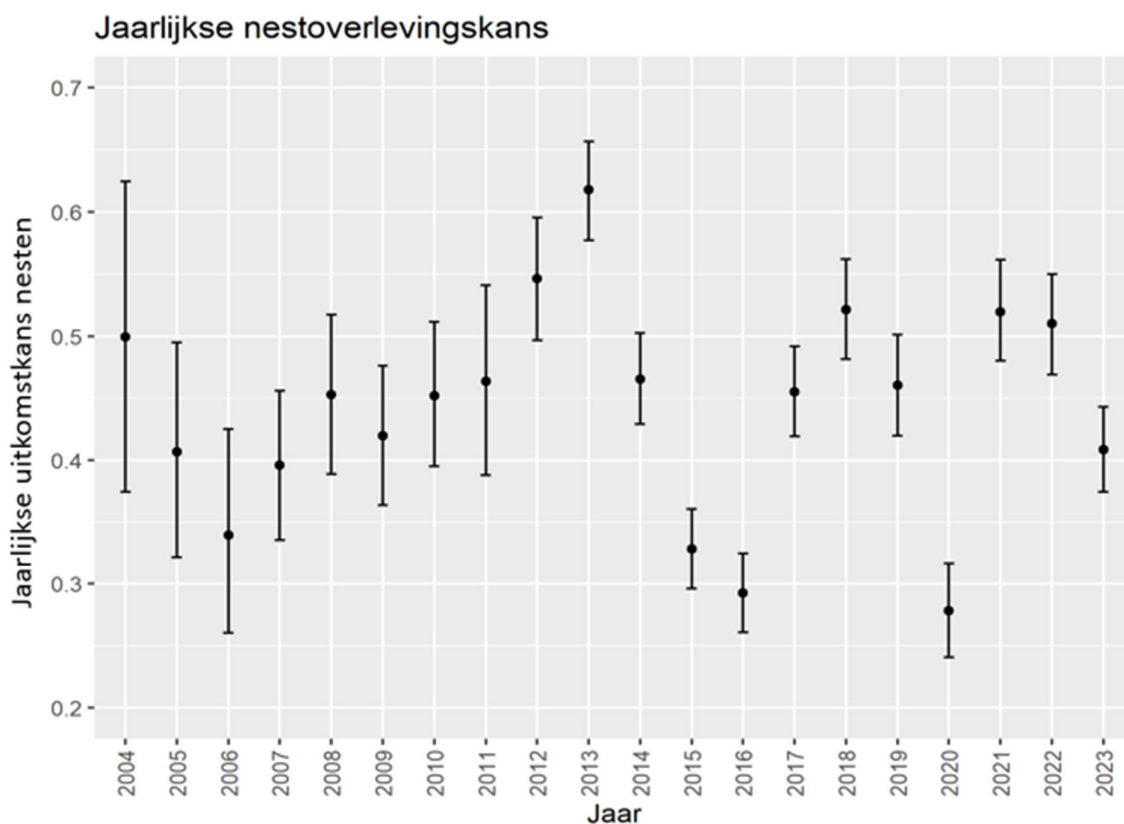
Figuur 3.1.2: Nestresultaten in het onderzoeksgebied. De percentages zijn van de nesten die wij hebben gevonden; hierbij is nog geen rekening gehouden met de kans dat gepredeerde nesten soms niet worden gevonden. Voor de werkelijke uitkomstpercentages, zie figuur 3.1.3.

Bij elk nestbezoek wordt de status van het bezochte nest genoteerd. Het uiteindelijke resultaat is niet altijd met zekerheid vast te stellen. Het kan zijn dat een nest gepredeerd lijkt, terwijl in werkelijkheid de eieren al verlaten waren. Omgekeerd kan een nest waarvan in de legfase een ei wordt gepredeerd en de rest vervolgens wordt verlaten, onterecht aangemerkt worden als verlaten. De categorie “niet uit” betreft nesten waar geen kuikens uitgekomen zijn, maar waar eieren achterbleven door verlaten of doordat een deel werd gepredeerd. In de loop der jaren zijn we beter geworden in het onderscheiden van predatie en andere verliesoorzaken waardoor de categorie “niet uit” kleiner is geworden. In de categorie “onbekend” bevinden zich nesten waarvan het nestresultaat onduidelijk is omdat het nest bijvoorbeeld niet teruggevonden kon worden. In 2015-2017 werden eieren verzameld en met een broedmachine uitgebreed voor kuikenexperimenten. Nesten waar omheen gemaaid is en die vervolgens verlaten zijn, vallen in de categorie “verlaten” omdat niet met zekerheid is te zeggen dat het maaien de

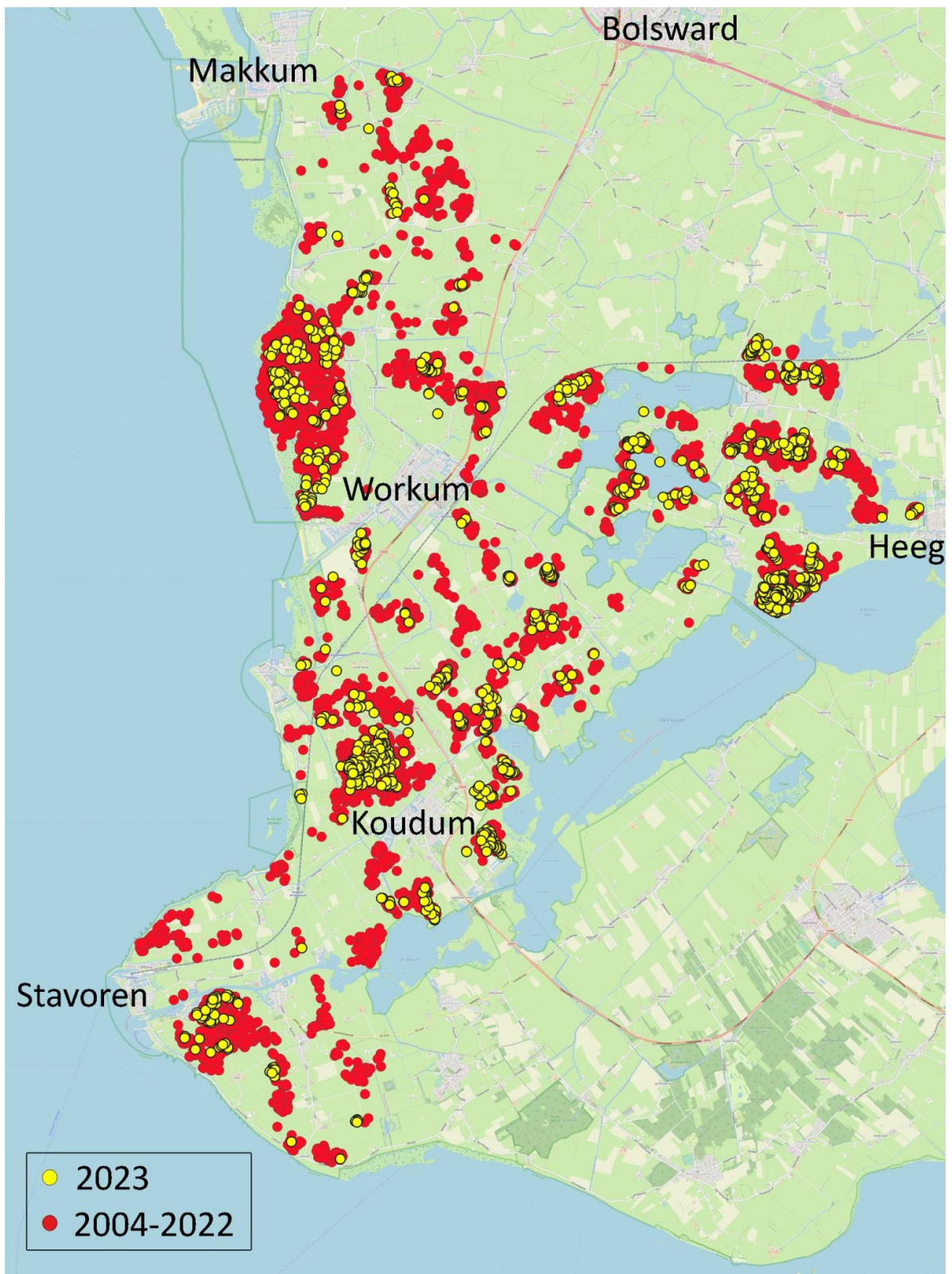
oorzaak van het verlaten was. Nesten in de categorie “verloren” zijn door agrarische werkzaamheden gesneuveld (uitgemaaid, overreden, vertrapt door vee, omgeploegd etc.). Het kleine aandeel van deze categorie wordt grotendeels verklaard doordat de meeste grutto's inmiddels in weidevogelreservaten broeden of op percelen waar sprake is van uitgesteld maaibeheer. Daarbij geldt net als bij predatie dat nesten die verloren gaan een kleine kans hebben om nog gevonden te worden. Daarnaast is in delen van Zuidwest Friesland nog altijd sprake van nazorg door plaatselijke vogelwachten. In delen waar geen nazorgers actief zijn, worden grutto-nesten (en andere nesten) zoveel mogelijk door ons zelf opgezocht. Indien nodig worden nesten gemarkeerd en door het intensieve contact en de bekendheid van het onderzoek zijn vrijwel alle boeren bereid om nesten te sparen tijdens werkzaamheden.

Nestoverleving

Met behulp van de nestgegevens rekenden we de uitkomstkans per jaar uit met een ‘nest overlevingsanalyse’ (Dinsmore et al. 2002). Deze methode geeft nestsucces nauwkeuriger weer dan het percentage uitgekomen nesten. Een deel van de nesten wordt namelijk gepredeerd voor we ze hebben gevonden, en daar houdt deze complexere methode rekening mee. Als gevolg hiervan is deze uitkomstkans (fig. 3.1.3) over het algemeen lager dan het uitkomstpercentage op basis van de werkelijk gevonden nesten (fig. 3.1.2). In 2023, had een nest in het studiegebied een kans van 41% om uit te komen. Dit percentage is beduidend lager dan 2022 en 2021, maar niet zo laag als in 2020 (fig. 3.1.3).



Figuur 3.1.3: Uitkomstkansen van nesten gebaseerd op een nest-overlevingsanalyse. Deze houdt rekening met de kans dat nesten die gepredeerd worden voor we ze vinden. Een uitkomstkans van 0.5 komt overeen met 50%.

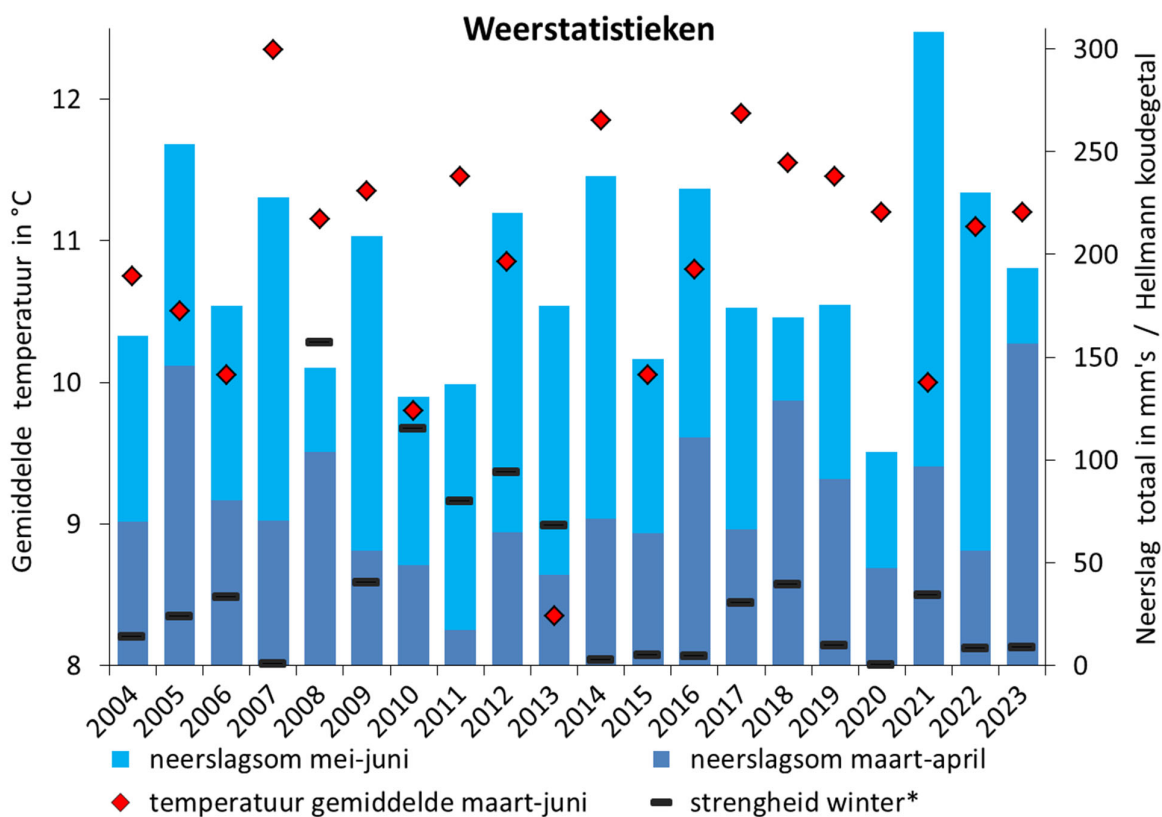


Figuur 3.1.4: Locaties van alle nesten die werden gevolgd van 2004-2022 (rood) en in 2023 (geel). Niet alle nesten in het studiegebied (kunnen) worden opgezocht en/of gemonitord.

3.1.3 Weer, maaidatum en timing van broeden

Het weer kan grote invloed hebben op de reproductie van weidevogels. Strenge winterperioden kunnen de overleving van weidevogelpredatoren en hun alternatieve prooien beperken. Neerslag en temperatuur beïnvloeden daarnaast de grasgroei en daardoor het moment waarop boeren gaan maaien. Dit blijkt jaarlijks grote gevolgen te hebben voor weidevogels, niet alleen doordat tijdens het maaien nesten en kuikens verloren kunnen gaan, maar ook doordat met maaien het oppervlak “geschikt” biotoop voor predatoren en gruttokuikens afneemt. Ongemaaid grasland biedt naast insecten ook dekking voor nesten en kuikens (Kentie *et al.* 2015). Langdurige regen kan de foerageertijd van jonge kuikens belemmeren omdat hun verenkleed van dons nog niet waterdicht is en ze onder hun ouders moeten schuilen (Scheckerman & Boele 2009). In figuur 3.1.5 is een overzicht gegeven van enkele relevante jaarlijkse weersomstandigheden in het studiegebied.

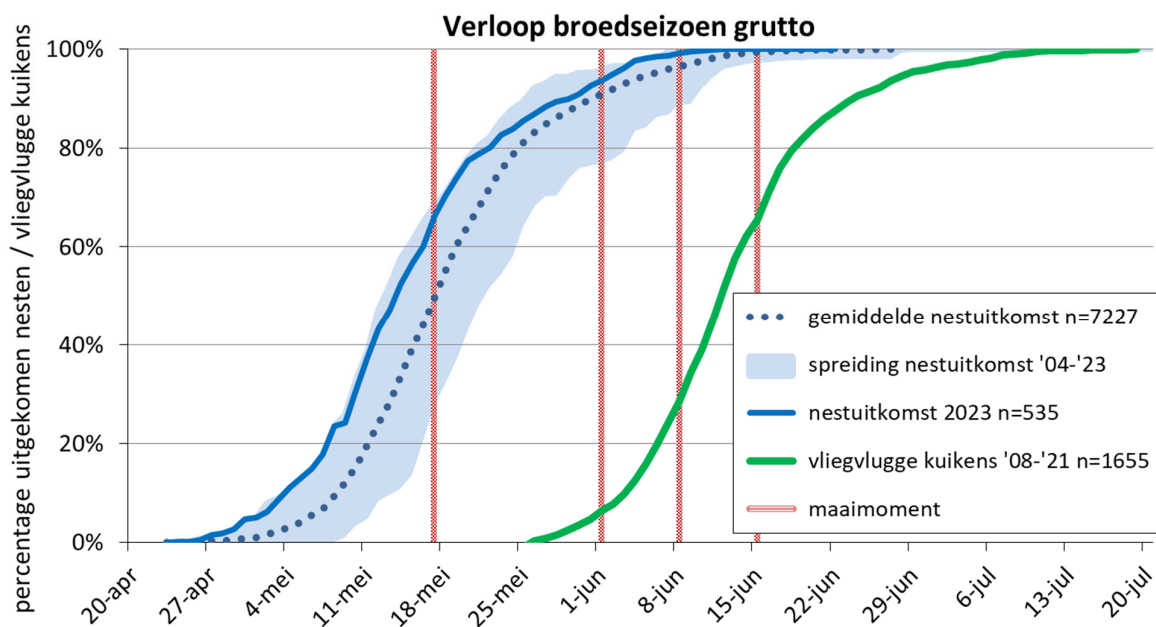
Het voorjaar van 2023 startte met uitzonderlijk veel neerslag in maart en april; perfecte omstandigheden voor de weidevogels. Vanaf half mei was het echter gedaan met de regen wat al snel leidde tot droogte in juni. Sommige boeren pompten water op hun percelen om de grasgroei op gang te houden. Dit bood kortstondig goede foerageeromstandigheden voor grutto's en vele andere vogelsoorten.



Figuur 3.1.5: Weerstatistieken van het KNMI Stavoren tijdens de broedseizoenen. *De strengheid van de winterperiode voorafgaand aan het broedseizoen is bepaald aan de hand van het Hellmann koudegetal: de som van alle negatieve etmaaltemperatuurgemiddelden in de periode 1 november - 31 maart; >300 is streng, 100-300 is normaal en <100 wordt als een zachte winter beschouwd. (bron: <https://www.knmi.nl/nederland-nu/klimatologie/daggegevens>).

Het moment waarop grutto's starten met broeden vertoont weinig variatie tussen jaren, maar de nestuitkomst laat wel variatie zien (fig. 3.1.6). Vooral in jaren met hoge nestpredatie waarin veel

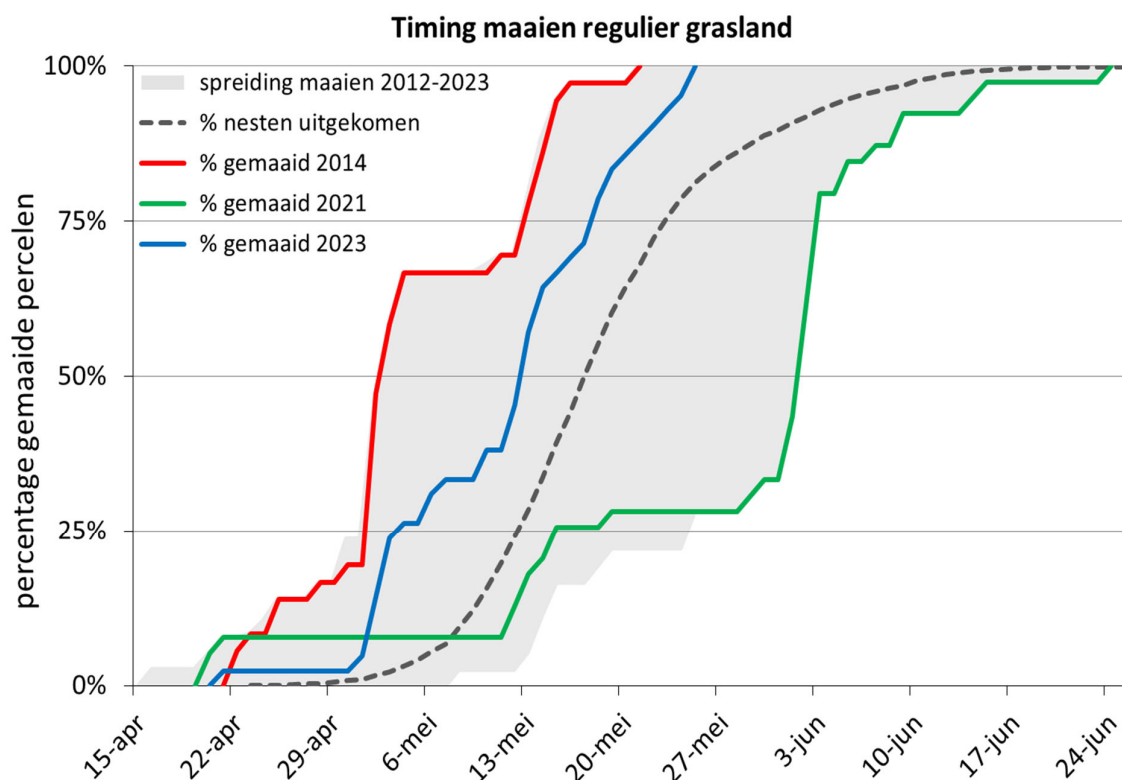
broedparen aan een tweede of zelfs derde legsel beginnen zijn er meer nesten met een late uitkomstdatum. De nestuitkomst was in 2023 opmerkelijk vroeg. Op 24 april kwam zelfs het vroegste nest uit dat in de meetreeks vanaf 2004 geregistreerd werd. Figuur 3.1.6 laat zien dat uitgesteld maaibeheer (tot 15 juni) grutto's de kans geeft om hun eieren uit te broeden, maar dat veel kuikens te laat geboren worden om van het beheer te profiteren. Percelen met uitgesteld maaibeheer worden na de maaidatum als gangbaar grasland gebruikt en bemesting tijdens de zomer en herfst belemmert verschraling. Door de verrijkte grond zijn weidevogelpercelen regelmatig al voor de maaidatum ongeschikt voor kuikens doordat de vegetatie te hoog wordt, gecombineerd met een ondoordringbare structuur. Kuikens verplaatsen zich daarom vaak vanaf begin juni naar reguliere graslanden waar al gemaaid is en het gras opnieuw is begonnen te groeien. Deze zogenaamde hergroei lijkt geschikt voor gruttokuikens doordat de grashoogte voldoende dekking biedt en de structuur nog doordringbaar is. Het voedselaanbod is echter gering waardoor kuikens in hergroei meer risico lopen te verhongeren (Teunissen & Wymenga, 2011). In de meeste weidevogelreservaten wordt daarom (sinds enkele jaren) maar een beperkte hoeveelheid (stal)mest toegelaten en wordt pas na 1 juli gemaaid. Ook als kuikens de leeftijd van 25 dagen hebben bereikt en kunnen vliegen hebben ze nog enkele weken nodig voor ze volgroeid zijn. In deze periode schakelen de kuikens hun dieet, indien mogelijk, over naar grotere prooien in de bodem zoals wormen en emelten. Het aandeel geschikt biotoop is in deze periode echter zeer beperkt doordat waterpeilen na 15 juni verlaagd worden en na 1 juli vrijwel al het grasland gemaaid is. Pas gemaaide percelen bieden in deze periode kortstondig een tijdelijke voedselbron, mits de grond doordringbaar is.



Figuur 3.1.6: Het verloop van het broedseizoen van de grutto's in het studiegebied gebaseerd op 6692 uitgekomen nesten en 1655 geringde kuikens in de periode 2004-2023. De blauwe stippellijn geeft het gemiddelde (2004-2023) verloop van uitgekomen nesten over het broedseizoen aan met in lichtblauw de jaarlijkse spreiding. De groene lijn laat het verloop zien van kuikens die oud genoeg zijn geworden om te kunnen vliegen (25 dagen). De rode lijnen zijn momenten waarop gemaaid wordt: 17 mei is de gemiddelde datum van de eerste snede regulier grasland in het studiegebied; 1, 8 en 15 juni zijn einddata van de meest voorkomende vormen van uitgesteld maaibeheer.

De timing van de eileg lijkt niet weersafhankelijk te zijn en vertoont weinig variatie tussen jaren. Dit geldt zeker niet voor het moment waarop de eerste snede gras geoogst wordt (fig. 3.1.7). Dat grutto's hun legdatum niet vervroegen (Kentie *et al.* 2018, Schroeder *et al.* 2012), maar boeren het moment van maaien wel, heeft grote gevolgen voor de overlevingskansen van nesten en kuikens. Niet gevonden nesten worden uitgemaaid en als er minder dan 5 meter gras rond een gespaard nest blijft staan is de uitkomstkans meer dan 30% lager dan op ongemaaide percelen (Kentie *et al.* 2015). Voor predatoren wordt het mogelijk gemakkelijker weidevogels te vinden naarmate meer percelen gemaaid zijn en het geschikte overgebleven areaal kleiner is geworden. Door het maaien komt de focus van predatoren gedurende het voorjaar mogelijk steeds meer op percelen met weidevogelbeheer te liggen. Daar wordt immers later gemaaid en de prooidichtheid (biodiversiteit) is over het algemeen ook nog eens hoger.

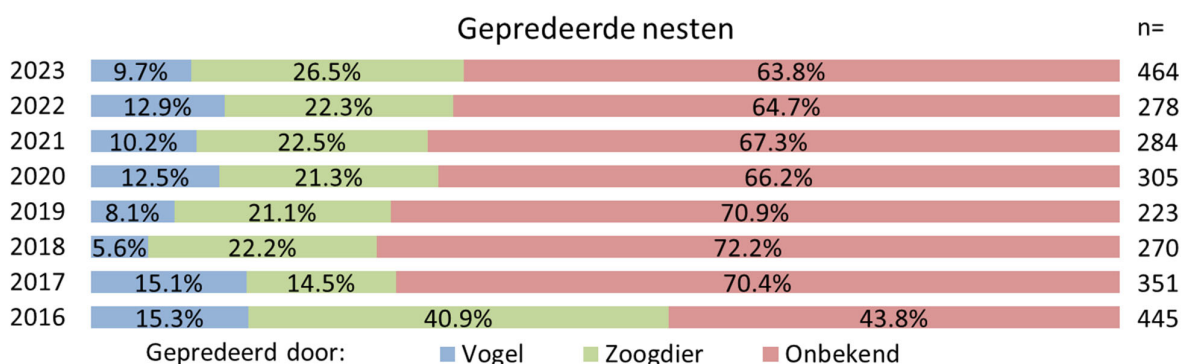
Door de natte omstandigheden begon het maaien en beweiden van de reguliere graslanden zonder uitgesteld maaibeheer in 2023 pas in mei. Door de late start werd de eerste snede gras in een relatief korte periode geoogst en toch relatief vroeg in het seizoen, nog voordat de meeste gruttonesten uitgekomen waren. Op het moment van de eerste snede liepen er nog weinig gruttofamilies met kuikens rond.



Figuur 3.1.7: Percentages gemaaide/beweide percelen over de loop van het broedseizoen, gebaseerd op een willekeurige steekproef van gangbare graslandpercelen zonder uitgesteld maaibeheer binnen het studiegebied. Naast 2023 zijn 2014 en 2021 weergegeven omdat deze "extreme" jaren samen vrijwel de hele spreiding in de periode 2012-2023 omvatten.

3.1.4 Predatie

Vanaf 2016 besteedden we meer aandacht aan het vaststellen van welke soorten verantwoordelijk zijn voor nestpredatie door te letten op sporen in en rond het nest. Soms werden camera's bij nesten geplaatst om zicht op predatoren te krijgen of om de effectiviteit van vossenrasters vast te stellen. Over het algemeen streven we naar zo min mogelijk verstoring en vreemde objecten rond de nesten om zo niet zelf de nestuitkomst te beïnvloeden. Daarom hebben we om de 7 dagen (op afstand) vastgesteld of een nest (zonder camera) nog bebroed werd. Op die manier hadden we meer kans om nog verse sporen van predatie aan te treffen. Desondanks blijft het vaststellen van de predator bij gebrek aan hard bewijs als camerabeelden vaak een kwestie van interpretatie en kon in gemiddeld 65% van de gevallen geen predator worden aangewezen (fig. 3.1.8). Daar zitten veel gevallen bij waarin geen eiresten werden aangetroffen en het dus vrijwel altijd onmogelijk is om de oorzaak te achterhalen. Dit geeft meteen aan hoe gevaarlijk het is om op basis van de gevallen waarin op basis van eiresten wel een predator kon worden bepaald, een algemeen beeld te schetsen. Immers, een soort die de eieren meeneemt wordt minder vaak als predator aangewezen dan een soort die eieren ter plaatse opeet en daarbij sporen achterlaat. En een roofvogel die overdag eieren opzoekt, wordt vaker waargenomen dan een nacht-actieve- of grondpredator.

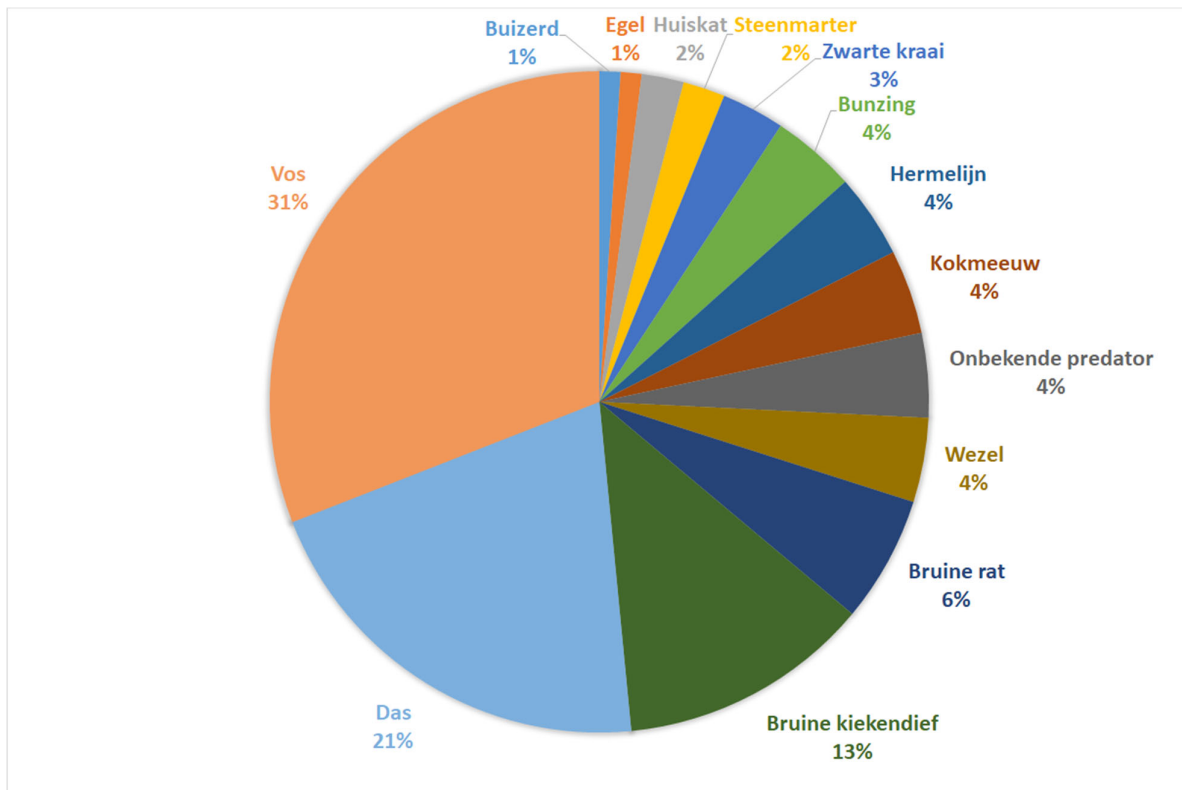


Figuur 3.1.8: Aantal gepredeerde nesten en aandeel predatie door vogels, zoogdieren en onbekende daders.

Met dit in het achterhoofd lijkt het erop dat met name grotere zoogdieren verantwoordelijk zijn voor veel predatiegevallen. Als we bedenken dat vos, das, steenmarter en bunzing nachtactief en grondpredator zijn, en dat ze bovendien regelmatig eieren meenemen, dan ligt het voor de hand om te veronderstellen dat deze soorten voor meer predatie verantwoordelijk zijn dan we konden aantonen. Maar zoals ook uit andere onderzoeken blijkt, is in Zuidwest Friesland eveneens een heel palet aan soorten verantwoordelijk voor nestpredatie. Met behulp van een combinatie van sporen bij het nest en cameravallen constateerden we de afgelopen jaren nestpredatie door (in alfabetische volgorde): bruine kiekendief, bruine rat, buizerd, bunzing, das, egel, havik, hermelijn, hond, huiskat, kauw, kleine mantelmeeuw, kokmeeuw, nijlgans, steenmarter, vos, wasbeerhond, wezel en zwarte kraai.

Wanneer we inzoomen op 257 nesten die in 2023 verspreid over het studiegebied met cameravallen zijn gevolgd, dan krijgen we een gedetailleerder beeld. Er werden 97 nesten gepredeerd (38%). Dit is iets minder dan over alle nesten (fig. 3.1.2). De belangrijkste nestpredatoren in 2023 (zie fig. 3.1.9) waren vos (31%) en das (21%). Bij 4% kon geen predator vastgesteld worden, onder andere als gevolg

van te hoge vegetatie om de soort te kunnen herkennen. In 2021 had steenmarter nog een belangrijk aandeel in de nestpredatie (24%), maar het effect van deze soort is inmiddels gemarginaliseerd, wellicht als gevolg van een intensief bestrijdingsprogramma. Desondanks is de totale predatie niet afgenomen en in 2023 zelfs toegenomen. Die toename komt voornamelijk op het conto van das en vos, ondanks dat deze laatste soort voortdurend bejaagd is. Dit laat zien dat het vrijgeven van de jacht geen garantie is voor afname van de algehele predatie omdat andere soorten een groter aandeel voor hun rekening nemen en er bovendien veel potentiële predatoren zijn.

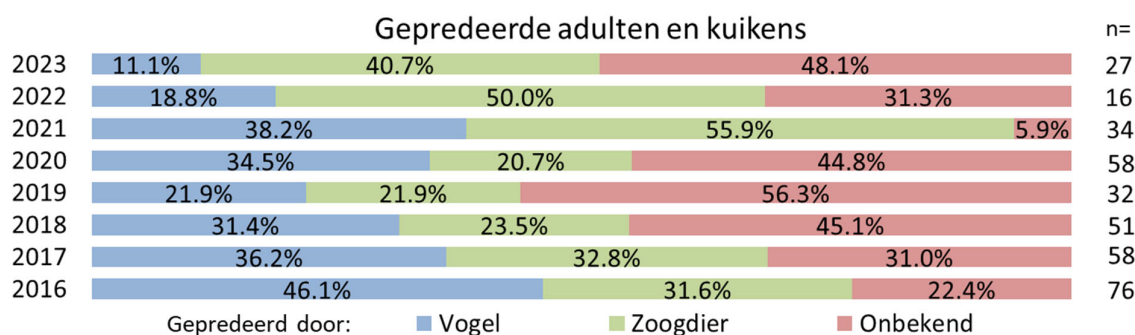


Figuur 3.1.9: De verschillende soorten predatoren verantwoordelijk voor nestpredatie van 97 van 257 met cameraval gevolgde gruttonesten in 2023. In sommige gevallen ('onbekende predator') kon geen predator worden vastgesteld (bijv. door hoog gras).

Een belangrijke kanttekening bij de interpretatie van de resultaten van cameravallen is dat hier alleen een eindresultaat geregistreerd wordt. Een cameraval ziet immers niet welke (veel minder zichtbare, of zelfs onzichtbare) factoren mogelijk hebben bijgedragen aan de nestpredatie; mogelijk voedselgebrek voor de broedende ouders waardoor ze minder bij het nest zijn, verstoring door mensen en andere predatoren, landbewerking en maaien op het nestperceel of daar in de buurt wat predatoren aantrekt of een gebrek aan alternatieve prooi.

Vanaf 2016 kwantificeren we ook de predatie van volwassen grutto's en kuikens (fig. 3.1.10). Tijdens de nestbezoeken vinden we soms dode grutto's die op het nest zijn gepredeerd en in het veld komen we soms plukresten of kadavers tegen of zien dat een grutto(kuiken) gedood wordt. In het algemeen wordt predatie van nesten voornamelijk door zoogdieren veroorzaakt, terwijl kuikens vooral gepredeerd worden door roofvogels (Teunissen *et al.* 2008). Ook hier geldt dat predatie door zoogdieren minder vaak geconstateerd wordt doordat zoogdieren veelal nachttactief zijn en de prooi

soms ondergronds verbergen. Daarnaast kan een door een grondpredator achtergelaten prooi door (roof)vogels verder benut worden. Predatie door roofvogels is daardoor waarschijnlijk overschat omdat het een stuk makkelijker is om een plukplaats van een roofvogel te vinden of een roofvogel met een gruttkuiken te zien wegvliegen.



Figuur 3.1.10: Aantal gevonden gepredeerde grutto's (volwassen en kuikens) en aandeel predatie door vogels, zoogdieren en onbekende oorzaak.



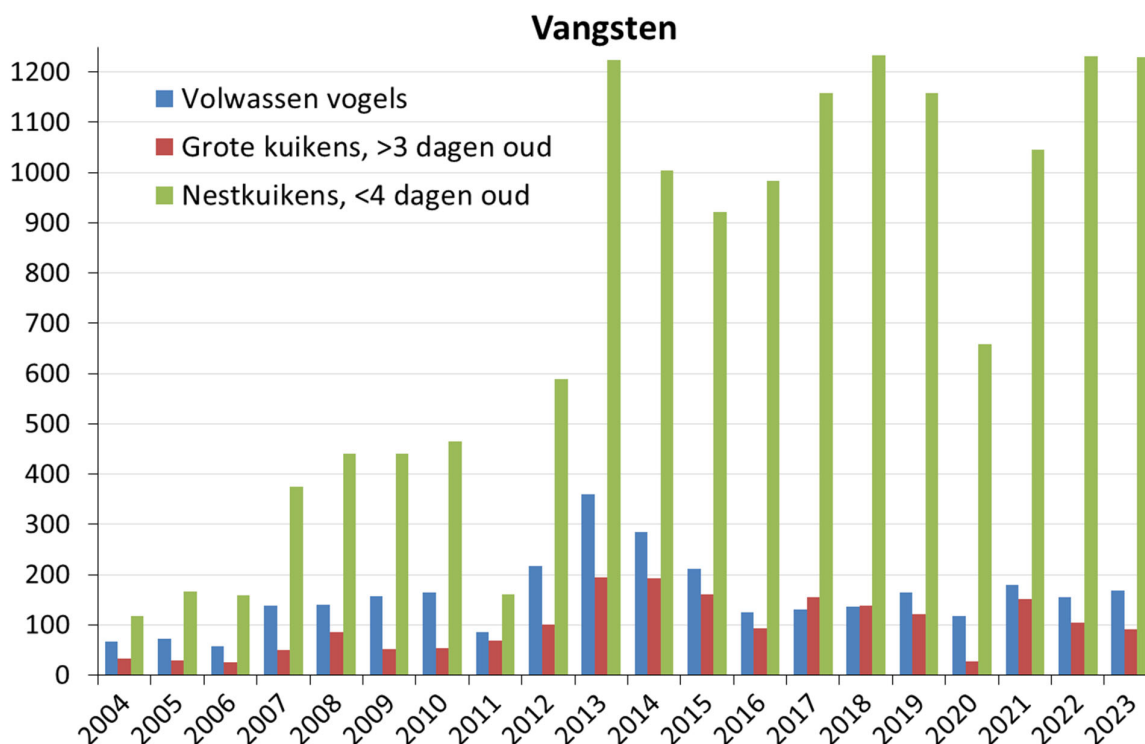
Nestpredatie door bruine rat: hoekige bijtranden aan de eischalen. (Foto: Egbert van der Velde)

3.1.5 Vangsten

In de beginjaren van het onderzoek hebben we vooral veel geïnvesteerd in het opbouwen van een gekleurde populatie, maar de laatste jaren besteden we meer aandacht aan het verzamelen van informatie per geringde grutto of nest. Het vangen van volwassen grutto's kost veel tijd en gebeurt daarom doelgericht op individuen die extra informatie kunnen opleveren zoals grutto's met een geolocator (een microchip op de ring die informatie opslaat over de verblijfplaatsen van de vogel gedurende een jaar of meer), een codevlag (waarmee kuikens in het nest geringd worden), verkleurde ringen (waardoor herkenning onmogelijk is geworden), of op een plek waar (te) weinig gekleurde grutto's zijn. Met name de uitwerking van de gegevens op de 'geolocators', heeft ons heel veel over het broedgedrag van de grutto's geleerd (Verhoeven *et al.* 2020).

Zo weten we nu van veel grutto's waar ze geboren zijn en waar ze zijn gaan broeden, hoe plaatstrouw grutto's aan hun broedlocatie zijn, welke geringde individuen succesvol jongen hebben grootgebracht en hoe oud geringde individuen worden. Hierdoor weten we dat grutto's al in hun tweede levensjaar kunnen broeden (Kentie 2015), dat ze monogaam en erg plaatstrouw zijn, dat vervolglegels bij grutto's eerder regel dan uitzondering zijn, en dat zelfs na het verlies van kuikens een nieuwe broedpoging ondernomen kan worden.

In figuur 3.1.11 is te zien dat er veel geïnvesteerd is in het ringen van nestkuikens. De sterfte in deze leeftijdscategorie is enorm en om verschillen in overlevingskansen van kuikens bij verschillende typen beheer uit te kunnen rekenen, heb je een grote steekproef nodig. Maar als er minder nesten uitkomen, zijn er minder nestkuikens om te ringen.

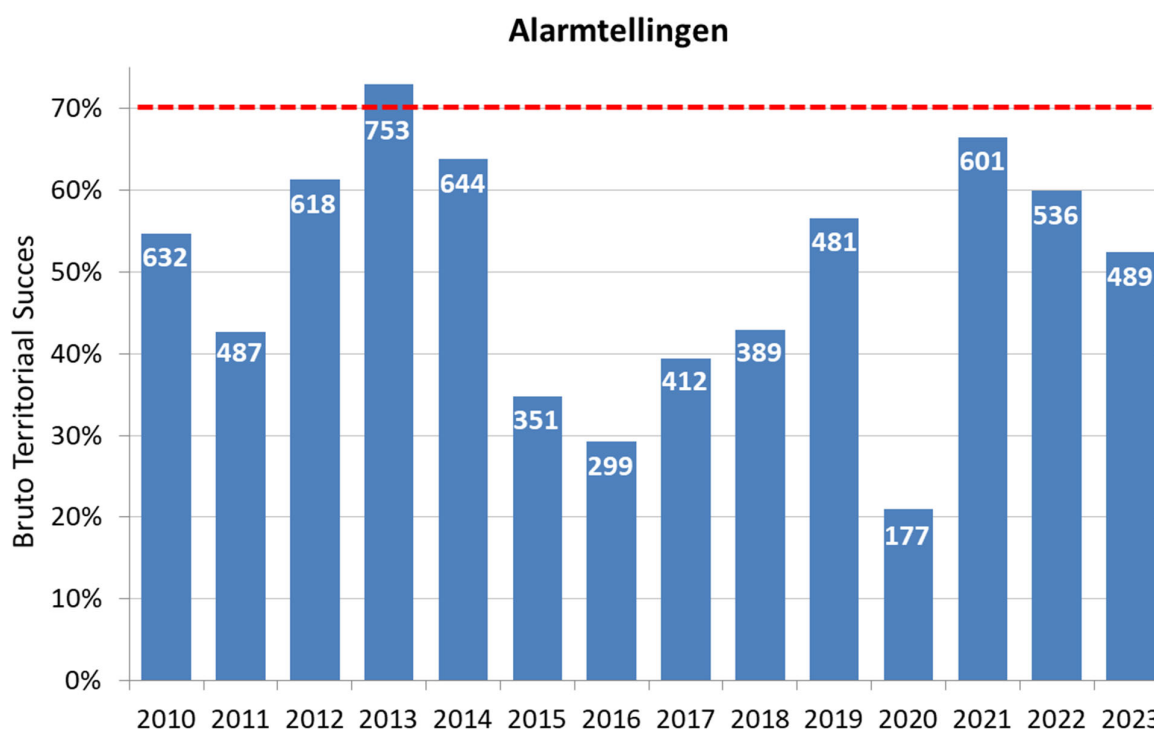


Figuur 3.1.11: Aantal gevangen volwassen grutto's, grote kuikens (>3 dagen) en nestkuikens.

3.1.6 Alarmtellingen, kuikenoverleving en kuikenconditie

Alarmtellingen

Om een voorlopige indruk te krijgen hoeveel kuikens vliegvlug worden, wordt vaak gebruik gemaakt van alarmtellingen (het schatten van het Bruto Territoriaal Succes of BTS). We tellen elk jaar tenminste eenmalig alarmerende gruttopen op perceelsniveau, ongeveer 3 weken na de gemiddelde uitkomstdatum van de nesten. Dat was meestal in week 23, de eerste week van juni. Door het aantal alarmerende paren te delen door het aantal getelde territoria (zie sectie 3.1.1) kunnen we een goede benadering van het BTS verkrijgen. In het algemeen wordt ervan uitgegaan dat voor een stabiele gruttopopulatie een BTS van tenminste 70% nodig is, tussen de 50% en 70% is de reproductie waarschijnlijk onvoldoende en bij een BTS kleiner dan 50% kan je ervan uitgaan dat de populatie zal afnemen. In figuur 3.1.12 is het BTS per jaar uitgezet en is te zien dat volgens dit criterium alleen in 2013 voldoende kuikens vliegvlug werden. Desalniettemin lijkt de populatie de laatste jaren wat te stabiliseren (fig. 3.1.1). De komende jaren moet blijken of deze stabilisatie aanhoudt.



Figuur 3.1.12: Indicatie van het broedsucces binnen het studiegebied aan de hand van het aandeel alarmerende broedparen in begin juni, ofwel, het Bruto Territoriaal Succes (BTS). Een BTS van 70% (rode stippellijn) wordt in het algemeen beschouwd als een ondergrens voor een stabiele populatie; tussen de 50 en 70% is dit twijfelachtig en onder de 50% zeker onvoldoende. In de balken staan de getelde aantallen alarmerende broedparen vermeld.

Kuikenoverleving tot vliegvlug

Om een gedetailleerder beeld te krijgen van de kuikenoverleving in de periode voor het uitvliegen startten we in 2020 met het steekproefsgewijs volgen van gezinnen. Vlak voor het uitkomen van de eieren wordt één van de ouders voorzien van een radiozendertje (0.9 gr) en krijgt deze een kleurmerk op de ondervleugel(s). Met behulp van een antenne zoeken we de zenders om de 4 dagen terug tot de kuikens 25 dagen oud zijn en kunnen vliegen. Hierdoor kunnen we eenvoudig achterhalen of de ouders nog kuikens hebben en welke habitats de kuikens gebruiken. Het kleurmerk verkort de zoektijd en daarmee de verstoring. Ook heeft het als bijkomend voordeel dat we een vogel die de zender verliest alsnog kunnen volgen. De kleurstof is huidvriendelijk, tast de veerstructuur niet aan en verdwijnt na ongeveer 8 weken of sowieso na de rui.



Foto links: een grutto ouder met een kleine radiozender (in het rode ovaal te zien). Deze valt er weer af als de vogel begint te ruien. **Foto midden:** het opzoeken van de families ging met behulp van een yagi-antenne. De zender geeft een (voor de vogels onhoorbaar) ritmisch radiosignaal af wat sterker wordt wanneer je de antenne richt op de locatie van de vogel en dichterbij de vogel komt. **Foto rechts:** om de gezenderde vogels nog sneller terug te kunnen vinden, kregen ze een kleurmerk op de ondervleugel(s).

Met het volgen van families krijg je een nauwkeuriger beeld van de kuikenoverleving dan met het BTS. Eerst en vooral wordt het BTS bepaald door zowel nest- als kuikenoverleving. Ten tweede neemt het BTS meestal niet de volledige kuikenfase in beschouwing. Bij de alarmtellingen is namelijk niet bekend of de kuikens al oud genoeg zijn om te kunnen vliegen of misschien net zijn uitgekomen.

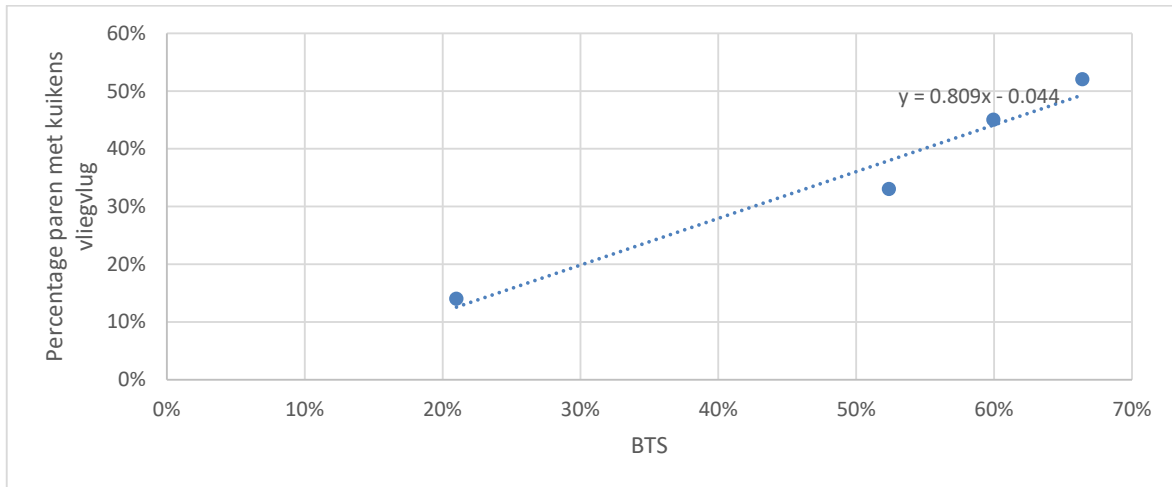
Als we kijken naar het aantal families met vliegvlugge kuikens, dan zien we grote verschillen per jaar (fig. 3.1.13). 2020 was een slecht jaar, met slechts 14% van de gezinnen die minimaal één kuiken groot kreeg. In 2021 en 2022 was het uitvliegpercentage aanzienlijk hoger, en waren respectievelijk 51% en 47% van de families succesvol. In 2023 was het uitvliegpercentage opnieuw lager, met slechts 33% succesvolle gezinnen.



Figuur 3.1.13: Nestlocaties van de gevolgde families geplot op de kaart van het studiegebied. De blauwe kleur betekent dat de familie minimaal één kuiken heeft grootgebracht. Een rode kleur betekent dat de familie alle kuikens verloor voor ze 25 dagen oud waren.

Het uitvliessucces van de gezenderde families ligt structureel lager dan wat je op basis van het BTS (fig. 3.1.12) zou concluderen. Dit is opmerkelijk omdat wij alleen gruttofamilies van een zender voorzien die de eieren uitbroeden en dus 100% nestoverleving hebben. Om de vergelijking met BTS te benaderen zouden we het uitvliessucces van gezenderde families kunnen vermenigvuldigen met de uitkomstkans van de nesten maar daardoor wordt het verschil nog groter. Dit verschil heeft mogelijk twee oorzaken. Eerst en vooral kan het BTS een overschatting zijn, omdat er broedparen (met jonge kuikens) meegeteld worden die de kuikens toch nog verliezen voordat ze de leeftijd van 25 dagen bereiken. Anderzijds kan onze familiedata een onderschatting zijn. In onze analyse gaan we ervan uit dat de familie haar kuikens verloren heeft als we een familie niet vinden na twee bezoeken. Door terugmeldingen van kuikens met codevlaggen (zie verder) blijkt dit niet altijd het geval te zijn; we kunnen de familie ook verliezen wanneer ze grotere afstanden afleggen en daardoor buiten beeld raken. Daarnaast houden we hier geen rekening met de datum van uitkomen van de gezinnen, terwijl we weten dat, onafhankelijk van habitat, late kuikens een kleinere kans hebben om het te overleven. Als we meer latere gezinnen volgen, resulteert dit eveneens in een onderschatting.

