

Landschapselementen als bouwstenen voor een veerkrachtig landschap

Een analyse van landschapselementen en hun effecten op het
bodem- watersysteem en bestuivende insecten

Onderzoeksrapport

21 juni 2024, 's-Hertogenbosch

In opdracht van Gemeente Land van Cuijk



HAS green academy
Onderwijsboulevard 221
PO Box 90108
5200 MA 's-Hertogenbosch
Telefoon: +31 (0)88 890 36 00

Documenttitel: Definitief_2.0_Eindrapport_Landschapselementen als bouwstenen
voor een veerkrachtig landschap

Projectcode: 23200266

Status: Definitief 2.0

Opdrachtgever: Gemeente Land van Cuijk
Contactpersoon: Bart Huckriede

Inhoudelijk begeleiders: Henco Vonk Noordegraaf
Ellen Weerman

Projectteam: Jens Beekmans
Justin Uiterweerd
Kim van Verseveld
Nicole Speulman

Plaats: 's-Hertogenbosch

Datum: 21 juni 2024

Bron foto: Kim van Verseveld

Voor akkoord:

Opdrachtgever	Projectleider inhoud	Projectleider contract
Naam: Bart Huckriede	Naam: Henco Vonk Noordegraaf	Naam: Rob van Roosmalen
Datum:	Datum: 4-7-2024	Datum:
Handtekening:	Handtekening:	Handtekening:



Voorwoord

Voor u ligt het onderzoeksrapport van vier vierdejaars studenten Toegepaste Biologie aan de HAS green academy: Jens Beekmans, Justin Uiterweerd, Kim van Verseveld en Nicole Speulman. Dit onderzoek is uitgevoerd als onderdeel van het lectoraat 'Klimaatrobuuste Landschappen', onder begeleiding van Ellen Weerman en in opdracht van de gemeente Land van Cuijk, met contactpersoon Bart Huckriede.

Wij willen hierbij graag onze dank uitspreken aan onze projectleider, Henco Vonk Noordegraaf, voor zijn begeleiding en ondersteuning gedurende het project. Daarnaast zijn wij Ellen Weerman, inhoudelijk docent, dankbaar voor haar deskundige advies en kritische feedback, die ons hebben geholpen om de kwaliteit van ons onderzoek te waarborgen.

Tot slot willen wij ook alle perceeleigenaren bedanken voor hun medewerking en toestemming om hun percelen te gebruiken voor onze metingen. In het bijzonder willen wij de heer H.J.G. Derks bedanken voor het toestaan van het plaatsen van sensoren op zijn percelen.

We hopen dat dit rapport niet alleen bijdraagt aan de kennis over landschapselementen, maar ook nuttige inzichten biedt voor het beheer, behoud en aanleg van deze waardevolle landschapselementen binnen de gemeente Land van Cuijk.

Met vriendelijke groet,

Jens Beekmans, Justin Uiterweerd, Kim van Verseveld en Nicole Speulman

Begrippenlijst

Abundantie	De hoeveelheid of dichtheid van een bepaalde soort organismen binnen een gegeven gebied.
Bodem- watersysteem	De interactie tussen bodem, water en de processen die hun dynamiek en eigenschappen beïnvloeden, zoals infiltratie, drainage en opslag van water in de bodem.
Ectotherm	Een organisme dat zijn lichaamstemperatuur voornamelijk regelt door externe omgevingsbronnen, zoals zonlicht.
Gradiënt	Afstand vanaf de meetpunten tot aan de mantel van het landschapselement.
Indringingsweerstand	De weerstand die de bodem biedt tegen het binnendringen van een object, zoals een wortel.
Kern-mantel-zoomstructuur	Landschapselement opgebouwd uit een boom- (kern), struik- (mantel) en kruidlaag (zoom). De zoom grenst aan boom- en struiklaag.
Kruidlaag	Kruidenrijke vegetatie onder de boom- en struiklaag.
LoRaWAN-server	Een server die gegevens verzamelt en verwerkt van draadloze sensoren die verbonden zijn via een LoRaWAN-netwerk.
Thermoregulatie	Het proces waarbij een organisme zijn lichaamstemperatuur binnen bepaalde grenzen handhaaft, ondanks externe temperatuurveranderingen.
Transect	Een vooraf bepaalde vaste route waarlangs systematisch gegevens worden verzameld voor ecologisch onderzoek.
Vitaliteit	Aaneengeslotenheid van de vegetatie binnen de kern en mantel van een landschapselement, uitgedrukt in bedekkingspercentage.

Samenvatting

Landschapselementen zijn natuurlijke of door mensen gemaakte structuren, ze dragen bij aan de biodiversiteit en esthetiek van het landschap. Ruimtelijke- en beheerkeuzes zoals de opkomst van de gemechaniseerde landbouw en ruilverkaveling, hebben geleid tot het verdwijnen van deze elementen. Naar aanleiding van het klimaatakkoord van 2019, is het Aanvalsplan Landschap opgesteld, waarin is besloten te streven naar landschapselementen op 10% van het Nederlandse platteland. Binnen de gemeente Land van Cuijk zijn meerdere landschapselementen aangeplant en omgevormd in 2008. In dit onderzoek zijn de effecten van landschapselementen (met een boomstruik- en kruidlaag) op het bodem-watersysteem en bestuivende insecten bestudeerd. Bij vijftig elementen is een inventarisatie van kwaliteit en vegetatie uitgevoerd. Daarna is bij dertien elementen onderzoek gedaan naar de diversiteit en abundantie van bestuivende insecten en zijn bij tien elementen metingen aan het bodem- watersysteem uitgevoerd.

Uit dit onderzoek is gebleken dat de gelaagdheid (kern, mantel en zoom) en de aanwezigheid van een kruidlaag bij een element een positief effect heeft op het aantal bestuivende insecten. Daarnaast lijkt ook de aanwezigheid van een zoom een verhoging in het aantal bestuivers te geven. Ook zijn er meer insecten aan de zonzijde van een element waargenomen dan aan de schaduwzijde. Hoewel er geen significante effecten op het bodem-watersysteem zijn aangetoond, lijkt er wel een trend te zijn voor bodemdichtheid, organische stofgehalte en activiteit van het bodemleven. Als de kwaliteit van het element hoger is lijkt de bodemdichtheid af te nemen en het organische stofgehalte toe te nemen. Daarnaast lijkt de activiteit van het bodemleven hoger nabij het element dan op grotere afstand. Tot slot lijken er dicht bij het element over tijd minder sterke fluctuaties in bodemvochtgehalte te zijn dan op grotere afstand van het element.

De belangrijkste succesfactoren voor de toepassing van landschapselementen zijn gelaagdheid en de aanwezigheid van een kruidlaag. Het is daarom belangrijk om elementen te creëren met vegetatie diversiteit en een boom- stuik- en kruidlaag. Daarnaast is het aanplanten van vroegbloeiende soorten gewenst voor bestuivende insecten. Indien ruimte het toelaat is de aanleg van een kruidenrijke zoom gewenst. Voor het bodem- watersysteem zijn geen trends waargenomen, vervolgonderzoek in een gecontroleerde omgeving is aan te raden om het beeld van effecten van landschapselementen te vergroten. Echter laten metingen over tijd een bufferwerking op het bodemvochtgehalte rondom landschapselementen zien, dit kan perceeleigenaren helpen de effecten van extreme weersomstandigheden te verminderen.

Inhoudsopgave

Samenvatting	5
1 Introductie.....	7
2 Materiaal en methode.....	9
2.1 Kwaliteitsclassificatie en selectie onderzoekslocaties (fase 1)	9
2.2 Analyse van de effecten van elementen (fase 2)	10
2.2.1 Onderzoekstrajecten en meetpunten	10
2.2.2 Inventarisatie bestuivende insecten	10
2.2.3 Bodemmetingen	11
2.2.4 Data analyse	13
3 Resultaten	14
3.1 Kwaliteitsclassificatie	14
3.2 Vegetatie analyse.....	14
3.3 Analyse van de effecten van elementen	15
3.3.1 Effecten op bestuivende insecten	15
3.3.2 Effecten op bodem en grondwater.....	16
4 Discussie en conclusie	20
5 Literatuurlijst	22
6 Bijlagen	I