Ondanks het absolute verschil in succeskans tussen gezenderde families en BTS, vinden we toch een duidelijke correlatie tussen beiden (fig. 3.1.14). Dit duidt erop dat beide methodes een informatieve indicatie geven van het broedsucces van het betreffende jaar.

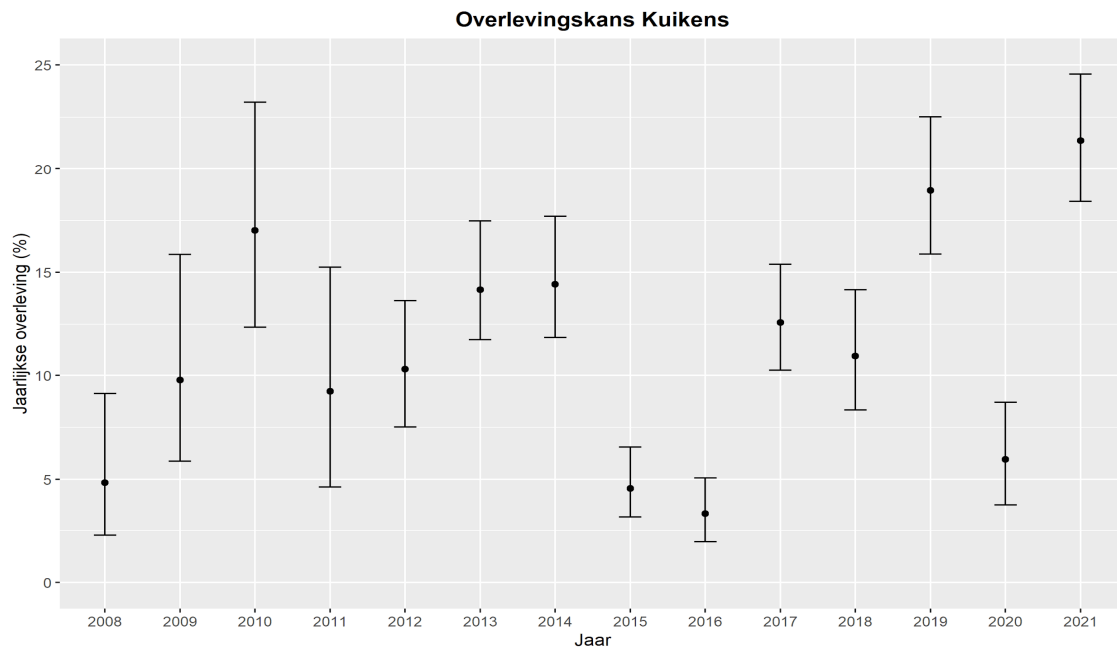


Figuur 3.1.14: Ondanks alle kanttekeningen die je bij BTS-tellingen kunt plaatsen, blijkt het BTS toch een vrij goede voorspeller te zijn van het percentage met radiozender gevolgde paren dat een of meer kuikens vliegvlug kreeg. De punten geven de 4 studie jaren weer: 2020-2023.

Kuikenoverleving tot het volgende jaar

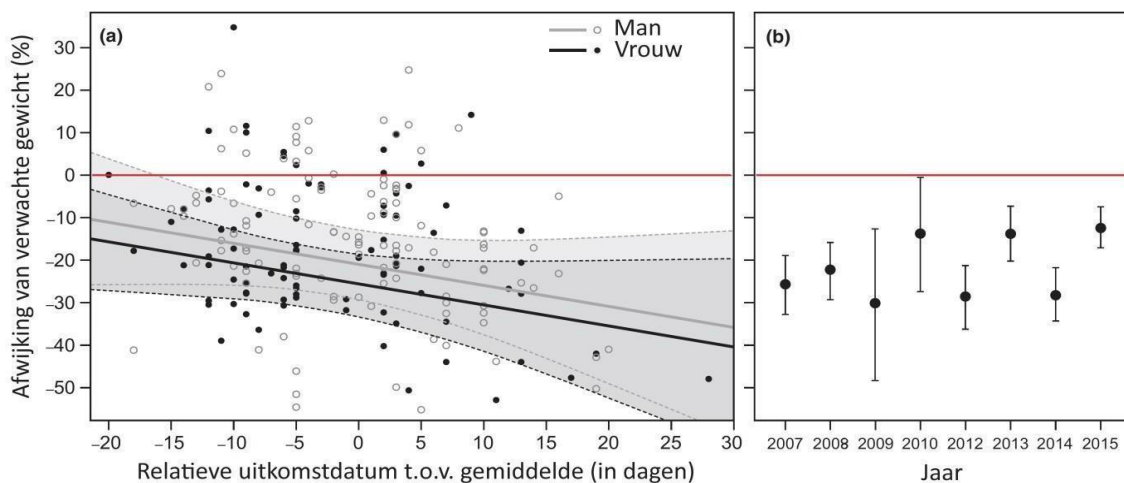
Aan de hand van terugmeldingen van geringde kuikens kunnen we uitrekenen hoeveel kuikens overleefden tot het volgende jaar. Deze maat is belangrijk om te bepalen hoeveel nieuwe broedvogels een broedseizoen opleverde. Omdat niet elke grutto elk jaar wordt teruggezien, maken we gebruik van een 'mark-recapture analyse'. Deze methode heeft minimaal twee jaar aan terugmeldingen nodig om een betrouwbare overlevingsschatting te genereren, aangezien de grutto's pas twee jaar terug naar Nederland komen. Daarnaast worden de overlevingsschattingen van een bepaald jaar accurater naarmate er meer terugmeldingen bijkomen. Een kuiken geboren in 2021 lijkt gestorven als we het in 2022 niet terugzien. Toch kan het zijn dat we het kuiken in 2023 wel terugzien en het dus toch blijkt te leven. Zulke gevallen kunnen de overlevingsschattingen van voorgaande jaren met terugwerkende kracht veranderen. Figuur 3.1.15 toont de schijnbare kuikenoverleving voor de jaren 2008-2020.

De predatiedruk nam waarschijnlijk als gevolg van de muizenpiek in 2014 toe, wat de lage kuikenoverleving in 2015 en 2016 kan verklaren. Vanaf 2017 lijkt de kuikenoverleving weer te verbeteren, met een hoogtepunt in 2019, toen er opnieuw sprake was van een muizenpiek. In paragraaf 3.1.2 zagen we al dat de nestoverleving in 2021 relatief hoog was. De schatting voor 2021 bevestigt de trends die we zien in de alarmtellingen en zenderfamilies; het was een jaar met een relatief hoge kuikenoverleving. Naast predatie zijn er sterke indicaties voor andere belangrijke factoren die de kuikenoverleving beïnvloeden, zoals een verminderd voedselaanbod. Een recente Duitse studie toonde een daling van ruim 75% van de biomassa vliegende insecten over de afgelopen 27 jaar aan (Hallmann et al. 2017, Seibold et al. 2019). Ook Nederlands meetreeksen aan vliegende insecten (CBS, Vlinderstichting) tonen een vergelijkbare afname. Waarschijnlijk is het een combinatie aan factoren die de lage kuikenoverleving verklaart: kuikens hebben ondergewicht en lopen daardoor meer risico dood te gaan. Doordat ze er langer over doen om vliegvlug te worden en meer tijd besteden aan foerageren, lopen ze meer risico om gepredeerd te worden in jaren met hoge predatiedruk (Kentie et al. 2013). Onderzoek van Loonstra et al. (2018) wijst ook in die richting. Vrijwel alle kuikens waarvan de geboortedatum bekend was, bleken bij hervangst een lager lichaamsgewicht te hebben dan hun leeftijd deed vermoeden vergeleken met metingen aan in gevangenschap gehouden kuikens met dezelfde leeftijd (fig. 3.1.16a).



Figuur 3.1.15: De schijnbare overlevingskans van een pasgeboren kuiken tot het jaar erna; alleen kuikens met codevlag, niet met een volledige kleurringcombinatie.

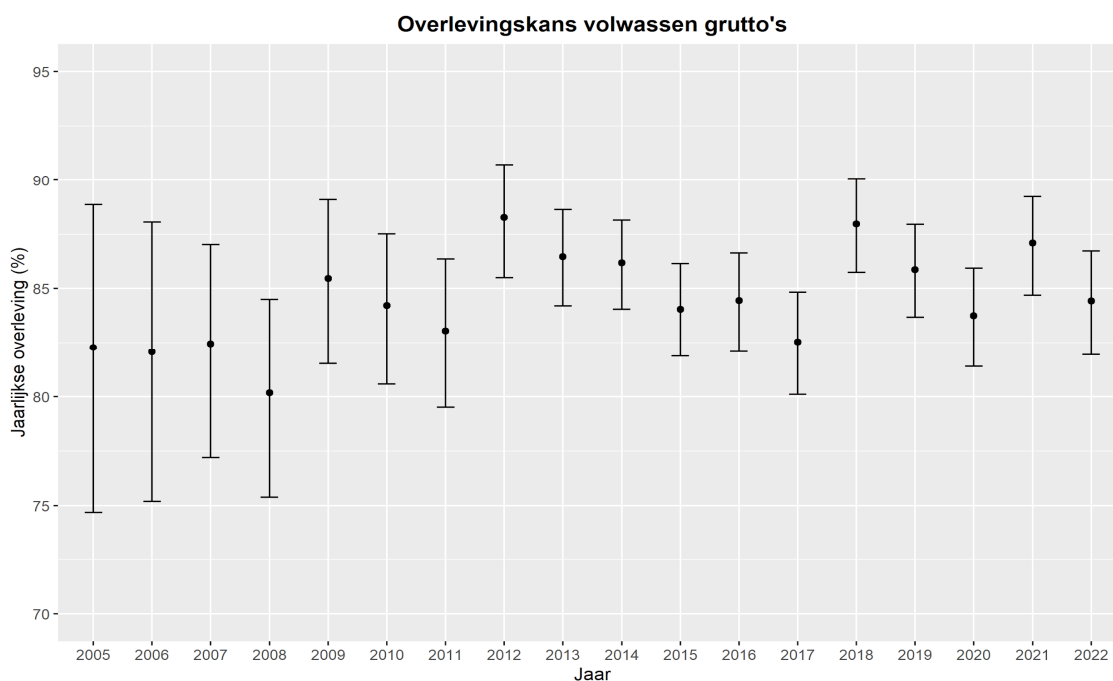
Het verschil in gewicht tussen in het vrije veld en in gevangenschap opgegroeide kuikens werd sterker naarmate kuikens later in het seizoen uit het ei kropen. Dit impliceert dat later geboren kuikens meer moeite hadden om voedsel te vinden. Ondergewicht bleek structureel aan de orde voor alle jaren waarin we de exacte geboortedatum van kuikens hebben kunnen vaststellen (fig. 3.1.16b). Daarnaast vonden Loonstra et al. (2019) een 30% hogere sterfte onder vrouwelijke kuikens in de periode voor het uitvliegen. Vrouwelijke kuikens hebben meer energie nodig om op te groeien omdat ze gemiddeld groter worden dan mannen. Dit proces leidt tot een mannenoverschot in de populatie (Loonstra et al. 2019).



Figuur 3.1.16: (a) In de periode voor het uitvliegen zijn de meeste kuikens te licht voor hun leeftijd (de relatieve gewichten liggen vrijwel allemaal onder de nullijn). Bij kuikens die later in het seizoen geboren worden is vaker en sterker sprake van ondergewicht dan bij vroege kuikens, en dit is bij vrouwelijke kuikens nog sterker dan bij mannelijke. (b) Van 2007 tot en met 2015 was in alle jaren sprake van ondergewicht in vergelijking met kuikens onder ideale opgroei-omstandigheden (Loonstra et al. 2018).

3.1.7 Overleving volwassen grutto's

Figuur 3.1.17 toont de jaarlijkse overleving van volwassen grutto's voor de jaren 2005-2022. Net zoals voor de kuikenoverleving, maken we gebruik van een 'mark-recapture analyse' voor het schatten van deze waarden. Bijgevolg geldt ook hier dat wanneer we weer een nieuw jaar aan waarnemingen aan onze dataset toevoegen de overlevingsschattingen met terugwerkende kracht kunnen veranderen (zie bovenstaande sectie voor meer details). Volwassen grutto's hebben een tamelijk constante jaarlijkse overlevingskans (fig. 3.1.17). Ca. 86% overleeft van jaar op jaar, oftewel, 14% van de grutto's sterft jaarlijks. In 2015-2017 leek de overleving van adulte grutto's af te nemen maar die trend heeft zich in latere jaren niet doorgezet. Onderzoek van Senner et al. (2019) laat zien dat het broedseizoen verantwoordelijk is voor 30% van de jaarlijkse sterfte. De broedperiode is daarmee risicovoller dan het oversteken van de Sahara waarbij 13% van de jaarlijkse sterfte plaatsvindt. Deze sterfte in de Sahara wordt vaak veroorzaakt door tegenwind tijdens de noordwaartse trek. Tijdens het broedseizoen lopen volwassen grutto's het risico van het nest gepredeerd te worden en tijdens de baltsperiode zijn ze vaak minder alert. Daarnaast zijn er aanwijzingen dat vrouwelijke grutto's tijdens het broedseizoen een verhoogd predatierisico lopen, wellicht doordat ze tijdelijk zwaarder zijn; vier eieren wegen ca. de helft van een volwassen vrouwtje.



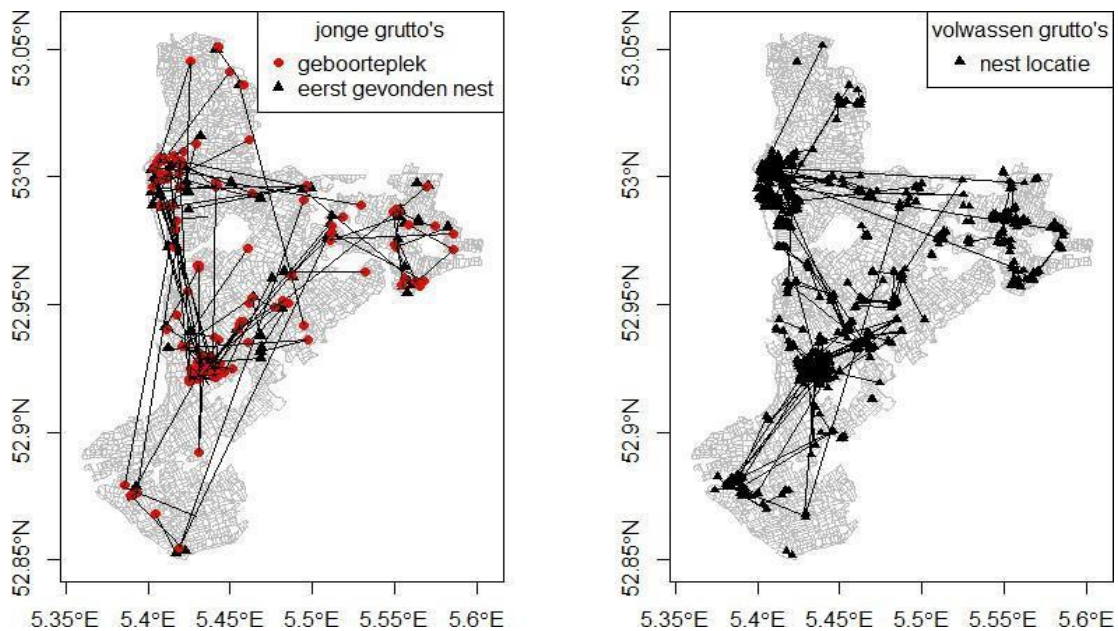
Figuur 3.1.17: De kans voor een volwassen grutto om te overleven tot het volgende broedseizoen.

3.1.8 Verplaatsingen

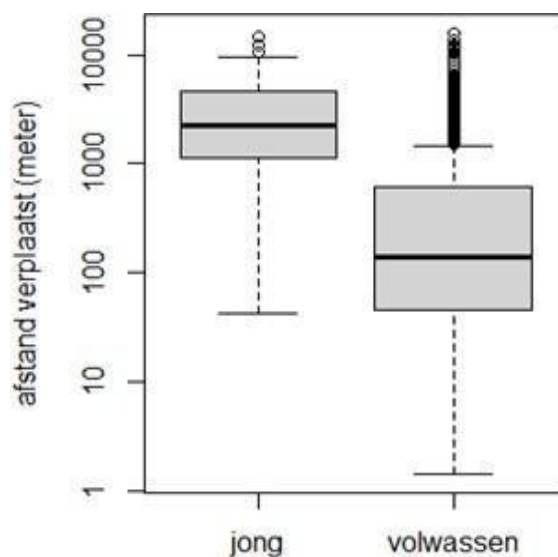
Grutto's broeden vaak geclusterd (fig. 3.1.4) met een aantal kerngebieden zoals de reservaten. Verplaatsingen tussen clusters broedende grutto's zijn belangrijk voor het voorkomen van inteelt, maar ook om populatieschommelingen op te vangen. Bijvoorbeeld, als in één gebied de lokale reproductie een paar jaar slecht is, zal het gebied eerder opgevuld worden door zich verplaatsende grutto's uit een ander gebied dan door nakomelingen van in dat gebied broedende grutto's.

Ondanks dat de meeste grutto's plaatstrouw zijn met een gemiddelde verplaatsingsafstand van 188

meter tussen opeenvolgende broedseizoenen (Groen & Hemerik 2002, Kentie *et al.* 2014), zijn de verschillende delen van ons onderzoeksgebied toch met elkaar verbonden door grutto's die zich wel verplaatsten (fig. 3.1.18). Jonge grutto's verplaatsen vaker en verder (tussen hun geboorteplek en eerste nestlocatie) dan volwassen grutto's tussen jaren (fig. 3.1.18 en 3.1.19). Aangezien we alleen de nestlocaties binnen ons studiegebied hebben gemonitord, kunnen we er van uit gaan dat er ook uitwisseling tussen ons studiegebied en het gebied erbuiten is, waardoor de berekende verplaatsingsafstanden een onderschatting zijn.



Figuur 3.1.18: Het onderzoeksgebied als netwerk van broedpopulaties (Kentie *et al.* 2017).



Figuur 3.1.19: Boxplots van verplaatsingen door jonge en volwassen grutto's binnen het studiegebied. De y-schaal is logaritmisch. Jonge grutto's vestigen zich gemiddeld 1934 meter van hun geboortenest, volwassen grutto's 188 meter van de nestplek in het voorgaande jaar (Kentie *et al.* 2017).

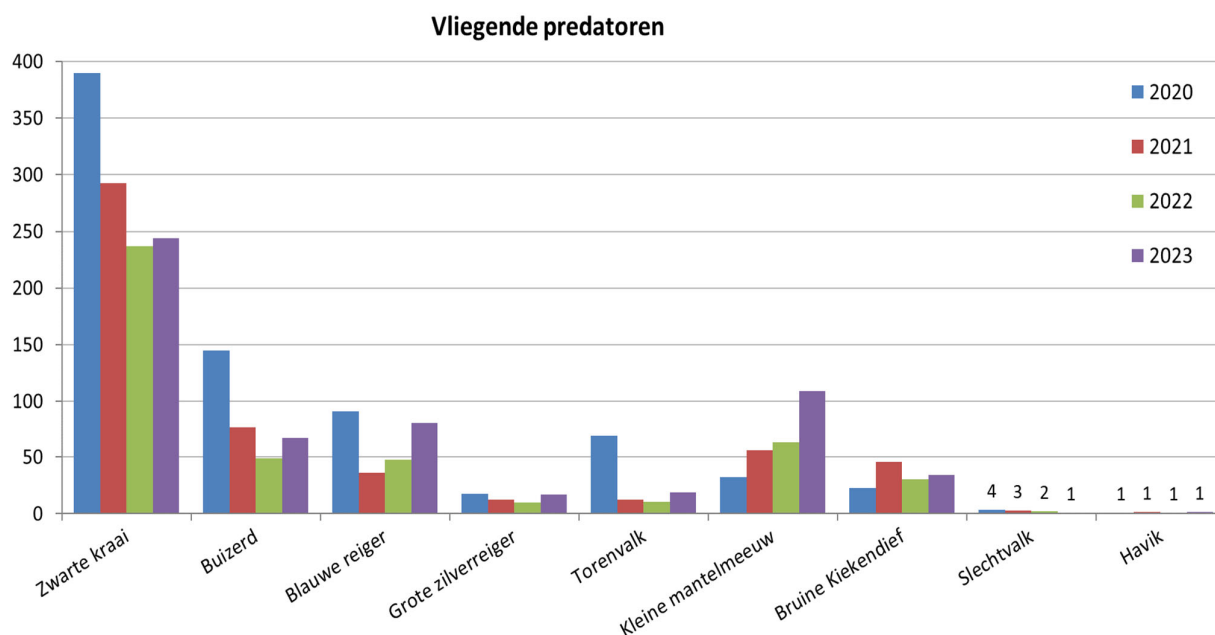
3.2 Predatoren en alternatieve prooien in Zuidwest Friesland

Onderzoekers: Rienk Fokkema, Egbert van der Velde, Marie Stessens, Ruth Howison

In 2020 stelden we als doel meer inzicht te krijgen in de aanwezigheid en verspreiding van weidevogelpredatoren en de beschikbaarheid van alternatieve prooien, om daardoor de patronen en fluctuaties in het broedsucces en de overleving van grutto's beter te begrijpen. Daarom verzamelen we op een gestandaardiseerde manier gegevens van dag- en nachtactieve predatoren en een belangrijke alternatieve prooi: woelmuizen. In dit jaarverslag presenteren we een beknopt overzicht van de patronen in deze data. Middels wetenschappelijke publicaties gaan we met deze data meer de diepte in om onze onderzoeksvragen te beantwoorden.

3.2.1 Aantallen dagactieve vliegende predatoren

Gedurende de eerste 3 weken van april voeren we eens per week gebiedsdekkende tellingen uit van de dag-actieve vliegende predatoren in ons studiegebied. De tellingen vinden plaats op perceelsniveau en zijn gericht op roofvogels, reigers, kraaiachtigen en meeuwen. De vliegende predatoren zijn in deze periode goed te tellen omdat ze zelf meestal nog niet aan het broeden zijn. Met deze tellingen kunnen we niet alleen de verschillen in aantallen predatoren tussen jaren en tussen verschillende deelgebieden in kaart brengen, maar een belangrijk doel is ook om deze te relateren aan de predatiekans van gruthtonesten, kuikenoverleving en de biotoop. Daarnaast kunnen de tellingen inzicht verschaffen in de territoriumkeuze van grutto's omdat aanwezigheid van predatoren invloed kan hebben op de locaties die grutto's kiezen voor hun nest of waar ze heen gaan met hun kuikens.



Figuur 3.2.1: Gemiddelde aantallen dagactieve vliegende predatoren over drie gebiedsdekkende telmomenten in april.

Jaarlijkse verschillen in het voorkomen van dagactieve vliegende predatoren gedurende de lente

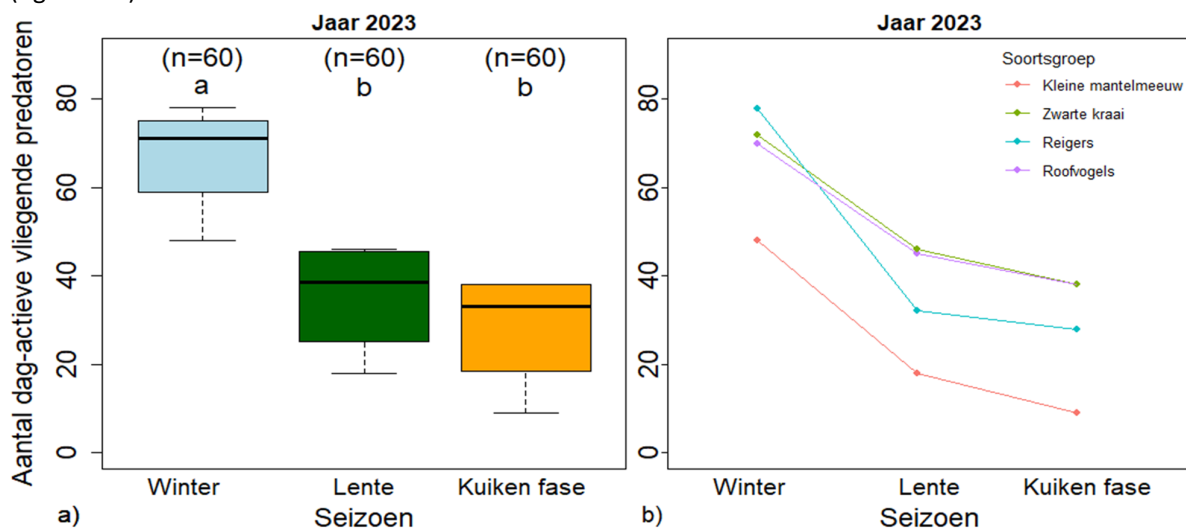
Figuur 3.2.1 laat zien dat zwarte kraai veruit het meest waargenomen werd over de afgelopen vier jaar, maar wel afnam. Daarnaast is er een forse afname in het aantal waarnemingen van buizerd en torenvalk te zien sinds 2020. Dit heeft waarschijnlijk te maken met lage aantallen woelmuizen, een verklaring die

wordt ondersteund door het feit dat in 2023, een jaar met weer relatief meer woelmuizen (fig. 3.2.5), meer buizerds werden geteld en iets meer torenvalken. Al was het niveau nog ver onder dat van 2020, mogelijk hangt dit samen met de impact van vogelgriep op de buizerd populatie. De verhoogde muizenstand in 2023 zou mogelijk ook de toename in het aantal waarnemingen van kleine mantelmeeuwen en blauwe reigers kunnen verklaren. Het is bekend dat kleine mantelmeeuwen en blauwe reigers in grotere aantallen worden gezien bij muizenpieken (Wymenga *et al.* 2015), echter opvallend is bij de kleine mantelmeeuwen dat in 2020 er niet veel geteld werden. De havik en slechtvalk werden het minst waargenomen, maar deze toppredatoren zijn in staat volwassen grutto's te vangen waardoor hun aanwezigheid een relatief grote invloed zou kunnen hebben op de territoriumkeuze van grutto's.

Seizoensverschillen in 2023 in het voorkomen van dagactieve vliegende predatoren

Dit is een bijdrage van master student Natsja Zijlstra

In 2023 zijn er naast de terugkerende jaarlijkse tellingen in april, ook tellingen uitgevoerd in de verschillende seizoenen om eventuele seizoensverschillen in aantallen en verspreiding van deze vliegende predatoren te onderzoeken. Hiertoe zijn er in drie verschillende perioden, namelijk in de winter, de lente en tijdens de kuikenfase van de grutto's, driemaal wekelijkse tellingen uitgevoerd: in de winter van 4 t/m 26 februari, in de lente van 5 t/m 19 april en in de grutto kuikenfase van 22 mei t/m 10 juni. Deze tellingen werden uitgevoerd in de context van een studentenproject door één waarnemer en waren daarom kleinschaliger dan de hierboven beschreven gebiedsdekkende tellingen. Twintig gebieden met een diameter van 500 meter werden aangewezen verspreid over het studiegebied, waarbinnen alle hierboven genoemde vogelsoorten werden geteld op perceelsniveau. De tellingen laten zien dat er meer dagactieve vliegende predatoren waren in het studiegebied in de winter dan in de lente- en kuikenfase (fig. 3.2.2a).



Figuur 3.2.2: Verdeling van de aantallen dag-actieve vliegende predatoren over drie periodes in 2023, geteld in twintig gebieden verspreid over het studiegebied. a) Boxplots met verschillende letters verschillen significant van elkaar (Tukey HSD test). b) Verdeling van de aantallen dagactieve vliegende predatoren binnen soortgroepen over de seizoenen in 2023.

Mogelijk dat er in de winter een influx is geweest naar ons studiegebied van individuele vogels die er wel de winter doorbrengen maar elders broeden en dus vanaf april niet meer waargenomen werden. Daarnaast is er gekeken naar verschillen in voorkomen tussen soorten tijdens de verschillende seizoenen. Omdat er van sommige soorten slechts een enkeling geteld werd (1 slechtvalk en 2 haviken), zijn de meeste soorten ingedeeld in een aantal functionele groepen: de groep 'Reigers' bevat zowel de blauwe reiger als de grote zilverreiger en de groep 'Roofvogels' bevat slechtvalk, havik, torenvalk, buizerd en bruine kiekendief. Van kleine mantelmeeuwen en zwarte kraaien zijn er grote aantallen geteld waardoor deze ieder hun eigen groep vormden. Een statistische test bevestigde dat alle groepen eenzelfde afname lieten zien over de seizoenen (fig. 3.2.2b).

3.2.2 Aantallen nachtactieve grond predatoren

Dit is een bijdrage van stagiair Stijn Basting en data-analist Ondrej Belfin

Naast inzicht in het voorkomen en de verspreiding van de dagactieve vliegende predatoren, willen we ook inzicht krijgen in de aanwezigheid van grond predatoren binnen ons studiegebied. Deze grond predatoren zijn meestal 's nachts actief. Daarom zijn we in 2021 van start gegaan met een netwerk van ongeveer 60 cameravallen op toegangsdammen tot percelen. Deze cameravallen staan verspreid over het hele studiegebied. We plaatsen de camera's jaarlijks (zoveel mogelijk) op exact dezelfde locaties.



Foto links: Master student Hesam positioneert een cameraval op een toegangsdam en **foto rechts:** een voorbeeld van een roofdier (das) geregistreerd op een camera-locatie.

In 2021 stonden de cameravallen van eind maart tot eind juni in het veld en in 2022 van half februari tot begin juni. In 2023 stonden de cameravallen van begin januari tot en met begin juni en daarna ook vanaf begin oktober tot en met eind december. Jaarlijks leveren de cameravallen meer dan een miljoen foto's op. Om al deze foto's te kunnen verwerken, maken we gebruik van Agouti (ontwikkeld door de universiteit van Wageningen & het Instituut Natuur- en Bosonderzoek INBO), een softwarepakket dat kunstmatige intelligentie toepast om soorten op foto's te identificeren. Dit systeem wordt nog steeds verder ontwikkeld, maar helpt goed om de foto's van onze doelsoorten (de grond predatoren) eruit te filteren. Voor dit jaarverslag hebben we ons gericht op de relatieve aanwezigheid van de vier belangrijke nestpredatoren in ons studiegebied (op basis van cameravallen bij nesten, zie sectie 3.1.4): de vos, das, steenmarter en bunzing.

Jaarlijkse verschillen in het voorkomen van nachtactieve roofdieren gedurende de lente

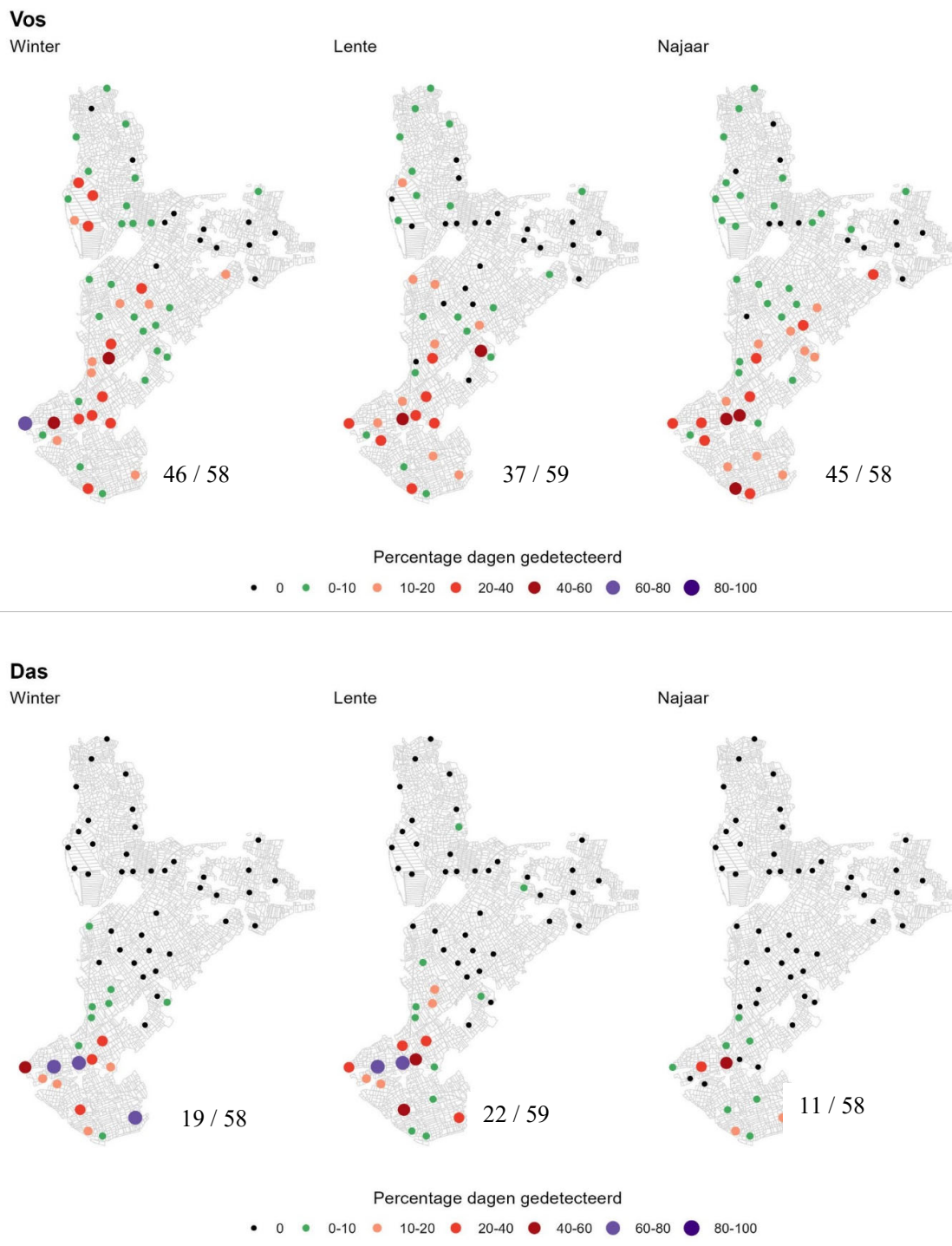
Figuur 3.2.3 laat zien dat wederom de vos en de das vooral in het zuidelijke deel van ons studiegebied werden aangetroffen gedurende de lente van 2023. Dezelfde trend zien we ook in 2021 en 2022. In 2021 werd de vos waargenomen op 31 locaties en in 2022 op 33 locaties. In 2023 nam de vos iets in verspreiding toe en werd op 37 locaties waargenomen. De das werd in 2021 op 30 locaties waargenomen

en in 2022 op 25 locaties. In 2023 nam de verspreiding van de das iets verder af en werd de das op 22 locaties gedetecteerd. In lijn met eerder onderzoek (Van der Velde et al, 2019, 2020) werden vossen en dassen bijna niet gedetecteerd in het oostelijk deel van het studiegebied (Skriezekrite Idzegea). Steenmarters en bunzings waren over het algemeen meer wijdverspreid aanwezig in het onderzoeksgebied in de lente van 2023 (fig. 3.2.4). De verspreiding van de bunzing is redelijk consistent over de jaren. Met waarnemingen op 34 locaties in 2021, 37 locaties in 2022 en 36 locaties in 2023. Steenmarters werden in de lente van 2021 op 35 van de 60 camerolocaties waargenomen en in 2022 nam de verspreiding toe naar 43 van de 59 locaties. In 2023 bleef de verspreiding van steenmarters consistent, met waarnemingen op 41 van de 59 locaties. De hoge aanhoudende verspreiding van de steenmarters is opvallend, gezien de inspanningen om deze soort weg te vangen in twee regio's binnen ons studiegebied (Workumerwaard en Idzegea) en gezien de nestpredatie door deze soort bijna niet meer werd gedetecteerd in 2023 (zie sectie 3.1.4). Dit wekt de suggestie dat er mogelijk een gedragsverandering heeft plaatsgevonden bij steenmarters, meer dan dat daadwerkelijk een aantalsverandering de verlaging in nestpredatie door de soort kan verklaren. Een andere mogelijke verklaring is de toegenomen aanwezigheid van woelmuizen als alternatieve prooi voor de steenmarters in 2023 (fig. 3.2.5). Verdere monitoring over de jaren zal helpen hier meer inzicht in te krijgen.

Seizoensverschillen in 2023 in het voorkomen van nachtactieve roofdieren

In 2023 hebben we naast de lente ook gemeten in andere seizoenen. Dit geeft de mogelijkheid om te onderzoeken hoe het voorkomen en de relatieve aanwezigheid van roofdieren op de vaste meetlocaties verschilt over het jaar heen. De vos komt opvallend consistent en veelvuldig voor in alle seizoenen, met gedurende het najaar en de winter het hoogste aantal locaties met registratie (fig. 3.2.3). De das en bunzing zijn op minder plekken waargenomen in het najaar en het percentage dagen gedetecteerd is minder op de cameraval locaties voor das, bunzing en ook voor de steenmarter (fig. 3.2.3 & 3.2.4). Mogelijk hangen deze seizoensveranderingen in de waarnemingen van nachtactieve roofdiersoorten samen met een verandering van de aanwezigheid van prooi soorten tussen de jaargetijden of een veranderd ritme om energie te sparen. Dit en de invloed van andere habitat karakteristieken op de verspreiding van de roofdieren gaan we nader onderzoeken.

Een belangrijke kanttekening bij de interpretatie van de hierboven beschreven resultaten van de cameravalwaarnemingen is dat de detectiekansen tussen soorten verschillen. Zo verschillen soorten bijvoorbeeld in territoriumgrootte en kan het zijn dat dassen en vossen daardoor meer worden waargenomen dan de bunzingen en steenmarters. Dit komt doordat de dassen en vossen grotere gebieden afstruinen (hetzelfde individu kan op meerdere cameravallen gedetecteerd worden). Aan de andere kant zou het mogelijk zijn dat bijvoorbeeld bunzings hun nestholten op de dammen hebben waar wij de cameravallen hebben geplaatst, waardoor ze meer geregistreerd worden. Hoewel binnen de soorten de patronen goed te interpreteren zijn, is het verstandig om bij het vergelijken tussen soorten deze informatie goed in het achterhoofd te houden. Door predatoren te volgen met zenders zouden we verschillen in detectiekans tussen soorten beter in kunnen schatten. We proberen de toepassing van zulke technieken in de toekomst ook te realiseren in het studiegebied.



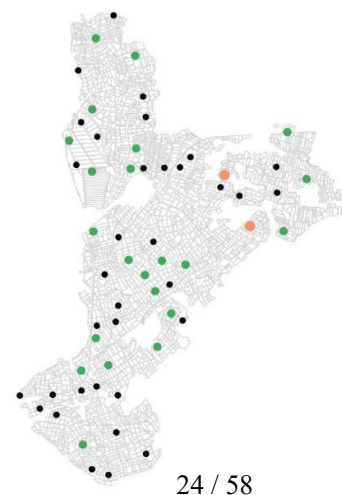
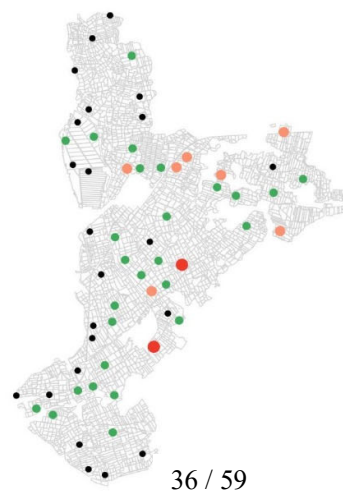
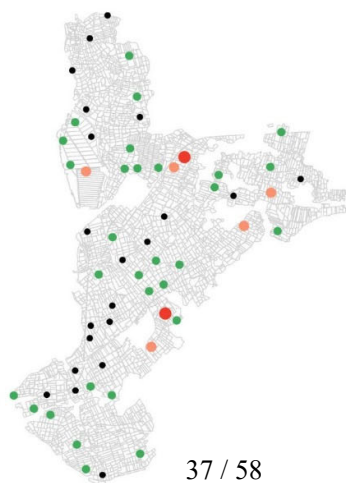
Figuur 3.2.3: verspreiding van vos (boven) en das (onder) in het studiegebied gedurende winter (03.01-19.03), lente (20.03-09.06) en najaar (09.10-22.12) in 2023. De symboolgrootte en de kleur geeft het percentage dagen aan dat de soort is gedetecteerd van de gehele periode dat de camera actief was. Rechtsonder staat het aantal locaties weergegeven waar de soort is gedetecteerd van het totaal aantal cameraval locaties.

Bunzing

Winter

Lente

Najaar



Percentage dagen gedetecteerd

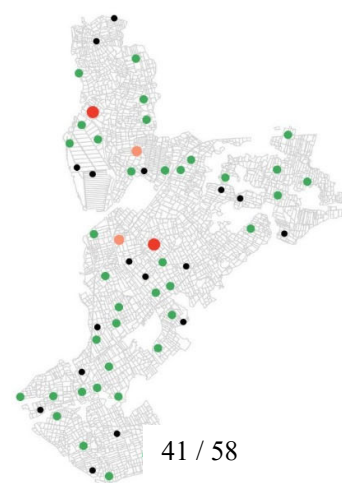
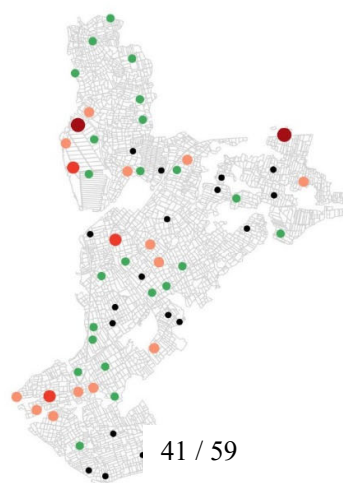
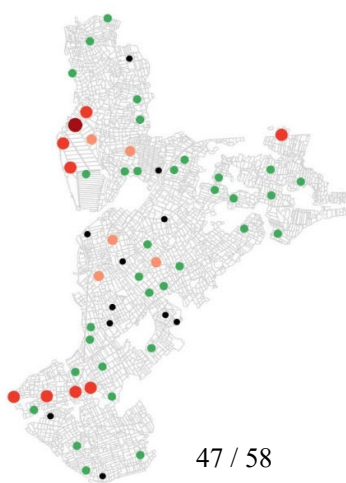
• 0 • 0-10 • 10-20 • 20-40 • 40-60 • 60-80 • 80-100

Steenmarter

Winter

Lente

Najaar



Percentage dagen gedetecteerd

• 0 • 0-10 • 10-20 • 20-40 • 40-60 • 60-80 • 80-100

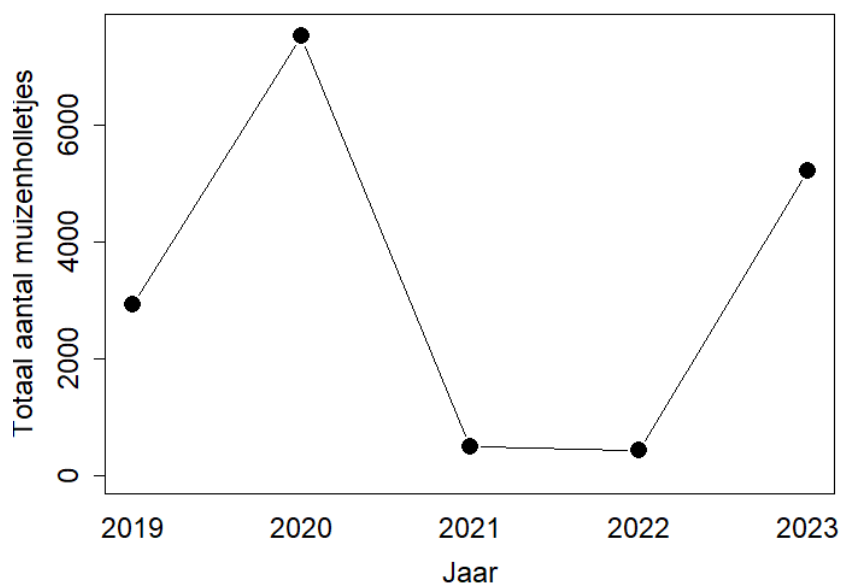
Figuur 3.2.4: verspreiding van bunzing (boven) en steenmarter (onder) in het studiegebied gedurende winter (03.01-19.03), lente (20.03-09.06) en najaar (09.10-22.12) in 2023. De symboolgrootte en de kleur geeft het percentage dagen aan dat de soort is gedetecteerd van de gehele periode dat de camera actief was. Rechtsonder staat het aantal locaties weergegeven waar de soort is gedetecteerd van het totaal aantal cameraval locaties.

3.2.3 Aantallen woelmuizen in Zuidwest Friesland 2019 - 2023

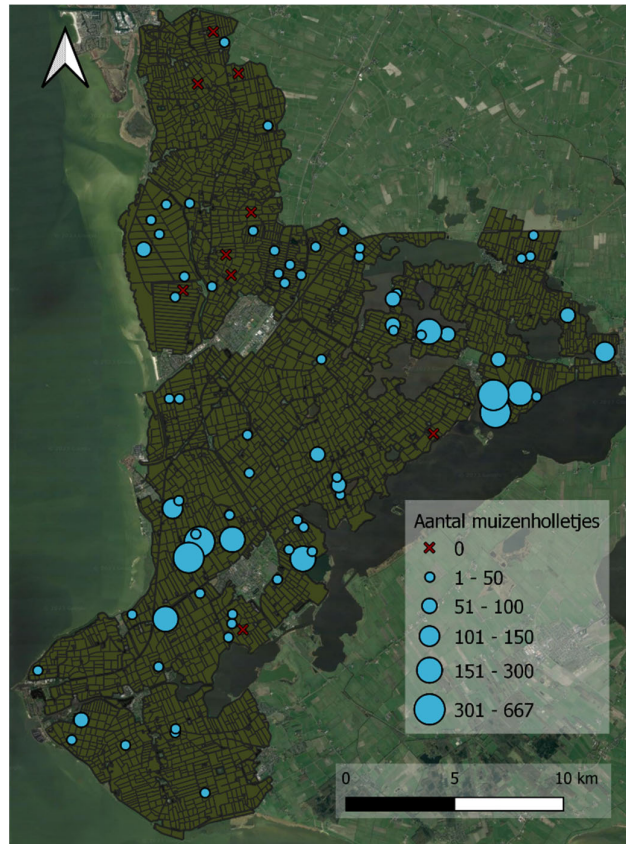
Dit is een bijdrage van master student Natsja Zijlstra

Om te begrijpen wat de relatie is tussen de aantallen predatoren en de kans dat weidevogellegfels geroofd worden door predatoren, is het ook belangrijk om te weten wat er beschikbaar is aan alternatieve prooien voor de predatoren. Als er veel ander voedsel is, is de kans dat predatoren op zoek gaan naar weidevogelnesten kleiner. Mede om deze reden doen we jaarlijks ook gestandaardiseerde muizentellingen op 81 vaste percelen door het hele studiegebied.

Sinds 2019 hebben we in de tweede helft van maart de aantallen muizenholletjes geteld op 81 percelen verspreid over het studiegebied. De meeste muizenholletjes die we in maart aantreffen worden niet meer bewoond omdat de woelmuizen populaties tijdens de winter hun dieptepunt bereiken. Deze methode levert daarom vooral inzicht in de muizenstand van het voorgaande jaar. De 81 percelen vertegenwoordigen de verschillende maten van intensiteit van landgebruik. Zie hoofdstuk 2.2 voor de telmethode. Over de afgelopen vijf jaren hebben we aanzienlijke verschillen gezien in de aantallen muizenholletjes, met de hoogste aantallen in 2020 en de laagste aantallen in 2022 (fig. 3.2.5). In 2023 nam het aantal muizenholletjes weer toe, wat overeenkomt met een cyclus van 3-4 jaar die woelmuizen normaal gesproken doorlopen. De muizenstand zat echter nog onder het niveau van 2020 en de vraag is hoe het doorzet naar 2024, ook vanwege het uitzonderlijk natte najaar van 2023. Verder was de hoge muizenstand in 2023 vooral nog een lokaal fenomeen, met de grootste aantallen holletjes geteld in de regio Idzega en rondom Koudum (Haanmeer en Samenvoeging; fig. 3.2.6).



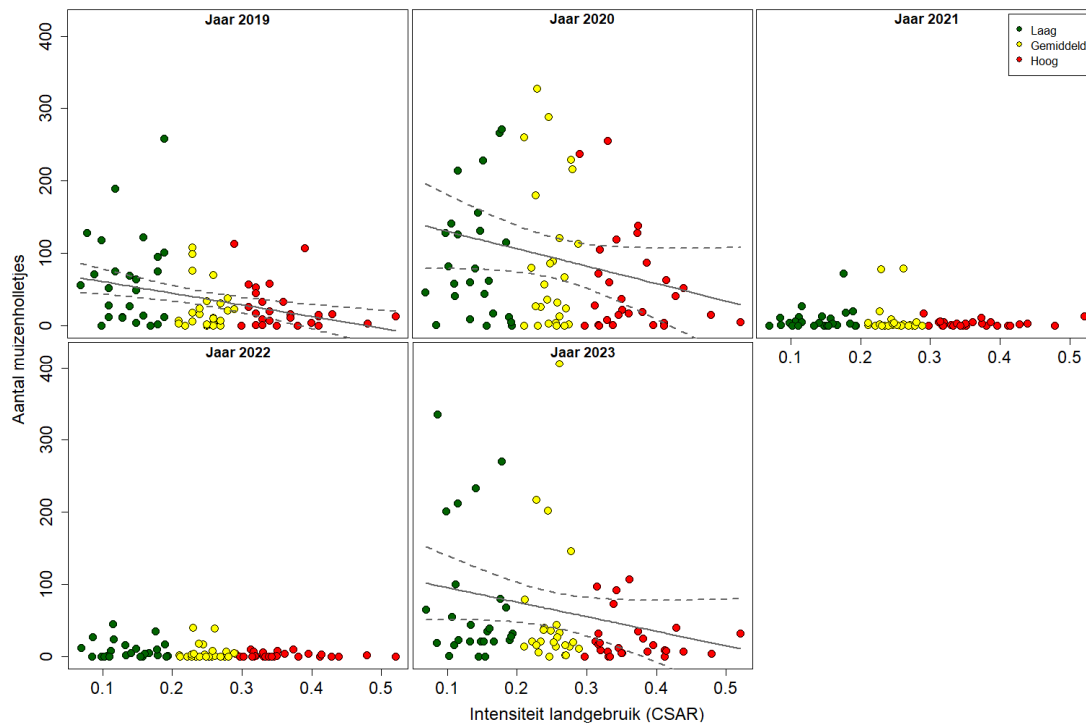
Figuur 3.2.5: Totaal aantal muizenholletjes geteld op 81 percelen verspreid over het studiegebied in Zuidwest Friesland van 2019 - 2023.



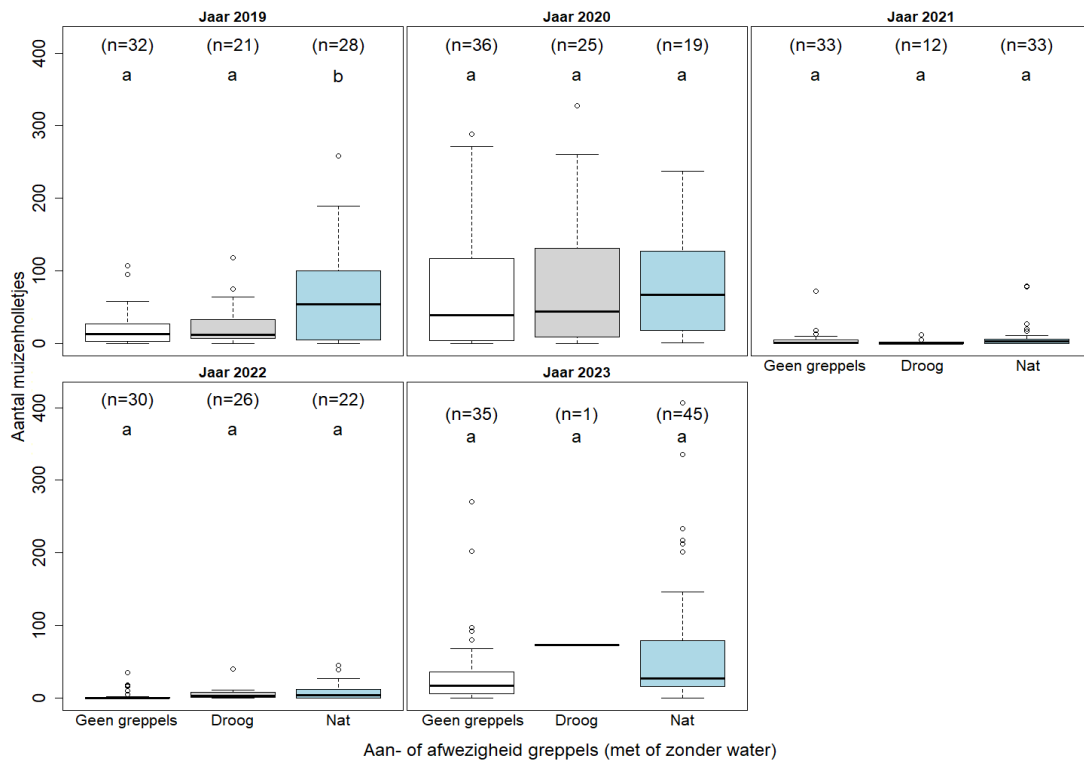
Figuur 3.2.6: Aantal getelde muizenholletjes eind maart 2023 op 81 percelen over het studiegebied

Intensiteit van landgebruik

In 2019 en 2020 was er een lichte trend voor meer muizenholletjes op extensief gebruikt land en minder holletjes op intensief (gangbaar) gebruikt land (fig. 3.2.7). In 2020, leverden twee percelen in het oostelijk deel van het studiegebied twee uitschieters in aantallen holletjes op waarvan het ene perceel extensief gebruikt werd (reservaat) en het andere juist intensief (respectievelijk 657 en 758 holletjes). In 2023 waren er wederom twee uitschieters (472 holletjes op een perceel met gemiddeld landgebruik en 667 op intensief gebruikt land). Deze, in totaal, vier uitschieters werden ieder op een ander perceel geteld en zijn niet zichtbaar in figuren 3.2.7, 3.2.8 & 3.2.9 om de leesbaarheid van de figuren te behouden). In 2021 en 2022 waren de aantallen muizenholletjes erg laag, ongeacht het landgebruik. Aanvankelijk werd gedacht dat de aantallen muizenholletjes in land met een lage gebruiksintensiteit misschien zouden opstapelen over de jaren vanwege de lage mechanische verstoring. De tellingen van 2021 en 2022 laten echter zien dat de holletjes jaarlijks verdwijnen. Onze simpele telmethode is daarmee geschikt gebleken om inzicht te krijgen in de jaarlijkse verschillen in de muizenstand. In 2023 was er gelijk aan 2019 en 2020 een lichte trend voor meer muizenholletjes op extensief gebruikt land.



Figuur 3.2.7: Verdeling van aantallen muizenholletjes over de intensiteit van landgebruik.



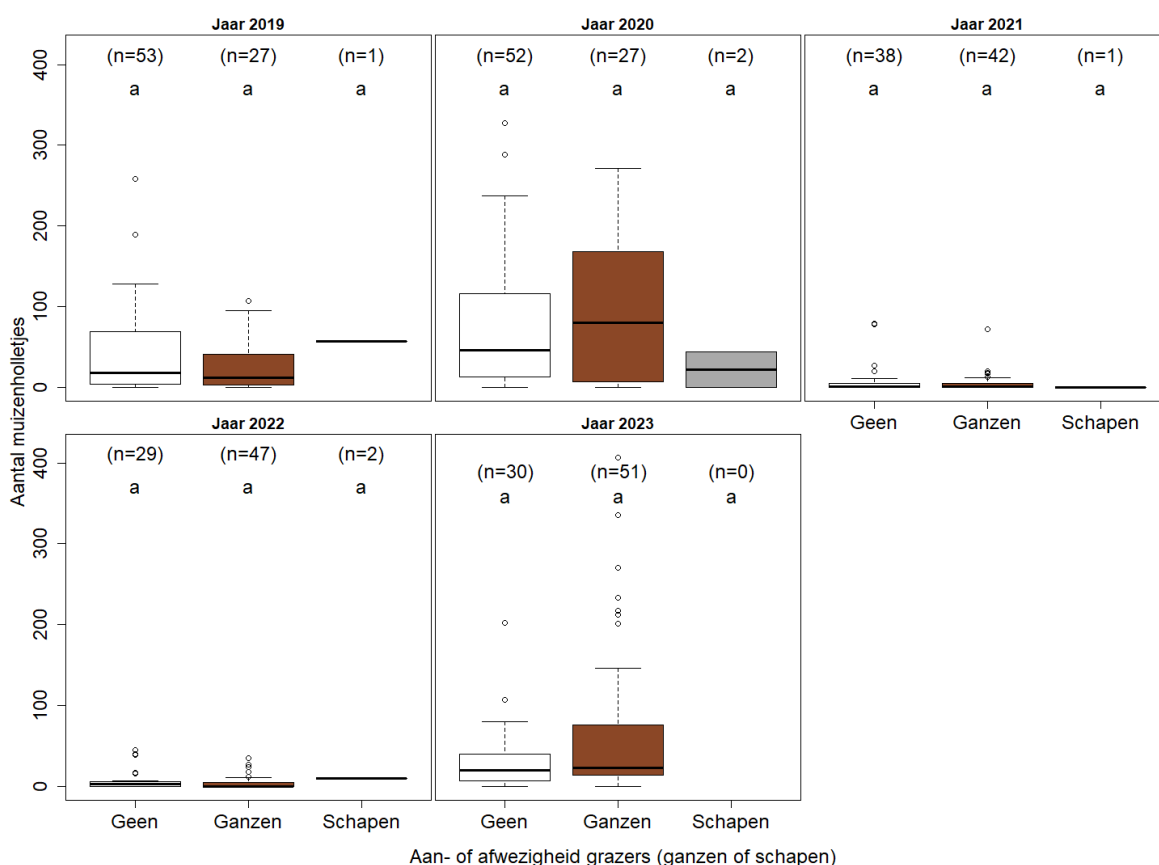
Figuur 3.2.8: Verdeling van aantallen muizenholletjes in relatie tot de aan- of afwezigheid van greppels met of zonder water. Boxplots met verschillende letters verschillen significant van elkaar (Tukey HSD test).

Waterpeilen en greppels

Hoge grondwaterstanden worden verondersteld een negatieve invloed uit te oefenen op de aantallen woelmuizen. We hebben daarom gekeken naar de verschillen in waterpeilen (40 cm beneden maaiveld) en de aan- of afwezigheid van greppels (met of zonder water) op de 81 percelen waarop we muizenholletjes geteld hebben. In tegenstelling tot bovenstaande veronderstelling telden we in 2019 méér muizenholletjes op percelen met water in de greppels. In 2020, 2021, 2022 en 2023 kon geen verband aangetoond worden tussen het aantal muizenholletjes en de aan- of afwezigheid van greppels. Ook de aan- of afwezigheid van water in de greppels maakte geen verschil (fig. 3.2.8).

Grazers

In maart zijn ganzen veruit de meest voorkomende grazers in ons studiegebied. Onder de getelde percelen waren er in 2021, 2022 en 2023 meer percelen met ganzen dan zonder. Ganzen zijn vaak in grote groepen aanwezig en begrazen de weilanden tot op de bodem waardoor vegetatiestructuren en daarmee de dekking voor woelmuizen verdwijnt. Het is daarom opmerkelijk dat er geen verband tussen het aantal muizenholletjes en begrazing door ganzen gevonden werd (fig. 3.2.9). Dit wordt mogelijk verklaard doordat de muizenholletjes die we in maart tellen vaak gevormd zijn voordat de massale ganzenbegrazing plaatsvindt.



Figuur 3.2.9: Verdeling van aantallen muizenholletjes in relatie tot de aan- of afwezigheid van grazers. Er werden geen significante verschillen gevonden.

3.3 Insectenonderzoek in Zuidwest Friesland en Duitsland

Onderzoekers: *Michella Ligtelijn, Georgette Lagendijk, Ruth Howison, Yvonne Verkuil en Matty Berg*

3.3.1 Insecten en gebruiksintensiteit in Zuidwest Friesland

De toename van de intensieve landbouw wordt vaak genoemd als één van de belangrijkste factoren die bijdragen aan de voortdurende afname van insecten-biomassa, -aantallen en -diversiteit. Deze afname is echter nog niet goed gemonitord op landbouwpercelen met verschillende gebruiksintensiteit. Naast ruimtelijke monitoring is het ook van belang om de ontwikkelingen gedurende langere periodes binnen een jaar en over meerdere jaren te volgen. Ontwikkelingen binnen een jaar geven inzicht in wanneer de pieken in de insectenstand aanwezig zijn. Metingen over meerdere jaren geven een duidelijk beeld in de natuurlijke dynamiek van insectenpopulaties en eventuele onnatuurlijke achteruitgang. De pieken in het aantal insecten zijn namelijk onder meer van belang voor de gruttokuikens die, naast andere ongewervelden, afhankelijk zijn van insecten als voedselbron. Inzicht in de stand van de insectenpopulaties gedurende het voorjaar bij verschillende gebruiksintensiteit kan gelinkt worden aan het moment dat de gruttokuikens uit het ei komen. Op deze manier kan er bepaald worden of er voldoende voedsel beschikbaar is vanaf het moment dat het kuiken uit het ei kruipt tot het moment dat het groot genoeg is om op grotere afstanden voedsel te zoeken.

Opzet monitoring van insecten en omgevingsfactoren

Ook in 2023 zijn insecten wekelijks gemonitord in Zuidwest Friesland. Dit is gedaan op 12 verschillende percelen (3 gangbare (intensieve) graslanden, 3 gemiddeld intensief beheerde percelen (tussen intensief en kruidenrijk in), 3 kruidenrijke extensieve graslanden en 3 percelen die heringericht zijn met het oog op natuurherstel (deze worden beheerd door It Fryske Gea)). Hierna zal er naar deze vier trio's graslanden verwezen worden als respectievelijk hoge, gemiddelde en lage intensiteit en als restauratiegebied. Daarnaast zijn er nog twee experimentele graslanden bemonsterd. Het eerste perceel was een maïsveld dat in 2021 is omgezet naar een kruidenrijk graslandperceel met greppels. Het tweede perceel was grasland met verhoogd waterniveau. Alle bovengenoemde percelen zijn 20 weken lang gemonitord (begin april tot en met eind augustus). Op de 12 eerstgenoemde percelen is een uitgebreide opstelling geplaatst met een malaiseval, potvallen (5 stuks), plakvallen (2 stuks) en uitsluitvallen (2 stuks). Op de experimentele percelen zijn alleen twee plakvallen geplaatst. De uitsluitvallen zijn wegens te droge omstandigheden slechts 6 weken gebruikt.

Naast het in kaart brengen van de insectenpopulaties zijn ook omgevingsfactoren gemeten: vegetatiehoogte, bodemvochtgehalte, bodemweerstand, en lucht- en grondtemperatuur. De eerste drie factoren zijn gemeten op dezelfde momenten dat de insectenvallen zijn vervangen of geleegd (elke 7 dagen) en uitgevoerd op een transect van 20 meter lengte. De temperatuur is elke 60 minuten gemeten met temperatuursensoren (i-butttons), die bevestigd zijn aan de onder- en bovenkant van de malaiseval. Verder is twee keer in het seizoen een inventarisatie gemaakt van de hoeveelheid plantensoorten in de graslanden.

Biomassa van vliegende insecten in 2021, 2022 en 2023

Na het veldseizoen was het verwerken van de monsters van de malaisevallen één van de hoofddoelen van afgelopen jaar. De monsters van 2021-2023 zijn, op dertig na, allemaal gewogen in samenwerking met bachelor-studenten Jade Sinkgraven en Rosa Korte. Hieruit hebben we een biomassa verkregen van de vliegende insecten. Twee van de percelen die in 2021 zijn gemeten, zijn in 2022 vervangen door twee

andere percelen. Hetzelfde gebeurde voor één perceel tussen 2022 en 2023. Percelen die vervangen moesten worden zijn vervangen door een perceel met eenzelfde intensiteit. In 2021 zijn de percelen bemonsterd vanaf 22 april tot en met 9 juli, in 2022 was dit van 4 april tot en met 29 augustus en in 2023 was dit van 3 april tot en met 28 augustus.

In alle jaren is een toename in biomassa te zien over de tijd (fig. 3.3.1). Dit is te verklaren door een natuurlijke toename door het seizoen heen. Verder is er altijd een schommeling in de biomassa te zien. Hier zijn verschillende mogelijke verklaringen voor die nog nader onderzocht moeten worden:

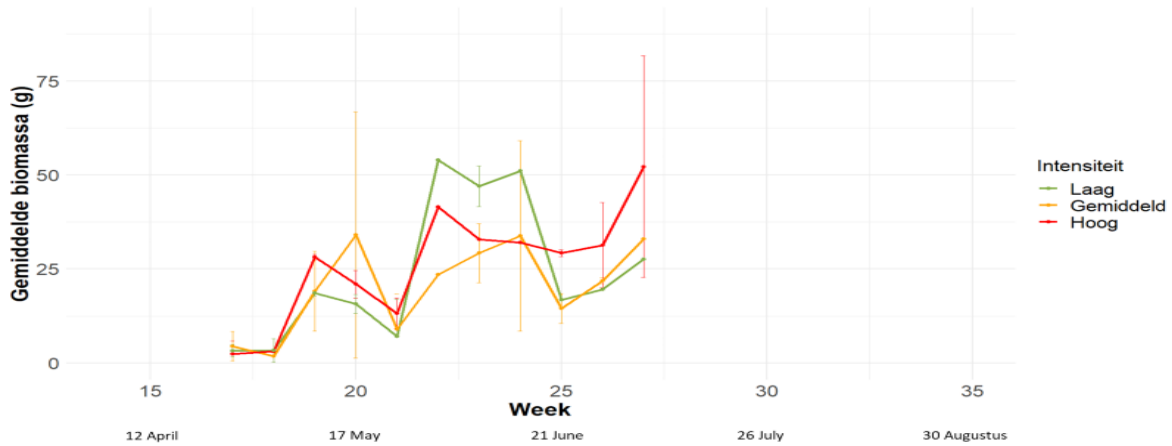
- Tijdens het maaien verdwijnt er samen met de vegetatie ook een stuk leefgebied van insecten. Daarnaast worden insecten in de vegetatie mogelijk meegenomen in de machine of gedood.
- Bemesting kan zowel voor- als nadelig zijn voor de biomassa. Als er mest op het land ligt is er kans dat daar andere insectensoorten, die normaal niet op het perceel voorkomen, door de mest worden aangetrokken. Dit leidt tot een hogere biomassa. Daarentegen kan de injectie van mest in het land larven van vliegende insecten schaden.
- Beweiding kan ook na- en voordelig zijn. Bij intensieve beweiding verdwijnt een deel van het leefgebied van insecten. Aan de andere kant kunnen koeienvlaaien op het land zorgen voor de aantrekking van bepaalde soorten insecten die op mest af komen. Een ander voordeel is dat het grazen van koeien zorgt voor meer structuur in de vegetatie.
- Weersomstandigheden zijn belangrijk voor de activiteit van de insecten, die bepalend is voor de kans of ze wel of niet in de malaiseval terechtkomen. Bij droog zonnig weer is te zien dat insecten actiever zijn en is de kans groter dat ze in de val eindigen. Bij nat en koud weer is er minder insectenactiviteit te zien en houden sommige soorten zich schuil in de vegetatie. De windrichting en kracht zijn van invloed op hoeveel insecten er gevangen worden. Vliegende insecten kunnen vanaf twee kanten de malaiseval in en kunnen er dus ook langs waaien als ze met de wind mee komen. Dit risico is echter zo klein mogelijk gehouden door rekening te houden met de positionering van de val op de meest voorkomende windrichting.

De bovenstaande punten zijn mogelijke verklaringen voor alle pieken en dalen die we zien voor alle percelen in alle drie de jaren. Toch zijn niet alle jaren hetzelfde (fig. 3.3.1 en 3.3.2).

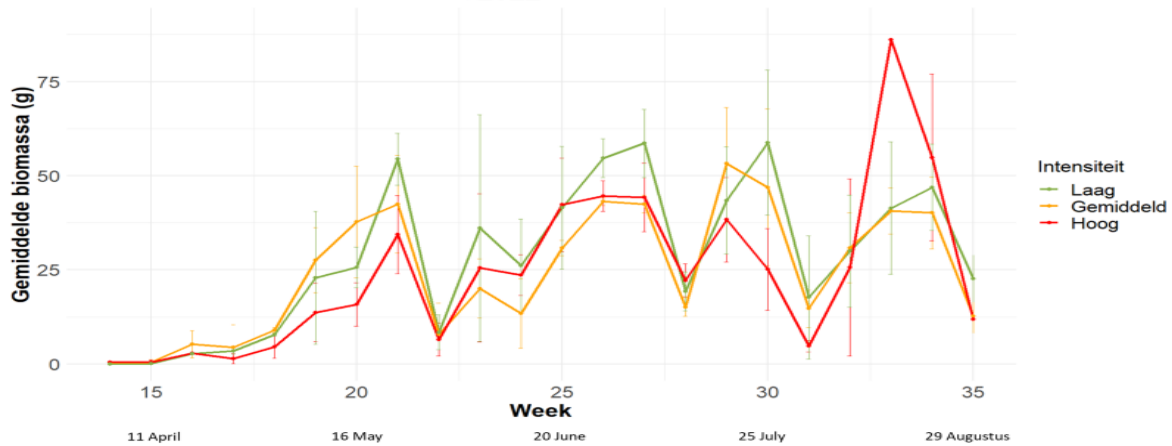
In 2021 is een totaal van zes percelen bemonsterd; twee met een lage, twee gemiddelde en twee met een hoge gebruiksintensiteit. De biomassa van de vliegende insecten van de percelen met dezelfde intensiteit zijn samengenomen en gemiddeld in fig. 3.3.1. Bij een gemiddelde en hoge intensiteit is de gemiddelde biomassa al relatief hoog vroeg in het seizoen. Daarna komt er een dal gevolgd door een tweede piek. De eerste vroege piek is mogelijk te verklaren doordat de bodems van die percelen droger zijn en daardoor sneller opwarmen. Deze bodems warmen ook sneller op doordat de vegetatie minder dicht is en meer zonlicht de grond kan bereiken. Deze hogere temperaturen leiden tot een eerdere activiteit van insecten. De latere pieken zijn wellicht te linken aan insecten die komen aanvliegen en/of aanwaaien vanuit water rondom die percelen, of vanaf omliggende percelen. Sommige soorten ontpoppen synchroon van larve tot volwassen vliegend individu en kunnen een dergelijke piek veroorzaken. Een andere verklaring is mestgift en/of beweiding. Dit is vaak van korte duur waardoor er een piek van insecten die op mest af komen kan ontstaan in de biomassa. Beide verklaringen moeten nog verder uitgezocht worden door de omgeving van de bemonsterde percelen goed te bestuderen. Verder moeten mestgift- en beweidsmomenten toegevoegd worden aan de huidige data om patronen te verklaren.

Vliegende insecten biomassa

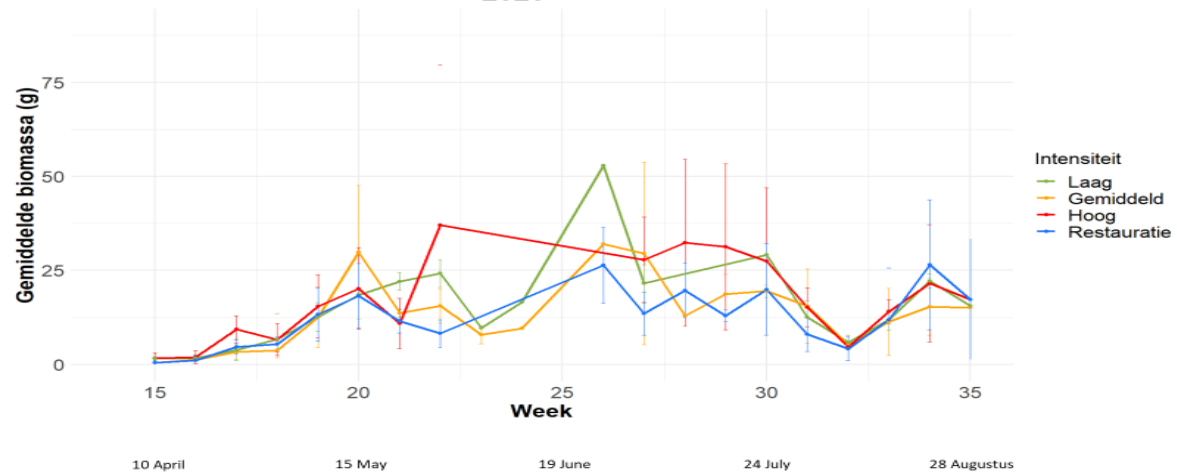
2021



2022



2023



Figuur 3.3.1: Lijndiagram van de gemiddelde biomassa (g) van insecten gemeten met malaisevallen per categorie gebruiksintensiteit. Per meetpunt is ook de standaardfout gegeven. Dit geeft aan hoeveel variatie er rondom de gemiddelde biomassa is. Per intensiteit zijn twee percelen bemonsterd in 2021. In 2022 en 2023 zijn drie percelen per intensiteit bemonsterd.

Vliegende insecten biomassa

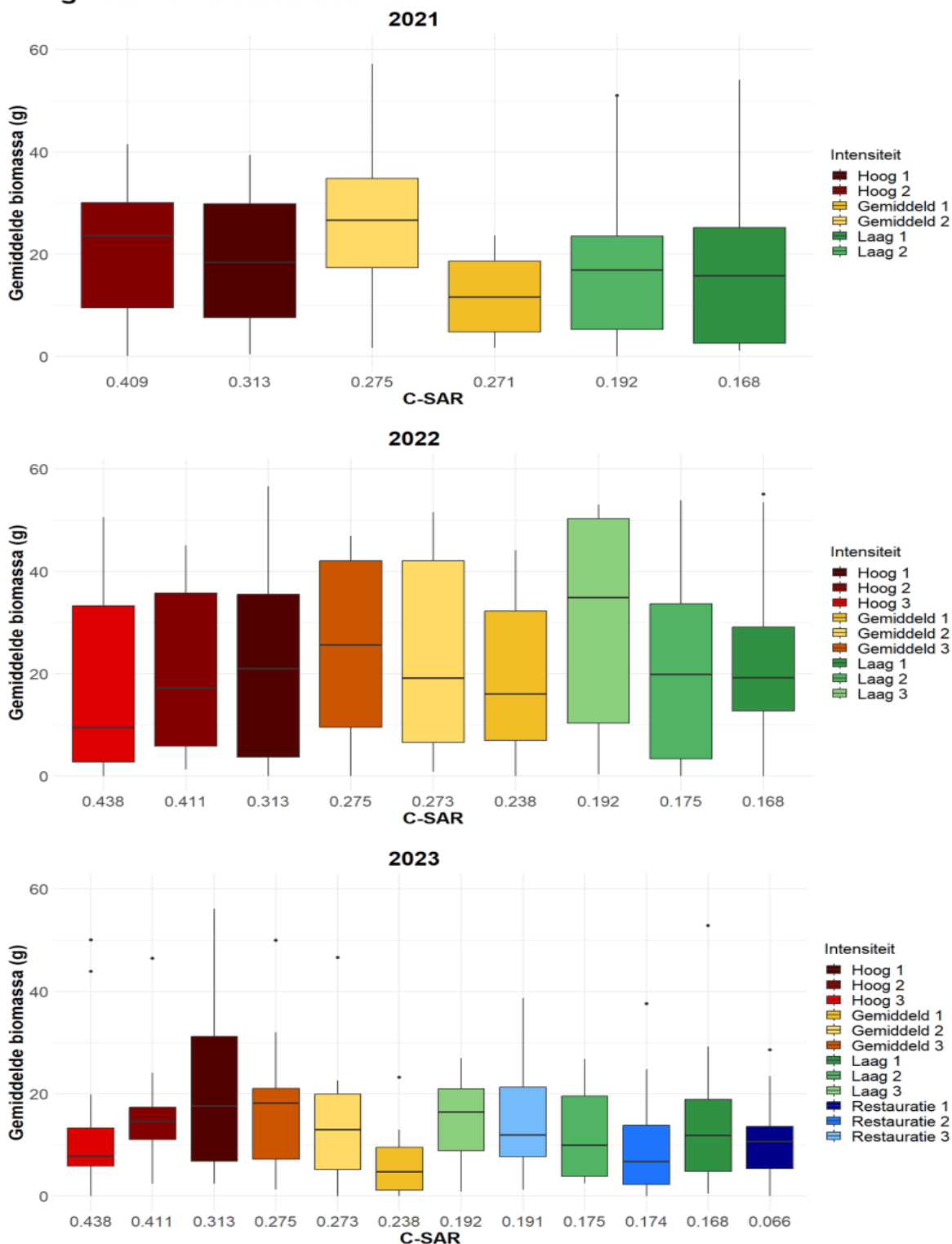


Fig. 3.3.2: Boxplots van de percelen verschillend in gebruiksintensiteit. Per gebruiksintensiteit zijn alle meetpunten van het hele seizoen weergegeven in een boxplot. Dit zijn er maximaal 11, 22 en 21 voor respectievelijk 2021, 2022 en 2023. Soms zijn het minder punten als er niet gemeten kon worden.

Bij de percelen met een lage gebruiksintensiteit, die natter zijn, komt de biomassapijk van vliegende insecten later. Dit kan verklaard worden doordat de grond daar langer koud blijft en de insecten dus pas later actief worden. Voor alle percelen is een toename in biomassa te zien tegen het einde van de monitoringsperiode. Het lijkt er dus op dat er mogelijk nog een piek aan kwam, maar dat die niet meer viel in de tijd dat er gemeten is. In fig. 3.3.1 zijn er in 2022 en 2023 bij een langere monitoringsperiode meerdere pieken te zien.

In 2022 zijn drie percelen bemonsterd voor elke gebruiksintensiteit; laag, gemiddeld en hoog. Opvallend is dat de pieken bij alle intensiteiten vrijwel gelijklopen. Aan de hand van de weergegevens in 2022 zou verklaard kunnen worden waarom dit het geval is. Verder moet de kanttekening gemaakt worden dat ook hier de biomassa van percelen met dezelfde intensiteit is gemiddeld en dat individuele percelen wel van elkaar verschillen. De ogenschijnlijk hogere biomassa die in 2021 (fig. 3.3.1) te zien was bij de lagere intensiteiten is in 2022 minder duidelijk. Hier is te zien dat het allemaal vrij dicht bij elkaar ligt. Je zult dit soort bemonsteringen meerdere jaren moeten volhouden om de patronen beter te kunnen duiden.

In het afgelopen jaar zijn er naast de percelen van 2022 ook nog drie restauratiepercelen bijgekomen. De biomassa op deze percelen ligt vrij laag (fig. 3.3.1 en 2), wat ook al in het veld waargenomen was. Twee van de percelen liggen in de buurt van intensieve landbouw, wat mogelijk een effect kan hebben. Het andere perceel ligt tussen twee wegen in. Ook dit kan een effect hebben op hoeveel insecten op dat perceel terecht komen. De grootte van de percelen en beheer in omringd gebied lijken van belang te zijn. Dit zagen we ook al eerder bij het analyseren van de plakval gegevens (zie Grutto Landschap Project jaarverslag 2022). De percelen met een gemiddelde intensiteit liggen wat betreft biomassa over het algemeen net boven de restauratie percelen. De lage intensiteit percelen hebben overwegend de hoogste biomassapijken met uitzondering van de laatste piek half augustus waarbij hoge intensiteit de hoogste biomassa laat zien.

Voor nu kan gezegd worden dat de verschillen tussen gebruiksintensiteiten in termen van biomassa van vliegende insecten niet heel groot zijn. Echter, dit betekent niet dat er geen verschillen zijn. Vliegende insecten zijn niet beperkt tot de grenzen van een perceel en wat er in de malaiseval terecht komt, wordt dus beïnvloed door de omgeving. Dit kan zowel een hogere of een lagere biomassa opleveren. Het is belangrijk om de omgeving goed te bekijken en de karakteristieken van de omgeving mee te nemen bij het analyseren van de gegevens. Ook de eerdergenoemde factoren als maaien, bemesting, beweiding en weersomstandigheden kunnen niet uit de analyse gelaten worden. Om meer inzicht te krijgen in de stand van de insectenpopulaties per intensiteit, zonder dat er invloed van omliggende percelen is, is het van belang om onderzoek met de uitsluipvallen voort te zetten. Deze vallen vangen alleen insecten die daadwerkelijk van het perceel zelf komen. Helaas is het de afgelopen jaren niet goed gelukt om langdurig deze vallen te gebruiken in verband met harde droge grond. Op dit moment zijn er stevigere vallen beschikbaar en is het plan om deze komend voorjaar in te zetten.

Dit zou een goede aanvulling zijn in het antwoord op de vraag wat het effect is van graslandgebruik op de biomassa van vliegende insecten. Verder is biomassa niet direct een indicatie van het aantal insecten. Een monster van hetzelfde gewicht kan bestaan uit enkele grote, zware insecten, maar ook uit vele kleine lichte insecten. Dit is niet te achterhalen met malaisevallen in verband met de hoeveelheid werk en de kwetsbaarheid van kleinere insecten die uit elkaar vallen als je ze zou willen tellen. Momenteel loopt er een test om met behulp van DNA-analyse ook een soortenlijst te verkrijgen uit deze samples.

We zijn van plan om dit veldwerk voort te zetten in 2024 zodat de meetreeks niet wordt onderbroken. Verder zullen ook de plakvallen en potvallen geanalyseerd worden. De verzamelde plakvallen worden met behulp van een fotosysteem en AI geteld in samenwerking met Van Hall Larenstein, Leeuwarden. Momenteel werkt student-assistent Luuk Bruinier aan dit project. De potvallen zullen worden uitgezocht op kevers en spinnen. Voor de loopkevers zal een soortenlijst opgesteld worden.

3.3.2 Vergelijkend onderzoek in Duitsland en analyse van kuikendieet

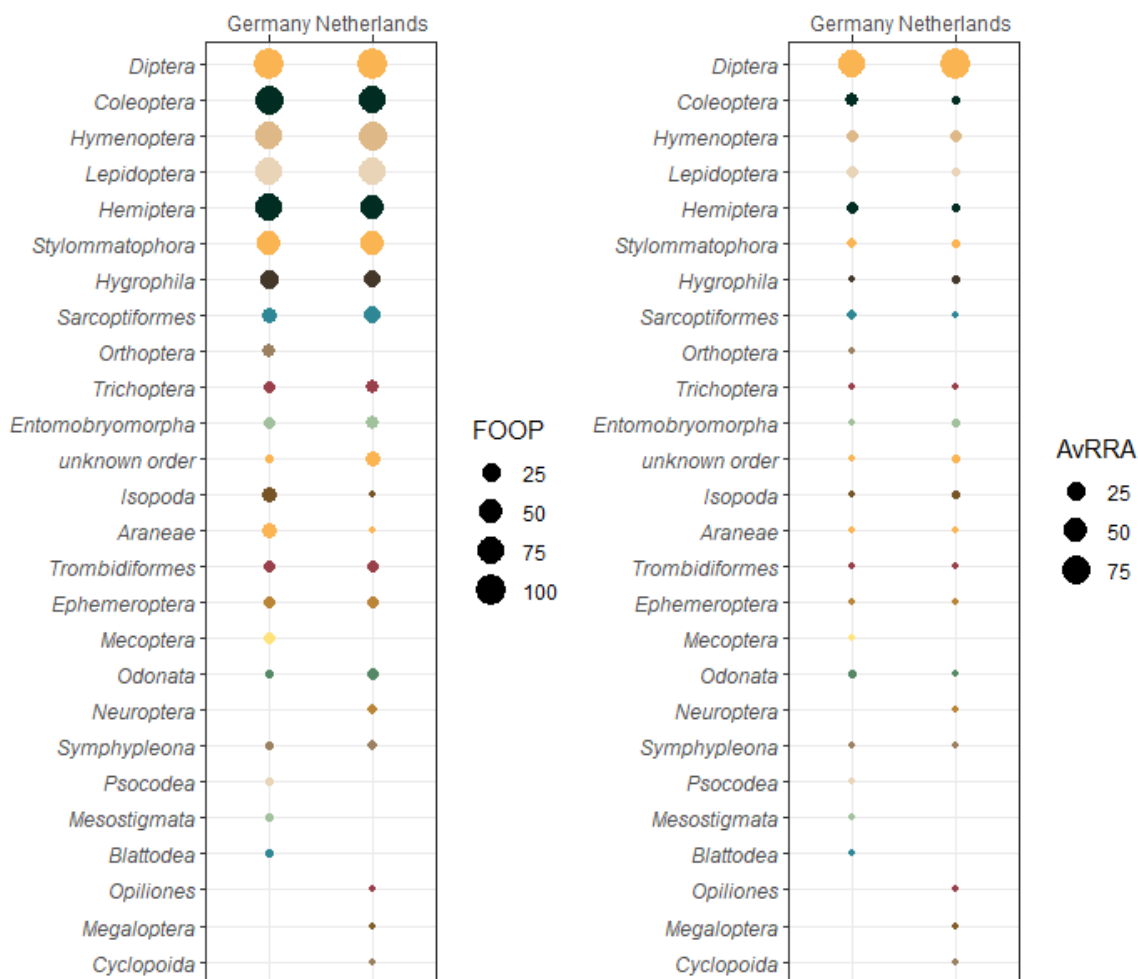
Het insectenonderzoek vindt ook plaats in natuurgebieden in Nedersaksen in Duitsland; in de Unter Elbe en de Dümmer See. In de Unter Elbe worden vijf percelen gemonitord bestaande uit extensieve graslanden en brakke kwelders grenzend aan de Elbe rivier. In de Dümmer See bestaan de percelen uit natte graslanden. Deze gebieden hebben al enkele decennia vernattingsmaatregelen ondergaan. In 2023 zijn in de Dümmer See drie agrarische percelen toegevoegd. Het onderzoek in Duitsland heeft als doel vast te stellen welk effect vernattingsmaatregelen hebben op de aantallen insecten en de voedselbeschikbaarheid voor kuikens van weidevogels.

In Duitsland vindt de insectenmonitoring plaats tijdens het weidevogelkuikenseizoen, vanaf het moment dat de eerste eieren uit gaan komen en insecten als voedselbron van levensbelang zijn voor de overleving van kuikens. Deze periode loopt van half april tot half juni. Op de percelen in de natuurgebieden zijn wekelijks insecten gemonitord met gebruik van één malaiseval, vijf potvallen, één plakval en twee uitsluitvallen. Op de agrarische percelen staat dezelfde opzet, alleen delen de drie percelen één malaiseval, aangezien deze percelen dicht bij elkaar liggen. Deze percelen worden ook iedere week gemonitord. Daarnaast worden er net als in de Nederlandse opzet ook iedere week omgevingsfactoren gemeten, namelijk vegetatiehoogte, bodemvochtgehalte en -weerstand, en lucht- en grondtemperatuur.

Door het monitoren van de insecten wordt inzicht verkregen in welke insectengroepen aanwezig zijn en in welke aantallen. Dit betekent echter niet dat de groepen die het meest aanwezig zijn in de omgeving ook het grootste deel uitmaken van het dieet van kuikens en dus het belangrijkste zijn voor kuikens om te kunnen groeien en overleven. Om meer inzicht te krijgen in welke groepen belangrijk zijn voor kuikens, zijn er ook dit jaar in beide onderzoeksgebieden fecale uitwerpselen (vanaf hier: poepjes) verzameld van kuikens. In Duitsland worden naast gruttopoepjes ook poepjes verzameld van kieviten. Daarnaast zijn we een samenwerking aangegaan met LBV – Landesbund für Vogel- und Naturschutz Bayern (Staatsvereniging voor Vogel- en Natuurbescherming in Beieren). Zij hebben dit jaar voor ons poepjes verzameld van wulpenkuikens in Beieren. Door de toevoeging van de poepjes van wulpenkuikens wordt nog meer inzicht verkregen in de insectengroepen en andere ongewervelden, zoals spinnen, die belangrijk zijn voor meerdere soorten weidevogels. We gebruiken het fecale DNA, en gebruiken een techniek die DNA-metabarcoding heet. Hiermee kunnen gelijktijdig veel soorten in een monster worden gedetermineerd met behulp van generieke genen (genen die alle soorten meedragen in hun DNA of RNA), die barcodes worden genoemd. Determinatie door middel van DNA-metabarcoding kan steeds nauwkeuriger met omvangrijke referentiecollecties van DNA-barcodes. Daarmee is er een behoorlijke kans dat prooi-DNA in poep een goede match geeft met een soort of soortgroep in openbare barcode databanken (zie ook Verkuil et al. 2023). Het labwerk van de DNA-analyse van de poepjes die zijn verzameld in 2023 is in volle gang.

De dieet-data van de gruttkuikenpoepjes die in 2022 zijn verzameld zijn inmiddels al bekend. Er zijn van dat jaar 31 poepjes uit Friesland geanalyseerd en 27 poepjes uit Duitsland (verzameld in de Unter Elbe en Dümmer See). Figuur 3.3.3 laat een overzicht zien van de ordes (soortgroepen) die zijn aangetroffen in de poepjes van gruttkuikens in beide landen. Om te weten welke ordes van ongewervelden er in een dieet

voorkomen, kan er gekeken worden in hoeveel poepjes die in een gebied zijn verzameld deze orde voorkomt. Dit is de frequentie van voorkomen (FOOP in fig. 3.3.3). Het is ook belangrijk de gemiddelde bijdrage van een prooigroep aan de totale hoeveelheid aangetroffen DNA (uitgedrukt in “reads”) in een gebied te bepalen. Daarvoor berekenen we het percentage van DNA-reads per prooigroep per poepje en nemen het gemiddeld over alle monsters per gebied, resulterend in een gemiddelde relatieve read abundantie (avRRA in fig. 3.3.3).



Figuur 3.3.3: Ordes van ongewervelden die zijn aangetroffen in poepjes van gruttokuikens in Duitsland en Nederland. De frequentie van hoe vaak een orde is aangetroffen in alle poepjes van betreffend land (in %; FOOP) wordt hier vergeleken met de relatieve bijdrage van iedere orde aan het DNA in een poepje gemiddeld over alle samples (in %; avRRA). Het is duidelijk te zien dat hoe vaak een orde voorkomt in een dieet niet gelijk staat aan de hoeveelheid materiaal die van deze orde wordt aangetroffen.

In zowel Nederland als Duitsland zijn Diptera (vliegen en muggen) in ieder poepje aangetroffen (100% FOOP). De drie ordes die het vaakst in de poepjes uit Nederland zijn aangetroffen zijn: Diptera, Hymenoptera (vliesvleugelen), en gedeelde derde plaats voor Lepidoptera (vlinders) en Coleoptera (kevers). In Duitsland zijn dit Diptera, Coleoptera en Hymenoptera. De ordes die vaak worden gegeten (hoge FOOP) én in grote hoeveelheden (hoge avRRA) zijn het meest belangrijk voor de kuikens. Voor zowel de Nederlandse alsook de Duitse gruttokuikens zijn dit Diptera. Terwijl de andere hierboven genoemde ordes wel vaak worden gegeten (hoge FOOP), lijkt dit in relatief kleinere hoeveelheden te zijn (lagere avRRA) vergeleken met Diptera.

Daarnaast zijn de ordes Orthoptera (sprinkhanen en krekels), Mecoptera (schorpioenvliegen), Psocodea (stofluizen), Mesostigmata (roofmijten) en Blattodea (kakkerlakken) niet aangetroffen in de Nederlandse gruttokuikenpoepjes, maar wel in de Duitse poepjes. Van sprinkhanen en roofmijten is wel bekend dat ze in het studiegebied in Friesland tijdens de veldwerkperioden zijn gezien. Psocodea zijn minder opvallend, dus wellicht dat ze er wel zijn, maar niet worden gegeten, óf deze ordes komen niet in het studiegebied voor, maar dat lijkt ons onwaarschijnlijk. In de Duitse gruttokuikenpoepjes zijn geen Neuroptera (netvleugeligen/gaasvliegen), Opiliones (hooiwagens), Megaloptera (grootvleugeligen/elzenvliegen), en Cyclopoida (éénogkreeftjes) aangetroffen, terwijl die wel in de Nederlandse poepjes zijn aangetroffen.

Inmiddels is er een artikel geschreven over ordes, families en soorten die zijn aangetroffen in de poepjes van grutto's en kieviten die in 2022 zijn verzameld, en we verwachten dat dit artikel dit jaar nog wordt gepubliceerd.

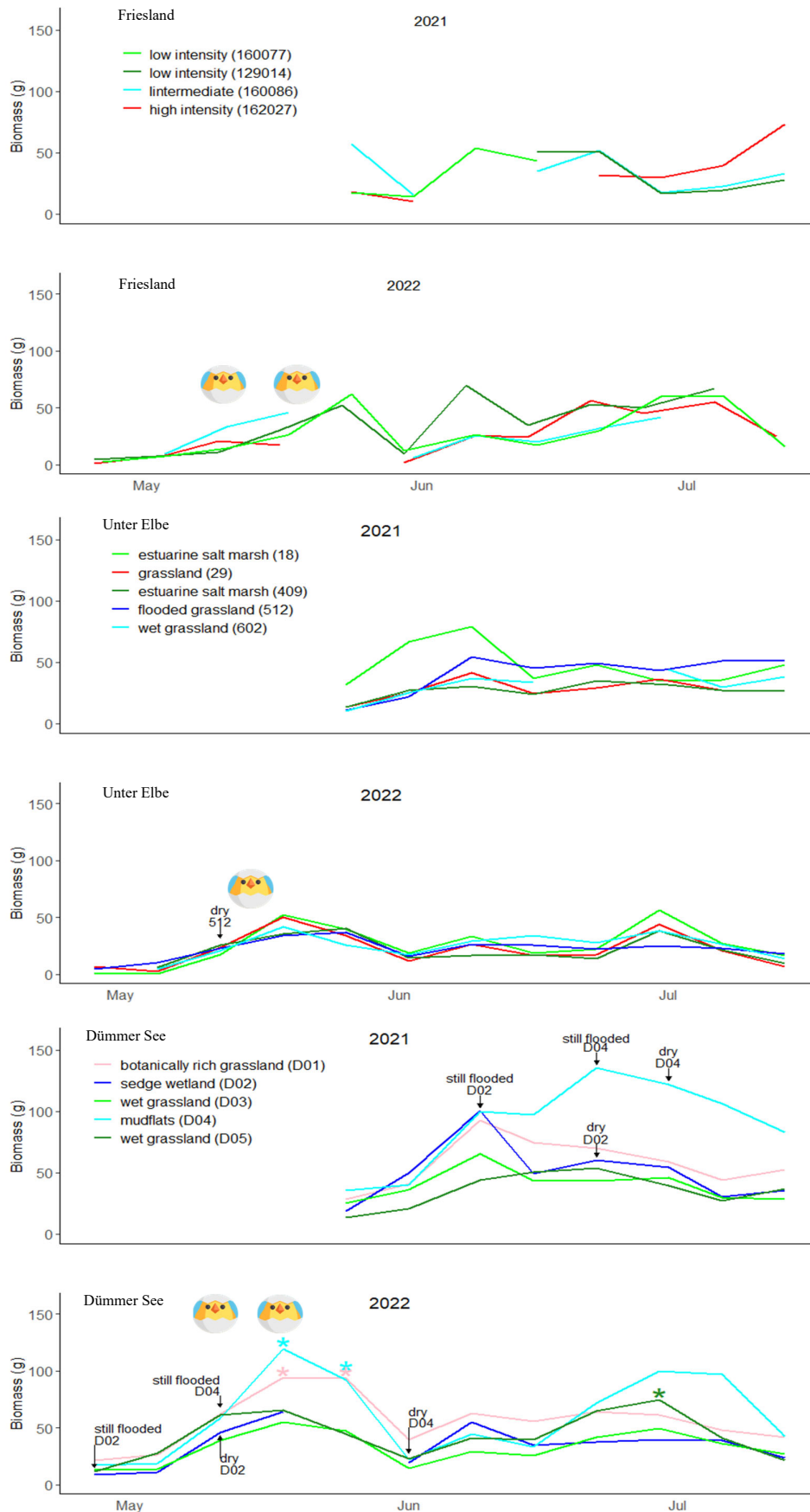
Intussen is er ook een eerste voorlopige vergelijking van de biomassa van de malaisevallen in Friesland en Duitsland en de invloed van verschillende omgevingsfactoren gepresenteerd als poster tijdens de International Wader Study Group meeting in Sylt 2023. De analyse omvat de biomassa data verzameld in 2021 en 2022 alsook de omgevingsfactoren vegetatiehoogte, bodemvocht en bodemweerstand. In Friesland heeft er een wijziging in percelen plaatsgevonden, vandaar dat voor deze twee jaren alleen de percelen zijn meegenomen die in beide jaren zijn bemonsterd (totaal 4 percelen). Figuur 3.3.4 laat de biomassa van de malaisevallen in de drie gebieden zien; de biomassa-data uit Friesland zijn eerder in dit hoofdstuk beschreven en de data uit Duitsland in het Grutto jaarverslag van 2022 (en in Lagendijk et al. 2023).

De biomassa van vliegende insecten in 2022 was in de meeste percelen nog stijgend in de weken dat de meeste kuikens uit het ei kropen (fig. 3.3.4). De biomassa- en ordinatiefiguur 3.3.4 en 3.3.5A laten zien dat de biomassa verschilt tussen 2021 en 2022 (oranje en blauwe cirkels; resp. 2021 en 2022); over het algemeen was de biomassa lager in 2022, dit was een erg droog jaar. Wanneer we de drie gebieden vergelijken valt meteen op dat de biomassa in Dümmer over het algemeen het hoogst is van de drie gebieden. De variatie in biomassa is in Dümmer ook het grootst (groene cirkel fig. 3.3.5B), ook is dit het meest natte gebied. De biomassa's van de vliegende insecten in Friesland en Unter Elbe liggen dicht bij elkaar, maar zijn toch nog significant verschillend (roze en blauwe cirkel; resp. Friesland en Unter Elbe), met over het algemeen een iets lagere biomassa in Friesland. De voorlopige 'take home message' van de analyse is dan ook dat biomassa van vliegende insecten profiteert van hoge vegetatie met variabele structuur (mean en SD vegetation height) en zachte, natte bodems (mean soil moisture).

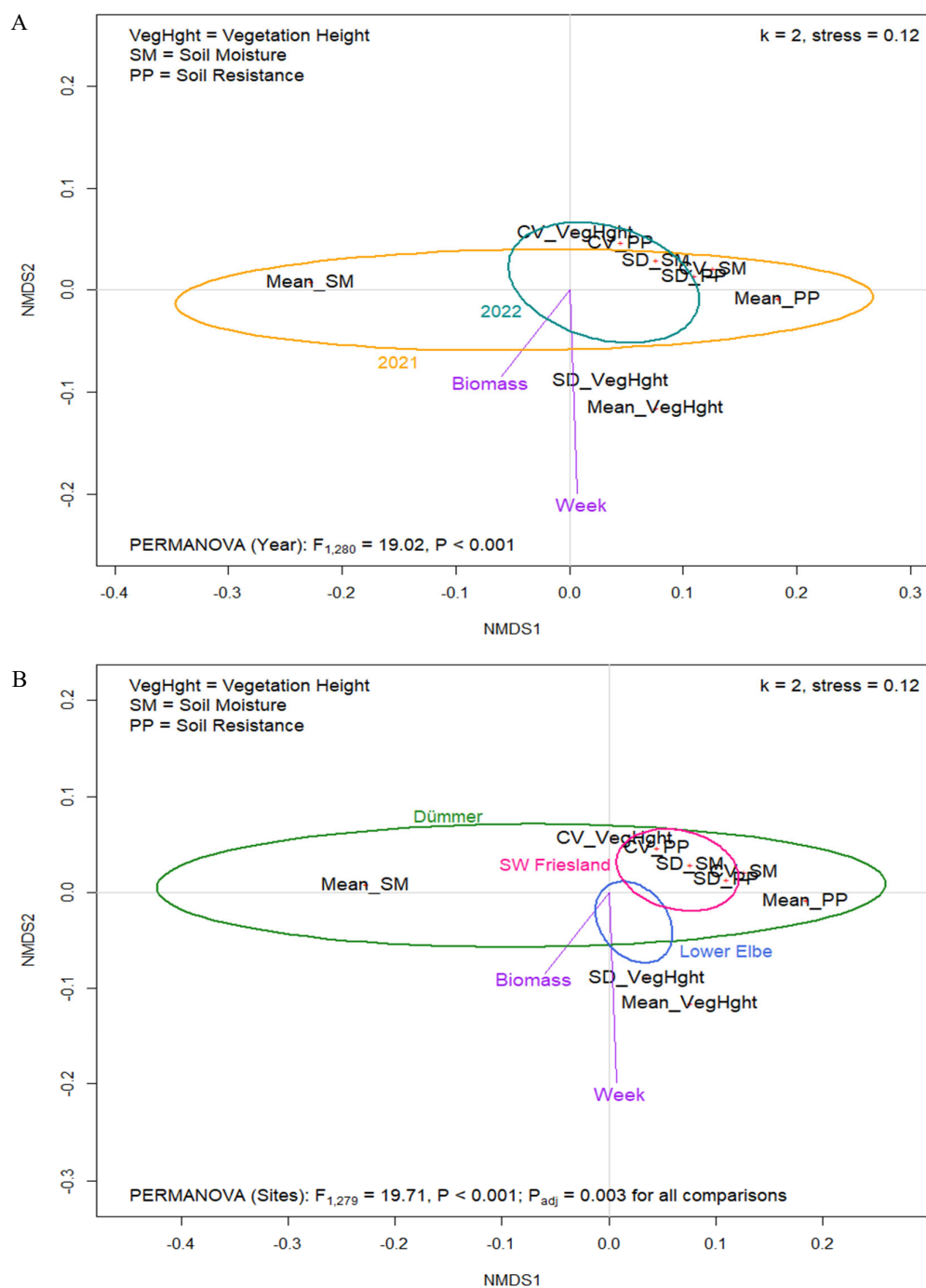
Meer informatie over het onderzoeksproject in Duitsland is te vinden in het LIFE-IP GrassBirdHabitats Annual Progress Report 2023 – Impact of restoration measures towards insect abundance (in voorbereiding).