1 Introductie

Bescherming van landschapselementen

Landschapselementen zijn natuurlijke of door mensen gemaakte onderdelen van het landschap die visueel en ecologisch belangrijk zijn (Dramstad et al., 1996). Ze omvatten onder andere bomen, struiken, hagen, waterlopen en poelen. Deze elementen dragen bij aan de structuur, biodiversiteit en esthetiek van het landschap.

Lijnvormige landschapselementen vormden in vele gebieden van oudsher de grens tussen percelen. Landbouw was daarmee de belangrijkste reden voor het behoud van deze unieke landschappen (Aarts, 2021). Ruimtelijke- en beheerkeuzes zoals de opkomst van de gemechaniseerde landbouw, halverwege de 20e eeuw, en de ruilverkaveling in de jaren '70, hebben geleid tot het verdwijnen van lijnvormige landschapselementen en akkerranden (Baltensperger, 1987; Bos et al., 2023; Holden et al., 2019; Rackham, 2020). Om karakteristieke landschappen te behouden, zijn wetten opgesteld ter bescherming van landschapselementen (Schmitz et al., 2016; Natuurmonumenten, 2023). Het Aanvalsplan Landschap, naar aanleiding van het klimaatakkoord van 2019, streeft naar landschapselementen op 10% van het Nederlandse platteland (Samen voor Biodiversiteit, 2022). Dit draagt bij aan biodiversiteitsherstel, klimaatadaptatie en het verbeteren van de waterkwaliteit (Cultureel erfgoed, 2022).

Ecologische effecten van landschapselementen

Landschapselementen hebben op diverse manieren invloed op het bodem-watersysteem en de biodiversiteit. Ze hebben een positief effect op de abundantie van belangrijke ecosysteemingenieurs zoals regenwormen en mycorrhiza. Deze ecosysteemingenieurs dragen bij aan het stabiliseren van bodemporiën en het afbreken van organisch materiaal en hebben hiermee impact op de hydrologie en biochemie van de bodem (Edwards & Lofty, 1977; Helgason et al., 1998; Antoninka et al., 2009; Birkas et al., 2010; Blouin et al., 2013; Spurgeon et al., 2013). Naast de ecosysteemingenieurs speelt de houtachtige vegetatie een rol in de hydrologie van de bodem, deze vertraagt de afvoer van grondwater, verhoogt het watervasthoudend vermogen en verbetert de grondwaterkwaliteit (Op den Kelder et al., 2022; Ottburg et al., 2022). Studies van O'Connell et al. (2004) en Burgess-Gamble et al. (2018) laten zien dat houtachtige elementen infiltratie en afvoer van water verbeteren in en rondom het element. Ghazavi et al. (2008) hebben aangetoond dat de gunstige effecten op het bodem-watersysteem zich uitstrekken tot zes meter stroomafwaarts en negen meter stroomopwaarts vanaf een element op een helling, waar de meeste wortels van het element werden waargenomen.

Landschapselementen beïnvloeden ook de bodemkwaliteit door het verhogen van het organische stofgehalte. Planten spelen een sleutelrol in het reguleren van het organische stof- en nitraatgehalte in de bodem door de opname van voedingsstoffen die eraan gebonden zijn (Keijzer et al., 2020; Koopmans et al., 2020; Ursem et al., 2021). Organische stof is essentieel voor het beheer van bodemvocht, bodemleven en gewasgroei, gaat bodemverdichting tegen en fungeert als bindmiddel voor voedingsstoffen wat het risico op nitraatuitspoeling verminderd (Van den Berg et al., 2009; Van Eekeren et al., 2018).