Mestvliegen op een verse koeienvlaai (foto: Georgette Lagendijk).



Figuur 3.3.4: Biomassa (in gram) van insecten uit malaisevallen in Friesland (bovenste twee panelen), Unter Elbe (middelste twee panelen) en Dümmer See (onderste twee panelen) in 2021 en 2022. Bij zeer natte percelen in Duitsland geven de pijlen aan wanneer het water boven ('still flooded') of niet meer op ('dry') het maaiveld staat. Asterisken duiden aan wanneer de verzamelfles van de malaiseval volledig gevuld was met insecten. Kuikens geven aan in welke weken in 2022 de meeste kuikens uit het ei zijn gekropen.



Figuur 3.3.5: Ordinatieplots van de biomassa van vliegende insecten in Friesland, Unter Elbe en Dümmer See in 2021 en 2022. Ordinatieplot A laat zien dat biomassa niet hetzelfde is in de twee jaren. Ordinatieplot B laat zien dat de drie gebieden verschillen in biomassa, waarbij Friesland en Unter Elbe duidelijk van elkaar verschillen, terwijl de biomassawaarden in Dümmer een grotere variatie laten zien.

3.4 Bodemgezondheid en bodemleven in Zuidwest Friesland

Onderzoekers: Renée Veenstra, Jeroen Onrust, Yvonne Verkuil, Matty Berg, Clarisse Kraamwinkel, Anne Beaulieu, Sarah Ferron en Ruth Howison

3.4.1 Dieet volwassen grutto's in Zuidwest Friesland

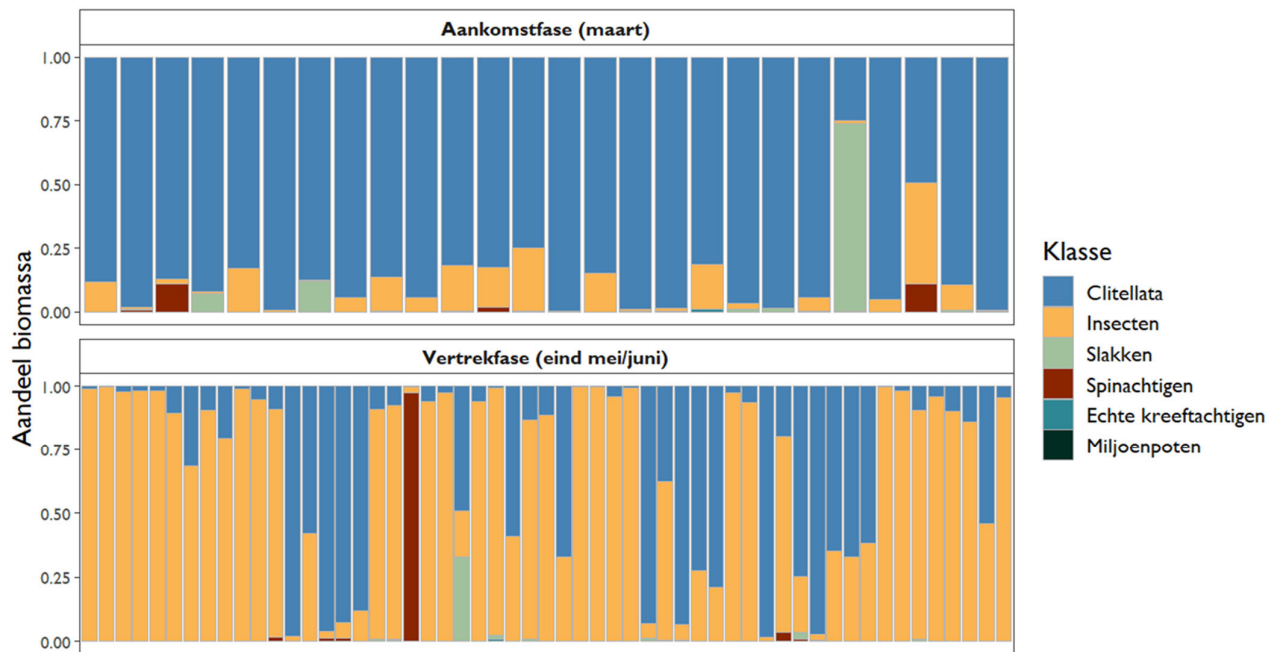
Om te onderzoeken welke prooi-soorten volwassen grutto's in Zuidwest Friesland nou precies uit het grasland halen, hebben we in 2022 en 2023 poepjes verzameld van volwassen grutto's. Deze poepjes verzamelden we in de aankomstfase (maart) en in de vertrekfase (eind mei/juni). In deze periodes zijn grutto's veelal in groepen aan het foerageren om te herstellen van, of zich voor te bereiden op, de trek. In 2023 zijn er ook een aantal monsters verzameld van broedende grutto's in april en mei. De

poepmonsters werden voorzichtig van het gras geraapt en in kleine buisjes met 96% EtOH bewaard (zie foto hiernaast). Na het veldseizoen voerden we in het lab een DNA metabarcoding analyse op deze poepmonsters uit. Dit houdt in dat al het DNA dat in het poepmonster zat, wordt afgelezen. Zo kunnen we een zeer gedetailleerd beeld krijgen van de prooi-soorten die de grutto's gegeten hebben. Poepmonsters die in 2023 verzameld zijn, worden nu nog in het lab verwerkt, maar hieronder staan een deel van de resultaten uit 2022.

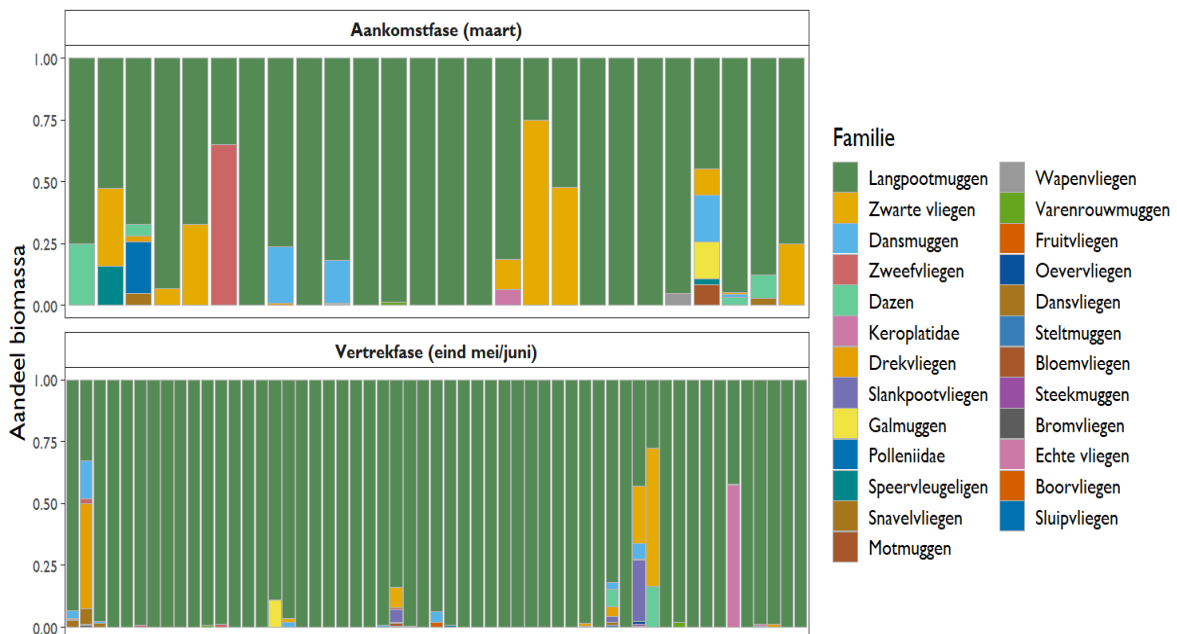


Figuur 3.4.1 geeft het aandeel van iedere prooi-klasse in de poepmonsters weer. Hierin zien we dat het dieet van grutto's in maart hoofdzakelijk bestaat uit de klasse van gelede wormen (Clitellata), de klasse waartoe de regenwormen behoren. In mei en juni zien we echter dat het dieet voornamelijk uit de klasse van de insecten (Insecta) bestaat. Om erachter te komen welke insecten dit dan zijn, kunnen we verder inzoomen op deze klasse.

Hierin zien we dat deze klasse haast volledig bestaat uit de orde van de Diptera (vliegen en muggen) ofwel de Tweevleugeligen (grafiek niet getoond). Wanneer we naar de families binnen de Tweevleugeligen kijken, zien we dat deze orde gedomineerd wordt door de Langpootmuggen (fig. 3.4.2). Langpootmuggen (Tipulidae) kunnen zowel in hun larvale stadium (emelt) als volwassen stadium (vliegend) gegeten worden, en op basis van het DNA kan geen onderscheid tussen deze stadia gemaakt worden. Echter, omdat we naast het verzamelen van poepmonsters ook observaties hebben gedaan van foeragerende gruttos en bodemmonsters hebben genomen op de plekken waar grutto's foerageerden, weten we dat deze Langpootmuggen uitsluitend als emelten gegeten zijn. In maart zien we ook dat het aandeel emelten groot is binnen de insecten. Het aandeel insecten dat gegeten werd in maart is echter erg laag, zoals te zien is in figuur 3.4.1, dus het aandeel emelten is maar een zeer klein percentage van het totale dieet in maart. Zo zien we dus een grote omslag van een dieet dat overwegend bestaat uit regenwormen in maart, naar een dieet dat grotendeels uit emelten bestaat in mei en juni.



Figuur 3.4.1: Aandeel van de prooiklassen in het dieet van de grutto. Iedere staaf representeert de inhoud van één poepmonster en op de y-as staat het aandeel van iedere prooiklasse hierin. De monsters in het bovenste gedeelte van de grafiek zijn verzameld in de aankomstfase en de monsters in het onderste gedeelte van de grafiek in de vertrekfase.



Figuur 3.4.2: Aandeel van de prooifamilies binnen de orde van de Tweevleugeligen in het dieet van de grutto. Iedere staaf representeert de inhoud van één poepmonster en op de y-as staat het aandeel van iedere prooifamilie hierin. De monsters in het bovenste gedeelte van de grafiek zijn verzameld in de aankomstfase en de monsters in het onderste gedeelte van de grafiek in de vertrekfase.

3.4.2 Regenwormen en greppels op melkveebedrijf Sterkenburgh te Skarnebuorren

Dit is een bijdrage van Jeroen Onrust

In het kader van het grond-instrument 'Rijkdom' heeft melkveehouder Sjoerd Sterkenburgh de kans gekregen om extensiever te boeren op een deel van zijn percelen die ook opnieuw ingericht zullen worden. Daarbij zullen onder andere ook greppels worden aangelegd en dit biedt ons de kans om de relaties tussen bodemvocht en het gedrag van regenwormen en grutto's te onderzoeken. In afwachting van de ingrepen hebben we in maart 2022 een eerste meting gedaan om te kijken hoe de regenwormenpopulaties er uit zien in die percelen voordat de nieuwe maatregelen zijn uitgevoerd. Ik geef hier een overzicht van de resultaten.

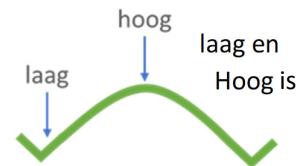


De boerderij en percelen van Sjoerd Sterkenburgh

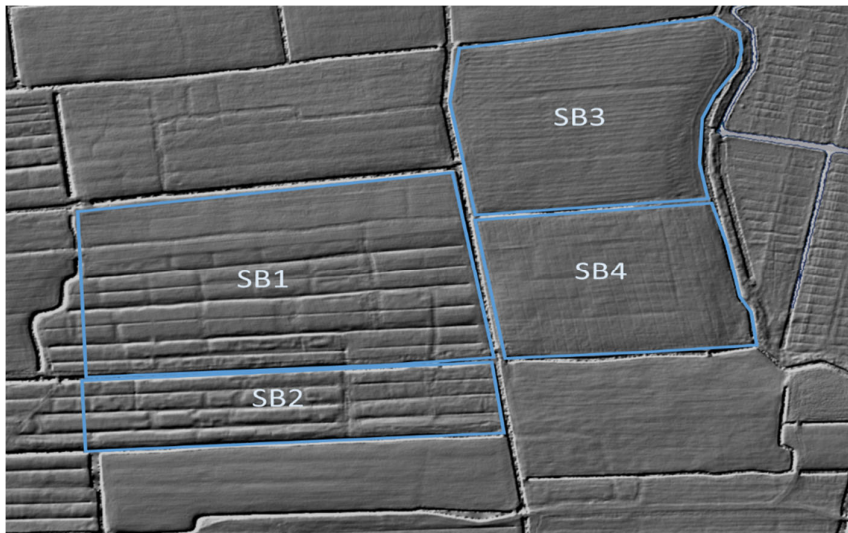
Methode

Per perceel zijn 8 bodemonsters van 20x20x20 cm uitgestoken die vervolgens met de hand uitgeplozen zijn. Alle regenwormen zijn daaruit verzameld en vervolgens gedetermineerd, geteld en gewogen. Perceel SB1 en SB2 hebben nog oude greppels met bolle akkers (zie onderstaande hoogtekaart in fig. 3.4.3). Perceel SB3 en SB4 zijn in het verleden vlak geschoven en hebben geen greppels.

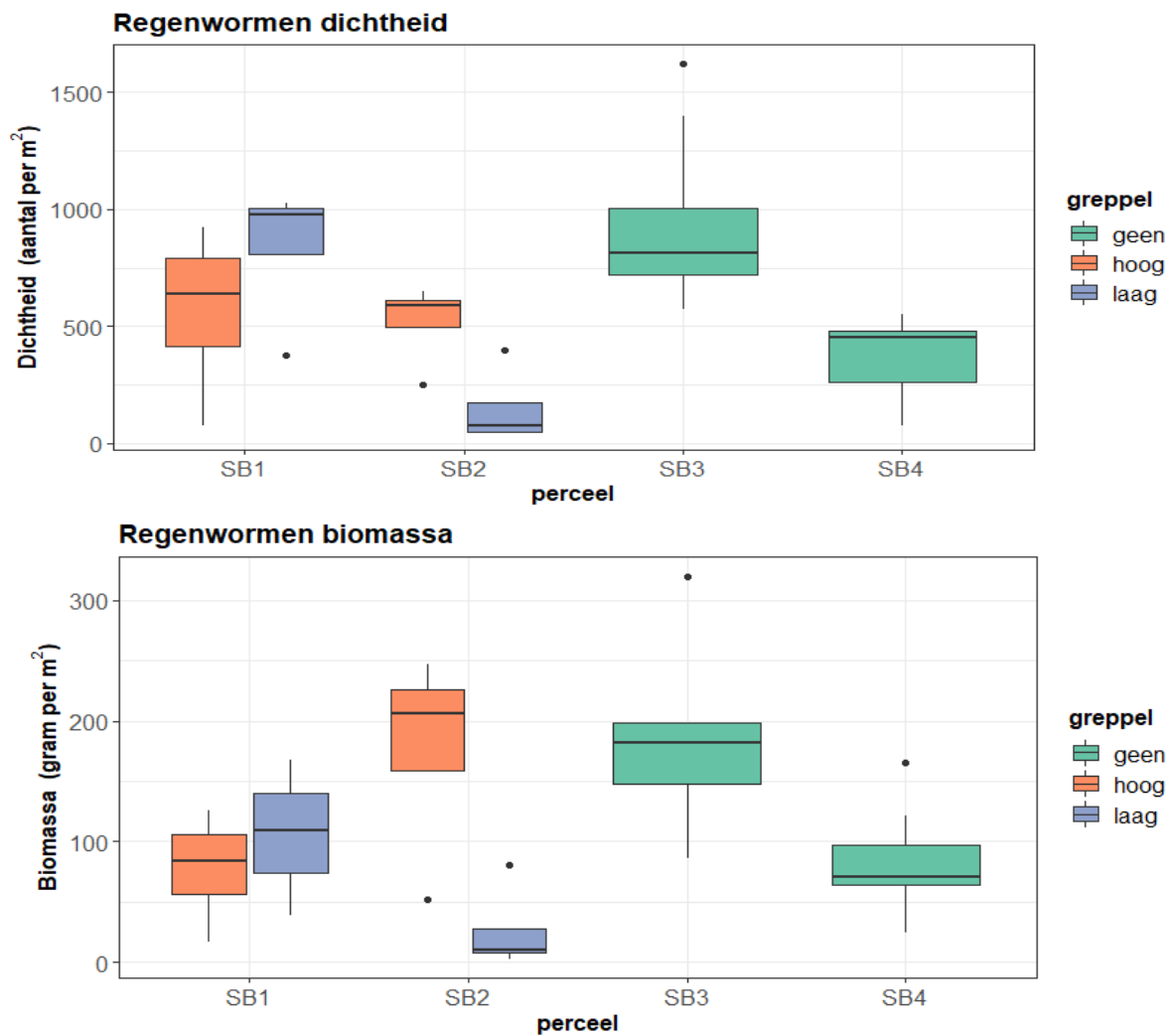
Bij de percelen met greppels zijn de bodemonsters verdeeld over plaatsen hoog op de akker. Laag is vlak naast de greppel, waar geen water meer staat. Bovenop de akker, zie figuur rechts.



Op elke plek waar een bodemonster is genomen is ook de bodemweerstand en het bodemvochtgehalte gemeten. De weerstand is gemeten met behulp van een penetrometer, het bodemvochtgehalte is gemeten met een mobiele bodemvochtmeter. Perceel SB1 en SB3 zijn op 17 maart 2022 gemeten, percelen SB2 en SB4 een week later op 24 maart 2022.



Figuur 3.4.3: Overzichtskaart met hoogteverschillen van de onderzochte percelen.



Figuur 3.4.4: Dichtheid en biomassa van regenwormen per perceel in maart 2022.

Resultaten regenworm dichtheid en biomassa

Er is een opvallend verschil tussen de bodemmonsters (i.e. regenworm dichtheid en biomassa) vlak naast de greppel laag in de akker en hoger op de akker (fig. 3.4.4). Bij perceel SB1 zitten meer regenwormen laag, bij perceel SB2 is dit andersom en zitten er juist meer regenwormen bovenop de akker. De percelen zonder greppel hebben ook hoge dichtheden, waarbij perceel SB3 hogere aantallen en biomassa heeft dan SB4.

Soorten regenwormen en andere macrofauna

Er waren in totaal 9 verschillende soorten regenwormen gevonden, voornamelijk bodemwormen (zie onderstaande tabel 3.4.1). Er lijkt voor sommige soorten een verschil te zijn tussen de percelen met greppels en de percelen zonder greppels zoals voor *Allolobophora chlorotica* (groene regenworm). Beide soorten pendelwormen komen voor in het gebied. Opvallend is wel dat *Aporrectodea longa* vooral in de greppelpercelen voorkomt, terwijl *Lumbricus terrestris* vooral in de percelen zonder greppel voorkomt.

Tabel 3.4.1: Aantallen van de gevonden regenwormsoorten per perceel. De ecologische groep is aangegeven (bodemworm, pendelworm of strooiselworm) en de achtergrondkleur geeft aan of de soort tot de grijze of rode wormen behoort.

soort	ecogroep	SB1	SB2	SB3	SB4
<i>Allolobophora chlorotica</i>	bodem	16	10	1	0
<i>Aporrectodea caliginosa</i>	bodem	151	54	238	76
<i>Aporrectodea longa</i>	pendel	14	6	2	0
<i>Aporrectodea rosea</i>	bodem	10	10	11	11
<i>Eiseniella tetraedra</i>	strooisel	0	4	0	0
<i>Lumbricus castaneus</i>	strooisel	1	0	3	2
<i>Lumbricus rubellus</i>	strooisel	1	3	4	2
<i>Lumbricus spec.</i>		0	20	10	12
<i>Lumbricus terrestris</i>	pendel	1	3	11	16
<i>Satchellius mammalis</i>	strooisel	11	7	19	7
totaal		205	117	299	117



Het aandeel adulte regenwormen (met zadel) was het hoogst in perceel zonder greppels SB4 en het laagst in perceel met greppels SB1 (tabel 3.4.2).

Tabel 3.4.2: Percentage adulte regenwormen per perceel.

perceel	aandeel (%)
SB1	6.7
SB2	15.0
SB3	14.6
SB4	24.2

Andere soorten macrofauna werden ook geteld. De meeste soorten, en over het algemeen de hoogste aantallen, werden gevonden in de percelen zonder greppels waar juist opvalt dat ritnaalden en emelten in die percelen veel meer voorkomen dan in de percelen met greppels (Tabel 3.4.3).

Tabel 3.4.3: Totaal aantal gevonden macrofauna exclusief regenwormen per perceel.

macrofauna	SB1	SB2	SB3	SB4
aardkruiper	0	0	5	0
emelt	5	3	20	8
naaktslak	0	3	16	1
pisbed	0	0	2	0
ritnaald	7	5	28	31
soldaatje larve	0	1	1	0
totaal	12	12	72	40

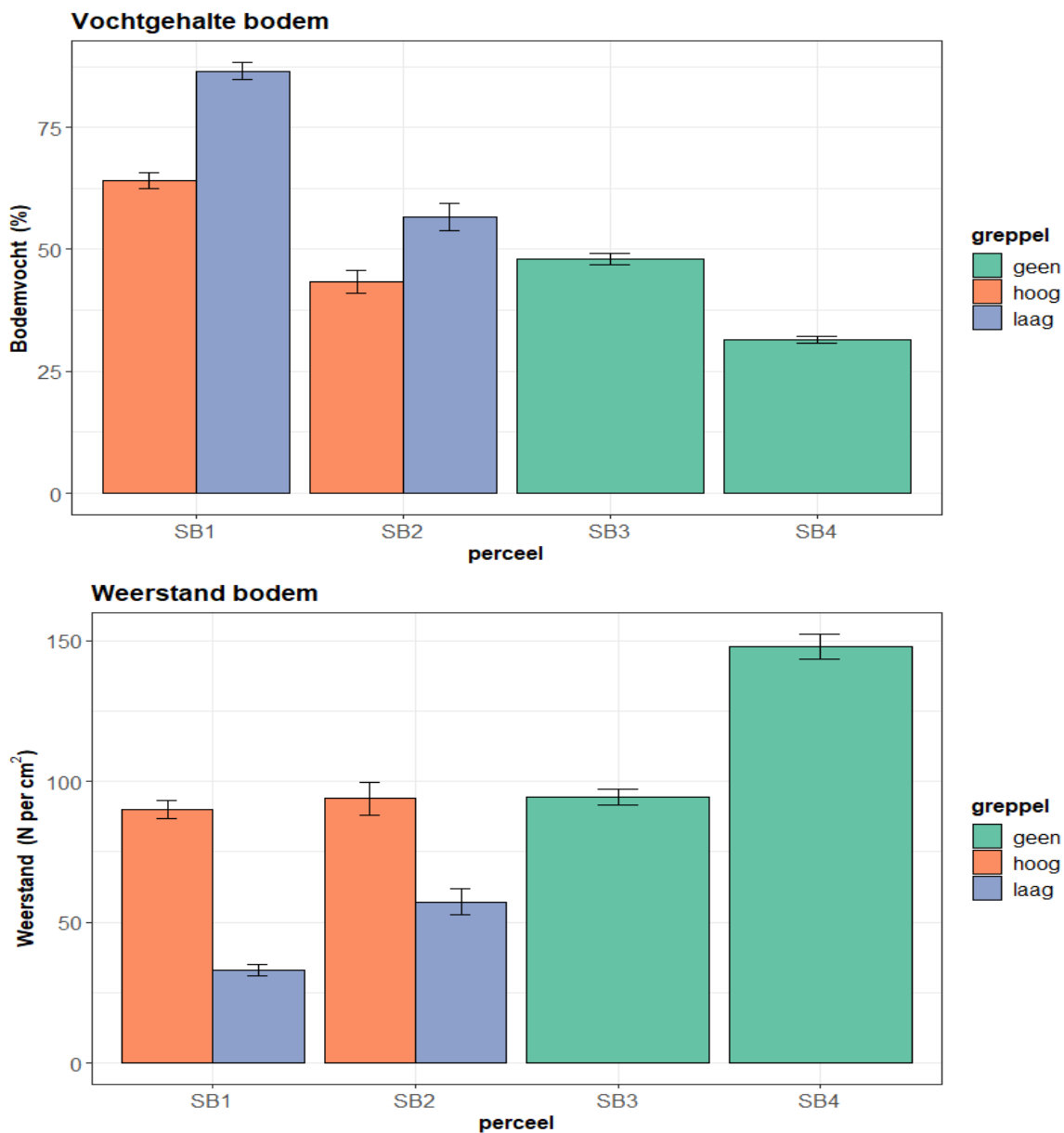
Bodemcondities

De percelen met greppels hadden een hoger bodemvochtgehalte en daarmee ook een lagere bodemweerstand in de toplaag (10 cm) van de bodem dan de percelen zonder greppels (fig. 3.4.5). Het verschil tussen percelen SB1 en SB2, en percelen SB3 en SB4 komt waarschijnlijk ook grotendeels doordat er een week tussen de metingen zat. Het was een vrij droge week zonder neerslag. Dit kan tevens de aantallen regenwormen beïnvloed hebben.

Voorlopige conclusies

De twee percelen met greppels SB1 en SB2 laten een tegenovergesteld resultaat zien. Dit verschil kan te maken hebben met het tijdsverschil dat tussen de twee meetmomenten zat (1 week zonder neerslag), waardoor de bodemvochtgehalten in de greppels even hoog waren als een week eerder bovenop de akker. Dat zou suggereren dat regenwormen zich snel kunnen aanpassen aan veranderende omstandigheden en naar vochtigere plekken migreren. Echter was de bodem in de tweede week verre van droog en voor regenwormen nog vochtig genoeg, dus zouden regenwormen niet dieper hoeven weg te kruipen. Ook in de percelen zonder greppels lagen de aantallen in perceel SB4 dat in de tweede week gemeten was een stuk lager dan in SB3. Het verschil tussen de twee percelen met greppels heeft misschien ook te maken met hoe lang water in de winter in de greppels heeft gestaan. Een lange periode van inundatie kunnen regenwormen wel overleven, maar uit eerder onderzoek weten we dat ze liever iets drogere gronden opzoeken. Wellicht dat de greppels in SB2 langer onder water hebben gestaan dan de greppels in SB1. De aanwezigheid van *Eiseniella tetraedra* zou daar op kunnen wijzen, omdat deze soort houdt van natte venige omstandigheden. Dat het ook niet zo droog was dat regenwormen

weggetrokken, laten de twee percelen zonder greppels zien. In deze percelen komt de pendelaar *Lumbricus terrestris* veel meer voor dan in percelen met greppels. En juist in SB4 werden de hoogste aantallen gevonden. Als het te droog zou zijn, dan zou deze soort dieper de bodem in kruipen (vandaar de naam pendelaar) en dus gemist worden bij het bemonsteren. Ook opvallend zijn de hoge-dichtheden emelten in de percelen zonder greppel. Emelten zijn larven van de langpootmug. Deze mug zet zijn eitjes af in de bodem en heeft daarvoor wel een zachte, oftewel vochtiger, bodem nodig en zou dus gebaat kunnen zijn bij greppels. Blijkbaar spelen er andere factoren mee, waaronder wellicht het eiwitrijkere voedsel in de intensievere percelen.



Figuur 3.4.5: Bodemvochtgehalte en bodemweerstand van de bodem per perceel in maart 2022.

3.4.3 Lange termijn monitoring en onderzoek regenwormen op biologisch melkveebedrijf Oevering te Idzegea

Bijdrage van Jeroen Onrust

Na aanleiding van een vraag van melkveehouder Klaas Oevering om metingen aan de biodiversiteit op zijn bedrijf te doen hebben we naar de regenwormen gekeken. Al tijdens mijn promotieonderzoek tussen 2012 en 2015 heb ik op vijf verschillende percelen de regenwormenpopulatie in elk seizoen gemonitord. Aangezien in de tussentijd het bedrijf van Oevering is overgeschakeld van gangbaar naar biologisch, is deze destijds ingewonnen data nu erg waardevol om de vergelijking te kunnen maken naar het effect van die beheersomschakeling op het bodemleven en de voedselomstandigheden van weidevogels. Net als toen, zijn in 2022 opnieuw de vijf percelen bemonsterd, waarbij is gekeken naar welke soorten regenwormen en andere macrofauna er voorkomen (keverlarven, emelten etc.). De eerste resultaten van 2022 worden hier weergegeven. Er is geen uitgebreide analyse uitgevoerd. Dit is puur een overzicht van de verzamelde data.

Methode

Er zijn vijf percelen tussen herfst 2012 en herfst 2015 ieder kwartaal onderzocht welke in februari 2022 opnieuw bemonsterd zijn (zie figuur 3.4.6 voor de ligging en de namen van die percelen). IDZ5 is het meest extensieve perceel waar alleen vaste mest op komt en een plas-dras aanwezig is.

Per perceel zijn 6 bodemmonsters van 20x20x20 cm uitgestoken die met de hand zijn uitgedroogd en waaruit alle gevonden regenwormen zijn verzameld die vervolgens thuis zijn gedetermineerd, geteld en gewogen.

Op elke plek waar een bodemmonster is genomen is ook de bodemweerstand en het bodemvochtgehalte gemeten. De weerstand is gemeten met behulp van een penetrometer en het bodemvochtgehalte is gemeten met een thetaprobe mobiele bodemvochtmeter.



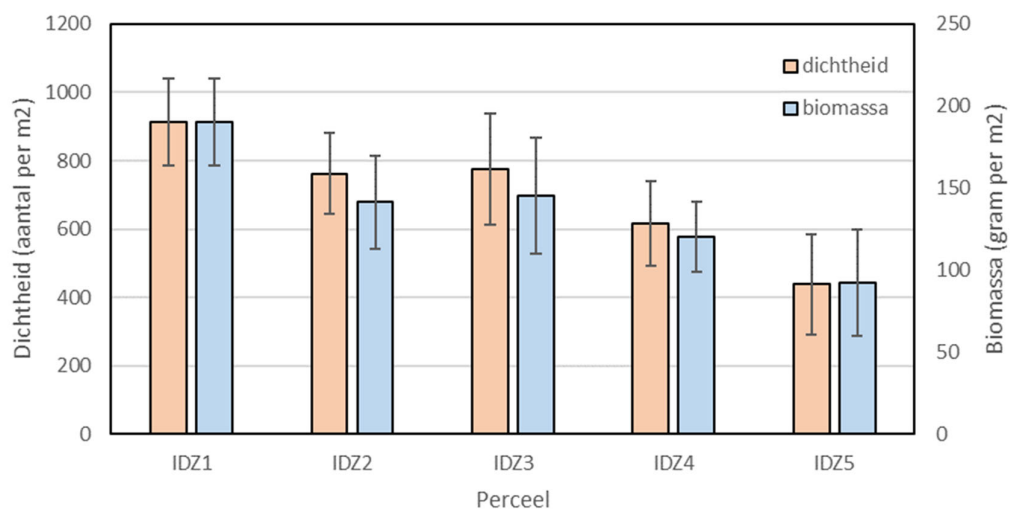
De boerderij van Klaas Oevering



Figuur 3.4.6: Locaties van de onderzochte percelen in Idzegea.

Resultaten

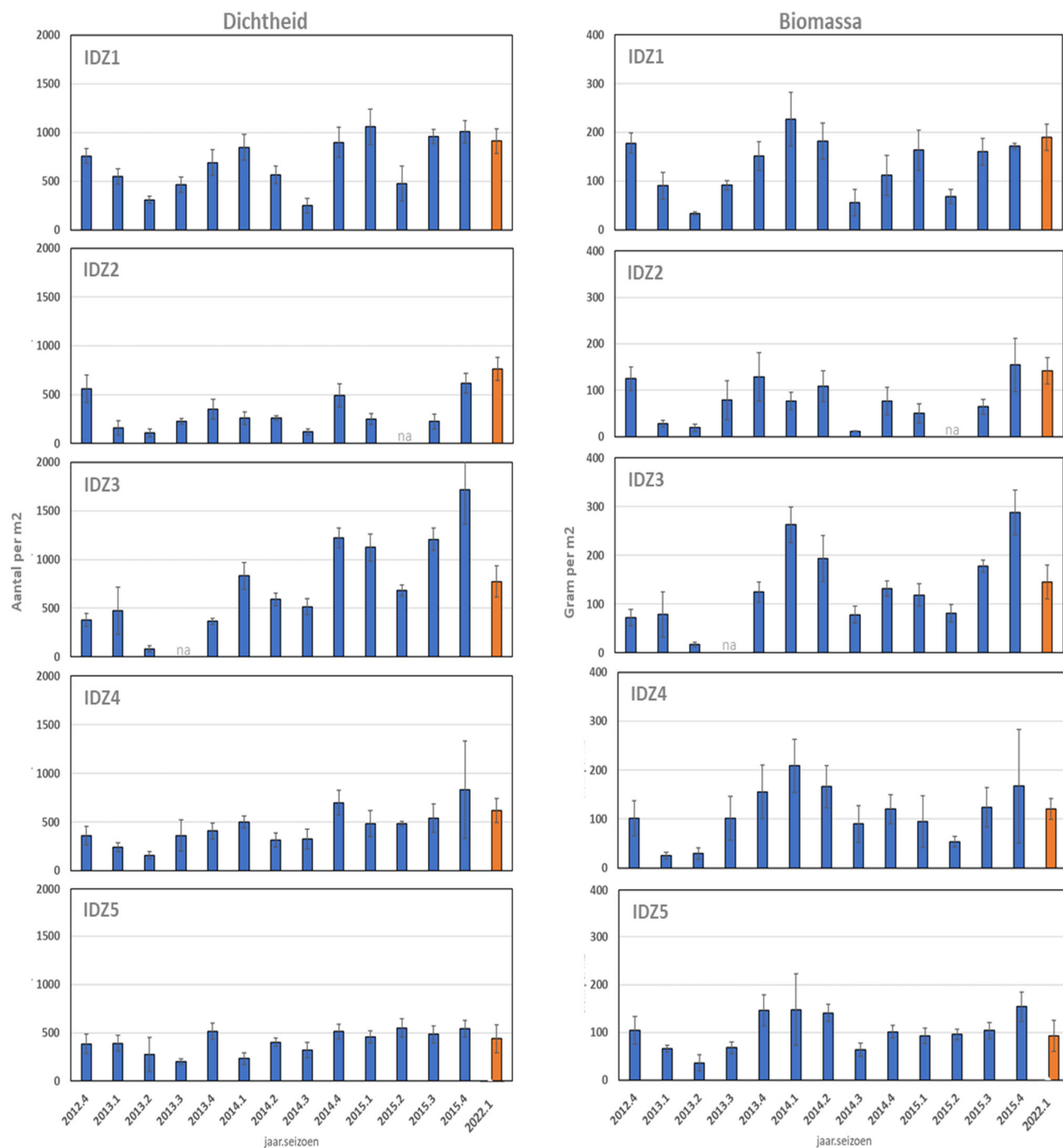
De dichtheden en biomassa van regenwormen waren het hoogst in IDZ1 en namen met toenemend perceelnummer geleidelijk af met de laagste aantallen in IDZ5 (fig. 3.4.7). Dit patroon was vergelijkbaar met de resultaten in 2012-2015, echter had IDZ3 toen meestal de hoogste aantallen (fig. 3.4.8).



Figuur 3.4.7: Dichtheid en biomassa van regenwormen per perceel in februari 2022.

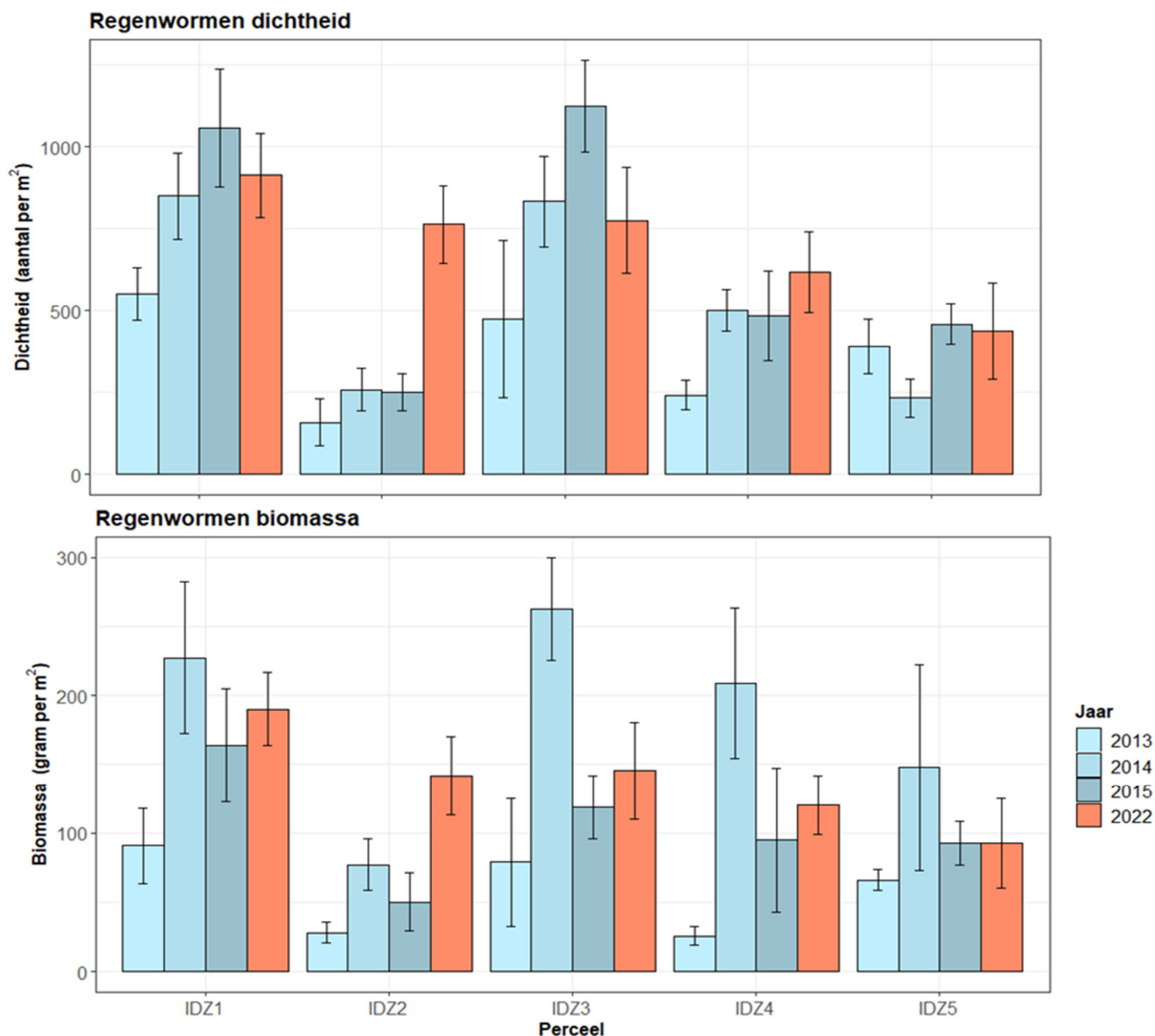
Wat verder opvalt is dat de aantallen behoorlijk kunnen fluctueren. Dit wordt vooral door droge of koude weersomstandigheden bepaald. De winter van 2013 was bijvoorbeeld koud en droog en dit duurde tot ver in de lente, terwijl de winter 2014 echter weer vrij zacht was. Ondanks de fluctuaties tussen seizoenen zijn de resultaten van 2022 niet opvallend afwijkend van de periode 2012-2015, wat

suggereert dat regenwormenpopulaties toch ook wel redelijk stabiel zijn. De omschakeling naar een biologische bedrijfsvoering lijkt zo op het eerste gezicht dus niet een groot effect op de aantallen regenwormen te hebben.



Figuur 3.4.8: Dichtheid en biomassa van regenwormen per perceel uitgezet tegen de tijd waarin de laatste meting in februari 2022 oranje is gekleurd. Het getal achter het jaartal staat voor: 1=winter (dec-feb), 2=lente (mrt-mei), 3=zomer (jun-aug), 4=herfst (sep-nov).

Voor de duidelijkheid heb ik in onderstaande figuren alleen de aantallen van elke winter tegen elkaar uitgezet (fig. 3.4.9). Daarin zijn ook de schommelingen tussen jaren te zien en wat opvalt is dat eigenlijk alleen perceel IDZ2 in winter 2022 een veel hogere dichtheid en biomassa heeft dan in de winters van 2013-2015.



Figuur 3.4.9: Dichtheid en biomassa van regenwormen in de winter per jaar.

Soorten regenwormen

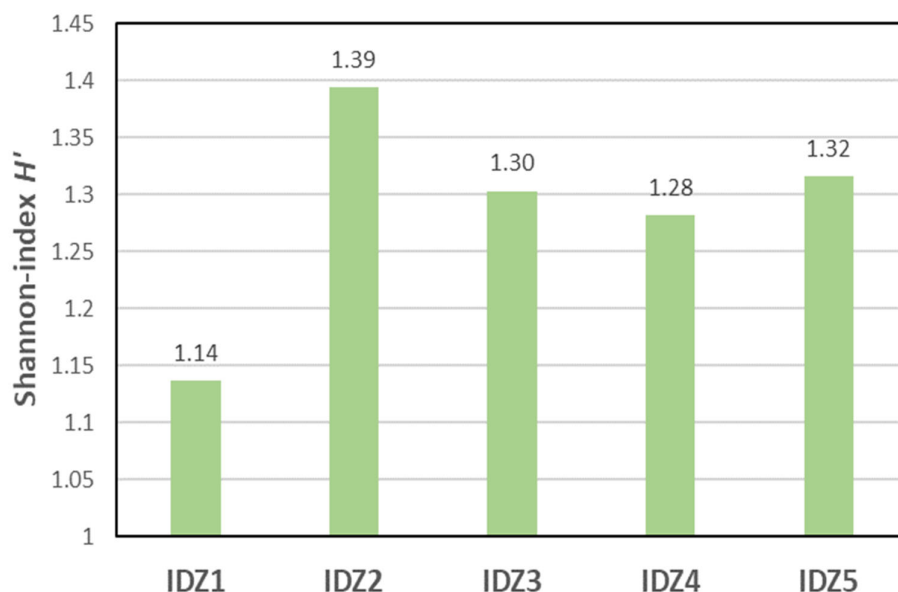
Er zijn in 2022 in totaal 8 soorten regenwormen gevonden, 3 grijze en 5 rode wormensoorten (tab. 3.4.4).

Er zijn wel een paar opvallende verschillen tussen de percelen. *Allolobophora chlorotica*, de groene regenworm, komt in elk perceel in min of meer dezelfde dichtheden voor, behalve in IDZ4 waar slechts één individu is gevonden. De pendelaar *Lumbricus terrestris*, grote blauwkopworm, komt weinig voor in perceel IDZ5, wellicht door de hoge waterstand. Datzelfde geldt voor *Satchellius mammalis*, de kleine boomworm, waarvan de hoogste aantallen in IDZ1 zijn gevonden.

Tabel 3.4.4: Aantallen van de gevonden regenwormsoorten per perceel in februari 2022. De ecologische groep is aangegeven (bodemworm, pendelworm of strooiselworm) en ook de achtergrondkleur geeft aan of de soort tot de grijze of rode wormen behoort.

soort	ecogroep	IDZ1	IDZ2	IDZ3	IDZ4	IDZ5
<i>Allolobophora chlorotica</i>	bodem	27	21	23	1	33
<i>Aporrectodea caliginosa</i>	bodem	138	98	96	82	46
<i>Aporrectodea rosea</i>	bodem	7	9	11	16	8
<i>Eiseniella tetraedra</i>	strooisel	0	1	0	0	3
<i>Lumbricus castaneus</i>	strooisel	2	3	5	7	2
<i>Lumbricus rubellus</i>	strooisel	1	11	6	5	3
<i>Lumbricus spec.</i>		0	11	29	13	8
<i>Lumbricus terrestris</i>	pendel	7	6	6	7	1
<i>Satchellius mammalis</i>	strooisel	37	23	10	17	1
totaal		219	183	186	148	105

Voor elk perceel is ook de diversiteit berekend aan de hand van de Shannon-index. De Shannon-index is een maat die in de ecologie veelvuldig wordt gebruikt om de diversiteit aan soorten te beschrijven. Zowel het aantal soorten als hun verdeling worden in de berekening meegenomen. Figuur 3.4.10 laat zien dat IDZ1, ondanks de hoogste dichtheden, de laagste diversiteit heeft en afwijkt van de andere percelen, waarschijnlijk omdat dit het huiskavel betreft. Ondanks de hoge dichtheden daar, komt de lage score waarschijnlijk doordat er één soort (*Aporrectodea caliginosa*) heel veel voorkomt. Van alle percelen heeft IDZ2 de hoogste diversiteit, hoewel de verschillen klein zijn.



Figuur 3.4.10: Shannon diversiteits-index H' per perceel in februari 2022 berekend aan de hand van de gevonden regenwormen soorten.

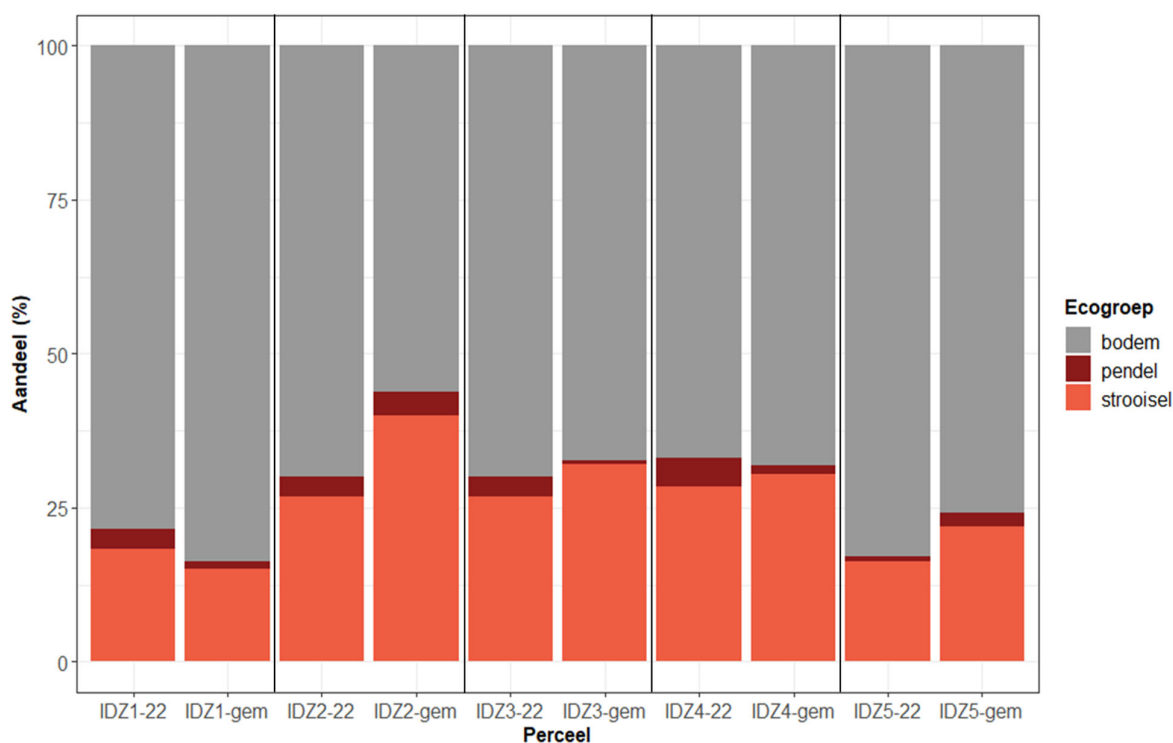
Er zijn ook andere bodem macrofauna meegenomen (tab. 3.4.5). Emelten, de larven van de langpootmug, kwamen het meeste voor, echter in IDZ2 ontbraken ze en in IDZ1 werden de hoogste aantallen gevonden. Er lijkt zelfs een negatief verband te zijn tussen de regenwormendiversiteit en de aantallen emelten.

Tabel 3.4.5: Aantallen van de gevonden bodem macrofauna per perceel in februari 2022.

soort	IDZ1	IDZ2	IDZ3	IDZ4	IDZ5
aardkruiper	0	0	0	1	0
emelt	15	0	3	8	5
naaktslak	0	3	0	1	1
ritnaald	1	8	3	2	2
totaal	16	11	6	12	8

Regenwormen ecologische groepen

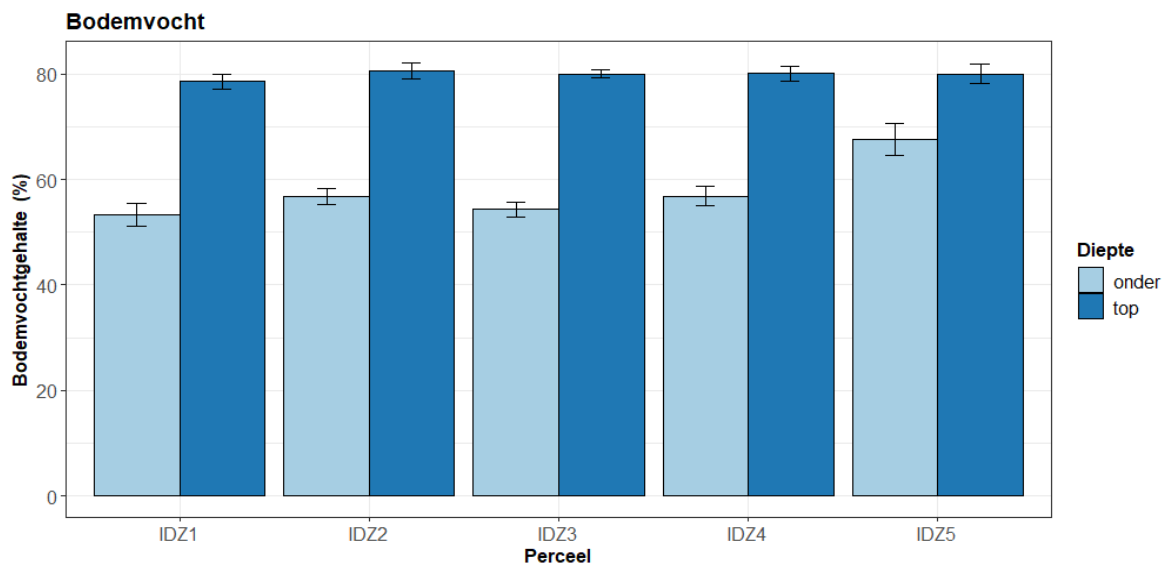
Als we de regenwormen indelen in de drie ecologische hoofdgroepen van rode pendel- en strooiselwormen en grijze bodemwormen, zien we dat gemiddeld driekwart van de gevonden regenwormen tot de bodemwormen behoren. Als we de resultaten van februari 2022 vergelijken met het gemiddelde van de wintermetingen 2012-2015 lijken er niet hele grote veranderingen te hebben plaatsgevonden (fig. 3.4.11). In perceel IDZ2 is het aandeel strooiselwormen afgenomen, maar dit kan komen doordat in dit perceel de aantallen regenwormen toe lijkt te zijn genomen wat waarschijnlijk vooral op het conto van de bodemwormen te schrijven is.



Figuur 3.4.11: Aandeel ecologische groepen van gevonden regenwormen per perceel in februari 2022 en het gemiddelde van 2012-2015.

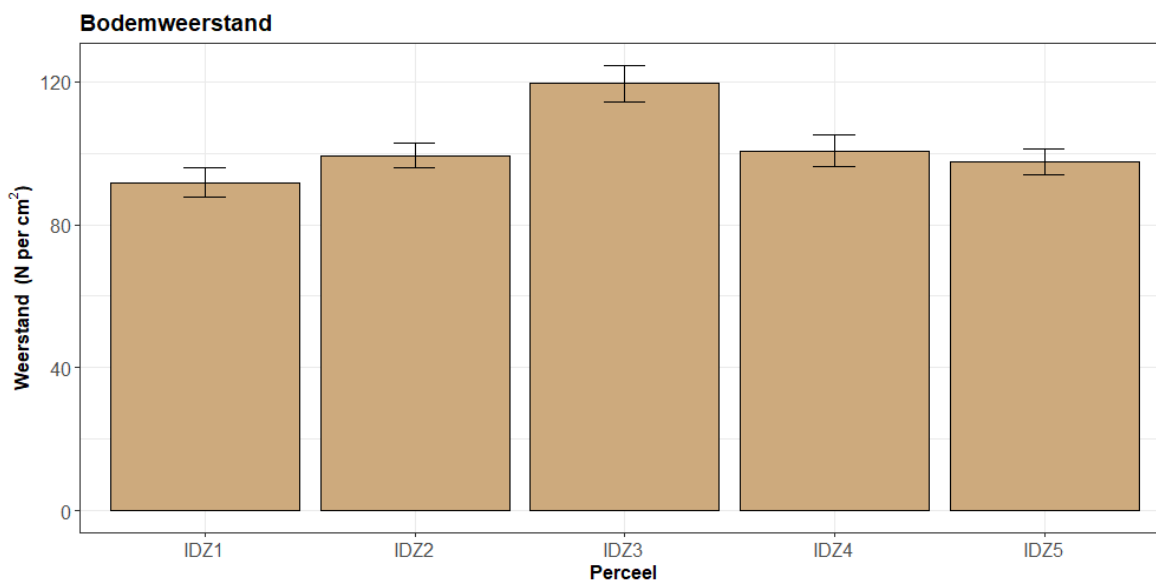
Bodemcondities

Het bodemvochtgehalte was in alle percelen erg hoog (fig. 3.4.12). Er is gemeten in de toplaag tussen de wortels en in de onderlaag net onder de wortels. Alleen in perceel IDZ5 was de onderlaag natter dan de andere percelen, dit komt waarschijnlijk door hogere grondwaterstand in dat perceel.



Figuur 3.4.12: Bodemvochtgehalte in de toplaag (0-5 cm) en onderlaag (5-10 cm) van de bodem per perceel in februari 2022, gemeten met een thetaprobe mobiele vochtmeter.

De weerstand van de bodem werd gemeten in de bovenste 10 cm. Opvallend is dat ondanks dat alle percelen een vergelijkbaar vochtgehalte hadden, er wel verschillen waren in de bodemweerstand, waarbij vooral perceel IDZ3 een hogere weerstand liet zien dan de andere percelen (fig. 3.4.13). Dit zou kunnen duiden op een bodem die meer verdicht is dan de andere percelen.



Figuur 3.4.13: Weerstand van de bovenste 10 cm van de bodem per perceel in februari 2022, gemeten met een penetrometer.

Voorlopige conclusies:

Van alle percelen lijken de aantallen regenwormen alleen in perceel IDZ2 te zijn veranderd ten opzichte van 2012-2015. Dit perceel heeft tevens de hoogste diversiteit, maar de verschillen tussen percelen zijn klein omdat er maar een paar soorten regenwormen gevonden zijn waarvan één soort heel algemeen is. Opvallend is verder dat in IDZ2 geen emelten werden gevonden, maar wel meer ritnaalden in vergelijking met de andere percelen. IDZ1 heeft hoogste regenwormen dichtheid, maar laagste regenwormen diversiteit. Meer onderzoek zou nodig zijn om te kijken of het omschakelen daadwerkelijk wel of geen effect op de regenwormen populaties heeft gehad. Maar op basis van deze resultaten lijkt het er op dat ondanks regenwormen aantallen van jaar op jaar behoorlijk kunnen fluctueren, de aantallen op de lange termijn eigenlijk behoorlijk stabiel zijn. Dat de omschakeling naar biologische landbouw geen grote verandering teweeg heeft gebracht, zou kunnen komen doordat het beleid voor de omschakeling al dichtbij biologisch lag en er geen invasieve ingrepen hebben plaatsgevonden zoals scheuren of ploegen van het grasland.



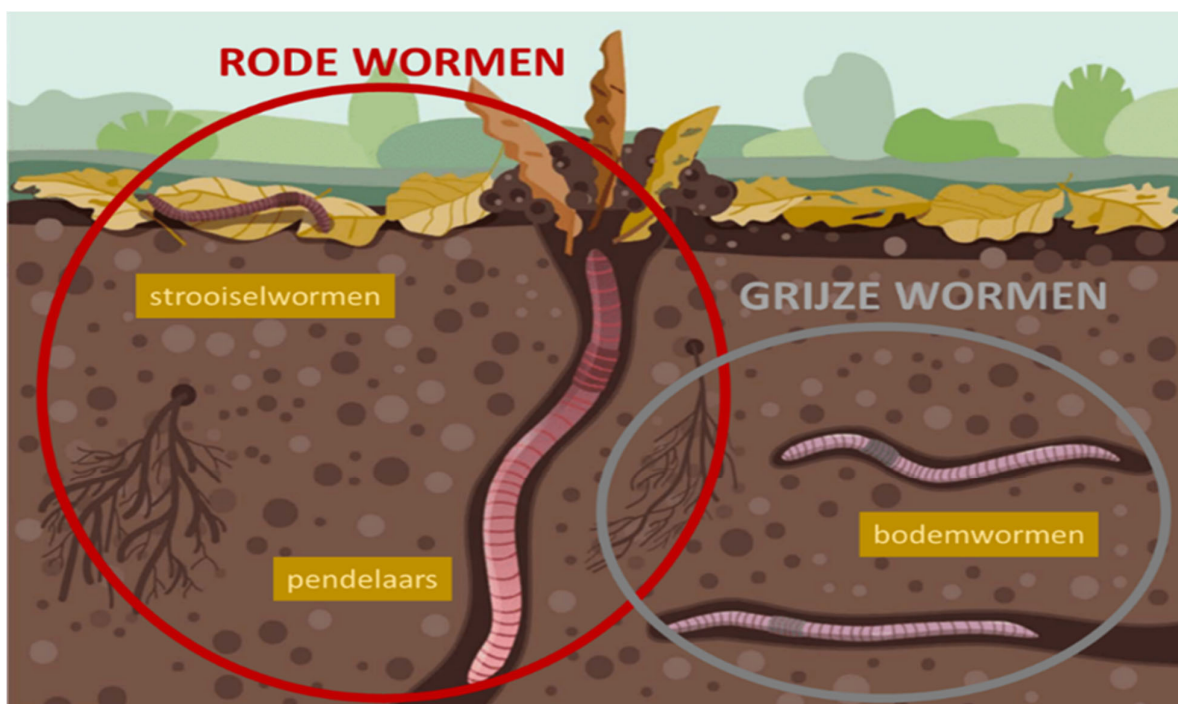
3.4.4 Bemesting en bodemleven in agrarische graslanden in Noord-Nederland

Deze bijdrage is geschreven door Jeroen Onrust in samenwerking met Eline Keuning en Jidske Knigge van BioClear Earth.

Achtergrond

Om van gras melk te maken heb je een koe nodig. Een koe produceert mest en dat kan weer gebruikt worden om het gras mee te voeden zodat de koe het weer kan eten en er melk van maken. Maar mest doet veel meer dan dat. Het heeft bijvoorbeeld ook effect op het bodemleven en het speelt ook een belangrijke rol in de stikstofkringloop; het is een goede bron van stikstof voor gewassen, maar is ook verantwoordelijk voor ongewenste neerslag van stikstof en uitspoeling van nitraten in het milieu. Om die gevolgen te beperken zijn er alternatieven om de mest toe te dienen. Er is veel onderzoek gedaan naar verschillende manieren van mesttoediening om ammoniakuitstoot naar de lucht te kunnen beperken. Er is echter weinig onderzoek gedaan naar de effecten van mestinjectie op de bodem(biologie).

Na aanleiding van een praktijkonderzoek door BioClear Earth, waarbij werd gekeken naar bodemmicrobiologie in relatie tot verschillende soorten organische mest, werd besloten om dit grootschaliger aan te pakken en op meerdere locaties te gaan meten in Noord-Nederland. Dit onderzoek sloot mooi aan op het regenwormenonderzoek in het Grutto Landschap Project en dus is contact gezocht met BioClear Earth waarbij we er al gauw achter kwamen dat we elkaar kunnen aanvullen door naar zowel de macro-organismen (Jeroen Onrust) als naar de micro-organismen (Eline & Jidske) te kijken. Hieronder bespreken we kort het onderzoek dat we hebben gedaan naar de effecten van bemesting en het type aanwending op het bodemleven.



Figuur 3.4.14: De indeling van regenwormen in ecologische groepen. Strooisel- en pendelwormen behoren tot de rode wormen en bodemwormen tot de grijze wormen. Aangepaste figuur uit Eisenhauer & Eisenhauer (2020).

Introductie

Regenwormen staan bekend als afvaleters die leven van dood organisch materiaal. Koeienmest lijkt dus een ideale voedselbron voor deze organismen. Maar er zijn verschillende soorten regenwormen die grofweg in twee groepen ingedeeld kunnen worden: de rode wormen die van grof organisch materiaal leven dat nog niet helemaal verteerd is en grijze wormen die vooral van het verteerde materiaal leven (fig. 3.4.14). Koeienmest voor bemesting van het land komt in verschillende vormen voor en is afhankelijk van hoe de koeien gehouden worden en hoe het wordt aangewend bij het uitrijden.

Het houden van melkkoeien in een potstal was vroeger algemeen gebruik, maar is tegenwoordig een zeldzaamheid. Hierbij staan de koeien op stro dat gedurende het winterhalfjaar aangevuld wordt waarbij de koeien dus steeds hoger komen te staan. De uitwerpselen vermengen zich met het stro en dit geheel wordt vaste mest genoemd en dat wordt in het voorjaar bovengronds uitgereden. Tegenwoordig worden de meeste melkkoeien in ligboxstallen gehouden en staan dan op roosters waardoorheen de uitwerpselen vallen die vervolgens worden opgeslagen in de mestput. Deze vloeibare mest wordt drijfmest genoemd en wordt door middel van injectie in de bodem gespoten, ook wel zodebemesting genoemd. Vanwege de nadelige effecten van het injecteren op de bodem, kunnen boeren een ontheffing krijgen om het bovengronds uit te rijden. Een alternatief voor drijfmest dat tegenwoordig vaker wordt toegepast is om de drijfmest te vergisten tot biogas in een mono-mestvergister en het resterende digestaat toe te passen als meststof. Dit wordt ook in de bodem geïnjecteerd.

Het valt dus te verwachten dat het type mest en de aanwending invloed heeft op de regenwormen gemeenschap. Uit eerder onderzoek weten we inderdaad dat rode wormen gebaat zijn bij vaste mest en dat het voor grijze wormen niet zoveel uitmaakt welk soort mest er wordt toegepast (Onrust & Piersma 2019). Een verklaring daarvoor heeft waarschijnlijk met de mate van vertering van de mest te maken. Vaste mest bevat nog veel grof organisch materiaal in de vorm van stro dat nog niet helemaal is afgebroken terwijl dat bij drijfmest wel het geval is. Bij die voorkeur spelen micro-organismen een belangrijke rol. Het is namelijk niet zo dat mest een directe voedselbron is voor regenwormen, maar vooral de micro-organismen die erop leven. Uit de literatuur is bekend dat rode wormen een voorkeur hebben voor schimmels als voedselbron en grijze wormen voor bacteriën (Bonkowski *et al.* 2000, Neilson & Boag 2003). Nu is het zo dat bij de afbraak van plantaardig materiaal het in het begin eerst wordt gekoloniseerd door schimmels, die kunnen namelijk lignine en cellulose afbreken, het taaie materiaal wat planten stevigheid biedt. Wanneer de schimmels dit gedaan hebben en het materiaal zachter is geworden, nemen de bacteriën het over voor verdere afbraak. Vaste mest bevat nog materiaal dat eerst door schimmels moet worden afgebroken en dus is het voor rode wormen aantrekkelijker om te eten dan drijfmest waar veel minder koolstof en dus schimmels in zitten.

Om deze interactie tussen regenwormen, micro-organismen en mest beter te begrijpen hebben we zowel de regenwormenpopulatie als de micro-organismen populatie in kaart gebracht van verschillende grasland percelen. In dit verslag geven we een kort overzicht van de resultaten en voor meer informatie over de micro-organismen verwijst ik naar het rapport van Keuning en Knigge (2022).

Methode

Percelen

Voor dit onderzoek hebben we bij verschillende melkveehouders, zowel gangbaar als biologisch en biodynamisch, in Noord-Nederland grasland percelen bemonsterd, zie onderstaande tabel 3.4.6. Om betrouwbare uitspraken over de invloed van bemesting op de bodembiologie te kunnen doen is het

belangrijk om de overige variabelen binnen het praktijkonderzoek zo klein mogelijk te houden. Daarom zijn alleen blijvend grasland percelen geselecteerd en om het effect van bodemtype zo klein mogelijk te houden zijn voornamelijk zandgronden bemonsterd. Om ook inzicht te krijgen in de effecten van bemesting op kleibodems zijn ook één drijfmest zodebemesting, drijfmest bovengronds en een vaste mest perceel meegenomen op lichte kleigrond. Van tevoren is in overleg met de agrariërs bepaald welk perceel het meest geschikt is om te bemonsteren, zodat alleen percelen geselecteerd zijn die representatief zijn voor het bedrijf. Per type mest zijn minimaal drie percelen geselecteerd. Voor de analyse zijn alleen de percelen op zandgrond meegenomen.

Tabel 3.4.6: Overzicht van de onderzochte percelen.

perceel	locatie	mestsoort	toediening	grondsoort
B1	Sondel	drijfmest	bovengronds	zand
B2	Doezum	drijfmest	bovengronds	klei
B3	Wittelte	drijfmest	bovengronds	zand
B4	Foxwolde	drijfmest	bovengronds	zand
D1	Hoornsterzwaag	digestaat	injectie	moerig
D2	Dwingeloo	digestaat	injectie	zand
D3	Veenhuizen	digestaat	injectie	zand
I1	Roderwolde	drijfmest	injectie	zand
I2	Doezum	drijfmest	injectie	klei
I3	Hoornsterzwaag	drijfmest	injectie	moerig
V1	Sondel	vaste mest	bovengronds	zand
V2	Doezum	vaste mest	bovengronds	klei
V3	Echten	vaste mest	bovengronds	zand

Regenwormen

In 2021 zijn in drie rondes de percelen bemonsterd. De eerste ronde vond plaats in maart vlak voor de eerste bemesting van het jaar, de tweede in april zodra de mest was uitgereden en de laatste ronde vond plaats aan het einde van het groeiseizoen in september. Tijdens een bemonsteringsronde zijn per perceel telkens plaggen uitgestoken van 20 x 20 x 20 cm. In de twee voorjaarsrondes zijn 8 plaggen per perceel genomen, in de laatste ronde werden er 6 plaggen uitgestoken. De locaties van de plaggen in het perceel zijn willekeurig gekozen, maar er is wel rekening gehouden met een afstand van minimaal 25 meter

tussen de plaggen. De plaggen werden ter plaatse direct met de hand uitgeplozen op een zeiltje. Hoewel arbeidsintensief, is dit de beste methode om het aantal regenwormen in kaart te brengen.

Alle gevonden regenwormen zijn in het veld verzameld en in een potje per plag meegenomen naar huis. Het gat is na het verzamelen van de regenwormen weer opgevuld met de uitgeplozen grond van het bodemonmonster. Thuis heb ik per monster de regenwormen geprobeerd zoveel mogelijk tot op soortniveau te determineren om ze vervolgens te tellen en te wegen met een nauwkeurigheid van 0.01 gram. Voor het determineren is gebruik gemaakt van determinatiesleutels en een binoculair met een 10-40x vergroting om soortkenmerken te kunnen zien. De aantallen en het gewicht per monster zijn vermenigvuldigd met 25 om tot een maat van dichtheid (aantal regenwormen per vierkante meter) en biomassa (gram regenwormen per vierkante meter) te komen. De regenwormen zijn na deze procedure weer vrijgelaten in mijn tuin in Assen.

Micro-organismen

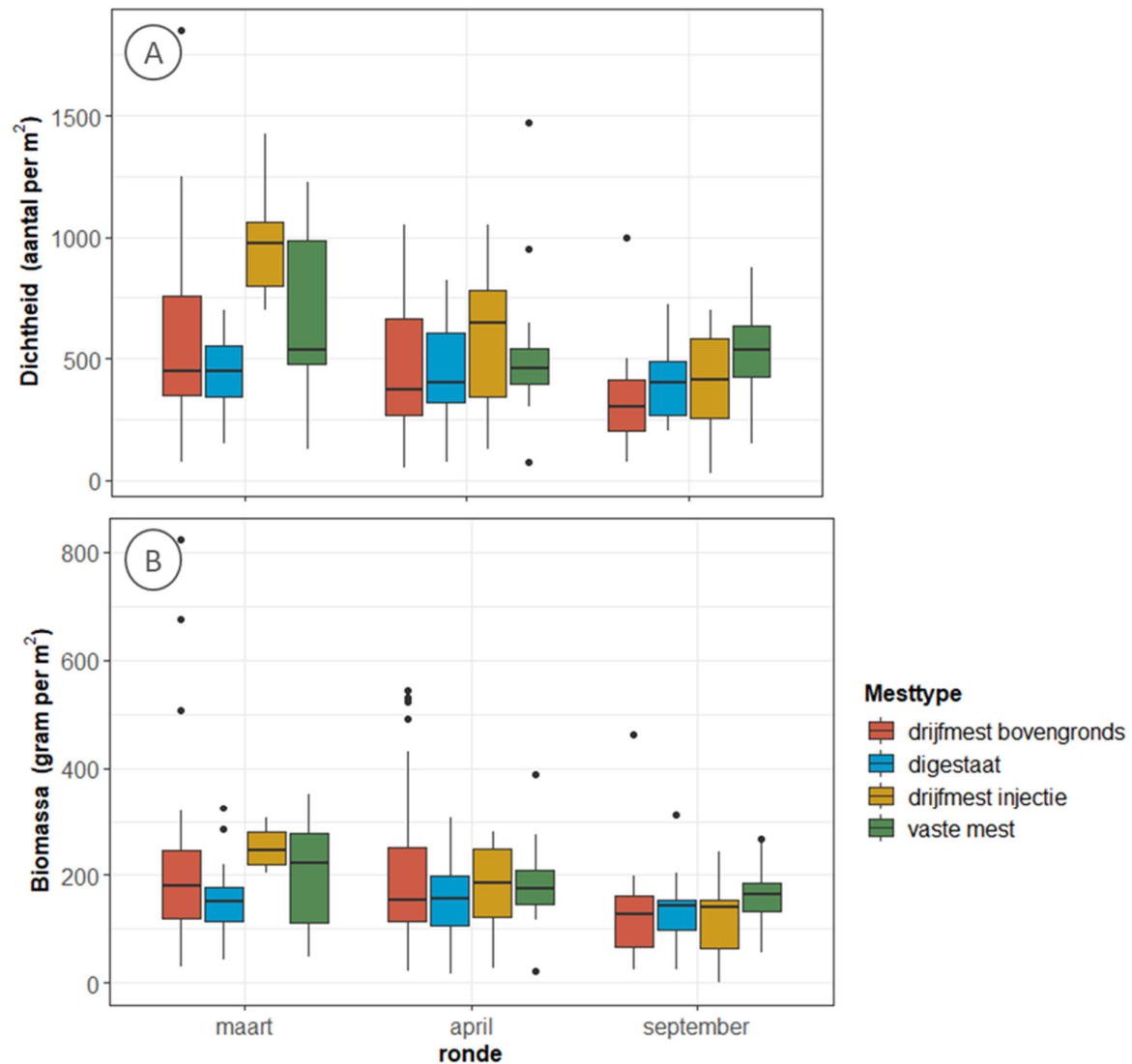
Het onderzoeken van de bodemmicrobiologie is gedaan met de techniek Next Generation Sequencing (NGS). Hiermee worden stukken DNA in kaart gebracht die uniek zijn voor elk organisme. Vervolgens kunnen we met dit stukje DNA uit een database het bijbehorende organisme identificeren. Daardoor is het mogelijk om zeer veel informatie te verzamelen over een bodem: wat is de microbiële diversiteit, zijn er bacteriën aanwezig die stikstof kunnen vastleggen, zijn er bacteriën aanwezig die planten kunnen beschermen tegen stress? Door deze informatie te combineren met andere gegevens zoals chemische parameters en ziektedruk krijgen we een unieke inkijk in het functioneren van een bodem. In totaal zijn 106 bodemonsters genomen bij 11 verschillende boeren, verspreid over 4 meetmomenten gedurende het groeiseizoen. Naast de drie meetmomenten waar ook regenwormen zijn bemonsterd in maart, april en september is er voor de micro-organismen ook nog na de tweede bemestingsronde in juni bemonsterd. Per perceel zijn 2 monsters genomen per ronde. De aanwezige bacteriën, archaea en schimmels in alle monsters zijn door middel van NGS bepaald; in totaal gaat het om 327 analyses (106 monsters, 3 type micro-organismen).

Resultaten

Het jaar 2021 was qua temperatuur een normaal jaar, echter was de lente kouder en natter dan normaal en ook de zomer was aan de natte kant. Tijdens de eerste ronde in maart was het bodemvochtgehalte het hoogst en in de meeste percelen nam dit af gedurende de zomer. Een drogere bodem heeft meestal ook een hogere weerstand en die was daarom het hoogst in september. Er was wel wat variatie tussen percelen, wat voor een groot deel ook te maken had met het moment van bemonsteren. Sommige percelen zijn bemonsterd onder droge omstandigheden, terwijl andere tijdens dezelfde meetronde vlak na een regenbui zijn bemonsterd.

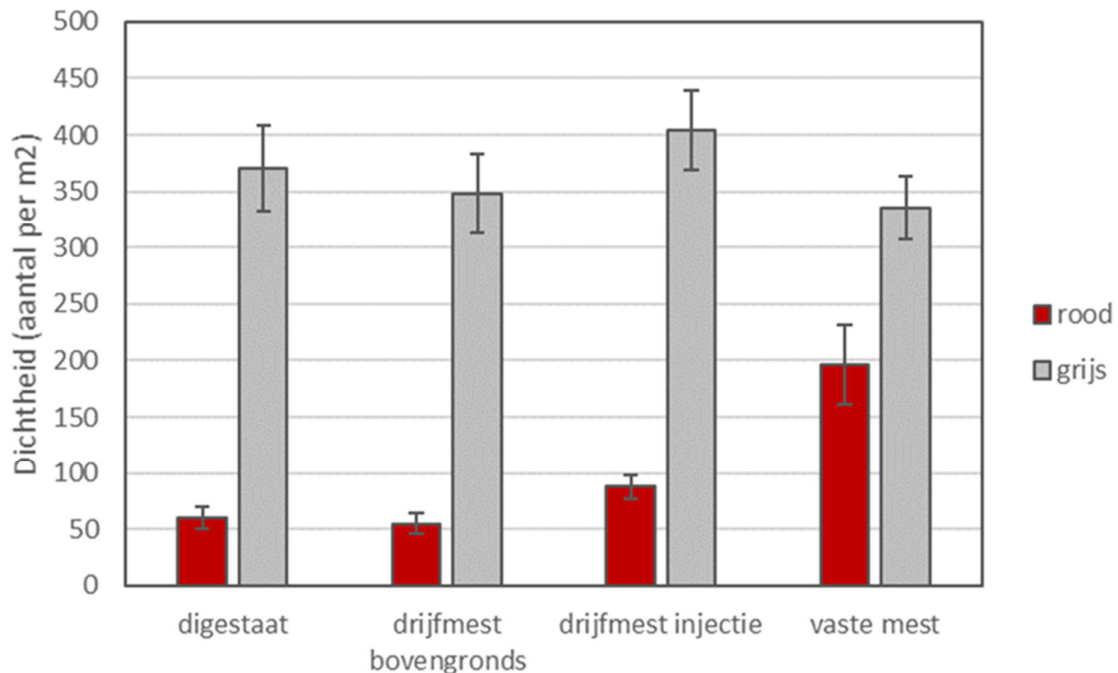
Regenwormen

De hoogste aantallen regenwormen werden gevonden tijdens de eerste meetronde in maart (fig. 3.4.15). Dat heeft vooral te maken met de gunstige omstandigheden voor regenwormen op dat moment, de bodems waren toen vochtigst en de regenwormen bevinden zich dan vooral in de toplaag van de bodem. We vonden geen significant verschil in totale dichtheid en biomassa van regenwormen tussen de verschillende vormen van bemesting (fig. 3.4.15).



Figuur 3.4.15: Dichtheid in aantal regenwormen per vierkante meter (paneel A) en biomassa in gram per vierkante meter (paneel B) per mesttype.

Wanneer we echter kijken naar de twee ecologische groepen regenwormen, dan is er geen effect van meetronde zichtbaar voor zowel rode als grijze wormen, maar wel van bemestingstype voor rode wormen (fig. 3.4.16). Grijze wormen hebben overal ongeveer dezelfde dichtheden, rode wormen dichtheden daarentegen zijn een stuk lager en nemen juist toe bij gebruik van vaste mest. Dit resultaat komt overeen met onderzoek dat we eerder hebben verricht op klei-op-veen bodems in Friesland, zie Onrust & Piersma (2019).

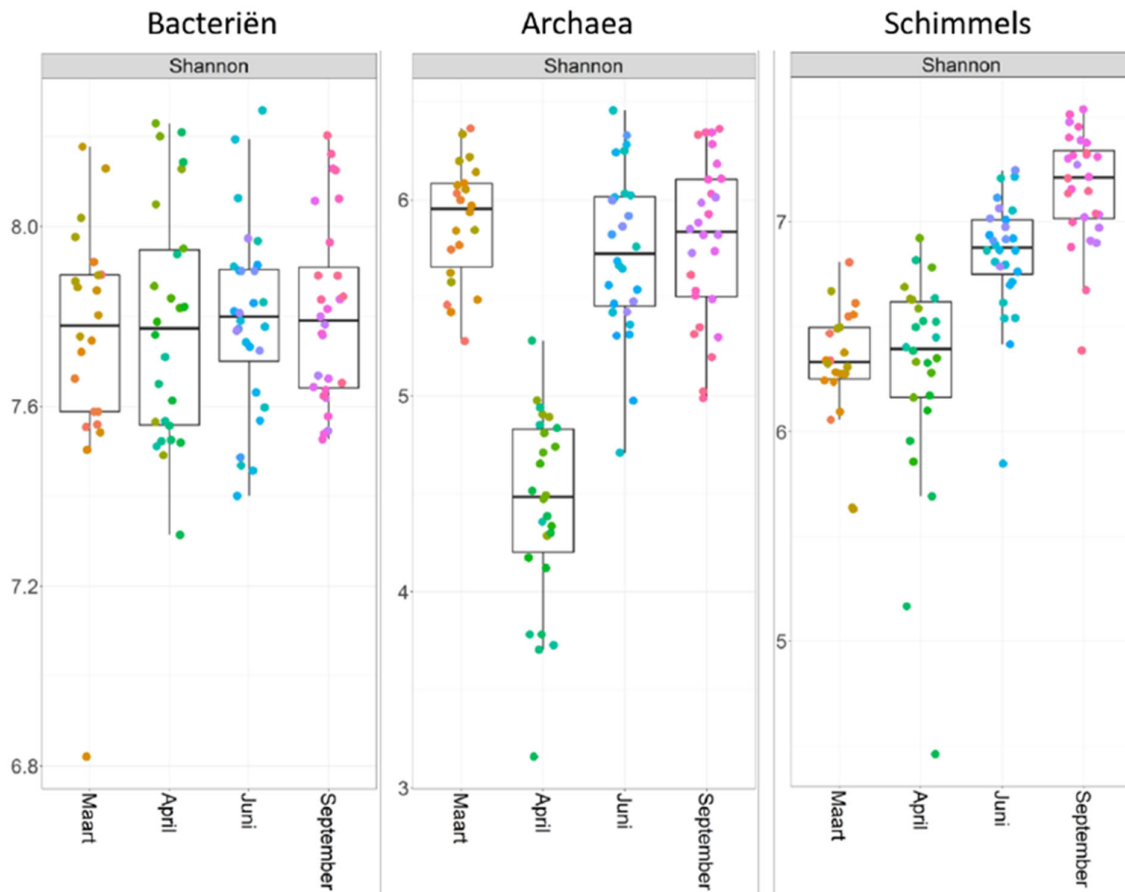


Figuur 3.4.16: Dichtheid voor grijze wormen en rode wormen per bemestingstype.

Micro-organismen

Onderdeel van de chemisch-fysische analyse is het bepalen van de hoeveelheid (levende) bacteriën en schimmels in de bodem en de totale hoeveelheid biomassa. De gevonden verschillen zijn niet statistisch significant en zijn ter indicatie. Er zijn verschillen te zien in de hoeveelheden biomassa wanneer deze ingedeeld worden per type bemesting. In de digestaatbodems worden gemiddeld de hoogste hoeveelheden biomassa, bacteriën en schimmels gevonden, gevolgd door de bodems waar bovengronds wordt bemest met drijfmest. Zodebemesting met drijfmest resulteert in de laagste hoeveelheden biomassa in de bodem.

Microbiële biodiversiteit wordt vaak gebruikt als maatstaaf voor de gezondheid van de bodem. Een bodem met een hogere biodiversiteit wordt veelal gezien als gezonder dan een bodem waar de biodiversiteit lager is. Om deze hypothese te testen is de Shannon diversiteitsindex van alle monsters bepaald. De Shannon-index is een bekende index uit de ecologie die niet alleen rekening houdt met het totaal aantal soorten (*“richness”*) in de bodem, maar ook met hoe vaak deze soorten voorkomen (*“evenness”*). Als eerste is de biodiversiteit van de microbiologie door het groeiseizoen heen onderzocht, waarbij nog geen onderscheid is gemaakt tussen het type bemesting (fig. 3.4.17). Het blijkt dat de gemiddelde biodiversiteit gedurende het groeiseizoen nagenoeg gelijk blijft voor de bacteriën. Archaea reageren daarentegen sterk op de eerste mestgift in april en laten een daling zien in biodiversiteit, maar herstellen zich weer vanaf juni. Voor de schimmels stijgt de biodiversiteit door het seizoen heen, met name in juni en september. Voor schimmels is dit te verklaren doordat het aantal soorten schimmels toeneemt naarmate de temperatuur en vochtigheid toenemen. Ook van archaea is bekend dat ze een sterker seizoenseffect ondervinden dan bacteriën.



Figuur 3.4.17: Biodiversiteits-index van alle monsters onafhankelijk van type bemesting. Iedere gekleurde stip staat voor één bodemmonster. De horizontale zwarte lijn in de boxplots geeft het gemiddelde van de groep weer.

Schimmels en bacteriën spelen een belangrijke rol voor de kwaliteit van de bodem en de groei en gezondheid van het gewas. Er zijn verschillende manieren waarop micro-organismen dit kunnen doen, bijvoorbeeld door het produceren van plantengroeihormonen en antibiotica tegen ziekteverwekkers, of het beschikbaar maken van voedingsstoffen zoals fosfaat en ijzer. Door de micro-organismen in te delen in functies en het aandeel hiervan in de bodem te bepalen kunnen uitspraken gedaan worden over hoe de microbiële bodemgezondheid van een bodem zich verhoudt tot andere bodems.

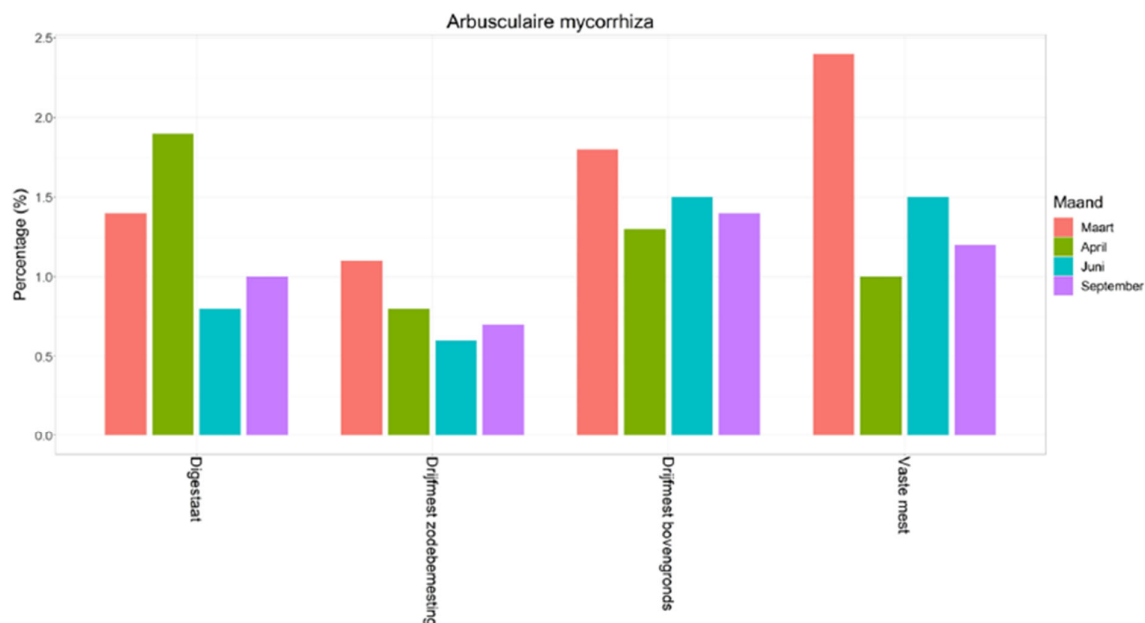
Schimmels

Een van de meest bekende plantengroei bevorderende schimmels zijn de arbusculaire mycorrhiza (AM) schimmels. Deze schimmels kunnen een samenwerking aangaan met de wortels van een groot aantal planten, waaronder grassen. De AM vergroten het worteloppervlakte en zorgen voor een verbeterde opname van voedingsstoffen en bescherming tegen ziekteverwekkers en droogte- en zoutstress (Begum *et al.*, 2019).

Om inzicht te krijgen in de invloed van bemesting op AM is het aandeel van deze soorten in de bodems bepaald. Het aandeel AM-schimmels is hoger in de bodems die bovengronds worden bemest ten opzichte van de mestinjectie. Er zit geen verschil in het aandeel AM in de bovengronds bemeste percelen

(vaste mest en drijfmest). Dit leidt tot de conclusie dat het bovengronds aanbrengen van mest een positief effect heeft op het voorkomen van AM-schimmels.

In de digestaatbodems nemen de AM in april als enige toe en lijken gestimuleerd te worden door bemesting met digestaat (fig. 3.4.18). Dit wordt ook bevestigd vanuit de literatuur, waar in potproeven is aangetoond dat digestaat een positieve invloed heeft op de nuttige AM-schimmels (Ren *et al.*, 2020). In datzelfde onderzoek werd aangetoond dat kunstmest juist een negatief effect heeft op AM; dit is mogelijk een verklaring van de afname in het aantal AM-schimmels vanaf juni.



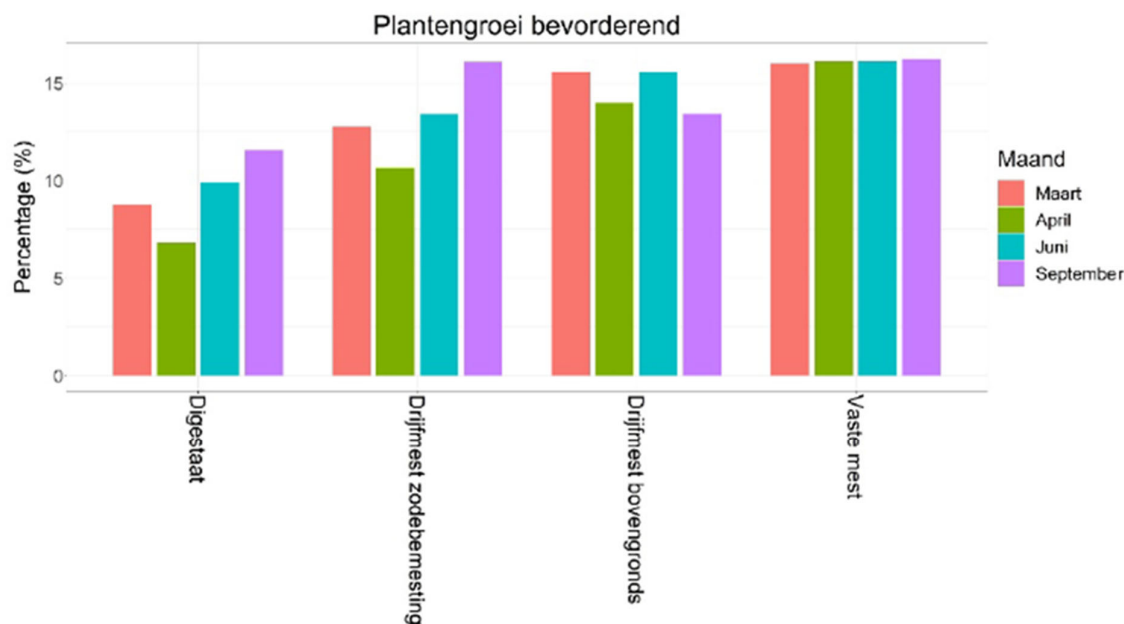
Figuur 3.4.18: Het aandeel plantgezondheid bevorderende arbusculaire mycorrhiza schimmels. Het aandeel van deze schimmels is hoger bij bovengrondse bemesting.

Bacteriën

Bovengronds bemesten zorgt voor een statistisch significant hoger aantal plantengroei bevorderende bacteriën dan zodebemesting (fig. 3.4.19). Daarnaast werden er ook de meeste bacteriën die planthormonen kunnen produceren, gevonden in de bodems waar bovengronds wordt bemest. Met name vaste mest zorgt voor een stabiel aantal PGPB in de bodem. Een groot deel van deze bacteriën behoort tot de *Bacillus*. Deze soort staat bekend om hun plantengroei bevorderende en ziekte-onderdrukkende eigenschappen (Shafi *et al.*, 2017). Ook spelen *Bacilli* een belangrijke rol in de weerbaarheid van het gewas tegen periodes van droogte (Azeem *et al.*, 2022). Het is daarom aannemelijk dat het meer voorkomen van deze soorten in bodems waar bovengronds wordt bemest positief is voor het gewas en dat dit gewas ook beter bestand is tegen periodes van droogte.

Statistische analyse laat zien dat in de percelen waar zodebemesting wordt toegepast, een aantal soorten meer voorkomen die onder anaerobe omstandigheden (zonder zuurstof) leven. Het is bekend dat zodebemesting zuurstof onttrekt aan de bodem, doordat de organische fractie van de drijfmest zuurstof onttrekt en omdat voor de omzetting van ammoniak naar nitraat (nitrificatie) zuurstof nodig is. Wanneer

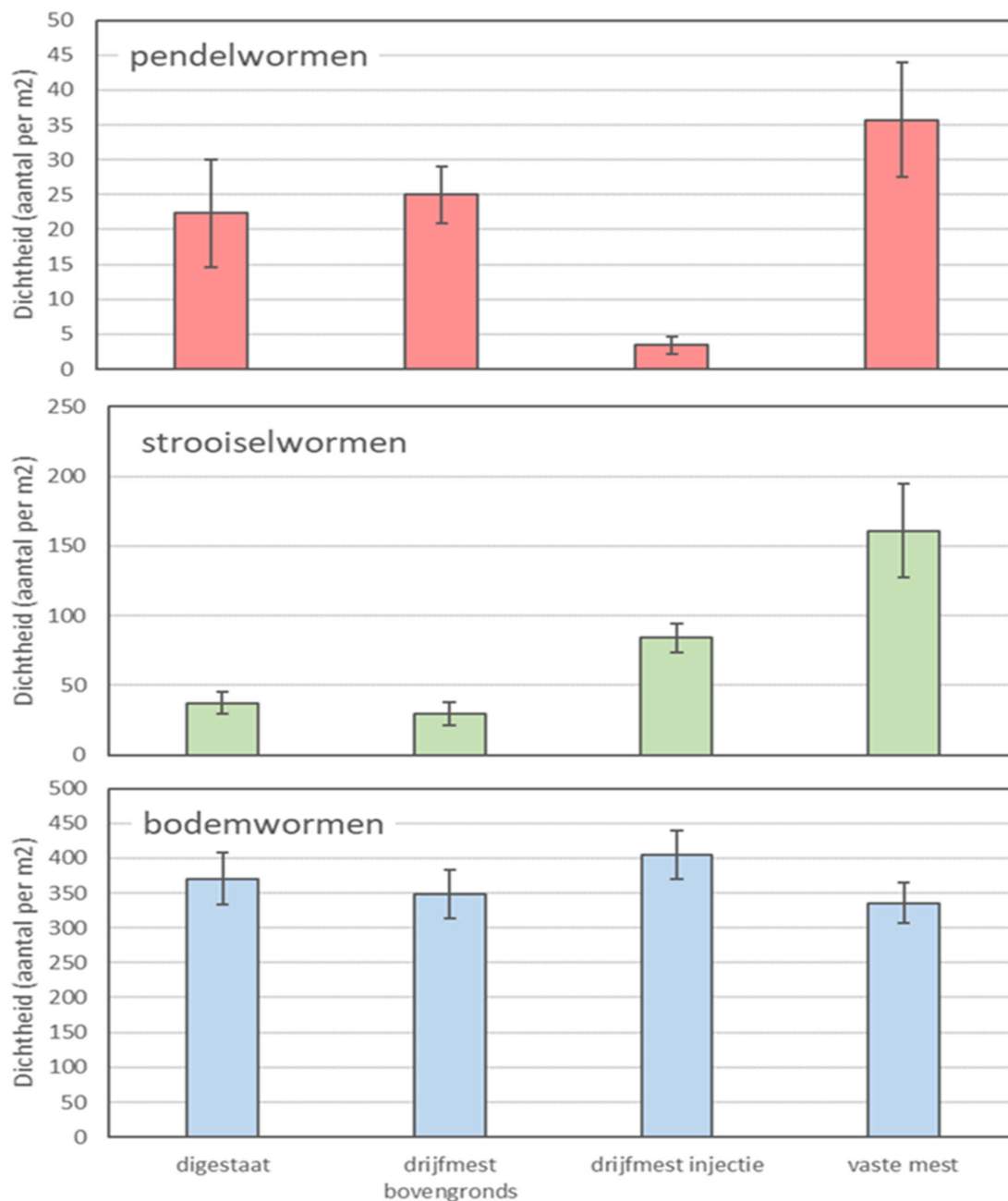
de mest, en daarmee de ammoniak, direct in de bodem wordt gebracht zal de zuurstof die nodig is voor de omzetting naar nitraat ook uit de bodem worden onttrokken. Dit kan zorgen voor (kleine) zuurstofloze zones in de bodem, waar anaerobe soorten kunnen overleven.



Figuur 3.4.19: Het aandeel bacteriën in de bodem met plantengroei bevorderende eigenschappen. Het aandeel van deze bacteriën is hoger bij bovengronds bemesten.

Discussie

Dit onderzoek laat zien dat het belangrijk is om een hele populatie van bodemorganismen in kaart te brengen. Wanneer we namelijk alleen naar totale dichtheden van regenwormen kijken, zien we geen verschil tussen de verschillende vormen van bemesting. Maar wanneer we kijken naar ecologische groepen regenwormen, dan zien we een positief effect van vaste mest op rode wormen. Het is bekend dat de hoogste dichtheden van regenwormen meestal gevonden worden in gangbare percelen waar de hoogste mestgift is. Echter, zoals we al in het jaarverslag van 2021 hebben kunnen lezen over het onderzoek van masterstudent Rob Venderbos, neemt het gemiddelde wormengewicht af bij hogere dichtheden. Ditzelfde negatieve verband vonden we ook in dit onderzoek. Dat heeft waarschijnlijk te maken met het ontbreken van pendelwormen in intensieve percelen. Deze wormen, die ook onder de rode wormen vallen (zie fig. 3.4.14), zijn grote regenwormen en wegen gemiddeld 0.8 gram, in tegenstelling tot strooisel- en bodemwormen die gemiddeld 0.3 gram zijn. Wanneer we de regenwormenresultaten opsplitsen in deze drie groepen per bemestingstype, dan zien we ook dat juist pendelwormen bij drijfmestinjectie in lagere dichtheden voorkomen dan bij andere bemestingstypen (fig. 3.4.20). Dat kan meerdere oorzaken hebben. Ten eerste kunnen regenwormen door de messen van de injector gedood worden, evenals de zuurstofarme condities die kort ontstaan direct na het injecteren. Dit is vooral een probleem bij vochtige omstandigheden, omdat dan de regenwormen zich in de bovenste paar centimeter van de bodem bevinden en de kans om daarmee in aanraking te komen dus groter is.



Figuur 3.4.20: Dichtheden van de drie ecologische groepen regenwormen per mesttype.

2021 was een relatief nat voorjaar en dus is het waarschijnlijker dat veel regenwormen gedood zijn door het injecteren van mest (Onrust *et al.* 2019).

Ten tweede zou het ook kunnen komen door de kwaliteit van de mest als voedselbron voor regenwormen en daarin spelen micro-organismen een belangrijke rol. Dit onderzoek heeft namelijk ook laten zien dat bemesting en de manier van aanwenden een groot invloed heeft op de micro-organismen in de bodem. Bovengronds bemesten heeft een positieve invloed op schimmels en bacteriën die gelinkt zijn aan gewasgezondheid en droogtebestendigheid. Het aandeel van deze soorten is zowel hoger als stabiel door het groeiseizoen heen ten opzichte van percelen waar zodebemesting wordt toegepast.

Gezien de steeds vaker voorkomende periodes van droogte zijn deze soorten ook belangrijk voor klimaatbestendig boeren. Maar bovenal, kan dit ook zeker voor regenwormen belangrijk zijn. Zoals we eerder al beschreven, zijn juist voor rode wormen schimmels belangrijk als voedselbron. De resultaten die we nu gevonden hebben komen overeen met de resultaten uit eerder onderzoek, waarin we ook zagen dat rode wormen meer voorkomen in percelen met vaste mest bemesting en ook harder groeien op vaste mest dan op drijfmest (Onrust & Piersma 2019).

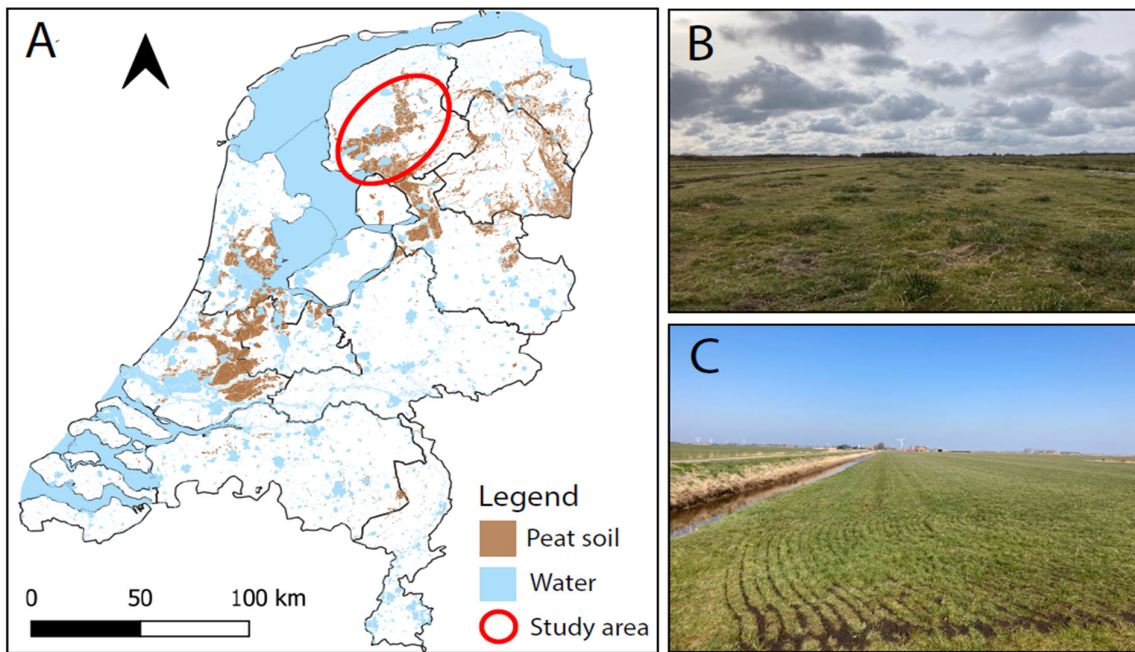
Het verstoren van de toplaag van de bodem is dus niet alleen direct nadelig voor regenwormen, maar ook voor de micro-organismen en daarmee dus ook indirect nadelig voor regenwormen. Een bodem die droogtebestendiger is ook gunstig voor regenwormen omdat ze daarmee actief blijven en dus ook beschikbaar als voedselbron voor weidevogels (Onrust *et al.* 2019). Uit verdere analyse van de resultaten blijkt ook dat bij bovengronds bemesten (drijfmest of vaste mest) meer gebruik wordt gemaakt van de capaciteit van de bodem om stikstof vast te leggen. Een bodem die gebruikmaakt van biologische stikstofvastlegging behoeft minder kunstmest en dat is weer gunstig voor schimmels en dus ook voor rode wormen.