Ten slotte bieden landschapselementen schuil- en overwinteringsplaatsen voor insecten, kleine zoogdieren en vogels (Geertsema et al., 2015; Holden et al., 2019). Voor meerjarige landbouwgewassen is de aanwezigheid van bestuivende insecten buiten de bloeiperiodes van deze gewassen van groot belang voor overleving (Fahrig et al., 2011), waarbij het gebruik van vroegbloeiërs (wilg, gewone esdoorn, zoete kers, sleedoorn, etc.) binnen landschapselementen gewenst is, omdat deze van waarde zijn voor bestuivende insecten (Scheper et al., 2018).

Kern-mantel-zoomstructuren in Land van Cuijk

Omdat houtachtige elementen in de gemeente Land van Cuijk een belangrijke cultuurhistorische en ecologische waarde hebben, werden in 2008 meerdere landschapselementen aangeplant en omgevormd tot kern-mantel-zoomstructuren (Baudry et al., 2000; Maes et al., 2006; Van Vooren et al., 2017; Scheper et al., 2018). Gelaagdheid en structuur wordt gecreëerd door middel van een kern van bomen, een mantel van struiken en een zoom van kruiden. In 2018 onderzocht de WUR de effecten van deze elementen op bestuivende insecten in de gemeente Land van Cuijk. Tijdens dit onderzoek, uitgevoerd in de winter, waren de elementen nog niet volledig ontwikkeld op het gebied van gelaagdheid (Scheper et al., 2018). Verder onderzoek naar de kwaliteitsfactoren, zoals gelaagdheid, is van belang om de effecten van deze landschapselementen te begrijpen.

Dit onderzoek

In dit onderzoek zijn vijftig van de aangeplante en omgevormde elementen in de gemeente Land van Cuijk bestudeerd. De vragen die in dit onderzoek centraal staan, zijn als volgt:

Hoofdvragen

- Wat zijn de effecten van het landschapselement 'kern-mantel-zoomstructuur' op het bodem-watersysteem en bestuivende insecten?
- Wat zijn succesfactoren voor de toepassing van de landschapselementen?

Deelvragen

- Wat is de kwaliteit van de verschillende te onderzoeken elementen?
- Wat is de invloed van kern-mantel-zoomstructuren op de abundantie en diversiteit van bestuivende insecten?
- Wat is de invloed van kern-mantel-zoomstructuren op fysische en biologische parameters in het bodem- watersysteem?

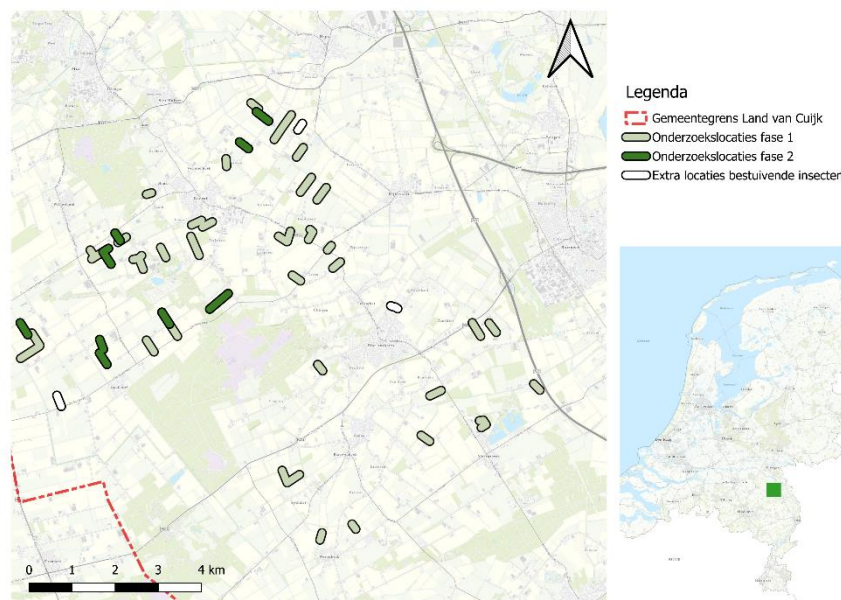
Het onderzoek bestaat uit twee fasen. In de eerste fase is de vegetatie in de landschapselementen geïnventariseerd en zijn de elementen op kwaliteit beoordeeld. In de tweede fase werden geselecteerde elementen verder geanalyseerd om het effect op het bodem- watersysteem en bestuivende insecten te onderzoeken.