Hoewel we in dit jaarverslag een kort overzicht geven van de gevonden resultaten en we geen directe verbanden hebben onderzocht, geeft het al wel, samen met voorgaand onderzoek, een beeld over hoe bemesting van invloed op het bodemleven en dat dit niet alleen nadelig is voor de biodiversiteit onder de grond, maar ook voor de biodiversiteit bovengronds en voor de boeren. Dit onderzoek zal verder uitgewerkt worden en Eline Keuning is begonnen aan haar promotieonderzoek over dit onderwerp zal hier dus vaker over publiceren.



3.4.5 Achtergrond onderzoek bodemgezondheid Friese veenbodems

In maart 2022 hebben wij op 30 graslanden op veengrond metingen gedaan aan de bodem, vegetatie en waterhuishouding. Ook hebben we bodemonsters genomen om verder te analyseren in het laboratorium om een beter beeld te krijgen van de chemische toestand van de bodem en de samenstelling van het bodem-voedselweb. Daarnaast hebben we via interviews met desbetreffende boeren/beheerders informatie verzameld over het beheer (bemesting, grondbewerking en beweiding). Het doel is om te zien hoe goed Friese veenbodems (fig. 3.4.21 A) onder verschillende vormen van beheer (door natuurorganisaties, biologische boeren en gangbare boeren; fig. 3.4.21 B en C) in staat zijn om vijf belangrijke ecosysteemdiensten te leveren. Het gaat hierbij om: 1) het watervasthoudend vermogen van de bodem, 2) de opslag van koolstof, 3) het recyclen van nutriënten, 4) het promoten van de soortenrijkdom (zowel boven- als ondergronds) en 5) het optimaliseren van de grasopbrengst. Ook willen we de metingen gebruiken om de [Soil Navigator Tool](#) te testen en, indien nodig, aan te passen, zodat deze ook betrouwbare resultaten geeft op veenbodems. Deze tool is ontwikkeld voor boeren en adviseurs om ecosysteemdiensten van landbouwbodems te berekenen, maar is tot nu toe nog niet getest op veengrond.



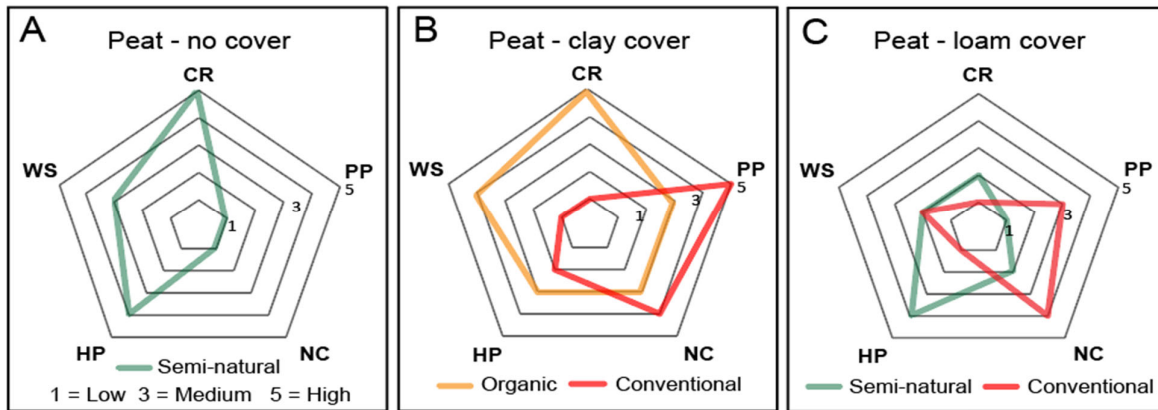
Figuur 3.4.21: Het onderzoeksgebied. A) Kaart van Nederland met in bruin de veengebieden. De rode cirkel geeft de locatie van het onderzoeksgebied aan. B) Voorbeeld van een extensief beheerd perceel met hoge waterstanden en een veenbodem zonder minerale deklaag. C) Voorbeeld van een intensief (gangbaar) beheerd perceel met lage waterstanden en een minerale deklaag op veen.

3.4.6 Ecosysteemdiensten Friese Veenbodems

In het Friese veenweidegebied komen 3 soorten veenbodems voor: 1) veen zonder minerale deklaag, 2) veen met een deklaag (<40 cm dik) van klei, en 3) veen met een deklaag (<40 cm dik) van leem. Er komen ook veel bodems voor in Friesland met een deklaag van >40 cm op veen, dit zijn echter officieel geen veenbodems maar minerale bodems (klei of leem) op veen.

Veen zonder deklaag

De meeste veenbodems zonder deklaag in ons onderzoek zijn eigendom van een natuurorganisatie en worden extensief beheerd door pachters (vaak boeren) uit de omgeving met als doel: hoge bovengrondse soortenrijkdom (HP) in plaats van hoge grasopbrengsten (PP) (fig. 3.4.22 A). Het beheer wordt onder andere gekenmerkt door relatief hoge grondwaterstanden, een lage mestgift (uitsluitend vaste mest), en uitgesteld maaien. Deze veenbodems hebben over het algemeen: 1) een relatief hoog watervasthoudend vermogen van de bodem (WS), 2) een hoge koolstofopslag (CR) op basis van het feit dat ze een lage CO₂ uitstoot hadden in maart 2022, 3) beperkte nutriënten recycling (NC), 4) een vrij hoge bovengrondse soortenrijkdom (HP), en 5) een lage grasopbrengst (PP; fig. 3.4.22 A). Het relatief hoge watervasthoudend vermogen van deze veenbodems komt deels door de ondiepe drainage en deels door het hoge organische stofgehalte van de toplaag. Het hoge vochtgehalte zorgt er samen met een lage pH voor dat er minder afbraak van organisch materiaal is, waardoor de nutriënten recycling beperkt is en de CO₂ uitstoot relatief laag is. In de zomer, als de bodems verder uitdrogen, verwachten we wel weer een hogere CO₂ uitstoot van deze veenbodems zonder minerale deklaag. De lage grasopbrengst van deze veenbodems komt deels door beheersmaatregelen zoals een beperkte mestgift, ondiepe drainage, niet bekalken en beperkt maaien, en deels door de eigenschappen van het veen zoals een hoger vochtgehalte, een lagere pH en een beperkt draagvermogen van de bodem.



Figuur 3.4.22: Huidige levering van de vijf ecosysteemdiensten per bodemsoort. CR staat voor *Climate Regulation* - het vermogen van de bodem om koolstof op te slaan. PP staat voor *Primary Productivity* - in dit onderzoek de grasopbrengst. NC staat voor *Nutrient Cycling* - het vermogen om nutriënten te recycleren. HP staat voor *Habitat Provision* - de mate waarin de bodem een geschikte leefomgeving vormt voor boven- en ondergrondse soorten. Tot slot staat WS voor *Water Storage* - het watervasthoudend vermogen van de bodem. Voor elke combinatie van bodemsoort en beheer, met drie of meer percelen per groep, hebben wij de vijf ecosysteemdiensten van een score voorzien van 1 laag (low) tot 5 hoog (high). Let op: de scores zijn toegekend in de context van Fries veen, gekenmerkt door relatief grote percelen, lage grondwaterstanden en vrij intensief landgebruik, en zouden anders zijn als de levering van ecosysteemdiensten van onze 30 percelen zou zijn vergeleken met die van een natuurlijk veen. A) Ecosysteemdiensten van veenbodems zonder deklaag, beheerd als semi-natuurlijk grasland (groen). B) Ecosysteemdiensten van veenbodems met een deklaag van klei beheerd als productiegrasland volgens biologische (oranje) of gangbare (rood) richtlijnen. C) Ecosysteemdiensten van veenbodems met een deklaag van leem beheerd als gangbaar productiegrasland (rood) of semi-natuurlijk grasland (groen).

Veen met een minerale deklaag

De meeste veengronden met een minerale deklaag worden gebruikt als productiegraslanden binnen melkveehouderijen. Van de tien percelen in ons onderzoek met een kleidek, werd de ene helft biologisch en de andere helft gangbaar beheerd. Er zijn duidelijke verschillen in ecosysteemdiensten tussen deze beide groepen (fig. 3.4.22 B). Graslanden met gangbaar beheer, gekenmerkt door een hoge mestgift, lage waterstanden en regelmatig maaien, hebben een hoge grasopbrengst (PP), snelle nutriënten recycling (NC), een lage koolstofopslag (CR), een laag watervasthoudend vermogen van de bodem (WS) en een beperkte (bovengrondse) soortenrijkdom (HP; fig. 3.4.22 B). Biologisch beheerde graslanden met onder andere hogere waterstanden, een minder hoge mestgift, en kruidenrijke bedekking, hebben een lagere grasopbrengst (PP) en nutriënten recycling (NC) en een hogere koolstofopslag (CR), watervasthoudend vermogen (WS) en soortenrijkdom (HP; fig. 3.4.22 B). Van de negen percelen met een mineraal dek van leem, worden 6 percelen gangbaar beheerd als productiegrasland. Deze percelen hebben, behalve een iets lagere grasopbrengst (PP), vrij vergelijkbare ecosysteemdiensten als gangbaar beheerde percelen met een kleidek (fig. 3.4.22 C). De percelen met een leemdek beheerd als semi-natuurlijk grasland, hebben vrij afwijkende ecosysteemdiensten ten opzichte van 1) andere percelen met een leemdek en 2) andere semi-natuurlijke graslanden (fig. 3.4.22 C). Omdat deze groep maar uit 3 percelen bestaat, raden we aan om eerst meer onderzoek te doen voordat er conclusies kunnen worden getrokken met betrekking tot ecosysteemdiensten van semi-natuurlijke graslanden op veen met een leemdek.

Het optimaliseren van ecosysteemdiensten op veen:

Het is interessant om te zien dat er een duidelijke wisselwerking is tussen het watervasthoudend vermogen (WS) en de koolstofopslag (CR) aan de ene kant, en snelle nutriënten recycling (NC) en hoge grasopbrengsten (PP) aan de andere kant. Beheersmaatregelen om de grasopbrengsten (PP) te verhogen op veengrond, zoals (diepe) drainage, bekalken en een hoge besmettingsgraad, leiden vaak automatisch tot een snelle nutriënten recycling (NC), en een afname in watervasthoudend vermogen (WS) en koolstofopslag (CR). De snelle afbraak van organisch materiaal zorgt naast het vrijkomen van nutriënten en CO₂ ook voor bodemdaling en een geleidelijke verandering in bodemsoort, van een veenbodem naar een minerale bodem. Aan de andere kant zorgt het extensiveren van het beheer, door onder andere minder diepe drainage en een minder hoge stikstofgift, ervoor dat het watervasthoudend vermogen van de bodem (WS) en de koolstofopslag (CR) sterk verbeteren, maar nutriënten recycling (NC) en grasopbrengsten (PP) afnemen. Uit onze resultaten van 30 graslanden op veengrond blijkt dat, afhankelijk van de mate van extensiveren, de afname in PP relatief klein (~10% voor biologische landbouw) of groot is (~50% voor percelen van de natuurorganisaties). Deze afname in grasopbrengsten heeft een negatieve invloed op de uiteindelijke winst van de desbetreffende boeren. Om het financieel rendabel te maken, is een hogere prijs voor de melk/het vlees nodig, en/of moeten boeren financieel gecompenseerd worden voor het leveren van ecosysteemdiensten.

De bovengenoemde resultaten van ons onderzoek naar bodemfuncties op Friese veenbodems komen binnenkort beschikbaar als publicatie (Kraamwinkel et al., *in pub.*).

3.4.7 De Soil Navigator Tool

Deze tool werkt als volgt: aan de hand van informatie over bodem, water, klimaat en management, berekent de tool op perceelsniveau (via een vrij uitgebreide keuzeboom) hoe goed de bodem in staat is om de vijf ecosysteemdiensten te leveren. Voor elke ecosysteemdienst, aangeduid als bodemfunctie in de tool, krijgt het perceel een score; laag, gemiddeld of hoog. De tool kan tevens advies geven voor het optimaliseren van bepaalde ecosysteemdiensten.

De resultaten van ons onderzoek laten zien dat de Soil Navigator Tool (nog) niet in staat is om betrouwbare resultaten te geven met betrekking tot ecosysteemdiensten van Friese veenbodems. Van de vijf ecosysteemdiensten is de Soil Navigator het beste in staat om de grasopbrengst te bepalen. Met name voor percelen van natuurorganisaties is dit echter, mogelijk door het (uitgestelde) maaibeleid op deze percelen, vaak een overschatting van de opbrengst. Voor het watervasthoudend vermogen, de boven- en ondergrondse soortenrijkdom, en het vermogen van de bodem om koolstof op te slaan, is de originele tool niet in staat om betrouwbare uitkomsten te geven op veengrond. Om de uitkomsten te verbeteren, hebben wij de tool aangepast voor veengrond. De eerste resultaten van de aangepaste tool lijken te wijzen op een betere berekening van bodemfuncties op veen. Meer onderzoek is echter nodig om dit te bevestigen, voordat we het gebruik van de aangepaste tool aan kunnen raden aan boeren/beheerders. Voor nutriënten recycling op veengrond is zowel de originele als de aangepaste versie van de tool niet in staat om de levering van deze dienst goed in te schatten. Wij raden dan ook aan om voor deze ecosysteemdienst een geheel nieuw model te maken, dat volledig toegespitst is op veengrond. Voor nu hebben we dus helaas nog geen werkende tool die in de praktijk gebruikt kan worden voor het berekenen en optimaliseren van ecosysteemdiensten op (Friese) veenbodems. Dit onderzoek is echter een belangrijke eerste stap in de ontwikkeling van zo'n tool.

Wij hopen de bovengenoemde resultaten van ons onderzoek naar het gebruik van de Soil Navigator Tool op veengrond binnenkort te publiceren (Kraamwinkel, *in review*).

3.4.8 Mogelijke risico's van pesticiden op bodemleven en weidevogels

Dit is een bijdrage van Aafke Saarloos en Nico van de Brink (WUR)

Vanuit de vakgroep Toxicologie van Wageningen University (WUR) is onderzoek gedaan naar de mogelijke risico's van pesticiden op bodemleven en weidevogels. Op dit moment is er weinig wetenschappelijke onderbouwing voor directe effecten van pesticiden op bodemleven en weidevogels *onder milieumomstandigheden*. Organismen staan mogelijk bloot aan meerdere stoffen onder variabele omstandigheden, wat ze gevoeliger zou kunnen maken voor negatieve effecten van de gebruikte stoffen. Op dit moment is alleen niet bekend aan welke stoffen, en aan welke hoeveelheden het bodemleven en weidevogels worden blootgesteld. De startvraag voor dit deelonderzoek is daarom:

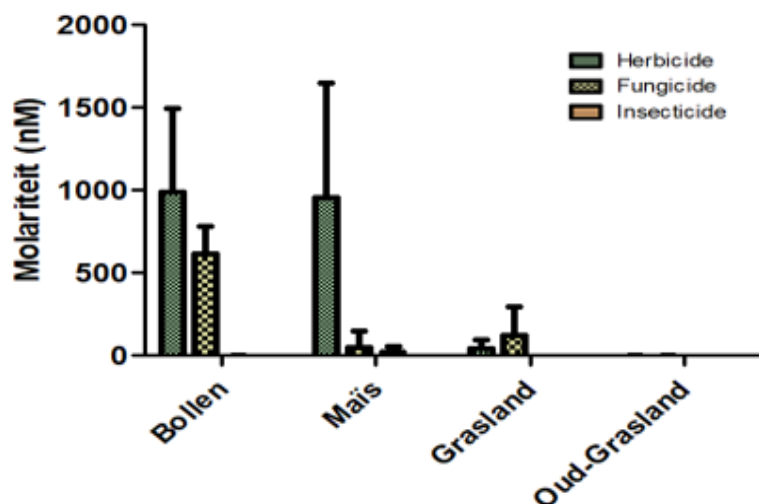
Welke pesticiden en hoeveel daarvan kunnen teruggevonden worden in verzamelde grond- en wormenmonsters?

In juni en juli 2020 zijn in zuidwest Friesland, bodem- en wormenmonsters verzameld. We hebben bij 7 grondeigenaren 26 percelen bemonsterd: 8x grasland, 7x maïs, 4x bloembollen en 7x oud-grasland. Oud-grasland houdt in dat zover bekend bij de grondeigenaar, geen ander gewas dan gras op het betreffende perceel is verbouwd. Afhankelijk van hoe ver terug de geschiedenis van het perceel bekend was bij de grondeigenaar, vond op een oud-grasland perceel minstens 20 jaar permanente grasteelt plaats. De verzamelde monsters zijn op 646 pesticiden geanalyseerd. Echter, op het moment van schrijven zijn we nog bezig met het optimaliseren van het analyseapparaat voor het meten van glyfosaat en zijn bijbehorende metaboliet AMPA. In de hierna genoemde resultaten zijn deze stoffen dus niet meegenomen. Ook moeten de wormen op het moment van dit schrijven nog verwerkt en geanalyseerd worden.

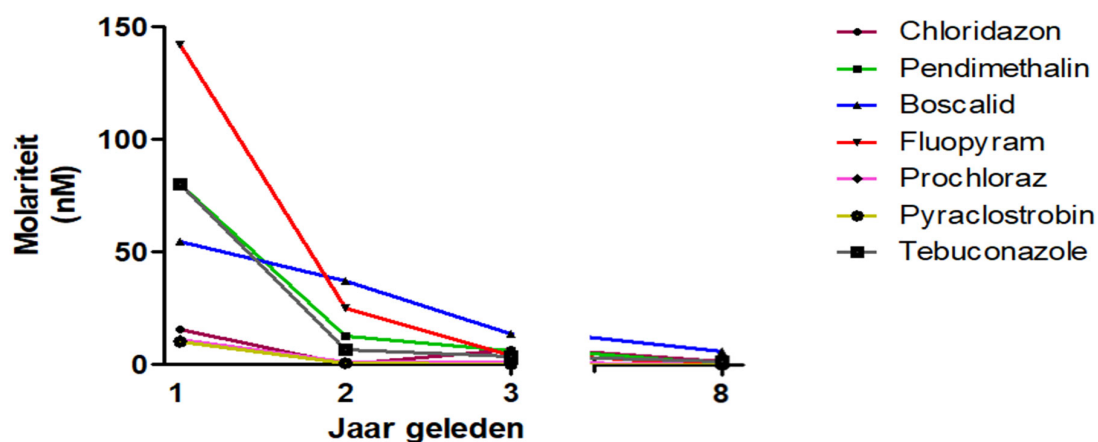
De kleinste aantallen en laagste concentraties aan pesticiden worden aangetroffen in percelen met oud-grasland (fig. 3.4.23). Hoe recenter de verandering in gewassenteelt was, des te meer pesticiden, en in hogere concentraties, ze worden aangetroffen. De algemene trend laat dan ook zien dat de hoogste concentraties aan pesticiden worden waargenomen in bloembollen- en maïsteelt. Een belangrijke opmerking bij deze grafiek is wel, dat ons eerste onderzoek heeft plaatsgevonden gedurende één specifiek verzamelmoment (juni/juli 2020). Op dat moment werden veel maïsvelden bespoten met herbiciden wat tot hoge concentraties leidt, terwijl de bollen meestal al waren gerooid. Het seizoen en daarmee tijd van het jaar is een belangrijke en bepalende factor voor welke pesticiden worden toegepast, en kan daarmee van invloed zijn op de concentraties aan pesticiden die in verschillende teelten worden gevonden. De concentraties aan pesticiden nemen af met de tijd vanaf het moment dat een perceel in ander gebruik wordt genomen. Echter, op percelen met een geschiedenis van bloembollenteelt worden nog steeds pesticiden aangetoond ondanks dat de omzetting jaren geleden heeft plaatsgevonden (fig. 3.4.24). Daarmee was het aantal en de hoeveelheid aan gedetecteerde pesticiden in graspercelen sterk afhankelijk van het historisch landgebruik.

Uit onze eerste inzichten kunnen we voorlopig concluderen dat de aantallen, het type en de hoeveelheid pesticiden waar het bodemleven en weidevogels aan blootgesteld worden, afhankelijk is van het huidige

en historisch landgebruik. De blootstelling aan deze wisselende mix van pesticiden, resulteert mogelijk in verschillende effecten voor het welzijn van het bodemleven en weidevogels. Vervolgonderzoek moet uitwijzen of en wat de eventuele effecten voor deze organismen zijn.



Figuur 3.4.23: Gemiddelde concentratie aan pesticiden gevonden in een perceel in juni/juli 2020 en de bijbehorende standaarddeviatie.



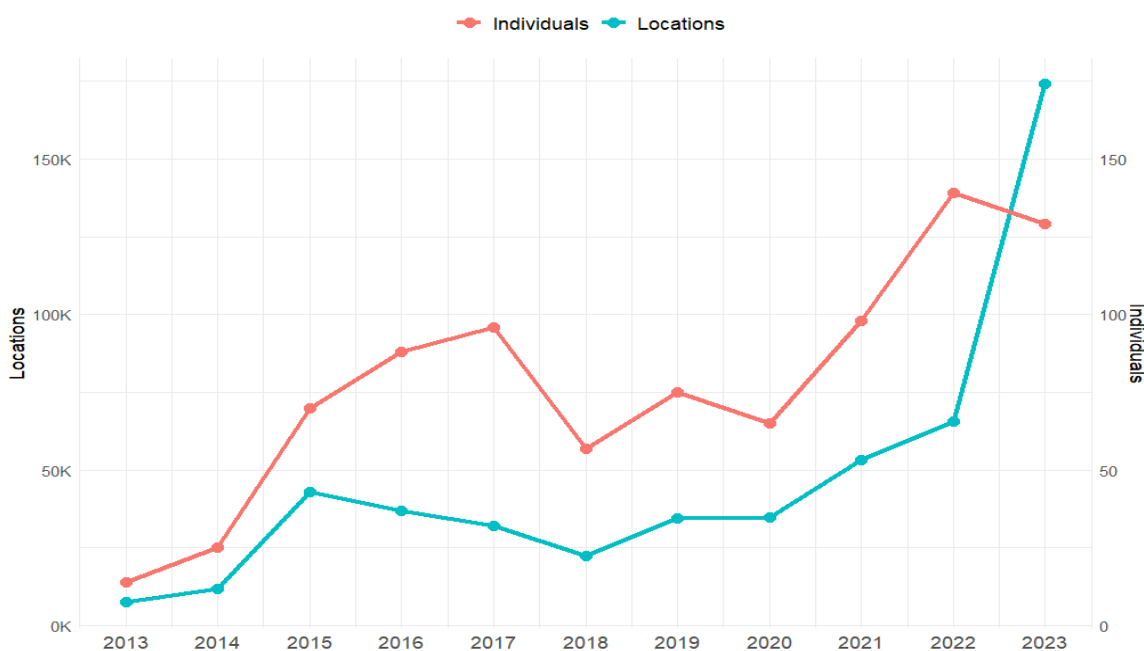
Figuur 3.4.24: gemeten concentraties van pesticiden in graslandpercelen waar eerder bollenteelt heeft plaatsgevonden. De x-as geeft aan hoeveel jaar geleden er bloembollen op het grasperceel hebben gestaan, de y-as vermeldt de concentratie aan pesticiden.

3.5 Landgebruik meten en grutto's volgen met satellieten

Onderzoekers: Taylor Craft, Wouter Vansteelant, Anne Beaulieu en Ruth Howison

3.5.1 Satelliet-tracking van grutto's, overzicht Oost-Atlantische Flyway 2013-2023

Sinds januari 2013 hebben we 599 grutto's gevolgd met een satellietzender. De grutto's werden in 2013 aanvankelijk uitgerust met 9,5g zenders. De zendertechnologie is snel vooruitgegaan en sinds 2015 waren kleinere 5g-zenders in productie en werden ze ingezet bij het grutto onderzoek. In de daaropvolgende jaren is de technologie ook verder verbeterd wat betreft het aantal en de nauwkeurigheid van de coördinaten die dagelijks van de zenders worden ontvangen (fig. 3.5.1). De zenders registreren het tijdstip waarop elke XY-coördinaat wordt genomen, zo kunnen we individuele vogels in tijd en ruimte volgen langs de hele vliegroute. De patronen van beweging en habitatgebruik van al deze individuen kunnen we in verband brengen met andere ruimtelijke gegevens zoals weersomstandigheden (wind, temperatuur), vochtgehalte van het grondoppervlak, productiviteit van de vegetatie en intensiteit van het landgebruik. De volledige jaarlijkse routine van een grutto wordt zichtbaar wanneer de zender één of meerdere jaren actief blijft. Deze tracks geven inzicht in de herhaalbaarheid en variabiliteit van individuele routines. De ruimtelijke verdeling van de coördinaten geeft inzicht in gebieden die worden gebruikt, specifiek door grutto's, maar ook inzicht in welke gebieden belangrijk zijn voor zowel stand- als trekvogels en steltlopers langs de volledige East Atlantic Flyway (fig. 3.5.2). Langdurige monitoring stelt onderzoekers in staat de jaarlijkse routines van vogels te documenteren. De bewegingspatronen stellen ons in staat om veranderingen in het milieu op afstand (bijna in real time) waar te nemen. Alle vogels samen kunnen gebieden laten zien die stabiel blijven: dezelfde plaatsen worden steeds weer gebruikt. Of we kunnen veranderingen in de omgeving waarnemen wanneer vogels eerder gebruikte gebieden vermijden. Ook zien we wanneer nieuwe habitats ontstaan als nieuwe gebieden door vogels worden gekoloniseerd.



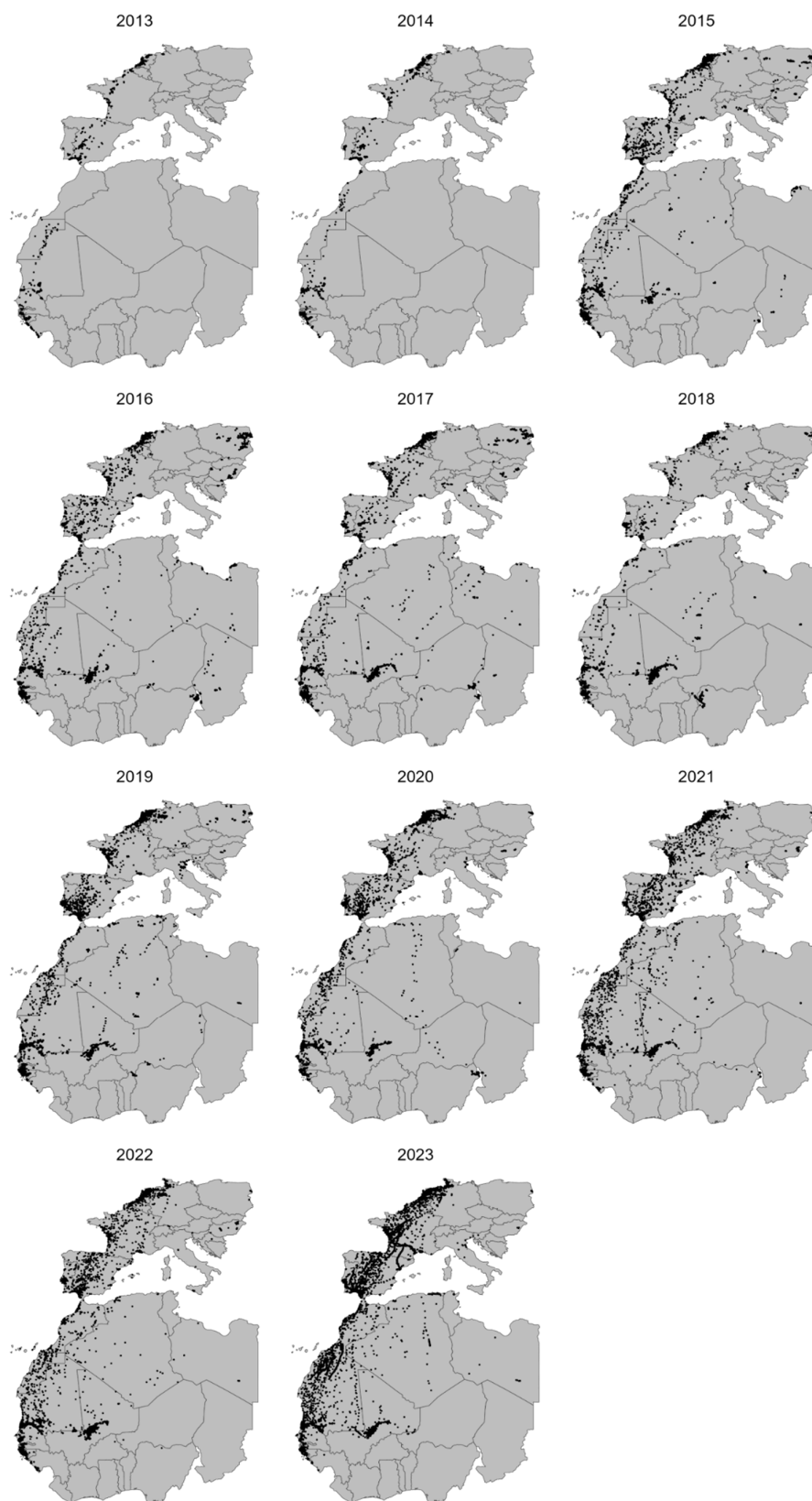
Figuur 3.5.1: Het aantal locaties (blauwe lijn) en het aantal gemerkte grutto's (rood) sinds 2013.

Door te analyseren waar XY-coördinaten van gevolgde gezenderde vogels clusteren kunnen we hotspots identificeren waar veel vogels samenkomen. Dit levert belangrijke informatie op voor bescherming en beleid van de habitat van watervogels. We weten nu dat grutto's op hun hele trekroute gebruik maken van natte landbouwgronden. Graslanden voor zuivelproductie in Noordwest-Europa; rijstlandbouw, visteelt, zoutpannen en estuariene slikken in Zuid-Europa; en rijstlandbouw en mangrove-estuarium in West-Afrika. Om volledig te begrijpen waarom bepaalde gebieden hotspots worden, is het noodzakelijk veldonderzoek te verrichten. Via zorgvuldig geplande expedities hebben we langs de hele grutto trekroute gegevens verzameld over de plaatselijke milieusituatie en het landgebruik, en met behulp van interviews hebben we de huidige uitdagingen, plannen voor ontwikkeling en bedreigingen in verschillende gebieden onderzocht. In ons onderzoek toonden we aan dat grutto's vooral gebruik maken van landbouwpercelen die met een lagere productie-intensiteit worden beheerd. Dit zijn percelen die minder vaak en vaak niet mechanisch geoogst en bewerkt worden, wat vaak samengaat met lagere chemische input. Dankzij de locaties van de gevolgde grutto's in combinatie met een continue analyse van fluctuaties in hun omgeving kunnen we de habitatvereisten van watervogels op flyway-niveau volgen. Dit laat ons toe potentiële bedreigingen voor de integriteit van wetland-ecosystemen op continentale schaal vroegtijdig op te sporen. Deze waardevolle kennis zal worden gebruikt bij de ontwikkeling van strategische plannen langs de Oost-Atlantische flyway voor broedvogels van Europese graslanden.

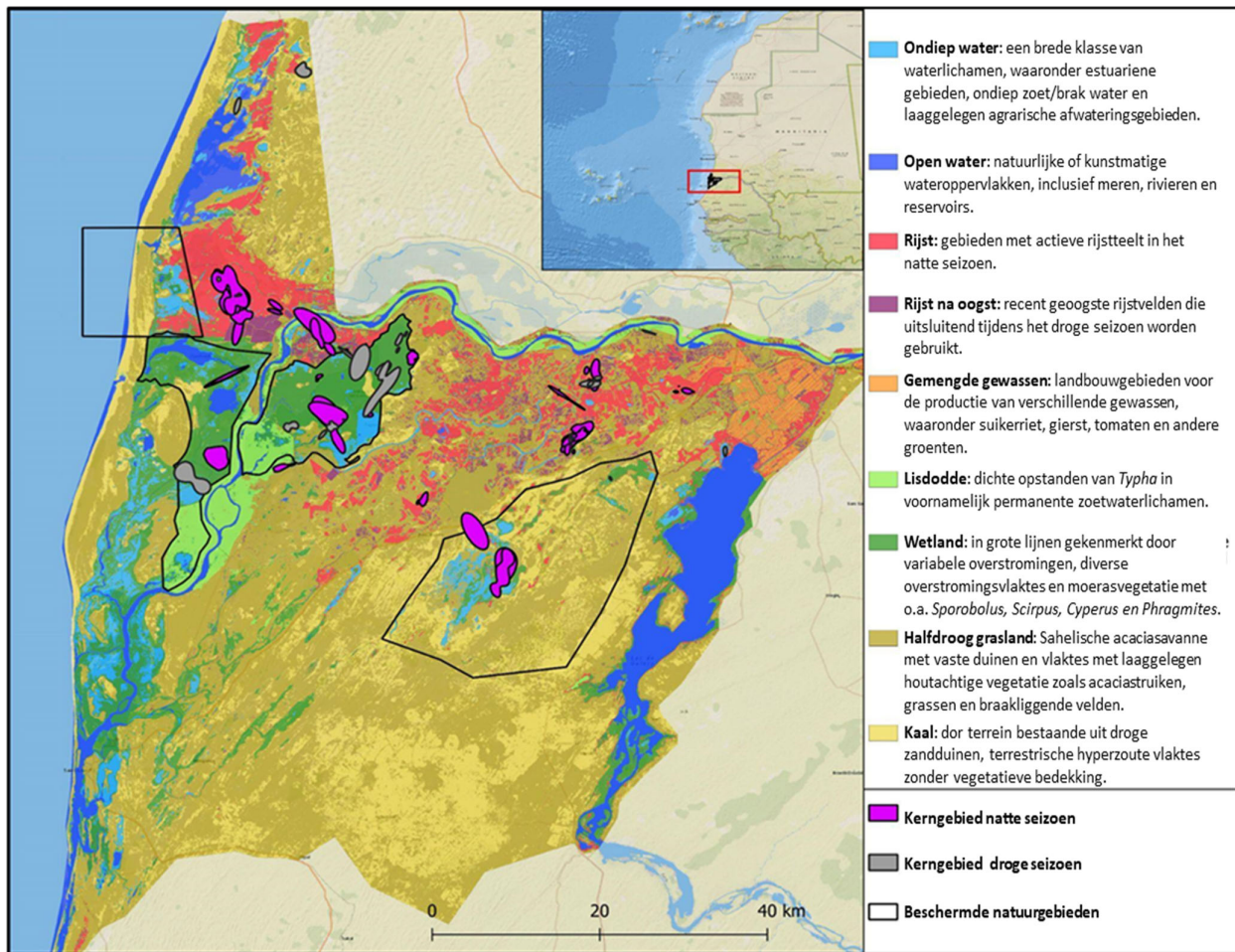
Met behulp van GPS-tags met een hogere precisie voerden we een uitgebreide studie uit naar het habitatgebruik van grutto's tijdens hun overwinteringsperiode in de Senegal Delta. Het gebruik van gespecialiseerde modellen maakte het mogelijk om de kerngebieden van 22 grutto's met GPS-zenders tijdens de overwinteringsperiode van 2022-2023 te beschrijven. De studie omvatte ook het in kaart brengen van belangrijke habitattypes, zoals natuurlijke wetlands en rijstvelden. Hiervoor classificeerden we satellietbeelden met behulp van meetpunten van meerdere veldexpedities naar het studiegebied in de afgelopen jaren.

De bevindingen toonden aan dat de grutto's verschillende gebiedsvereisten hebben naarmate het seizoen vordert (fig. 3.5.3), waarbij de kerngebieden tijdens het natte seizoen opvallend groter zijn dan de kerngebieden tijdens het droge seizoen. Tijdens het natte groeiseizoen in het begin van de overwinteringsperiode gebruikten grutto's voornamelijk rijstvelden. Naarmate de overstromingen zich echter terugtrokken en de rijstvelden later in het jaar opdroogden, verschoven de meeste grutto's naar natuurlijke wetlands, vooral in de moerassen en ondiepe overstromingszones van beschermde gebieden in de lagere delta. Deze verschuiving in habitatgebruik tijdens de overwinteringsperiode benadrukt het relatieve belang van natuurlijke en alternatieve wetlands voor grutto's in verschillende stadia van hun overwintering.

De studie benadrukt ook het belang van de beschermde gebieden in de Senegal Delta, in het bijzonder het Djoudj National Bird Sanctuary en het Diawling National Park voor overwinterende grutto's, vooral tijdens het droge seizoen wanneer de beschikbaarheid van natte habitat afneemt. We stelden echter vast dat grote delen van deze gebieden van beperkte ornithologische waarde zijn door een langdurige aantasting door de invasieve lisdodde *Typha domingensis*. Bovendien identificeerden we rijstvelden als aantrekkelijke alternatieve steltloper-habitats en potentiële bufferzones voor beschermde wetlandgebieden. Echter hun beperkte seizoensgebonden beschikbaarheid levert maar een beperkte bijdrage aan de beschikbaarheid van watervogelhabitat gedurende de hele overwinteringsperiode.



Figuur 3.5.2: Cumulatieve tracks van middels satellietzender gevolgte grutto's over 11 jaar. Vanaf 2021 werden nieuwe GPS-zenders aangelegd.



Figuur 3.5.3: Landbedekking van de Senegal Delta, met daaroverheen de kerngebieden geplot in paars en grijs van 22 met GPS gemerkte grutto's tijdens de overwinteringsperiode 2022-2023.

De implicaties van deze bevindingen voor soortbeschermingsplannen en andere inspanningen voor natuurbehoud zijn aanzienlijk. De studie werpt licht op de ecologische waarde van de beschermde gebieden in de regio en geeft aan welke rijstteeltcomplexen het meest geschikt zijn voor agro-ecologisch beheer. Hoewel rijstvelden het verlies aan natuurlijke overstromingsvlaktes niet volledig kunnen compenseren, moeten beschermingsinspanningen prioriteit geven aan het beheer van bestaande rijstvelden die zeer geliefd zijn bij grutto's. Door de belangrijkste habitattypes en de tijdelijke verschuivingen in het habitatgebruik door grutto's te identificeren, ondersteunt het onderzoek de lopende beschermingsinspanningen in de Senegal Delta. Bovendien verschaft de studie waardevolle inzichten in de ecologische dynamiek van de regio en benadrukt ze het belang van het behoud en beheer van natuurlijke en alternatieve wetlands om overwinterende grutto's te ondersteunen terwijl ze zich voorbereiden op hun noordwaartse trek naar de broedgebieden. Behalve intensivering van de rijstlandbouw kan ook de voortdurende druk van de olie- en gaswinningindustrie de in deze studie geïdentificeerde habitats in gevaar brengen die essentieel zijn voor grutto's tijdens een aanzienlijk deel van hun jaarlijkse levenscyclus.

3.5.2 Grutto-perspectief op de droogte en de landbouw in Zuid-Spanje

Waar de grutto in Nederland te boek staat als weidevogel, zo staat die in Zuid-Europa en West-Afrika bekend als een 'rijstvogel'. Zo ook in de omgeving van Doñana Nationaal Park, in het stroomgebied van de Guadalquivir in Andalusië, Zuid-Spanje. Naast de natuurlijke moerassen van het Nationaal Park maken grutto's in deze regio intensief gebruik van de nabijgelegen visvijvers, en vooral van de meer dan 40.000ha rijstvelden naast het park (fig. 3.5.4). De rijstvelden zijn voor de grutto's uiterst geschikt foerageergebied, met name tijdens de oogst in oktober en net daarna, wanneer de natte grond vol zit met gemorste rijstkorrels. Maar ook tijdens de wintermaanden zijn deze kunstmatige wetlands voor grutto's uiterst interessant, omdat de rijstvelden als EU-agri-milieumaatregel tot en met eind januari onder water worden gezet. Zo wordt in dit gebied al meer dan twintig jaar een rijk gevulde tafel gedekt voor de grutto (en tal van andere watervogels), precies op het moment dat zij en masse terugkeren uit West-Afrika. Geen wonder dat de Doñana-omgeving al decennialang een van de belangrijkste knooppunten vormt op de flyway van Nederlands nationale vogel.

Aan dat feest lijkt nu echter een einde te komen. Zuid-Spanje is namelijk sinds 2020 in de greep van een aanhoudende droogte van historische omvang, waardoor de rijstteelt in enkele jaren tijd bijna volledig is stilgevallen. Waar in 2020 reeds 30% van de rijstvelden droog vielen, was dat in 2021 al 70% (fig. 3.5.4). In 2023 werd van de 40.000ha rijstvelden nog geen 1.000ha verbouwd. En hoewel dit niet de eerste keer is dat de rijstteelt in deze regio tot stilstand wordt gedwongen door droogte (begin jaren '90 vond een nog extremere droogte plaats), is de ecologische impact van de huidige droogte groter dan ooit tevoren, en lijkt de kans op langdurige droogte door klimaatverandering steeds groter te worden.

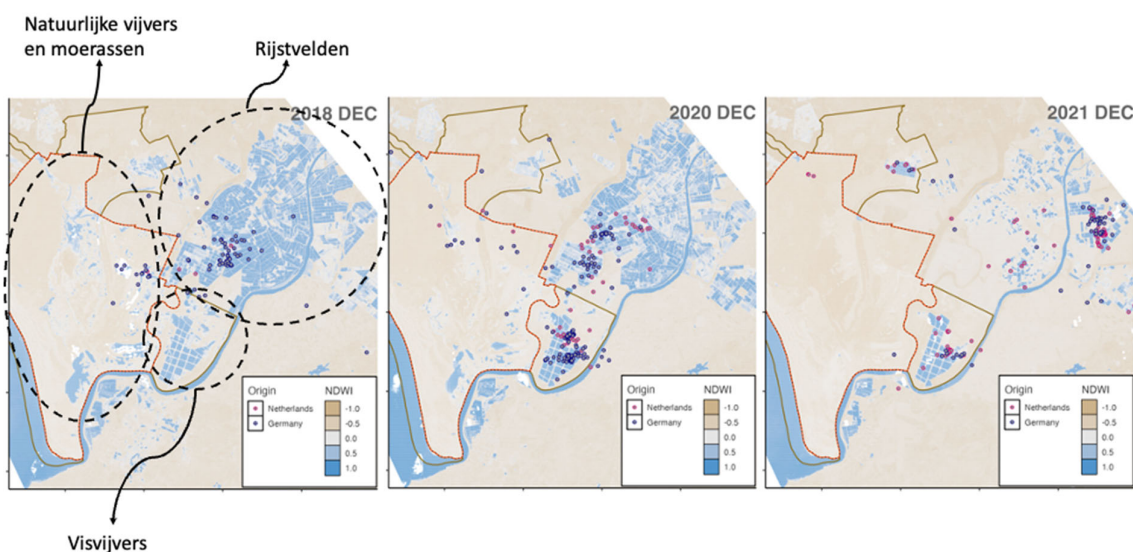


Fig. 3.5.4: GPS-posities van grutto's uit Nederland (paarse stippen) en Duitsland (donkerblauwe stippen) in en rond de Doñana Nationaal Park (Zuid-Spanje) tijdens de maand December in drie recente jaren. De achtergrondkleur toont de beschikbaarheid van oppervlaktewater (bruin = droge grond, blauw = overstroomd). De donkeroranje lijn is de grens van het nationale park. De ovalen op de uiterst linkse kaart geven de ligging aan van de verschillende soorten wetlands die voor grutto's van belang zijn: natuurlijke vijvers en moerassen in het Doñana Nationaal Park, het rijstvelden-complex ten noordoosten van het park, en de visvijvers van Veta la Palma ten oosten van het park.

En hoewel de rijstteelt voorlopig onverminderd doorgaat in andere delta's van het Iberisch schiereiland, is het aannemelijk dat ook die gebieden in de toekomst door soortgelijke droogte getroffen zullen worden.

Dit onheilspellende scenario leidt logischerwijs tot de vraag: hoe gaan grutto's om met zo'n ongekend snel en grootschalig habitatverlies? Wat betekent droogte in het Middellandse Zeegebied voor de Nederlandse grutto-populatie? Kunnen en willen wij de Zuid-Europeanen helpen om de gevolgen van klimaatverandering tegemoet te treden, en 'onze' nationale vogel van veilige stop-over en overwinterplaatsen te voorzien?

Als geluk bij een ongeluk biedt het zenderonderzoek dat de afgelopen 10 jaar in Nederland werd uitgerold -mede in het kader van het Grutto Landschap Project- een unieke kans om deze vragen te onderzoeken, en om het verhaal van de droogte in Spanje in een breder Europees perspectief te plaatsen. De zender-gegevens stellen ons immers in staat om te onderzoeken (i) wat het relatieve belang is van verschillende Iberische rijstteelt-gebieden voor Nederlandse grutto's, (ii) hoe grutto's inspelen op het krimpende areaal rijstvelden in de Doñana-omgeving en (iii) in welke mate de grutto's die normaliter de Doñana gebruiken in staat zijn om alternatieve stop-over en overwinterplaatsen te vinden.

Sinds 2022 werkt BirdEyes-onderzoeker Wouter Vansteelant met financiële ondersteuning van een MAVA-fellowship aan een set wetenschappelijke publicaties die een antwoord op deze vragen zullen geven. Naar verwachting zullen de eerste van deze publicaties in 2024 in gerenommeerde wetenschappelijke tijdschriften verschijnen. Vooruitlopend op dit onderzoek, kon Wouter in 2023 al invloed hebben op het hoogoplopende politieke en sociale debat rondom waterbeheer in het stroombekken van de Guadalquivir en de Doñana.

Open brief & lokaal engagement

Ondanks 't feit dat Zuid-Spanje eerder extremere droogte heeft gekend, is de ecologische impact van de huidige droogte veel groter. Dit komt mede doordat de ecologische weerbaarheid van het Doñana Nationaal Park ernstig is aangetast door decennialang illegaal en excessief grondwatergebruik, waardoor moerasgebieden die bij eerdere droogte altijd water bleven behouden nu wel droog komen te vallen. En alsof deze situatie nog niet erg genoeg was, legden populistische partijen in 2022 een wetsvoorstel op tafel om illegaal geïrrigeerde boerderijen aan de rand van Doñana Nationaal Park te legaliseren. Dit leidde tot grote consternatie op alle mogelijke niveaus, van lokale gemeenschappen en legaal opererende landbouwers, tot de nationale overheid van Spanje, de Europese Commissie, en tal van internationale instanties als IUCN en UNESCO. Bovendien eiste dit populistische voorstel meer dan twee jaar lang alle politieke en media-aandacht op, waardoor de enorme sociale en ecologische gevolgen van de huidige droogte volstrekt onderbelicht bleven.

Tegen deze achtergrond schreef grutto-onderzoeker Wouter Vansteelant een [open brief](#) waarin (i) de onhaalbaarheid van het Andalusische wetsvoorstel werd aangeklaagd, en (ii) meer aandacht voor de gevolgen van de droogte en het stilvallen van de rijstteelt werd geëist. Deze open brief werd mede ondertekend door een brede alliantie aan internationale experts-groepen inzake trek- en watervogels, en werd door invloedrijke media in o.a. Spanje (El País) en Portugal (Publico) onder de aandacht gebracht. De open brief werd ook ingezet als munitie door Spaanse natuurbeschermingsorganisaties, met name WWF Spanje. Volgens insiders heeft deze open brief ertoe bijgedragen dat IUCN Doñana Nationaal

Park van haar prestigieuze 'Green List' heeft gehaald, en dat UNESCO nu dreigt om Doñana als 'Bedreigd Werelderfgoed' te classificeren indien Spanje voor eind 2024 geen ambitieus plan voor waterbeheer in en rond de Doñana weet te formuleren. Maar als grutto-onderzoekers vragen we de internationale gemeenschap niet alleen om druk te zetten op Spanje om te voldoen aan internationale afspraken en regels inzake (grond)watergebruik en natuurbescherming. De internationale gemeenschap drijft ook de vraag naar goedkope aardbeien e.a. gewassen die op niet-duurzame wijze rond de Doñana worden geteeld. Naast de landbouw is het toerisme rond de Doñana evengoed een grootverbruiker van het steeds schaarsere water. En de droogte waar Spanje momenteel mee geconfronteerd wordt, is mede het gevolg van klimaatveranderingen die wij allen mee veroorzaakt hebben. Spanje moet dan ook op Europese solidariteit kunnen rekenen om de huidige en toekomstige droogte beter het hoofd te kunnen bieden.

Door het verhaal van de droogte te vertellen vanuit het perspectief van trekvogels die ons allen verbinden, zoals de grutto, hopen we dergelijke grensoverschrijdende solidariteit de komende tijd verder aan te wakkeren. Bovendien biedt het Nederlandse zenderonderzoek een unieke gelegenheid om in de komende jaren te monitoren hoe effectief natuurherstelmaatregelen in en rond de Doñana zullen zijn. In het voorjaar van 2023 werd Wouter door WWF Spanje uitgenodigd om het grutto-onderzoek toe te lichten op een workshop over wetland-herstelprojecten die in samenwerking met de rijstboeren worden uitgevoerd in de Guadalquivir-delta. In 2024 zullen we het grutto-onderzoek gebruiken om zowel de internationale communicatie over de droogte-problematiek, alsook het lokale engagement met Spaanse natuurbeschermers en rijstboeren verder te ontwikkelen.



Braakliggende rijstvelden als gevolg van het watertekort in Doñana (foto: Jos Hooijmeijer)

3.6 De toekomst van weidevogelbeheer in het complexe agrarische landschap

Onderzoekers: Luis Barba Escoto, Jean-Yves Duriaux-Chavarria, Ruth Howison en Pablo Tittone

3.6.1 Evaluatie van de overgang naar agro-ecologische landbouw

Deze bijdrage is een samenvatting van de master internship van Angela Garrote (WUR)

Een overgang naar een duurzaam landschap vereist het opzetten van een systeem waarin de componenten op een synergetische manier op elkaar inwerken, zodat er een veerkrachtig, duurzaam landschap ontstaat dat ook rekening houdt met rechtvaardigheid.

In een landschap waar landbouw het belangrijkste landgebruik en de belangrijkste activiteit is, biedt een overgang naar landbouwsystemen volgens agro-ecologische principes een alternatief voor gangbare landbouw. Agro-ecologie is gebaseerd op uitgangspunten die zoeken naar het gebruik van ecologische interacties in het agro-ecosysteem om hun efficiëntie en duurzaamheid te verbeteren. Aangezien agro-ecologie zich ook richt op de complexiteit en multifunctionaliteit van landbouwsystemen, houdt het ook rekening met de sociale aspecten waarbinnen de landbouwproductie plaatsvindt. Om een duurzaam landschap te verkennen en te ontwerpen waarin landbouw een overheersende rol speelt, is een eerste stap het beoordelen van de diversiteit van de landbouwsystemen in een bepaalde regio. Ook is het wenselijk om te beoordelen hoe deze verschillende boerderijtypen presteren binnen de agro-ecologische principes.

Als eerste stap in het evalueren van de afwegingen tussen landbouwproductiviteit en natuurinclusieve landbouw voor weidevogelbescherming, zullen we de diversiteit van landbouwsystemen in Zuidwest Friesland (SWF) en hun agro-ecologische prestaties beoordelen. We hebben de Tool for Agro-ecology Performance Evaluation (TAPE) aangepast aan de context van SWF. Het houdt rekening met de 10 elementen van agro-ecologie: diversiteit, co-creatie van kennis, synergiën, efficiëntie, recycling, veerkracht, menselijke en sociale waarden, cultuur en voedseltradities, verantwoord bestuur, en circulaire en solidaire economie (FAO). We interviewden (tot nu toe) 9 boeren in SWF en presenteren hier de voorlopige resultaten van een typologie en de scores van de evaluatie van de agro-ecologische prestaties.

We merkten enkele gemeenschappelijke kenmerken op tussen bepaalde landbouwbedrijven, waardoor we ze in drie categorieën konden indelen:

1. Boerderijen met extensieve systemen (E)

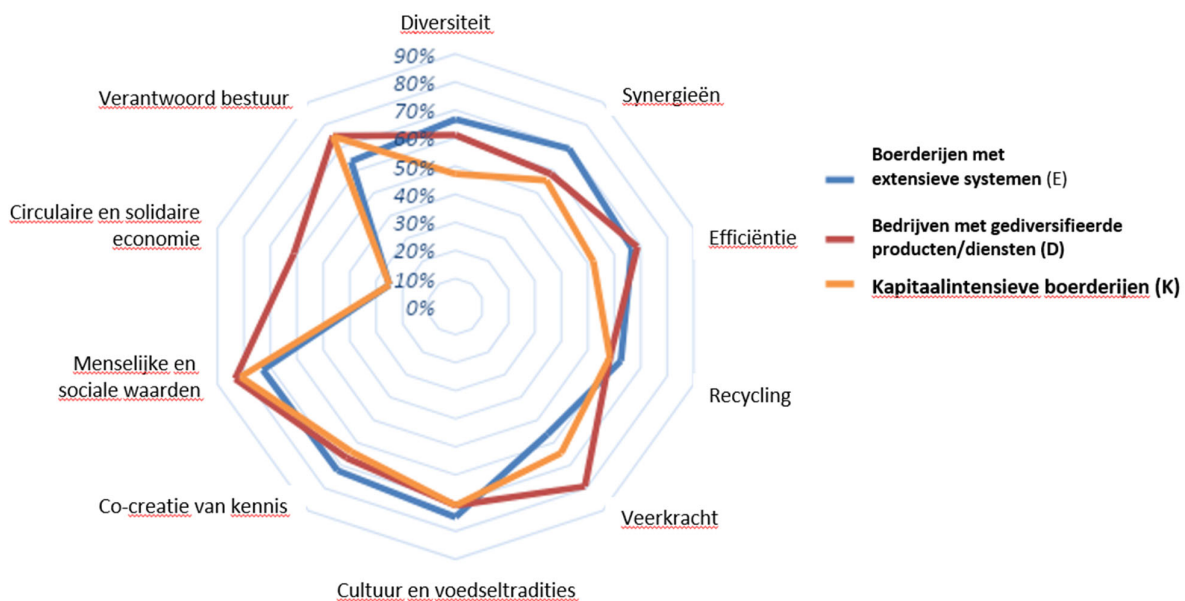
Deze boerderijen worden gekenmerkt door hun weinig intensieve bedrijfsvoering (minder dan 12 ton kunstmest per jaar of geen kunstmest, het grootste deel van de graszode slechts twee keer per jaar maaien, grasland met meerdere soorten planten, robuustere rassen dan bijvoorbeeld Holstein-Friesian), een laag aantal melkkoeien (minder dan 55 koeien) en een lage bezettingsgraad (minder dan 1,2 melkkoeien per hectare grasland). Al deze boerderijen hadden een sterk vertrouwen in natuurinclusieve landbouw. Zo lijken de boeren minder op het land te werken dan gemiddeld (in totaal ongeveer 60 uur per week tegenover 80 uur per week gemiddeld). Aan de andere kant verkopen al deze boerderijen al hun melk aan een coöperatie en over het algemeen dekt hun productie de kosten van levensonderhoud, maar sparen is niet altijd mogelijk (sommige boeren hebben een baan buiten de boerderij). Binnen deze boerderijen is er één die stopt met de melkveehouderij en overgaat op de productie van rundvlees.

2. Kapitaalintensieve boerderijen (K)

In tegenstelling tot de E's hebben deze boerderijen een intensieve bedrijfsvoering (gebruik van kunstmest meer dan 25 ton/jaar ongeveer 4-5 keer per jaar maaien, Holstein-Friesian als het enige ras, mest meer dan 800 kg/jaar). Desondanks doen deze boerderijen mee aan vogelbescherming. Deze boerderijen hebben een hoge economische stabiliteit en verkopen allemaal hun melk aan een coöperatie.

3. Bedrijven met gediversifieerde producten/diensten (DF)

Deze bedrijven zijn intensief. Wat deze bedrijven gemeen hebben, in tegenstelling tot de andere typen bedrijven (K's en E's), is dat ze allemaal andere diensten en producten hebben, in plaats van alleen aan Friesland Campina te verkopen. In deze groep is er een grasproductie- en machineverhuurbedrijf, een startende yoghurt- en kaasproductie plus verkoop van melk aan andere coöperaties (niet Friesland Campina), en een toerisme bedrijf naast de verkoop van melk aan een coöperatie.



Figuur 3.6.1: Prestaties van de 10 agro-ecologische elementen voor de drie typen boerderijen uit Zuidwest Fryslân

Met betrekking tot de agro-ecologische prestaties (fig. 3.6.1) laten de meeste landbouwsystemen een gemiddelde prestatie zien op een paar indicatoren, gezien de aard van het landbouwproductie systeem dat voornamelijk bestaat uit intensieve melkveehouderij. Er is over het algemeen weinig diversiteit (in gewassen, rassen). De synergieën en efficiëntie zijn laag omdat de subsystemen in de boerderijen niet nauw met elkaar verbonden zijn, er een grote afhankelijkheid is van externe inputs en het gegenereerde inkomen in veel gevallen maar net voldoende is. Recycling is ook laag omdat er weinig subsystemen zijn waarin de stromen van materie en energie meer of langzamer kunnen circuleren. In termen van veerkracht is er een hoog risico gezien de hoge schuldenlast, maar er zijn ook mogelijkheden voor financiering en de diversificatie van bestaansmiddelen lijkt een belangrijke rol te spelen.

De systemen scoren hoger in cultuur en voedseltradities, voedselzekerheid is hoog. Op het gebied van co-creatie en het delen van kennis nemen de boeren deel aan netwerken met andere boeren of lokale

instellingen. De circulaire en solidaire economie scoort laag omdat er weinig uitwisseling van producten binnen de regio plaatsvindt, de meeste inputs worden ingekocht en van buitenaf gebracht en het grootste deel van de productie wordt geëxporteerd.

Wat menselijke en sociale waarden en verantwoordelijk bestuur betreft, is er een algemeen gevoel van respect vanuit de gemeenschap en worden ze vaak uitgenodigd om het landschapsbeheer te bespreken.

3.6.2 Belemmeringen voor de toepassing van agro-milieuregelingen voor weidevogelbescherming door veehouders

Deze bijdrage is een samenvatting van de master thesis van Timo Keuning en Bob Evenhuis

Een literatuuronderzoek bracht diverse barrières voor de toepassing van agro-milieuregelingen (AMR) aan het licht, met name barrières van sociaal-psychologische en financiële aard. Dit onderzoek werd uitgebreid met een gericht onderzoek naar de specifieke uitdagingen die boeren in de weg staan bij het invoeren van AMR voor weidevogelbescherming in Nederland en Duitsland.

We wilden specifiek weten wat de verschillende meningen over agro-milieuregelingen zijn van boeren en belanghebbenden (natuurbeheerders en beleidsmakers) die werkzaam zijn in het gebied van weidevogelbescherming.

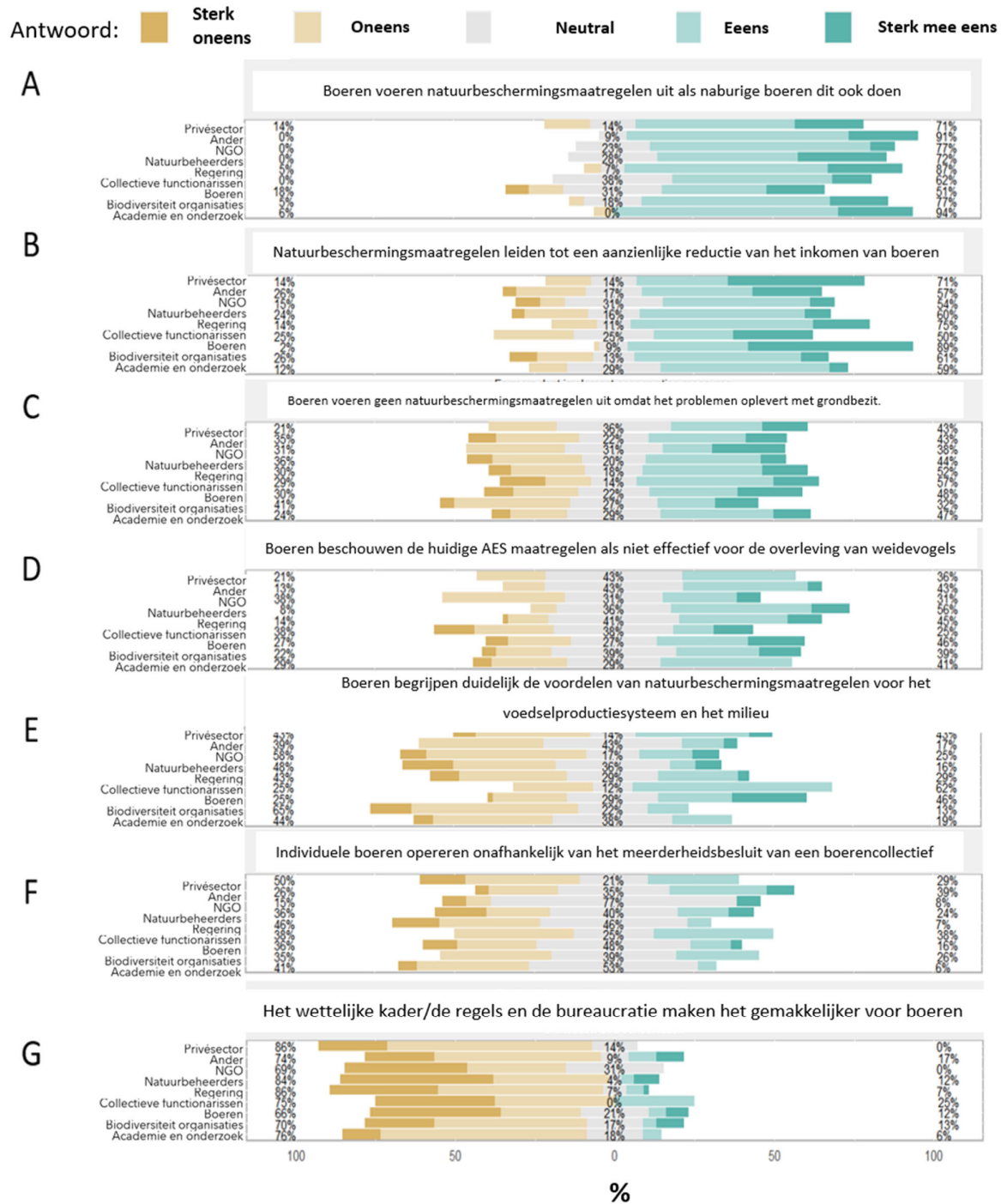
In een enquête “Percepties van belanghebbenden over weidevogelbescherming” vroegen we de respondenten wat volgens hen de belangrijkste hindernissen zijn die boeren ervan weerhouden om natuurinclusieve praktijken toe te passen, en later vroegen we ze die te rangschikken in volgorde van belangrijkheid.

De eerder geïdentificeerde barrières waren sociaal-psychologisch (collega-effecten, collectief lidmaatschap, kennis/bewustzijn, zelfidentiteit en houding) en financieel (verschil in opbrengst, aanpassingskosten, pachtregelingen). Om specifiek de mening van de belanghebbenden over deze barrières te onderzoeken, legden we de respondenten 7 verschillende stellingen voor. We vroegen de belanghebbenden om elke stelling te beoordelen op een 5-punts Likert-schaal (sterk mee oneens tot sterk mee eens). We presenteren de resultaten van dit onderdeel voor 244 respondenten uit Duitsland.

Twee stellingen (fig. 3.6.2A en 2B) vertonen een hogere overeenstemming (neiging om te scoren als enigszins mee eens/zeer mee eens) onder belanghebbenden. Hieruit blijkt dat er een algemene perceptie bestaat dat: 1) collega's en burens die natuurbeschermingspraktijken voor weidevogels uitvoeren, andere boeren enigszins beïnvloeden om dit ook te doen. 2) dat natuurbehoud kosten met zich meebrengt voor het inkomen van de boeren. Met de eerste stelling zijn de boeren het meer oneens dan met de rest van de ondervraagde belanghebbenden en met de tweede stelling zijn ze het meer eens.

De stelling met de laagste instemming (3.6.2G) laat zien dat er een algemene perceptie is dat de boeren een extra belasting ondervinden bij het uitvoeren van natuurbehoud-praktijken vanwege de bureaucratie en boetes. Dit idee kan boeren weerhouden om deel te nemen aan AMR. De rest van de stellingen (3.6.2C-2E) vertoonden over het algemeen een neutrale tendens, wat aangeeft dat er meer verschil van inzicht is binnen de categorieën van belanghebbenden of sprake is van gepolariseerde meningen. Er kunnen nog steeds interessante patronen worden waargenomen. In figuur 3.6.2D zien we bijvoorbeeld de perceptie van de participanten over de doeltreffendheid van AMR voor het overleven van weidevogels. Boeren zijn neutraal over deze stelling, terwijl natuurreservaat beheerders het ermee eens zijn, en medewerkers van agrarische collectieven dan weer niet. In figuur 3.6.2E zijn boeren en

medewerkers van boerencollectieven het meer eens dan de andere belanghebbenden dat boeren een goed begrip hebben van de voordelen van AMR voor het milieu en de boerderijen, terwijl natuurbeheerders het daar juist niet mee eens zijn.



Figuur 3.6.2: Score voor uitspraken over belemmeringen voor landbouwers om agro-milieuregelingen toe te passen onder verschillende belanghebbenden

Wat betreft de stelling over de onafhankelijkheid van de beslissingen die een boer neemt onafhankelijk van zijn lidmaatschap van een collectief, is er ook een grote neutraliteit bij de stakeholders.

Samenvattend is er algemene overeenstemming over het feit dat boeren groepsdruk ervaren, dat er een hoger risico is voor het inkomen als ze aan AMR doen en dat regels en voorschriften het niet makkelijker maken om aan natuurbehoud te doen.

3.6.3 Agro-milieuregelingen voor weidevogelbescherming

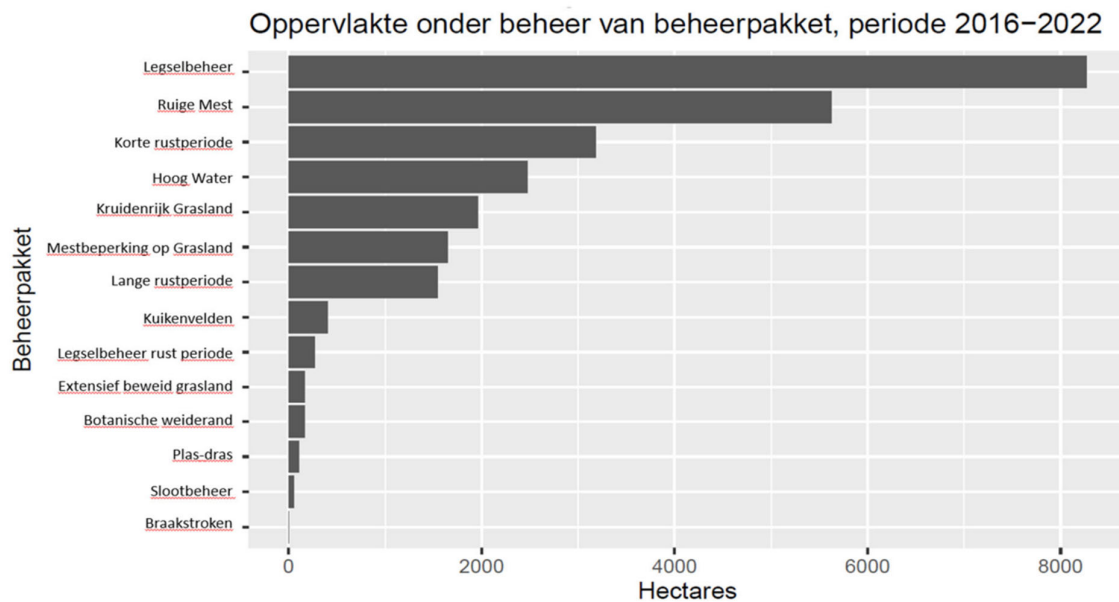
De individuele beslissingen van boeren bepalen wat er wordt geproduceerd en hoe vaak beheersmaatregelen voor de productie worden uitgevoerd. Keuzes over beheer op perceelsniveau kunnen echter worden beïnvloed door beleid en regelgeving van overheden over hoe het land moet worden beheerd. Dat gebeurt niet alleen op lokaal of provinciaal niveau; de habitat voor weidevogels in Europese landbouwgebieden is ook in grote mate het gevolg van regelgeving die op EU- en nationaal niveau wordt opgelegd.

Met name maatregelen ten behoeve van agrarisch natuur- en milieubeheer (AES; Agri Environment Scheme) worden door de Europese Unie gepromoot als financieringsinstrument om boeren die bereid zijn minder intensieve beheersmaatregelen toe te passen, financieel te compenseren met als doel de biodiversiteit te beschermen. In Nederland worden deze AES-maatregelen uitgevoerd in het kader van het Agrarisch Natuur- en Landschapsbeheer (ANLb) via overeenkomsten en contracten die boeren sluiten met de boerencollectieven in hun regio. De regeling bestaat uit een reeks uiteenlopende beheersmaatregelen, pakketten genaamd (zoals nestbescherming, hoge grondwaterstand, plasdras, kruidenrijk grasland, uitgesteld maaien, enz.), die boeren op hun percelen toepassen en waarvoor zij een financiële vergoeding per ha ontvangen. Meerdere pakketten kunnen soms op hetzelfde perceel worden gestapeld.

Het doel van deze analyse was om de diversiteit aan ANLb-maatregelen in de periode 2016-2022 te onderzoeken, specifiek gericht op het behoud van weidevogels in graslanden voor de veehouderij. Vervolgens illustreren we de overvloed aan verschillende strategieën voor weidevogelbescherming in het landschap.

De totale oppervlakte van het studiegebied bedraagt ruwweg 11.485 ha. In de periode 2016-2022 bedroeg het areaal reservatsbeheer 1.363 ha en dit veranderde niet in die tijd. De oppervlakte van de ANLb -pakketten schommelde tussen 2.347 ha in 2016 en 2.766 ha in 2022. Dit komt overeen met ongeveer 20 tot 24% van het totale areaal. Het merendeel van de graslandpercelen in het studiegebied in de periode 2016- 2022 viel dus niet in de categorie reservaat of ANLb.

Uit het areaal dat aan de verschillende ANLb-beheerpakketten is toegewezen (fig. 3.6.3) blijkt dat het meest uitgevoerde beheerpakket in de periode 2016-2022 nestbescherming is, gevolgd door toepassing van vaste mest, met cumulatieve oppervlakten die ruwweg overeenkomen met 8.300 en 5.630 ha. Uitgesteld maaien, hoge grondwaterstand, kruidenrijk grasland, beperkte bemesting vertegenwoordigen oppervlakten tussen 3180 en 1540 ha. De overige beheerpakketten vertegenwoordigen een cumulatieve oppervlakte van minder dan 400 ha. We vonden vier verschillende typen van graslanden percelen configuraties met ANLb: nestbeschermingspercelen (NP), nestbeschermingspercelen met gemengde ANLb-pakketten (NG), percelen met rustperiode (PR) en kruidenrijke graslanden (HRG).



Figuur 3.6.3: Cumulatieve oppervlakte van de verschillende ANLb-beheerpakketten die in Zuidwest-Friesland in de periode 2016-2022 zijn uitgevoerd.

Van de totale oppervlakte komt 66% overeen met conventionele percelen, 22% met ANLb en 12% met reservaatbeheer. De verschillende ANLb-types vertegenwoordigen 4.8 % NP, 10.5 % NG, 5.1 % PR en 1.5% HRG.

Een belangrijke vraag blijft echter wat de effectiviteit is van deze diversiteit aan ANLb-pakketten als habitat voor weidevogels. Zijn verschillen in aantallen grutto broedvogels per hectare afhankelijk van welk pakket wordt uitgevoerd? En is er voldoende land onder ANLb of reservaatbeheer om een stabiele of zelfs groeiende gruttopopulatie te garanderen, ook als dat omringd wordt door percelen zonder enige vorm van beheer? Dat zijn vragen die we aankomend jaar met dit onderzoek hopen te kunnen beantwoorden.



GrassBirdHabitats LIFE IP-projectpartners leren van boeren en bespreken een bedrijfsmodel voor weidevogelboeren

4 Informatie en inspiratie

We hebben gezien dat in de afgelopen jaren veel inzichten die uit ons onderzoek duidelijk zijn geworden, anderen aan het denken gezet hebben hoe beheer en beleid anders zouden moeten worden ingevuld. Denk daarbij aan praktische zaken als hoeveel gras er na het maaien rond het nest moet blijven staan om de predatie te minimaliseren, het belang van kruidenrijk grasland voor kuikenoverleving, het leveren van betrouwbare cijfers over de populatieomvang van grutto's en het aanjagen van de discussie over natuurinclusieve landbouw met onderzoeksresultaten.

Dat zo veel mensen ons onderzoek kennen is overigens helemaal niet zo vanzelfsprekend. Wetenschappers communiceren veelal via wetenschappelijke publicaties die niet door de gemiddelde burger, beleidsambtenaar of beheerder gelezen worden. Maar we hebben ons altijd enorm ingezet om onze kennis en ervaringen met een zo groot en breed mogelijk publiek te delen. Via rapportages, lezingen, optredens, denktanks, (sociale) media, excursies en prijsvragen is ons onderzoek doorgedrongen tot de Tweede Kamer en andere bestuurslagen, natuurbeheerders, agrarische collectieven, natuurliefhebbers, scholen, vogelwachten en buurtverenigingen.

Op onze persoonlijke onderzoekspagina's, te vinden via <https://research.rug.nl/>, staat niet alleen een uitgebreid overzicht van onze wetenschappelijke publicaties maar ook van deze maatschappelijke "outreach". Bijgaand de link naar de pagina van Theunis Piersma, waarop het meest volledige overzicht van ons onderzoek in de media kan worden gevonden:

<https://research.rug.nl/en/persons/theunis-piersma/clippings/>

Onder 4.2 wordt een overzicht gegeven van de belangrijkste publicaties met een korte samenvatting van de belangrijkste conclusies. Het volledige overzicht vindt u hier:

<https://research.rug.nl/en/persons/theunis-piersma/publications/>

Op de website <https://www.globalflywaynetwork.org> staat een kaart met de actuele locaties van de gezenderde grutto's. Daar kunnen ook de expeditie-verslagen van veldwerk in het buitenland worden gedownload en is nog veel meer informatie te vinden over het onderzoek en iedereen die daaraan in binnen- en buitenland verbonden is:

<https://www.globalflywaynetwork.org/publications/>

Contact zoeken met de samenleving zullen we blijven doen, want we zien dat het de manier van denken over ons platteland bij boeren, beheerders, burgers en beleidsmakers in positieve zin veranderd heeft. De grutto blijkt een biologisch relevante indicator die wijst op herstel van ecologische processen en biodiversiteit. Hun aanwezigheid en broedsucces duidt op een gezonde grond en duurzaam landgebruik, wat voor zowel boeren, burgers als biodiversiteit van belang is.

Tot slot: toen we in 2004 startten met het onderzoek geloofde bijna niemand meer dat er iets over zou blijven van biodiversiteit op het platteland en velen zeiden dat we de weidevogels maar moesten opgeven. En ze hebben gelijk gekregen: er is weinig meer over van de "rijke weide" maar het sentiment is aan het omslaan van berusting in het willen keren van het tij. We zijn immers nog niet alles kwijt, en dat wat er nog is kan ons leren hoe we de biodiversiteit weer kunnen vergroten. Als wetenschappers willen we graag al die mensen die zich daarvoor inzetten voorzien van gedegen kennis en inspiratie.

4.1 Publicaties in 2015-2023

Jaar	Titel	Auteurs	Journal, volume, pagina's	Conclusies
2023	A godwit perspective on rapid wetland loss in Doñana and the Guadalquivir delta.	Vansteelant W.M.G.	Wader Study. 130(2): 95-98. doi: 10.18194/ws.00315	Natuurlijke wetlands van Doñana Nationaal Park & Werelderfgoed worden bedreigd door excessief grondwatergebruik voor fruitteelt in de omgeving van het park. Dit leidde afgelopen jaren tot politieke hoogspanning op regionaal, nationaal en Europees niveau, niet in het minst door het historisch grote belang van de Doñana voor trekvogels. Uit lopend onderzoek blijkt echter dat (1) kunstmatige wetlands (met name rijstbouwgebieden) in de omgeving van de Doñana een veel grotere rol spelen voor Grutto's, en (2) dat ook deze kunstmatige wetlands nu in snel tempo verloren dreigen te gaan door aanhoudende droogte/klimaatverandering. Dit noopt tot een veel breder politiek en maatschappelijk debat over de toekomst van trekvogels in de (omgeving van) Doñana.
2023	Rascher Verlust von Feuchtgebieten im Doñana- und Guadalquivir-delta: Aus der Sicht der Uferschnepfe	Vansteelant W.M.G.	Der Falke. 10/2023: 41:45	Duitse versie van het perspectiefartikel in Wader Study
2023	Cross-continental differences in Black-tailed Godwit breeding densities are best explained by arthropod abundance in the chick-hatching period	Miguel Silva-Monteiro M, Pehlak H, Timonen S, Pessa J, Pasanen E, Verhoeven MA, Loonstra AHJ, Piersma T, Robin F, Korniluk M, Onwezen M, Bongers M, Hamelink J, Lembreght F, Dunn A, Kleijn D	Journal of Ornithology 164: 287–297	In een studie op 63 plekken in Europa werd een positie verband gevonden tussen aantallen insecten en grutto-territoria in de kuikenfase. In de legfase was er een (zwak) verband met de hoeveelheid bodemleven. Vegetatiegroei en bodemvocht hadden geen meetbaar effect op de aantallen territoria. Voedsel voor kuikens lijkt dus de belangrijkste verklaring voor de aanwezigheid van grutto's.
2023	High resolution mass spectrometric suspect screening, wide-scope target analysis of emerging contaminants and determination of legacy pollutants in adult black-tailed	Movalli P, Biesmeijer K, Gkotsis G, Alygizakis N., Nika MC, Vasilatos K, Kostakis M, Thomaidis NS, Oswald P, Oswaldova M, Slobodnik J,	Chemosphere. 321, 14 p., 138145.	De levers van 11 dood gevonden volwassen grutto's werden onderzocht op verontreinigende stoffen. De aanwezigheid van 29 verschillende stoffen kon met zekerheid vastgesteld worden en van nog eens 20 stoffen werden sporen aangetroffen. Concentraties waren over het algemeen lager in grutto's

	godwit Limosa limosa in the Netherlands: A pilot study	Glowacka N, Hooijmeijer J, Howison R, Dekker RWRJ, van den Brink N, Piersma T		gevonden in extensieve graslanden. Vervolgonderzoek is nodig om vast te stellen of de aangetroffen stoffen en concentraties de gezondheid van grutto's beïnvloeden.
2023	Grutto Landschap Project - Jaarverslag 2022: De staat van ons landschap: biomonitoring van duurzame landbouw innovaties	Hooijmeijer J., E. van der Velde, E. Rakhimberdiev, R. Howison, J. Onrust, R.W. Fokkema, G. Lagendijk, C. Kraamwinkel, Y. Li, R. Veenstra, L. Barba Escoto, M. Stessens, M. Ligtelijn, T. Craft, T. Keuning, R. Wildschut, W. de Haan, Piersma T	Rapport RUG, WUR, EIS. https://www.globalflywaynetwork.org/gfn/wp-content/uploads/2022/03/Grutto-Landschap-Project-Jaarverslag-2021.pdf	Jaaroverzicht van monitoringswerkzaamheden en -resultaten m.b.t. de ecologie van grutto's in Zuidwest Friesland. Aspecten als nestsucces, kuiken- en adultenoverleving, predatoren, muizenaanbod, landgebruik, bodemleven en insecten komen aan bod.
2023	Predicting the non-breeding distributions of the two Asian subspecies of Black-tailed Godwit using morphological information	Zhu B-R, Verhoeven M, Hassell CJ, Leungh K K-S, Dorofeev D, Zhang Z, Piersma T	Avian Research, 14, [100069], https://doi.org/10.1016/j.avrs.2022.100069	Na het ontdekken van een tweede ondersoort van Limosa Limosa op de Oost-Aziatische-Australische trekroute is een methode ontwikkeld om de twee ondersoorten die gemixt op deze route voorkomen met 97,7% nauwkeurigheid te kunnen onderscheiden.
2023	Land-use intensity impacts habitat selection of ground-nesting farmland birds in The Netherlands	Li Y, Piersma T, Hooijmeijer JCEW, Howison RA	Ecological Solutions and Evidence, 4(1), e12201. https://doi.org/10.1002/2688-8319.12201	Gezenderde grutto's lieten zien dat hun voorkeur uitgaat naar minder intensief gebruikt grasland dan over het algemeen voorhanden is in Nederland. De actieradius nam toe naarmate het landgebruik intensiever was. Dit bevestigt dat met intensivering van landbouw de habitatkwaliteit afneemt en grutto's gedwongen worden grotere gebieden te gebruiken. Omdat het overgrote deel (94%) van het Nederlandse grasland intensief gebruikt wordt, drukt dit zwaar op de keuzemogelijkheden en het voortbestaan van de grutto.
2022	Is The Netherlands a spring stopover site for Black-tailed Godwits breeding in European Russia?	Gerritsen GJ, Fokkens JR, Shchanitsyn DY, Sviridova TV, Hooijmeijer JCEW	Wader Study 129(3): 000–000. doi:10.18194/ws.00286	Een in Nederland gevangen en met kleurringen herkenbaar gemaakte grutto werd 40 dagen later gefotografeerd in Rusland met een partner en later teruggemeld uit Portugal.
2022	Mapping agricultural biodiversity: Legacy data and tensions between ways of seeing fields	Craft TB, Beaulieu A, Piersma T, Howison RA	Frontiers in Environmental Science, 10 :982925. doi: 10.3389/fenvs.2022.982925	In de Basisregistratie Gewaspercelen (BRP) worden gewasteelten geregistreerd. Door deze agrarische informatie in het veld te iken met ecologische parameters is een methode ontwikkeld waarmee biodiversiteit in het agrarisch gebied

				gemonitord kan worden via de BRP mits de BRP accuraat wordt bijgehouden.
2022	Jonge grutto's uitgevlogen in Nederland in 2022: Een aantalsschatting op basis van kleurringdichtheden	Schekkerman H, Gerritsen G, Hooijmeijer J	https://www.vogelbescherming.nl/docs/e3faa258-4003-4c74-98ca-dfdaaba93c80.pdf	Evenals voorgaande jaren werden in 2022 waarschijnlijk wederom te weinig kuikens vliegvlug om de Nederlandse populatie op peil te houden. Omdat de populatie afneemt, neemt de marge voor het benodigde aantal vliegvlugge jongen ook af en kan wellicht in de nabije toekomst stabilisatie verwacht worden.
2022	Age-dependent timing and routes demonstrate developmental plasticity in a long-distance migratory bird	Verhoeven MA, Loonstra AHJ, McBride AD, Kaspersma W, Hooijmeijer JCEW, Both C, Senner NR, Piersma T	Journal of Animal Ecology, 91(3), 566-579. https://doi.org/10.1111/1365-2656.13641	Door trekgedrag van volwassen en jonge gezenderde grutto's te vergelijken kon geconcludeerd worden dat individuen in staat zijn gedurende hun leven trekgedrag aan te passen en dit niet al bepaald is bij geboorte of na de eerste migratiecyclus. Er was geen bewijs dat trekgedrag beïnvloed wordt door natuurlijke selectie.
2022	Current breeding distributions and predicted range shifts under climate change in two subspecies of Black-tailed Godwits in Asia	Zhu B-R, Verhoeven M, Velasco Saragoni N, Sanchez Aguilar L, Zhang Z, Piersma T	Global Change Biology, 28(18), 5416-5426. https://doi.org/10.1111/gcb.16308	Beschrijving van de huidige verspreiding en voorspelling van de toekomstige verspreiding van twee Aziatische ondersoorten van Limosa Limosa waarvan het leefgebied beperkt zal worden door klimaatverandering.
2022	Do ditch-side electric fences improve the breeding productivity of ground-nesting waders?	Verhoeven M, Loonstra J, Pringle T, Kaspersma W, Whiffin M, McBride AD, Sjoerdsma P, Roodhart C, Burgess MD, Piersma T, Smart J	Ecological Solutions and Evidence, 3(2), [e12143]. https://doi.org/10.1002/2688-8319.12143	Tijdelijke elektrische afrastering op slootkanten verbeterde de nestuitkomst van grutto en Kievit op 4 onderzochte locaties in NL en GB. Kuikenoverleving van grutto in NL verbeterde ook, maar werd in GB niet gemeten. De afrastering was voornamelijk effectief in het buitensluiten van vos, maar niet/minder van andere grondpredatoren.
2022	Earthworm abundance and availability does not influence the reproductive decisions of black-tailed godwits in an agricultural grassland	Verhoeven M, McBride A, Hooijmeijer J, Piersma T, Senner N	Ecological Solutions and Evidence, 3(1), [e12125]. https://doi.org/10.1002/2688-8319.12125	De aanwezigheid en beschikbaarheid van wormen heeft geen invloed op de keuzes van grutto's m.b.t. broedlocatie en broedtiming. De grond van reguliere graslanden blijkt vaak te droog voor grutto's om op aanwezige wormen te kunnen foerageren.
2022	Grutto Landschap Project - Jaarverslag 2021: De staat van ons landschap: biomonitoring van	Hooijmeijer JCEW, Van der Velde E, Fokkema R, Howison R, Onrust J, Rakhimberdiev E, Stessens M,	Rapport RUG, WUR, EIS. https://www.globalflywaynetwork.org/gfn/wp-	Jaaroverzicht van monitoringswerkzaamheden en -resultaten m.b.t. de ecologie van grutto's in Zuidwest Friesland. Aspecten als nestsucces, kuiken- en adultenoverleving,

	duurzame landbouw innovaties	Veenstra R, Ligtelijn M, Lagendijk G, Craft T, Kraamwinkel C, Venderbos R, Duriaux Chavarria JY, Eren S, Piersma T	content/uploads/2022/03/Grutto-Landschap-Project-Jaarverslag-2021.pdf	predatoren, muizenaanbod, landgebruik, bodemleven en insecten komen aan bod.
2021	Planetary limits to soil degradation.	Kraamwinkel CT, Beaulieu A, Dias T, Howison RA	Communications Earth & Environment, Dec 8;2(1):1-4	Bodems zijn essentieel voor het leven op aarde, maar gaan wereldwijd snel achteruit als gevolg van niet-duurzame menselijke activiteiten. Bodemaantasting zou daarom toegevoegd moeten worden aan het kader dat de grenzen van onze planeet aangeeft.
2021	Age-dependent timing and routes demonstrate developmental plasticity in a long-distance migratory bird.	Verhoeven MA, Loonstra AHJ, McBride AD, Kaspersma W, Hooijmeijer JCEW, Both C, Senner NR, Piersma T	Journal of Animal Ecology, 00, 1–14	Vroeggeboren gruttokuikens vertrekken eerder naar het zuiden en vrijwel alle kuikens vertrekken na de volwassen grutto's. Ze vliegen vaker dan adulten rechtstreeks naar W Afrika waarbij relatief meer juvenielen omkomen. Ze nemen daarbij vaker afwijkende en soms ongebruikelijke routes waardoor grutto's als soort kunnen inspelen op veranderende omstandigheden.
2021	Jonge grutto's uitgevlogen in Nederland in 2021.	Schekkerman H, Gerritsen GJ, Hooijmeijer J	Sovon-rapport 2020/78, Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen	Tellingen van jonge grutto's wezen uit dat in 2021 wederom onvoldoende jonge grutto's zijn uitgevlogen voor een stabiele populatie. Noord-Nederland deed het gemiddeld wel beter dan de rest van het land.
2021	Discovery of a morphologically and genetically distinct population of Black-tailed Godwits in the East Asian-Australasian Flyway.	Zhu BR, Verkuil YI, Conklin JR, Yang A, Lei W, Alves JA, Hassell CJ, Dorofeev D, Zhang Z, Piersma T	Ibis, 163(2), 448-462. https://doi.org/10.1111/ibi.12890	In China werd een populatie van de grutto ontdekt die zich genetisch en qua grootte onderscheidt van andere ondersoorten en daarom als nieuwe ondersoort beschouwd mag worden.
2021	Grutto Landschap Project: Jaarverslag 2020.	Hooijmeijer JCEW, Van der Velde E, Fokkema R, Howison R, Onrust J, Rakhimberdiev E, Saarloos A, Groenhof E, Zeegers T, Piersma T	Rapport RUG, WUR, EIS. https://www.globalflywaynetwork.org/gfn/wp-content/uploads/2021/03/Grutto-Landschap-Project-2020-Jaarverslag-.pdf	Jaaroverzicht van monitoringswerkzaamheden en -resultaten m.b.t. de ecologie van grutto's in Zuidwest Friesland. Aspecten als nestsucces, kuiken- en adultenoverleving, predatoren, muizenaanbod, landgebruik, bodemleven, insecten en bestrijdingsmiddelen komen aan bod. In 2020 werd een nieuw dieptepunt in de reproductie van de grutto vastgesteld door hoge predatiedruk en lage kuikenoverleving.

2020	Migration route, stopping sites, and non-breeding destinations of adult Black-tailed Godwits breeding in Southwest Fryslân, The Netherlands.	Verhoeven MA, Loonstra AHJ, McBride AD, Both C, Senner NR, Piersma T	Journal of Ornithology, 162, 61–76. https://doi.org/10.1007/s10336-020-01807-3	Aan de hand van 36 gezenderde grutto's uit hetzelfde broedgebied werden trekroutes en -locaties vastgesteld. De meeste grutto's (85%) overwinterden ten zuiden van de Sahara in West-Afrika, maar een deel verbleef in Zuid-Spanje. Grutto's bleken jaarlijks trouw aan locaties die tijdens de trek aangedaan werden met individuele verschillen in de gebruikte locaties.
2019	Geolocators lead to better measures of timing and reneesting in Black-tailed Godwits and reveal the bias of traditional observational methods.	Verhoeven MA, Loonstra AHJ, McBride AD, Macias P, Kaspersma W, Hooijmeijer JCEW, Van der Velde E, Both C, Senner NR, Piersma T.	Journal of Avian Biology 51: doi:10.1111/jav.02259	Gelocators geven exacte informatie over herleg: 100% herlegt tot 18 mei, 43% herlegt na verlies 2 ^e legsel nogmaals en 21% zelfs na verlies kuikens uit eerste legsel. Met alleen veldwaarnemingen wordt dit extreem onderschat. Dit betekent dat het effect van nestverlies op de populatie veel kleiner is dan gedacht.
2019	Abundance of arthropods as food for meadow bird chicks in response to short- and long-term soil wetting in Dutch dairy grasslands.	De Felici L, Piersma T, Howison RA.	PeerJ 7: e7401 https://doi.org/10.7717/peerj.7401	Beregenen op warme dagen op een extensief perceel zorgde wel voor een koelere, vochtigere bodem met minder bodemweerstand maar niet voor meer insecten vergeleken met een controleperceel. Op een permanent vochtig perceel kwamen wel meer insecten voor. Beregenen zorgt dus wel voor een zachtere bodem maar niet voor meer insecten.
2019	Een horizon vol weidevogels in Zuidwest Friesland: Inzichten uit de workshop van de International Wader Study Group, 28 september 2018	Howison R, Belting H, Smart J, Smart M, Schuckard R, Thorup O, Piersma T, International Wader Study Group.	Drukkerij Van der Eems, Easterein	Tijdens de Wader Study Group Conference in Workum 2018 werd door de auteurs en deelnemers een beeld geschetst van de optimale habitat voor grutto, kievit, watersnip en kempfaan in Zuidwest Friesland. Belangrijkste conclusies was dat het waterpeil een stuk omhoog moet en de agrarische gebruiksintensiteit omlaag.
2019	Determining the availability of earthworms for visually hunting predators.	Onrust J, Hobma S, Piersma T.	Wildlife Society Bulletin 43: 745-751	Beschikbaarheid van wormen voor oogjagers als weidevogels werd vastgesteld door 's nachts wormen te tellen die aan de oppervlakte kwamen in graslanden van melkveehouders en die aantallen te vergelijken met de aantallen uit bodemonmonsters op dezelfde percelen. Aanwezigheid in bodem bleek niet hetzelfde te zijn als beschikbaarheid aan het oppervlak en af te hangen van de grondsoort.

2019	Camera-onderzoek naar grondpredatoren en nestpredatie bij weidevogels in Skriezekrite Idzegea.	Van der Velde E, Hooijmeijer JCEW, Walinga M, Piersma T	Rapport Rijks-universiteit Groningen, Groningen	Bunzing en steenmarter werden vrijwel overal aangetroffen in tegenstelling tot hermelijn en wezel. Katten werden veruit het meest waargenomen. Vos bleek niet aanwezig. Nestpredatie was met 22,5% aanzienlijk lager dan voorgaande jaren. Er werd nestpredatie door bunzing, steenmarter en zwarte kraai vastgesteld. Er was geen sprake van een camera- effect.
2019	Individual Black-tailed Godwits do not stick to single routes: a hypothesis on how low population densities might decrease social conformity.	Loonstra AHJ, Verhoeven MA, Zbyryt A, Schaaf E, Both C, Piersma T	Ardea 107: 251–261	In vergelijking tot Nederlandse grutto's, vertonen Poolse grutto's meer variatie in timing en route tijdens de trek van en naar de broedgebieden.
2019	Variation in egg size of Black-tailed Godwits.	Verhoeven MA, Loonstra AHJ, McBride AD, Tinbergen JM, Kentie R, Hooijmeijer JCEW, Both C, Senner NR, Piersma T	Ardea 107: 291–302	Er is nauwelijks verband tussen grootte vrouwtje en ei; het is vooral een individuele eigenschap en erfelijk bepaald. Eieren worden 2.8% kleiner later in het broedseizoen en groter naar mate vrouwtjes ouder worden. Eigrootte zegt niks over overlevingskans kuiken. Legdatum is ws vooral afspiegeling van conditie vrouwtje. Vroege legsels en eieren hebben veel meer kans om uit te komen en kuikens op te leveren.
2019	Natal habitat and sex specific survival rates result in a male biased adult sex ratio.	Loonstra AHJ, Verhoeven MA, Senner N, Hooijmeijer JCEW, Piersma T, Kentie R	Behavioral Ecology. 30: 843-851	Een verlaagde overlevingskans voor vrouwelijke grutto kuikens leidt tot een overschot aan mannelijke grutto's. Dit heeft negatieve gevolgen voor het populatieverloop.
2019	Jonge grutto's uitgevlogen in Nederland in 2019: een aantals-schatting op basis van kleurring-dichtheden.	Schekkerman H, Gerritsen GJ, Hooijmeijer JCEW	Sovon-rapport 2020/03.	Met 8950 jongen was 2019 een tamelijk gemiddeld jaar en onvoldoende voor compensatie van de natuurlijke sterfte. In Noord-Nederland was dit het op een na beste jaar na 2013; een muizenefect?

2019	Variation from an unknown Source: Large inter-individual differences in migrating Black-Tailed Godwits.	Verhoeven MA, Loonstra AHJ, Senner NR, McBride AD, Both C, Piersma T	Frontiers in Ecology and Evolution. 7:31.	Geolocators laten zien dat variatie in trekgedrag van grutto's wordt veroorzaakt door variatie binnen en tussen individuen. Gedurende de noordwaartse trek neemt de variatie af maar toch komen grutto's over een periode van 5 weken in het broedgebied aan. Dat suggereert dat aankomstdatum niet zo belangrijk is.
2019	High migratory survival and highly variable migratory behavior in Black-Tailed Godwits.	Senner NR, Verhoeven MA, Abad-Gómez JM, Alves JA, Hooijmeijer JCEW, Howison RA, Kentie R, Loonstra AHJ, Masero JA, Rocha A, Stager M, Piersma T	Frontiers in Ecology and Evolution. 7:96.	Veel individuele variatie in trekgedrag grutto's waardoor ze flexibel in kunnen spelen op nieuwe omstandigheden. Trek is minder gevaarlijk dan gedacht. De grootste kans/dag om dood te gaan is wel tijdens de noordwaartse trek over de Sahara (13% van de jaarlijkse sterfte). De meeste sterfte treedt op in het broedseizoen (30%).
2019	Adverse wind conditions during northward Sahara crossings increase the in-flight mortality of Black-tailed Godwits.	Verhoeven MA, Loonstra AHJ, Hooijmeijer JCEW, Senner NR, Both C, Piersma T	Ecology Letters, (2019) doi: 10.1111/ele.13387	Bij het oversteken van de Sahara tijdens de zuidwaartse trek hebben grutto's vaak de wind in de rug; maar op de terugweg kan tegenwind gerelateerd worden aan 25% van de sterfgevallen.
2019	Grutto's als indicator voor veranderingen in landgebruik in de Sahel.	Howison RA, Hooijmeijer JCEW, Piersma T	Limosa 92 (2019): 154-163	Grutto's vermijden ook tijdens hun verblijf in West-Afrika intensief gebruikte landbouwgrond. Intensieve rijstbouw is daarom geen vervangend habitat voor natuurlijke wetlands.
2019	Earthworm activity and availability for meadow birds is restricted in intensively managed grasslands.	Onrust J, Wymenga E, Piersma T, Olff H	Journal of Applied Ecology 2019; 56:1333-1342.	Drijfmestinjectie vermindert de beschikbaarheid van wormen voor weidevogels door uitdroging van de toplaag van de bodem. In vochtige bodems komen wormen meer aan de oppervlakte.
2019	How dairy farmers manage the interactions between organic fertilizers and earthworm ecotypes and their predators.	Onrust J, Piersma T	Agriculture, Ecosystems and Environment 273 (2019) 80–85	Rode wormen komen meer voor op percelen die alleen met vaste mest bemest worden. Ze groeien daar ook beter op dan op drijfmest. Rode wormen maken 25% deel van de wormenfauna maar zijn 83% van de wormen die aan oppervlakte en daarmee belangrijk voedsel voor weidevogels.

2018	Rode regenwormen: sleutelspelers voor boerenlandbiodiversiteit.	Onrust J, Wymenga E, Piersma T	De Levende Natuur (2019): 144-148	Rode regenwormen zijn belangrijk voor een gezonde bodem maar hebben veel last van intensieve landbouw. Ze halen hun voedsel aan de oppervlakte en zijn daarom bereikbaar en een belangrijke voedselbron voor weidevogels.
2018	Warming springs and habitat alteration interact to impact timing of breeding and population dynamics in a migratory bird.	Kentie R, Coulson T, Hooijmeijer JCEW, Howison RA, Loonstra AHJ, Verhoeven MA, Both C, Piersma T	Global Change Biology, 5292-5303	Ondanks dat voorjaren steeds warmer worden en graslanden steeds vroeger gemaaid worden, beginnen grutto's niet eerder met broeden. Vroeg broedende grutto's zijn vaker succesvol in het produceren van nageslacht, maar er is geen verband tussen de broedtiming van ouders en hun nageslacht. Een model op basis van voorjaarstemperaturen en habitat voorspelt dat grutto's alleen voldoende nageslacht kunnen produceren in gebieden met lage agrarische activiteit.
2018	Primary moult of continental Black-tailed Godwits <i>Limosa limosa limosa</i> in the Doñana wetlands, Spain.	Márquez-Ferrando R, Remisiewicz M, Masero JA, Kentie R, Senner N, Verhoeven MA, Hooijmeijer JCEW, Pardal S, Sarasa M, Piersma T, Figuerola J	Bird Study, 65(1), 132-139	Grutto's die de Doñana wetlands in Spanje als tussenstation tijdens de zuidelijke trek gebruiken verblijven er gemiddeld twee weken en vertonen variatie in slagpenrui. De meeste grutto's beginnen aan de rui voor ze in Doñana aankomen en maken de rui af voor ze de Sahara oversteken. Slechts 2% stelt de rui uit.
2018	High-altitude shorebird migration in the absence of topographical barriers: Avoiding high air temperatures and searching for profitable winds.	Senner NR, Stager M, Verhoeven MA, Cheviron ZA, Piersma T, Bouten W	Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences, 285(1881)	Grutto's voorzien van een GPS tracker die hoogte en vleugelslagfrequentie registreerde lieten zien dat tijdens de trek hoogtes tot 6 km bereikt worden. Op extreme hoogtes is veel minder zuurstof beschikbaar. Grutto's lijken soms voor deze hoogtes te kiezen om hoge temperaturen dicht bij de grond te vermijden en gebruik te maken van gunstige luchtstromingen.
2018	Quantifying landscape-level land-use intensity patterns through radar-based remote sensing.	Howison RA, Piersma T, Kentie R, Hooijmeijer JCEW, Olff H	Journal of Applied Ecology 2018: 1-12	Remote sensing data op basis van radar is maakt het mogelijk de intensiteit van landgebruik en de vegetatie op landschapsschaal te beoordelen en is daarmee een goede methode om de effectiviteit van beheersovereenkomsten op weidevogelgrasland te analyseren. Grutto's blijken minder vaak voor extensief beheersland te kiezen terwijl ze daar wel de beste broedresultaten halen.

2018	Generational shift in spring staging site use by a long-distance migratory bird.	Verhoeven MA, Loonstra AHJ, Hooijmeijer JCEW, Masero JA, Piersma T, Senner NR	Biology Letters 14: 20170663	In de periode 2005-2017 zijn de maximale aantallen grutto's in Extremadura afgenomen van 24.000 naar 10.000; in dezelfde periode stegen de aantallen in Portugal van 44.000 naar 51.000. Met name jonge grutto's verlegden hun trekbaan. Er was geen verschil in overleving of reproductief succes tussen vogels op beide plekken.
2017	Sex-specific growth in chicks of the sexually dimorphic Black-tailed Godwit.	Loonstra AHJ, Verhoeven MA, Piersma T	Ibis 160: 98-100	In de kuikenfase is al te zien dat grutto-vrouwen groter zijn dan grutto-mannen. Onafhankelijk van de nesthabitat, zijn vroege kuikens groter en in betere conditie dan late. Alle kuikens en in het bijzonder vrouwtjes, die groter zijn en dus meer energie nodig hebben, zijn lichter dan in gevangenschap opgegroeide kuikens. Dit suggereert dat de opgroeiomstandigheden van wilde kuikens onvoldoende zijn.
2017	Does wintering north or south of the Sahara correlate with timing and breeding performance in black-tailed godwits?	Kentie R, Marquez-Ferrando R, Figuerola J, Gangosa L, Hooijmeijer JCEW, Loonstra AHJ, Robin F, Sarasa M, Senner NR, Valkema H, Verhoeven MA, Piersma T	Ecology and Evolution 7: 2812–2820.	De meeste grutto's overwinteren in West-Afrika, maar een groeiend aandeel blijft in Zuid-Spanje en Portugal. Wij vonden, tegen onze verwachting in, dat de "Afrikaanse" grutto's eerder aankwamen en eieren legden dan de Iberische overwinteraars. Daarentegen waren de eieren van Iberische overwinteraars groter. We vonden geen verschil in nestoverleving of nestplaatskeuze. Dus, in tegenstelling tot andere soorten, heeft trekafstand van grutto's weinig effect op reproductie parameters.
2016	Effecten van habitatverlies op grutto en andere weidevogels.	Bos D, Kentie R, Hoekstra G, Van der Heide Y, Wymenga E, Hoekema F, Hooijmeijer JCEW, Piersma T	De Levende Natuur 118: 40-46	Nadat broedgebied was verloren gegaan door de aanleg van de rondweg om Leeuwarden, kon een gedeelte van de grutto's zich elders hervestigen en succesvol broeden, merendeels binnen een straal van 2 km van het voorgaande nest. Sommige grutto's daarentegen bleven broeden op dezelfde, zeer ongeschikte plek, en van andere grutto's kon het nest niet worden teruggevonden.