2 Materiaal en methode

2.1 Kwaliteitsclassificatie en selectie onderzoekslocaties (fase 1)

Binnen het onderzoeksgebied zijn 135 landschapselementen in kaart gebracht op basis van de Recreative natuurwaardenkaart (Huckriede, 2009) (*Figuur 1*). Op deze landschapselementen is een selectie uitgevoerd. De volgende criteria zijn gehanteerd: elementen die aan weerszijden grenzen aan landbouwgrond zijn geselecteerd op basis van de kaart 'Basis Registratie Percelen', om landgebruik als variabele factor voor fase 2 uit te sluiten. Elementen die zich op wijstgronden bevinden of die worden doorkruist door wegen of paden zijn eveneens niet meegenomen om de invloed van variabele factoren te beheersen. Ten slotte zijn, in lijn met het kwaliteitsbepalingsprotocol, elementen geselecteerd met een minimale lengte van honderd meter. In totaal zijn vijftig elementen, gelegen in en rondom Wanroij, Sint Anthonis, Oploo, Westerbeek en Landhorst overgebleven als onderzoekslocaties.

Tijdens fase 1 is de kwaliteit en diversiteit van elk element beoordeeld volgens het protocol beoordelingscriteria voor kern-mantel-zoomstructuren van Stichting Collectief Agrarisch Natuurbeheer (*Bijlage 1*). Op basis van de scores die zijn toegediend voor de diverse parameters van kwaliteit is eindscore berekend voor de kwaliteit van een element. Vegetatiediversiteit is bepaald door inventarisatie van kern- en mantelvegetatie, hierbij zijn de vogelkers-, wilg- en roossoorten niet verder gedetermineerd. Ook is het landgebruik van aangrenzende percelen, de lengte en breedte van het element, en de oriëntatie van meetpunten en het element ten opzichte van het noorden genoteerd.



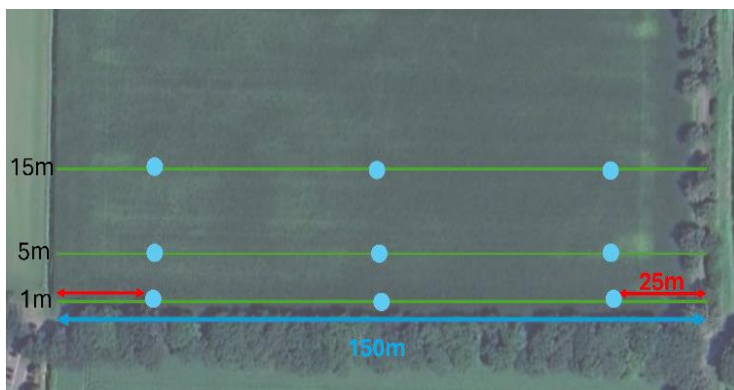
Figuur 1: Overzichtkaart met bijhorende onderzoekslocaties in gemeente Land van Cuijk. De extra locaties voor bestuivende insecten behoren tot de onderzoekslocaties van fase 2.

Na het afronden van fase 1, zijn tien landschapselementen geselecteerd als onderzoekslocaties voor fase 2 (*Bijlage 2*). Bij de selectie van elementen is rekening gehouden met grasland als aangrenzend landgebruik aan ten minste één zijde en met de toestemming van de grondeigenaar (*Figuur 1*). Ter aanvulling op de verkregen data zijn drie extra elementen onderzocht tijdens de tweede ronde van insecten inventarisatie. Alle elementen uit het onderzoek zijn gelegen rondom Sint Anthonis.

2.2 Analyse van de effecten van elementen (fase 2)

2.2.1 Onderzoekstrajecten en meetpunten

Op verschillende afstanden (1, 5 en 15 meter) vanaf de mantel zijn metingen uitgevoerd en monsters genomen. De meting op vijftien meter diende als controlepunt, hier worden geen effecten van landschapselementen meer verwacht (Ghazavi et al., 2008). De metingen zijn uitgevoerd op vijftientwintig meter vanaf de randen en halverwege het element (*Figuur 2*).