2016	Estimating breeding population size during spring staging: total numbers and the size of the Dutch population of Continental Black-tailed Godwits in 2007-2015.	Kentie R, Hooijmeijer JCEW, Verhoeven MA, Senner NR, Piersma T	Ardea 114:213-225	De Nederlandse broedpopulatie van grutto's was in 2015 33.000 paar. De aantallen zijn jaarlijks met 3,7% afgenomen in de afgelopen 8 jaar. In Nederland broedt 87% van de continentale West-Europese broedpopulatie.
2015	Comparing inferences of solar geolocation data against high-precision GPS data: annual movements of a double-tagged black-tailed godwit.	Rakhimberdiev E, Senner NR, Verhoeven MA, Winkler DW, Bouten W, Piersma T	Journal of Avian Biology 47: 589-596	De nauwkeurigheid van het bepalen van de trekroute bepaald door een geolocator werd vergeleken met de route bepaald door een nauwkeurigere maar zwaardere gps-zender. Een geolocator is klein apparaatje dat door middel van daglichtlengte en timing, posities kan bepalen. FlightR, een softwareprogramma, kan de positie van geolocators tot op 40 km nauwkeurig bepalen.
2015	When Siberia came to the Netherlands: the response of Continental Black-tailed Godwits to a rare spring weather event.	Senner NR, Verhoeven MA, Abad-Gómez JM, Gutiérrez JS, Hooijmeijer JCEW, Kentie R, Masero JA, Tibbitts TL, Piersma T	Journal of Animal Ecology 84: 1164-1176	Het lot van grutto's is gevolgd in het extreem koude voorjaar van 2013. Sommige grutto's arriveerden later dan gemiddeld van hun overwinteringsgebieden, andere vlogen terug naar het zuiden. De achterblijvers hadden hogere energetische kosten. Het broedsucces was hoger dan normaal, en de overleving van volwassen grutto's was gemiddeld. Oftewel, het koude voorjaar had geen aantoonbare negatieve effecten.
2015	Just when you thought you knew it all: new evidence for flexible breeding patterns in Continental Black-tailed Godwits.	Senner NR, Verhoeven MA, Hooijmeijer JCEW, Piersma T	Wader Study 122: 21-27.	De laatste legdatum van grutto's in een jaar is later dan voorgaande studies vastlegden. Bovendien komen tweede legsels vaker voor dan werd gedacht.

2015	Management of modern agricultural landscapes increases nest predation rates in Black-tailed Godwits (<i>Limosa limosa limosa</i>).	Kentie R, Both C, Hooijmeijer JCEW, Piersma T	Ibis 157: 614-625.	Op kruidenrijke, vaak voor weidevogels beheerde graslanden, is de kans dat een nest uitkwam hoger dan op intensief agrarisch grasland. Nesten kwamen vroeger in het seizoen vaker uit dan later in het seizoen. Nesten op intensief agrarisch grasland waar na maaien een klein stukje ongemaaid gras bleef staan (< 5 m in diameter) hadden een hogere kans op predatie dan nesten waarom heen veel gras (>5 m in diameter) werd gelaten. Nesten in de jaren '80 hadden een even grote uitkomstkans als nesten op kruidenrijk beheerd grasland.
	Migration distance and breeding latitude correlate with the scheduling of pre-alternate body moult: a comparison among migratory waders.	Lourenço PM, Piersma T	Journal of Ornithology 156: 657-665	Grutto's ruilen naar hun broed-verenkleed tijdens hun laatste opvetperiode in Portugal en Zuid-Spanje. Dit staat in contrast met andere steltlopers, die vaak al in de wintergebieden ruilen. Gedacht wordt dat andere steltlopers een strakker tijdsplan hebben voor migratie, en dat ruilen en voorbereiden op reproductie daardoor niet samengaan.

4.2 Overleg en samenwerking met HVHL

Over het verspreiden van kennis, gedurende en na afloop van het project wordt overleg gevoerd tussen RuG en Hogeschool Van Hall Larenstein (HVHL). HVHL wil fungeren als kennismakelaar op het terrein agrarisch natuurbeheer en boerenlandvogels. Eén van de manieren waarop zij kennis willen ontsluiten is via inbreng over deze thema's op het Groen Kennisnet <https://www.groenkennisnet.nl>. De bijdragen daarvoor worden zelf actief verzameld, komen rechtstreeks van onderzoekers en via een samenwerking met Vogelbescherming Nederland. Het is belangrijk om bij die input een praktijkbijsluiter te maken zodat beheerders de informatie kunnen vertalen naar hun eigen situatie.

Een andere manier van kennis delen is via bijeenkomsten waar onderzoekers hun bevindingen presenteren aan vertegenwoordigers van Collectieven en TBO's, de discussie wordt aangegaan over de inpasbaarheid van de resultaten in de dagelijkse praktijk en er uitwisseling van kennis plaatsvindt tussen beheerders. Dit moet leiden tot een overzicht van de kennis waar beheerders dringend behoefte aan hebben en het vaststellen van prioriteiten.

Hieronder wordt verslag gedaan van de wijze waarop het delen van onze kennis met HVHL in het afgelopen jaar heeft plaatsgevonden. Afgelopen februari 2023 werd er op BirdEyes tussen onderzoekers van de RuG en HVHL een bijeenkomst en werksessie georganiseerd rond het thema “weerbaar ecosysteem” in relatie tot de grutto met als speerpunten: geautomatiseerd meten met kunstmatige intelligentie (AI), insecten, kruidenrijk grasland en predatie. We deelden inzichten en eerste resultaten middels presentaties en identificeerden gemeenschappelijke onderzoeksdoelen. Concreet werken we nu op de thema's predatoren en insecten nauw samen.

Rondom ons onderzoek aan predatoren vonden de volgende ontwikkelingen plaats: in februari 2023 begon HVHL stagair Bing Verbrugh binnen ons predatorenonderzoek. Bing hielp zowel met het wildcamera-werk vanuit de RuG als met het onderhouden van een wildcamera-grid opgezet door onderzoekers van HVHL op de Workumerwaard en het verwerken van de verzamelde data.

Hiernaast hebben we samen met docenten van HVHL een samenwerking opgezet om tijdens het najaar van 2023 de predatoren aanwezigheid en de aanwezigheid van alternatieve prooi in kaart te brengen. Dit gebeurde in de context van de HVHL-cursus 'Meten aan dierpopulaties en -gemeenschappen' (LDM335). Voor deze cursus kwamen in november 2023, 90 studenten van HVHL naar Workum waar ze kennis maakten met veldonderzoek door data te verzamelen binnen het studiegebied middels de methodes van de RuG en deze werden later ook uitgewerkt. Dit was een win-win situatie voor HVHL en de RuG, met zowel een goede onderwijs cursus voor HVHL aan de ene kant die echt in de praktijk kon plaatsvinden en bruikbare data voor de onderzoekers van de RuG aan de andere kant. Binnen de context van deze cursus werd ook HVHL-stagiair Stijn Basting aangenomen om te helpen met het opzetten van het camera-grid in oktober 2023, het begeleiden van de cursus, en het verwerken en uitwerken van de verzamelde data aan roofdieren. Gedurende de cursus gaven onderzoekers Rienk Fokkema (predatoren) en Michella Ligtelijn (insecten) van de RuG gastlezingen.

Op het gebied van insecten is er afgelopen jaar ook een nauwe samenwerking ontstaan tussen RuG en HVHL. Het verwerken van de plakvallen wordt gedaan door middel van een systeem dat aan de HVHL ontwikkeld is door Ate Boerema en Arjen Strijkstra. Het gaat om een opstelling die foto's maakt van de plakvallen. Vervolgens worden met behulp van een door hen ontwikkeld algoritme de insecten herkend, geteld en gemeten. Identificatie van de insecten lukt ook al deels tot familie-niveau, maar vraagt nog verdere ontwikkeling. Deze verdere ontwikkeling van het systeem is mogelijk door de samenwerking waarin meerdere waarnemingen aan het systeem toegevoegd worden. Momenteel is student assistent Luuk Bruinier aangesteld om de plakvallen te verwerken.

4.3 Regenwormenonderzoek met burgerwetenschappers

Dit is een bijdrage van Jeroen Onrust

Inleiding

Regenwormen staan volop in de belangstelling. Niet alleen omdat ze belangrijk zijn als voedselbron voor weidevogels, maar ook omdat ze een belangrijke rol spelen in de bodem en dus ook van belang zijn voor de landbouw. Ik krijg daarom ook vaak de vraag: Hoe gaat het met de regenworm? Of: Zijn er dit jaar meer of minder wormen dan vorig jaar? Of: Hoe gaat het met de rode worm? En mijn antwoord is dan vaak: we weten het niet. En dat is best gek, want ze zijn vrij gemakkelijk te tellen (door middel van het uitpluizen van een bodemonster) en er zijn ook niet eens zoveel soorten in Nederland (ongeveer 25). Van heel veel dier- en plantensoorten in Nederland weten we heel precies hoe het ermee gaat en kunnen we zelfs de hele populatie schatten, maar helaas niet van misschien wel het belangrijkste diertje dat ook in ons land woont.

Daar zijn natuurlijk meerdere redenen voor. Ten eerste zijn er lang niet zoveel mensen die naar regenwormen kijken als bijvoorbeeld naar vogels of vlinders. En ten tweede is het helemaal niet zo makkelijk om een regenwormenpopulatie goed in kaart te brengen. Zoals ik in het jaarverslag van 2020 heb laten zien en ook in dit jaarverslag, kunnen regenwormenpopulaties behoorlijk fluctueren. Tussen jaren, maar ook binnen een jaar. Dat heeft vooral te maken met de weersomstandigheden; onder warme, droge omstandigheden vind je veel minder regenwormen door sterfte en het dieper wegkruipen van regenwormen, dan onder koele natte omstandigheden wanneer veel reproductie plaatsvindt en regenwormen zich in de toplaag van de bodem bevinden. Het vergelijken van populaties is dus een hele uitdaging, omdat je dus eigenlijk voor een goed beeld op meerdere momenten in het jaar moet meten en dat meerdere jaren moet volhouden. Een andere benadering is om op hetzelfde tijdstip of onder dezelfde omstandigheden te meten. Dat wordt ook een heikele onderneming als je meerdere populaties wilt kunnen vergelijken of iets wilt kunnen zeggen over een landelijke trend, omdat je dan op meerdere plekken tegelijk zou moeten zijn. Maar daar komt de burgerwetenschap, oftewel *citizen science*, om de hoek kijken. Door veel mensen te activeren om op hetzelfde tijdstip dezelfde meting te doen, kun je een redelijk goede benadering van de totale populatie krijgen mits de methode op een gestandaardiseerde manier is uitgevoerd. Er is al de nationale tuinvogeltelling, libellentelling, tuinvlindertelling, kikkerdriltelling, mollentelling, eindejaars-plantenjacht, vleermuistuintelling en vast nog veel meer, allemaal bedoeld om burgers mee te laten doen met onderzoek.

Wereldwijd zijn er al enkele initiatieven geweest om dit ook met regenwormen te doen (fig. 4.3.1). Dat zoiets in Nederland nog niet is gebeurd, is opvallend, gezien de vele tellingen die worden georganiseerd voor andere soortgroepen. Om daar verandering in te brengen heb ik meegeholpen aan meerdere projecten om dit in Nederland op de kaart te zetten en dat zal ik hieronder verder bespreken.

Wormentelweekend collectief Groningen West

Vanuit het agrarisch collectief Groningen West kwam de vraag om samen met boeren een verdiepingsslag te maken rondom regenwormen/bodembiodiversiteit. Het leek mij de uitgelezen kans om een wormentelling te organiseren en boeren daarmee te enthousiasmeren om eens onder de graszode te kijken. Samen met Janneke van der Velde hebben we een laagdrempelige wormentelling opgezet met een handleiding en zelfs een instructiefilmpje (zie: <https://collectiefgroningenwest.nl/wormentelweekend/>). De bedoeling is om een kluit aarde van 20x20x20 cm uit te graven en die vervolgens met de hand uit te pluizen en de regenwormen te



Country	Project name	Aimed at	More information	Year
United States	Great Lakes Wormwatch	Anyone	https://www.k-state.edu/cecd/partnerships/EarthwormsAcrossKansas.htm	2006–today
	Earthworms across Kansas	School students	https://www.k-state.edu/earthworm/	2010–2012
Canada	Alberta Worm Invasion	Anyone	https://worms.educ.ualberta.ca/	2013–today
	WormTracker			
	WormWatch	Anyone	https://www.naturewatch.ca/wormwatch/	2014–today
United Kingdom	Open Air Laboratory (OPAL)	Anyone	https://www.imperial.ac.uk/opal-soil	2009–2020
	Soil and Earthworm Survey			
	What is Under Your Feet?	School students	https://jointhepod.org/teachers/other/information-pack-whats-under-your-feet	2018–today
	#60minworms	Farmers	https://www.rothamsted.ac.uk/news/earthworm-research-spurs-farmers-act	2018
	Earthworm Watch	Anyone	https://earthwormwatch.org/	2016–2018
	Earthworm Society of Britain	Anyone	https://www.earthwormsoc.org.uk/	2009–today
France	L'Observatoire Participatif des Vers de Terre (OPVT)	Anyone	https://ecobiosoil.univ-rennes1.fr/OPVT_accueil.php	2011–today
Australia	Earthworms Downunder	School students	[2]	1992
Finland	Matoseuranta	School students	http://matoseuranta.it.helsinki.fi/fi	2016–2018
Norway	Forskningskampanjen 2010–Meitemark	School students	https://www.miljolare.no/aktiviteter/land/natur/ln6/	2010

Figuur 4.3.1: Overzicht van wormentelprojecten wereldwijd. Uit: Burton & Cameron (2021).

verzamelen die vervolgens geteld worden waarbij onderscheid gemaakt wordt tussen regenwormen met zadel (adult) en zonder zadel (juveniel).

Wat ik belangrijk vond naast de aantallen, was dat er ook werd gekeken naar de verschillende soorten regenwormen. Zoals in de inleiding al staat beschreven, zeggen aantallen nog niet heel veel omdat die nogal kunnen fluctueren, maar ook omdat je veel informatie mist als je niet de verschillende soorten regenwormen met hun verschillen in ecologie niet meeneemt. De soortensamenstelling geeft veel meer informatie over bodemkwaliteit. In ons onderzoek maken we vooral onderscheid tussen rode en grijze wormen. Rode wormen zijn de humusvormers en brengen organisch materiaal de bodem in en komen daarvoor veel naar het oppervlak, grijze wormen zijn humuseters en eten vooral bodemdeeltjes en komen niet of nauwelijks naar het oppervlak. Regenwormen zijn voor de leek echter moeilijk uit elkaar te houden, maar de wormen indelen in rode of grijze wormen is niet heel ingewikkeld en zou al een hoop informatie opleveren. We hebben er dus voor gekozen om de boeren te vragen het aantal rode of grijze wormen door te geven.



Om aan de gevonden data ook nog te kunnen rekenen is het belangrijk om meerdere bodemonsters te nemen aangezien er nogal wat variatie zit in dichtheden binnen een perceel. We vroegen de deelnemers om vijf bodemonsters te nemen en uit te pluizen. Na een pilot met enkele mensen van het bestuur van het collectief besloten we echter om het aantal monsters naar beneden bij te stellen tot slechts één bodemonster, aangezien het toch wel veel werk was en we het graag laagdrempelig wilden houden. We gaven wel aan dat mensen die enthousiast waren alsnog meer bodemonsters konden nemen. Hoewel ook het onderscheiden van de soorten als moeilijk werd bevonden, besloten we toch om een extra categorie toe te voegen aan de groepen, namelijk de pendelaars. Deze groep regenwormen behoren tot de rode wormen, maar zijn opvallend groot en dus goed te onderscheiden van de andere regenwormen. Ze hebben tevens een bijzondere rol in de bodem vanwege de grootte en het pendelende gedrag van deze soort en levert dus meer informatie op. Daarnaast vroegen we de deelnemers om meer informatie te geven over de locatie waar het bodemonster is genomen zoals de leeftijd van het grasland, type bemesting en type landbouw.

Rondom het weekend van zaterdag 17 april 2021 vond het wormentelweekend plaats. Leden van het collectief werden actief benaderd om mee te doen en uiteindelijk gaven 26 deelnemers hun resultaten door, hoewel er meer mensen zijn die dat weekend regenwormen hebben geteld. In totaal zijn er 54 bodemonsters gestoken en uitgepluisd met gemiddeld 30 regenwormen per monster. In graslanden met vaste mest werden gemiddeld het hoogste aantal gevonden (42 wormen per kluit) en in oude graslanden werden gemiddeld 10 wormen meer gevonden dan in jonge graslanden. Gemiddeld bestond het aandeel rode wormen uit 42% wat bijzonder hoog was, waarbij zelfs meerdere keren 100% werd gevonden. In mijn eigen onderzoek vind ik in grasland dat gemiddeld 25% van de regenwormen rode wormen zijn. We kregen ook terug dat deelnemers het nog wel een uitdaging vonden om de soorten te onderscheiden. Het is dus waarschijnlijk dat het aandeel rode wormen een overschatting is. Desondanks was het een succes met veel positieve reacties van mensen die gezamenlijk het veld in gingen en met het geluid van weidevogels op de achtergrond regenwormen aan het tellen waren.

Waardevolle wormen Westerkwartier

Tijdens het vorige project had ik ook contact met Theo Jurriens van Science LinX. Science LinX is het science center van de Faculty of Science and Engineering van de RUG en coördineert programma's om leerlingen, docenten, maatschappelijke organisaties en een breed en divers publiek te informeren over en te betrekken bij onderzoek van de faculteit (vaak aangeduid met de term Public Engagement). Ze werken daarbij onder andere samen met scholen. Theo wilde graag iets met regenwormen doen op basisscholen in de gemeente Westerkwartier (Groningen).

Samen met de wethouders Elly Pastoor, Pieter van der Zwan van de gemeente Westerkwartier en bestuurder Wilma Drenth van Stichting Quadraten werd op 7 maart 2022 het startschot gegeven voor de derde editie van het project Next Education. Tien basisscholen gingen aan de slag met de vraag wat ervoor nodig is om de ideale schooltuin te ontwerpen. Daarmee leerden de kinderen uit de groepen 6 tot en met 8 tevens over bodemkwaliteit en biodiversiteit. En ook hoe ze wetenschappelijk onderzoek moeten doen. Het viel samen met de wormentelling van het *CurioUs!* Project (zie verderop) en dus gingen scholen ook aan de slag om wormen te tellen in de schooltuinen of omgeving. Daarvoor heeft Theo een heel leuk boekje gemaakt met informatie over regenwormen en een handleiding voor het onderzoek. Daarbij kwam ook een heuse wormenliniaal om de gevonden regenwormen te kunnen meten. Op de volgende website kun je het boekje nog vinden en ook andere informatie over het project en ook staat er een filmpje op waarin ik samen met scholieren en de wethouder op zoek ga naar regenwormen in De Wilp: <https://wormen.info/>.

Uiteindelijk hebben 30 groepjes van scholieren van zes verschillende basisscholen meegedaan. Niet alleen uit het Westerkwartier, maar ook uit Garnwerd, Dwingeloo en Groningen. Gemiddeld vonden ze 29 wormen per kluit aarde, vergelijkbaar als het wormentelweekend van het collectief Groningen West. Gemiddeld waren 60% van de gevonden regenwormen juveniele regenwormen, wat niet heel gek is, aangezien het aandeel jonge regenwormen meestal veel groter is dan het aandeel adulte regenwormen (met zadel).

Opvallend was wel weer dat zo'n 70% van de gevonden regenwormen rode wormen waren, wat opnieuw opvallend hoog is en waarschijnlijk een overschatting is door misidentificatie. Ik denk dat het te maken heeft met de naam. Het verschil in kleur tussen rode en grijze wormen is niet heel erg groot. Rode wormen zijn wel degelijk roder gekleurd dan grijze wormen, of althans donkerder gekleurd door meer pigmentatie in de huid dat veelal zorgt voor een donkerrode of rood paarse kleur. Echter, een grijze worm kan er ook wel degelijk rood uitzien. Deze groep wormen heeft nauwelijks pigment in de huid en dus is de huid wat doorzichtiger. Deze wormen eten vooral gronddeeltjes en wanneer de darmen van een grijze worm vol zitten, dan zien ze er wat grijziger uit. Wanneer dit niet het geval is, dan zijn ze veel roder van kleur omdat de huid vol zit met bloedvaten en het bloed van een regenworm is net als dat van ons rood gekleurd. Dit zou kunnen verklaren waarom rode wormen overschat kunnen worden omdat grijze wormen voor rode wormen zijn aangezien. Dat is wel jammer, want het is voor mijn onderzoek wel belangrijk om dat onderscheid te maken tussen rode en grijze wormen. Misschien moet het nog duidelijker beschreven worden of is het simpelweg te lastig voor een leek die nooit goed naar een regenworm heeft gekeken en beseft heeft dat er meerdere soorten regenwormen zijn.



Nationale wormentelling meetactie *CurioUs?*

Een collega van Theo, Maaïke de Heij, is ook werkzaam bij *CurioUs?*. Dit is een initiatief van Science LinX (Faculteit Science and Engineering, Rijksuniversiteit Groningen), de Aletta Jacobs School of Public Health en Forum Groningen. Met verschillende activiteiten wil *CurioUs* nieuwsgierige noorderlingen enthousiast maken om zelf aan de slag te gaan met wetenschap en techniek om zo hun eigen leefomgeving in kaart te brengen, inzicht te krijgen en te verbeteren. *CurioUs* koppelt wetenschappers en burgerwetenschappers in Noord-Nederland aan elkaar om samen onderzoek te doen. Daarvoor doen ze twee keer in het jaar een meetactie waar burgerwetenschappers worden gevraagd om data te verzamelen voor een onderzoek aan de RUG. Het was dus de ideale partij om een wormentelling op te zetten. Om dit mogelijk te maken werkte ik vooral samen met een team bestaande uit: Maaïke de Heij en Renske de Jonge van Science Linx, Maaïke Muller, Gerard Kolker en Emma Stiphout van Aletta Jacobs School of Public Health, en Gerda Vrugteman en Pernille Claessen van het Forum. Het liep vrijwel gelijktijdig met het Waardevolle wormen project van Theo Jurriëns en ook daarmee is veel samen opgetrokken. Ook Sylvia de Boer van de Geodienst van de RUG was erbij betrokken voor support over het visualiseren van de data op de website.

Ook voor dit project is een duidelijke handleiding gemaakt en opnieuw ook een leuk instructiefilmpje, zie: <https://forum.nl/nl/meetactie-wormentelling>. Mensen konden zich van tevoren aanmelden, waarna ze de informatie toegestuurd kregen. Het telweekend vond plaats op 9 en 10 april 2022 en werd voorafgegaan door een openbaar college in het Forum op maandagavond 4 april. Naast dat ik een verhaal vertelde over mijn onderzoek, vertelde boer Hero Havenga ook een verhaal over zijn akkerbouwbedrijf Landgoud aan de Groninger Waddenkust en was er een vraaggesprek met het publiek.



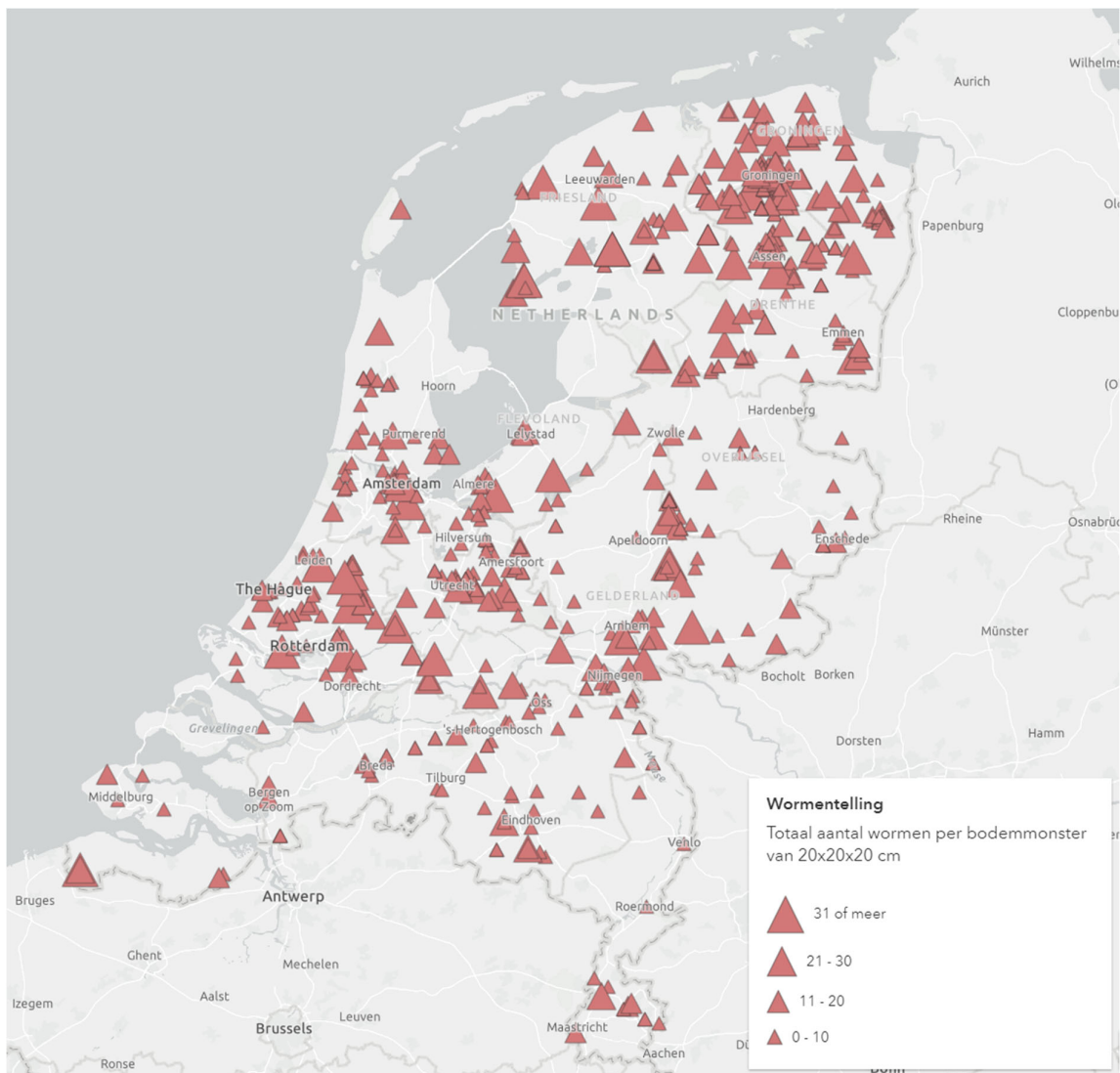
Er was opvallend veel media-aandacht voor het telweekend: Dagblad van het Noorden, Villa BVD van omroep MAX op de radio, Editie NL op RTL4 televisie, het NOS Radio 1 journaal, OOG TV, RTV Noord radio, RTV Drenthe, Vroege Vogels radio, Universiteitskrant, Jeugdjournaal, Radio 2, RTV Noord-Holland radio. Dat resulteerde erin dat het in plaats van een Noordelijke Wormtelling een Nationale Wormtelling werd. Zie onderstaande kaart (fig. 4.3.2) om te zien waar er allemaal is gemeten.

Uiteindelijk hebben maar liefst 604 mensen deelgenomen en bijna 700 kluiten aarde uitgeplozen op zoek naar regenwormen. Gemiddeld werden er 11 wormen per kluit gevonden. Een stuk lager dan bij de andere tellingen, wellicht omdat er ook in andere habitats is gemeten want de variatie was ook erg groot. Deelnemers konden zelf kiezen waar ze wilden meten, de meeste metingen zijn gedaan in de tuin in het gazon of in een bloemenperk, maar ook veel in moestuinen, en zelfs in het bos of in het park. Men kon ook aangeven hoeveel de bodem bedekt was met beplanting. Hoe meer de bodem bedekt was hoe hoger de aantallen regenwormen. Dat komt overeen met mijn eigen onderzoek waar ik altijd de hoogste dichtheden vindt in graslanden en de laagste in kale akkers. In graslanden met beweiding zaten anderhalf keer zoveel regenwormen als in niet beweede graslanden. De resultaten zijn verwerkt in een overzichtsrapport dat ook op de website van *CurioUs?* te vinden is.

Om het probleem met soortherkenning van de regenwormen op te lossen vroegen we mensen om naast het doorgeven van de aantallen per categorie, ook een foto te maken en die te uploaden bij het invoeren. Daarmee kon ik dan achteraf de soorten determineren. Hoewel dat niet eenvoudig is van een foto, lukt me dat nog wel in de twee ecologische groepen.

Ik moet helaas nog wel door een hele hoop foto's, maar op basis van wat ik tot nu heb gezien klopt mijn vermoeden wel dat mensen het aantal rode wormen overschatten. Het bijleveren van foto's is dus wel een waardevolle bijdrage om de resultaten te kunnen verifiëren en is dus iets om in het vervolg te blijven gebruiken.

Misschien dat met behulp van automatische soortherkenning dit makkelijker gemaakt kan worden. Met Sjoerd Kroon, Govert Schoof en Zuzana Kubinova van het Centrum voor Informatie Technologie aan de RUG hebben we hier over gesproken om dit bij een toekomstige wormtelling verder uit te denken. Ook om de aangeleverde data sneller te kunnen verwerken en dat er gedegen infrastructuur ligt om dat te bewerkstelligen en dat het niet bij één onderzoeker terecht komt. Voorlopig zijn er echter geen plannen om opnieuw een wormtelling te organiseren.



Figuur 4.3.2: Overzicht meetactie CurioUs? wormentelling.

De kracht van burgerwetenschappers te gebruiken voor onderzoek zit hem vooral in het vergaren van veel data van verschillende locaties. Hoewel het door mensen gedaan wordt die veelal geen wetenschappelijke achtergrond hebben en misschien nooit hebben stil gestaan bij een regenworm, kan het wel degelijk gebruikt worden voor onderzoek omdat foutjes ruimschoots goed worden gemaakt door de grote hoeveelheid data die wordt verzameld. Uiteraard is het wel belangrijk dat de methode goed gestandaardiseerd is en dat iedereen het kan gebruiken. Het uitsteken van een kluit aarde en het uitpluizen bleek echter geen probleem, alleen het determineren van regenwormen is voor de meeste mensen toch te ingewikkeld gebleken. Terwijl juist die informatie belangrijk is voor ons onderzoek. Het aantal regenwormen zegt namelijk nog niet zoveel. Ook de vraag “Hoe gezond is jouw grond?” die centraal werd gesteld in het *CurioUs?* Project is moeilijk te beantwoorden op basis van aantallen regenwormen. Dat weten we namelijk niet, en op basis van dit onderzoek kunnen we dat ook niet concluderen. Het aantal regenwormen is waarschijnlijk geen goede indicator. In ons onderzoek vinden we bijvoorbeeld vaak hoge regenwormen dichtheden in intensieve graslanden waar weinig biodiversiteit is. Ook het aantal soorten regenwormen is daar lager. Terwijl in graslanden met een lagere input minder regenwormen, maar wel meer soorten een functie vervullen in het hele voedselweb. Je hebt dus

verschillende soorten nodig die elk hun eigen niche hebben. Op die manier heb je een robuust ecosysteem dat zonder input van buitenaf kan functioneren. Het onderscheiden van soorten is dus wel een belangrijke factor in dit onderzoek. En als dat echt te moeilijk blijkt te zijn, dan biedt kunstmatige intelligentie met automatische soortherkenning wellicht een oplossing. Of, zoals Renée Veenstra in ons onderzoek doet met gruttopoepjes, dat we DNA-technieken gebruiken.

Maar goed, al met al is misschien het belangrijkste van deze burgerwetenschap dat er meer aandacht voor de regenworm is gekomen en dat mensen op een andere manier naar regenwormen zijn gaan kijken of zelfs naar hun eigen omgeving. Ook het besef dat er meer dan één soort regenworm is die elk een andere rol in het ecosysteem heeft, was bij veel mensen toch ook wel een eyeopener. En misschien zorgt dat er wel voor dat ze zich er meer in zijn gaan verdiepen om bijvoorbeeld de soorten te kunnen herkennen of hoe we ze kunnen helpen door de eigen leefomgeving wormvriendelijker in te richten. De vele positieve reacties die het heeft opgeleverd wijzen daar in ieder geval wel op. En misschien is dat wel het belangrijkste resultaat van deze tellingen.

5 Dankwoord

Dit onderzoek zou niet mogelijk zijn zonder de financiële bijdragen van de in het colofon genoemde overheden en organisaties. Naast deze onmisbare financiële steun krijgen we ook praktische en morele hulp, steun en toestemming van heel veel organisaties en personen.

Om te beginnen willen we onze veldassistenten, AIO's, postdocs en andere collega's noemen die met enorme inzet het verzamelen van de dataset mogelijk maakten; hun bijdrage is onbetaalbaar: Christiaan Both, Julia Schroeder, Rosemarie Kentie, Petra de Goeij, Rinkje van der Zee, Ysbrand Galama, Job ten Horn, Pedro Lourenço, Anneke Rippen, Lucie Schmaltz, João Guilherme, Bram Verheijen, Rocío Marquez Ferrando, Martin Bulla, Sytse-Jan Wouda, Haije Valkema, Mo Verhoeven, Gjerryt Hoekstra, Sjoerd Hobma, Niels Bot, Jelle Loonstra, Jorge Gutiérrez, Nathan Senner, Marycha Franken, Berber de Jong, Atser Sybrandy, Itziar Lopez Zandueta, Guillaume Senterre, Wiebe Kaspersma, Alice McBride, Emma Penning, Rene Faber, Marten Sikkema, Rienk Jelle Hibma, Krijn Trimbos, Niko Groen, Bert Zijlstra, Sofia Briosia e Scheltinga, Tim van der Meer, Age Hulder, Riemer Miedema, Siebe Bonthuis, Tim Oortwijn, Lara Mielke, Amandine Vallee, Mark Walinga, Petra Manche, Iris Kromhout Van Der Meer, Arne van Eerden, Livia De Felici, Marco van der Velde, Yvonne Verkuil, Maarten Vervoort, Pablo Macías Torres, Hilde van der Wal, Wim Tijsen, Annabel Slettenhaar, Lisa Rose Haaksma, Daan Bos, Laura Riemens, Margje de Jong, Misha Zhemchuzhnikov.

Dat geldt eveneens voor de studenten van de Rijksuniversiteit Groningen, Hogeschool van Hall Larenstein en andere opleidingen die als onderdeel van hun studie belangrijke bijdragen leverden. Dit jaar waren dat: Natsja Zijlstra (MSc), Bing Verbrugh (HVHL), Stijn Basting (HVHL), Hesamaddin Farhadi (MSc), Rosa Korte (BSc), Jade Sinkgraven (BSc), Eoghan O'Reilly (MSc), Wytse de Haan (MSc), Meri Hut (MSc).

In het bijzonder willen we ook Heinrich Belting en Jürgen Ludwig (Niedersächsische Landesbetrieb für Wasserwirtschaft, Küsten- und Naturschutz) noemen voor hun actieve bijdrage aan het onderzoek, niet in het minst vanwege hun onmisbare rol in de financiering via LIFE IP GrassBirdHabitats.

Overall in het studiegebied zijn er boeren die zich nauw verbonden voelen met weidevogels en het zouden missen als grutto's op hun bedrijf verdwijnen en daarom alles eraan doen om het tij te keren. Dat geldt ook voor de natuurbeschermingsorganisaties in ons onderzoeksgebied. We bedanken daarom alle individuele boeren, en het Collectief Súdwestkust, Staatsbosbeheer en It Fryske Gea voor hun toestemming om hun percelen te betreden, voor de hulp en goede discussies waarin we steeds weer wat van jullie opstaken. We zijn ook dankbaar voor de inzet van de vogelwachters van de vogelwachten Warns-Stavoren, Koudum-Hemelum, Workum e.o., Makkum, Oudega (SWF), Gaastmeer en de droneteams van de BFVW voor hulp bij het vinden van nesten en kuikens, de grutto-ringers in heel Nederland die helpen om de dataset en kennis te vergroten, de hulp bij het verwerken van terugmeldingen door grutto-ringers en andere vrijwilligers en de bijdrage van de vele enthousiaste vogelaars door de talloze aflezingen van kleurringen in binnen- en buitenland.

6 Literatuur

- Azeem, M., Haider, M.Z., Javed, S., Saleem, M.H. & Alatawi, A. (2022). Drought Stress Amelioration in Maize (*Zea mays* L.) by Inoculation of *Bacillus* spp. Strains under Sterile Soil Conditions. *Agriculture* 12(1): 50.
- Begum, N., Qin, C., Ahanger, M.A., Raza, S., Khan, M.I., Ashraf, M. & Zhang, L. (2019). Role of arbuscular mycorrhizal fungi in plant growth regulation: implications in abiotic stress tolerance. *Frontiers in Plant Science* 10: 1068.
- Bonkowski, M., Griffiths, B.S. & Ritz, K. (2000). Food preferences of earthworms for soil fungi. *Pedobiologia* 44: 666-676.
- Buijs, J., Samwel-Mantingh, M., Berendse, F., van Mansvelt, J.D., van der Berg, M., Ragas, A.M.J., Oomen, G. & Dicke, M. (2019). Een onderzoek naar mogelijke relaties tussen de afname van weidevogels en de aanwezigheid van bestrijdingsmiddelen op veehouderijbedrijven. Onderzoeksrapport Buijs Agro-Services, Bennekom.
- Burton, V.J. & Cameron, E.K. (2021). Learning more about earthworms with citizen science. *Frontiers for Young Minds*. DOI: 10.3389/frym.2020.548525.
- Dinsmore, S.J., White, G.C. & Knopf, F.L. (2002). Advanced techniques for modeling avian nest survival. *Ecology* 83: 3476-3488.
- Donald, P., Green, R.E. & White, M.F. (2001). Agricultural intensification and the collapse of Europe's farmland bird populations." *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* 268(1462): 25-29.
- Eisenhauer, N. & Eisenhauer, E. (2020). The “intestines of the soil”: the taxonomic and functional diversity of earthworms – a review for young ecologists. *EcoEvoRxiv* doi: 10.32942/osf.
- Geilfus, F. (2008). Book: “80 tools for participatory development: appraisal, planning, follow-up and evaluation” Book by IICA. San Jose, C.R.
- Groen, N.M. & Hemerik, L. (2002). Reproductive success and survival of Black-tailed Godwits *Limosa limosa* in a declining local population in The Netherlands. *Ardea* 90: 239-248.
- Hallmann, C.A., Sorg, M., Jongejans, E., Siepel, H., Hofland, N., Schwan, H., Stenmans, W., Müller, A., Sumser, H., Hörrén, T., Goulson, D. & de Kroon, H. (2017). More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *Plos One* 12(10): e0185809.
- Howison, R.A., Piersma, T., Kentie, R., Hooijmeijer, J.C.E.W., Olff, H. (2018). Quantifying landscape-level land-use intensity patterns through radar-based remote sensing. *Journal of Applied Ecology* 55: 1276– 1287.
- Kentie, R., Hooijmeijer, J.C.E.W., Trimbos, K.B., Groen, N.M. & Piersma, T. (2013). Intensified agricultural use of grasslands reduces growth and survival of precocial shorebird chicks. *Journal of Applied Ecology* 50: 243-251.
- Kentie, R., Both, C., Hooijmeijer, J.C.E.W. & Piersma, T. (2014). Age-dependent dispersal and habitat choice in Black-tailed Godwits (*Limosa l. limosa*) across a mosaic of traditional and modern grassland habitats. *Journal of Avian Biology* 45: 396-405.

- Kentie, R. (2015). Spatial demography of Black-tailed Godwits. Metapopulation dynamics in a fragmented agricultural landscape. Groningen, University of Groningen. PhD.
- Kentie, R., Both, C., Hooijmeijer, J.C.E.W. & Piersma, T. (2015). Management of modern agricultural landscapes increases nest predation rates in Black-tailed Godwits (*Limosa limosa limosa*). *Ibis* 157: 614-625.
- Kentie, R., van der Velde, E., Hooijmeijer, J.C.E.W. & Piersma, T. (2017). De Grutto Monitor 2016. Onderzoeksrapport Conservation Ecology Group, Groningen Institute for Evolutionary Life Sciences (GELIFES), Rijksuniversiteit Groningen.
- Kentie, R., Coulson, T., Hooijmeijer, J.C.E.W., Howison, R.A., Loonstra, A.H.J., Verhoeven, M.A., Both, C. & Piersma, T. (2018). Warming springs and habitat alteration interact to impact timing of breeding and population dynamics in a migratory bird. *Global Change Biology* 5292-5303.
- Kentie, R., Hooijmeijer, J.C.E.W., Verhoeven, M.A., Senner, N.R. & Piersma, T. (2016). Estimating breeding population size during spring staging: total numbers and the size of the Dutch population of Continental Black-tailed Godwits in 2007-2015. *Ardea* 114: 213-225.
- Kjellander, P. & Nordström, J. (2003). Cyclic voles, prey switching in red fox, and roe deer dynamics-a test of the alternative prey hypothesis. *Oikos* 101: 338-344.
- Keuning, E. & Knigge, J. (2022) Stikstof, mest en bodemgezondheid in Noord-Nederland. Rapportage Bioclear earth b.v.
- Lagendijk, G., Ligtelijn, M. & Howison, R. (2023). Impact of restoration measures towards insect abundance and food availability. Annual report 2022 Action D.1.1.3. LIFE IP GrassBirdHabitats.
- Liebezeit, J.R., Smith, P.A., Lanctot, R.B., Schekkerman, H., Tulp, I., Kendall, S.J., Tracy, D.M., Rodrigues, R.J., Meltote, H., Robinson, J.A., Gratto-Trevor, C., McCaffery, B.J., Morse, J. & Zack, S.W. (2007). Assessing the development of shorebird eggs using the flotation method: species-specific and generalized regression models. *Condor* 109: 32-47.
- Loonstra, A.H.J., Verhoeven, M.A. & Piersma, T. (2018). Sex-specific growth in chicks of the sexual dimorphic Black-tailed Godwit. *Ibis* 160: 89-100.
- Loonstra, J., Verhoeven, M., Senner, N., Hooijmeijer, J., Piersma, T., & Kentie, R. (2019). Natal habitat and sex-specific survival rates result in a male-biased adult sex ratio. *Behavioral Ecology* 30(3): 843-851.
- Neilson, R. & Boag, B. (2003) Feeding preferences of some earthworm species common to upland pastures in Scotland. *Pedobiologia* 47: 1-8.
- Onrust, J. & Piersma, T. (2019) How dairy farmers manage the interactions between organic fertilizers and earthworm ecotypes and their predators. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 273: 80-85.
- Onrust, J., Wymenga, E., Piersma, T., Olff, H. (2019) Earthworm activity and availability for meadow birds is restricted in intensively managed grasslands. *Journal of Applied Ecology* 56: 1333-1342.
- Onrust, J., Wymenga, E., & Piersma, T. (2019). Rode regenwormen: sleutelspelers voor boerenlandbiodiversiteit. *De Levende Natuur* 120: 144-148.

- Parrott, L., & Meyer, W. S. (2012). Future landscapes: managing within complexity. *Frontiers in Ecology and the Environment* 10(7): 382-389.
- Pelosi, C., Bertrand, C., Daniele, G., Coeurdassier, M., Benoit, P., Nélieu, S., Lafay, F., Bretagnolle, V., Gaba, S., Vulliet, E. & Fritsch, C. (2021). Residues of currently used pesticides in soils and earthworms: A silent threat? *Agriculture, Ecosystems & Environment* 305 107167.
- Ren, A.T., Abbott, L.K., Chen, Y., Xiong, Y.C. & Mikan, B.S. (2020). Nutrient recovery from anaerobic digestion of food waste: impacts of digestate on plant growth and rhizosphere bacterial community composition and potential function in ryegrass. *Biology and Fertility of Soils* 56: 973-989.
- Roodbergen, M., Klok, C. & Schekkerman, H. (2008). The ongoing decline of the breeding population of Black-tailed Godwits *Limosa l. limosa* in The Netherlands is not explained by changes in adult survival. *Ardea* 96: 207-218.
- Salewski, V. & Schmidt, L. (2022). Nest cameras do not affect nest survival in a meadow-nesting shorebird. *Bird Conservation International* 32(1): 127-136.
- Schekkerman, H. & Boele, A. (2009). Foraging in precocial chicks of the black-tailed godwit *Limosa limosa*: vulnerability to weather and prey size. *Journal of Avian Biology* 40: 369-379.
- Schekkerman, H. & Müskens, G. (2000). Produceren Grutto's *Limosa limosa* in agrarisch grasland voldoende jongen voor een duurzame populatie? *Limosa* 73: 121-134.
- Schroeder, J., Piersma, T., Groen, N.M., Hooijmeijer, J.C.E.W., Kentie, R., Lourenço, P.M., Schekkerman, H. & Both, C. (2012). Reproductive timing and investment in relation to spring warming and advancing agricultural schedules. *Journal of Ornithology* 153: 327-336.
- Shafi, J., Tian, H., & Ji, M. (2017). Bacillus species as versatile weapons for plant pathogens: a review. *Biotechnology & Biotechnological Equipment* 31(3): 446-459.
- Seibold, S., Gossner, M.M., Simons, N.K., Blüthgen, N., Müller, J., Ambarlı, D., Ammer, C., Bauhus, J., Fischer, M., Habel, J.C., Linsenmair, K.E., Nauss, T., Penone, C., Prati, D., Schall, P., Schulze, E., Vogt, J., Wöllauer, S. & Weisser, W.W. (2019). Arthropod decline in grasslands and forests is associated with landscape-level drivers. *Nature* 574: 671–674.
- Senner, N.R., Verhoeven, M.A., Abad-Gómez, J.M., Alves, J.A., Hooijmeijer, J.C.E.W., Howison, R.A., Kentie, R., Loonstra, A.H.J., Masero, J.A., Rocha, A., Stager, M. & Piersma, T. (2019). High migratory survival and highly variable migratory behavior in Black-Tailed Godwits. *Frontiers in Ecology & Evolution* 7: 96.
- Senner, N.R., Verhoeven, M.A., Abad-Gómez, J.M., Gutiérrez, J.S., Hooijmeijer, J.C.E.W., Kentie, R., Masero, J.A., Tibbitts, T.L. & Piersma, T. (2015). When Siberia came to the Netherlands: the response of Continental Black-tailed Godwits to a rare spring weather event. *Journal of Animal Ecology* 84: 1164-1176.
- Senner, N.R., Verhoeven, M.A., Hooijmeijer, J.C.E.W. & Piersma, T. (2015). Just when you thought you knew it all: new evidence for flexible breeding patterns in Continental Black-tailed Godwits. *Wader Study* 122: 21-27.
- Sorice, M.G., Oh, C.O., Gartner, T., Snieckus, M., Johnson, R., Donlan, C.J. (2013). Increasing participation in incentive programs for biodiversity conservation. *Ecological Applications* 23(5): 1146-1155.

- Sorice, M.G., Donlan, C.J., Boyle, K.J., Xu, W., Gelcich, S. (2018). Scaling participation in payments for ecosystem services programs. *PloS One*: 13(3): e0192211.
- Teunissen, W., Schekkerman, H., Willems, F. & Majoor, F. (2008). Identifying predators of eggs and chicks of Lapwing *Vanellus vanellus* and Black-tailed Godwit *Limosa limosa* in the Netherlands and the importance of predation on wader reproductive output. *Ibis* 150: 74-85.
- Teunissen, W.A. & Wymenga, E. (Eds.). (2011). Factoren die van invloed zijn op de ontwikkeling van weidevogelpopulaties. Belangrijke factoren tijdens de trek, de invloed van waterpeil op voedselbeschikbaarheid en graslandstructuur op kuikenoverleving. SOVON-onderzoeksrapport 2011/10. SOVON Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen. A&W-rapport 1532. Bureau Altenburg & Wymenga, Veenwouden. Alterra rapport 2187, Alterra, Wageningen.
- Van der Velde, E., Hooijmeijer, J.C.E.W., Walinga, M. & Piersma, T. (2019). Camera-onderzoek naar grondpredatoren en nestpredatie bij weidevogels in Skriezekrite Idzegea. Rapport Rijksuniversiteit Groningen, Groningen.
- Van der Velde, E., Hooijmeijer, J.C.E.W., Terpstra, S., Terpstra, E. & Piersma, T. (2020). Camera-onderzoek naar nestpredatie bij weidevogels in Skriezekrite Idzegea 2020. Rapport University of Groningen, Groningen.
- Verhoeven, M.A., Loonstra, A.H.J., McBride, A.D., Macias, P., Kaspersma, W., Hooijmeijer, J.C.E.W., van der Velde, E., Both, C., Senner, N.R. & Piersma T. (2020). Geolocators lead to better measures of timing and reneesting in Black-tailed Godwits and reveal the bias of traditional observational methods. *Journal of Avian Biology* 51(4).
- Verkuil, Y.I., Hotting, M. Both, C., Dreef, C., Weeda, S. & van der Winden, J. (2023). Dieetbepaling van op Marker Wadden broedende Dwergsterns met DNA-metabarcoding. *Limosa* 96: 99-109
- Wymenga, E., Latour, J., Beemster, N., Bos, D., Bosma, N., Haverkamp, J., Hendriks, R., Roerink, G.J., Kasper, G.J., Roelsma, J., Scholten, S., Wiersma, P. & van der Zee, E. (2015). Terugkerende muizenplagen in Nederland. Inventarisatie, sturende factoren en beheersing. A&W-rapport 2123. Altenburg & Wymenga bv, Alterra Wageningen UR, Livestock Research Wageningen, Wetterskip Fryslân, Stichting Werkgroep Grauwe Kiekendief. Feanwâlden.
- Wymenga, E., Beemster, N., Bos, D., Bekkema, M. & van der Zee, E. (2021). Recurring outbreaks of common vole (*Microtus arvalis*) in grasslands in the low-lying parts of the Netherlands. *Lutra* 64 (2): 81-101.