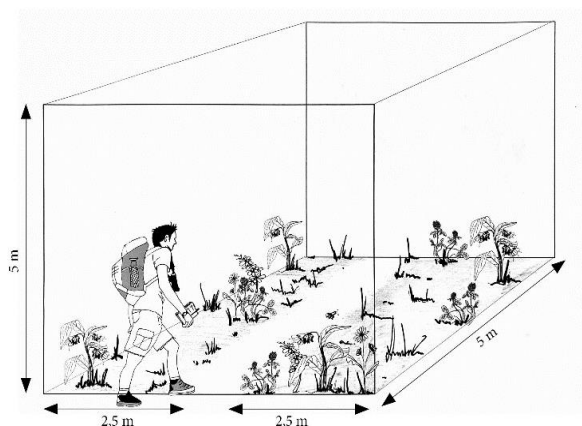
Figuur 2: Meetpunten aangehouden voor metingen het bodem- watersysteem.

2.2.2 Inventarisatie bestuivende insecten

In begin én eind mei zijn vlinders, bijen, hommels en zweefvliegen geïnventariseerd door middel van het lopen van een transect van honderd meter evenwijdig aan het element. De telraam methode is gebruikt, hierbij is een telraam van 5x5x5 meter aangehouden (*Figuur 3*). Het aantal insecten is genoteerd, waarbij vlinders en hommels gedetermineerd zijn tot op soortniveau, bijen ingedeeld zijn als solitaire of honingbij en zweefvliegen niet verder gedetermineerd zijn. Tijdens het lopen van het transect zijn foto's gemaakt als determinatie tot het gewenste taxonomische niveau in het veld niet mogelijk was. Voor de inventarisatie van insecten zijn de telvoorwaarden bestuivende insecten gehanteerd (*Tabel 1*). De inventarisatie is uitgevoerd op 13 mei (17°C - 24°C, >50% bewolking, geen neerslag, 2 Beaufort) en 28 mei (13°C - 19°C, <50% bewolking, geen neerslag, 2 Beaufort).

Tabel 1: Criteria voor telvoorwaarden
bestuivende insecten (Van Swaay et al., 2018)

Voorwaarden	Criteria
Tijdstip	10:00 - 17:00 uur
Temperatuur en bewolking	13°C - 17°C
	<50% bewolking
	>17°C en hoger >50% bewolking
Neerslag	Geen
Windkracht	Max. 4 Beaufort



Figuur 3: Het telraam van 5x5x5 meter
(Bestuivers.nl, z.d.).

2.2.3 Bodemmetingen

Bodemdichtheid

De bodemdichtheid is gemeten met een penetrometer. De conus van de penetrometer is langzaam in de grond gedrukt op de meetpunten. Er is gebruik gemaakt van een conus die past bij de dichtheid van de bodem: een grotere conus voor minder dichte bodems en een kleinere conus voor dichtere bodems. De indringingsweerstand/dichtheid (kPa/cm^2) is berekend door de weerstand (kPa) op de analoge display te delen door de oppervlakte van de conus (cm^2). Metingen vonden plaats op diepten van nul tot zes centimeter en zes tot achttien centimeter en zijn in duplo uitgevoerd.

Grondwaterstand

Een edelmanboor is gebruikt om een boorgat te maken tot het grondwater. In het boorgat is een waterspiegelmeter 'plover' gebruikt om het grondwaterpeil nauwkeurig te meten. Het meetlint is gebruikt om de afstand tussen het maaiveld en het wateroppervlak af te lezen.

Infiltratie

De Handleiding Bodeminfiltratie van Waterschap Limburg is gevolgd voor het meten van de infiltratiesnelheid (Fletcher et al., 2024). Een infiltratiering met een hoogte van 25 centimeter is gebruikt. De ring is met een rubberen hamer tot vijf centimeter boven het maaiveld ingeslagen en bedekt met plastic folie. Een regenbui van 25 millimeter is gesimuleerd door water op het folie te gieten en bij aanvang van het experiment het folie weg te trekken. De benodigde hoeveelheid water is berekend op basis van de omtrek van de ring. De tijd vanaf het moment van wegtrekken tot het moment dat al het water in de bodem is getrokken is gemeten.

Bodemvochtgehalte door middel van sensoren

Sensoren (Dragino LSE01) zijn geplaatst bij drie elementen, in het midden op één, vijf en vijftien meter vanaf de mantel. De probe is op een diepte van twintig centimeter horizontaal in de bodem geplaatst (Bijlage 3). Met de sensoren is in april, mei en juni het relatieve bodemvochtgehalte gemeten. De data is automatisch geüpload naar een LoRaWAN-server. De data is gebruikt van een periode waarin de sensoren op een juiste wijze en ononderbroken in de grond stonden.

Monstername

De grondmonsters zijn genomen met een guts van veertig centimeter, waarbij de bovengrondse vegetatie is verwijderd. Per meetpunt zijn in een straal van een halve meter mengmonsters gemaakt van vijf steken. De grondmonsters zijn luchtdicht en gekoeld (4°C) bewaard.

Bodemvochtgehalte door middel van grondmonsters

Het grondmonster is vooraf gewogen en vervolgens gedroogd in een droogstoof bij 105°C gedurende 48 uur. Na het drogen zijn de monsters nogmaals gewogen, waarna het bodemvochtgehalte is berekend met de formule: $\left(\frac{M_f}{M_i}\right) \times 100\%$

M_i = beginmassa grondmonster, M_f = eindmassa grondmonster

Organische stofgehalte

De klassieke gloeiverliesmethode is gebruikt voor de organische stofbepaling (STOWA, 1997). Na het vaststellen van het bodemvochtgehalte is tien gram van de monsters in een porseleinen kroesje afgewogen en verast bij 550°C gedurende vier uur, waarna de monsters opnieuw zijn gewogen. Het gewichtsverlies door verbranding staat gelijk aan de hoeveelheid organische stof in het monster (De Haan et al., 2021). Het organische stofgehalte is berekend met de formule: $\left(\frac{M_f}{M_i}\right) \times 100\%$

M_i = beginmassa grondmonster, M_f = eindmassa grondmonster

Watervasthoudend vermogen

Het watervasthoudend vermogen is bepaald door middel van de filtermethode (De Haan et al., 2021). Hierbij zijn de grondmonsters gedroogd op vijftig graden voor 48 uur. Een vooraf gewogen trechter met een filterconstructie is geplaatst in een erlenmeyer. Voorafgaand is bepaald hoeveel gram water wordt geabsorbeerd door het filter. Vijftig gram grondmonster is toegevoegd en de constructie is nogmaals gewogen. Aan het grondmonster is vijftig milliliter water toegevoegd, waarna twee uur is gewacht ter verzadiging van het grondmonster. Na afloop is het grondmonster nogmaals gewogen. Het watervasthoudend vermogen is berekend met de formule: $\left(\frac{M_f - M_w - M_i}{M_i}\right) \times 100\%$

M_i = beginmassa grondmonster, M_f = eindmassa grondmonster, M_w = massa water geabsorbeerd door filter

Activiteit van Bodemleven

De activiteit van bodemleven is gemeten volgens het Tea Bag Index-protocol (Bijlage 4), waarbij groene thee is gebruikt. De thee is 48 uur gedroogd bij 70°C, waarna niet-afbreekbare theezakjes met circa twee gram thee zijn gevuld en gewogen. De zakjes zijn op elk meetpunt ingegraven op een diepte van vijf tot acht centimeter. Na twee maanden zijn de zakjes opgegraven, afgeborsteld en opnieuw gewogen na droging bij 70°C gedurende 48 uur. Het gewichtsverlies geeft inzicht in de activiteit van het bodemleven en is berekend met de formule: $M_i - (M_d - M_f)$

M_i = beginmassa gevuld theezakje, M_f = eindmassa gevuld theezakje, M_d = massa na drogen

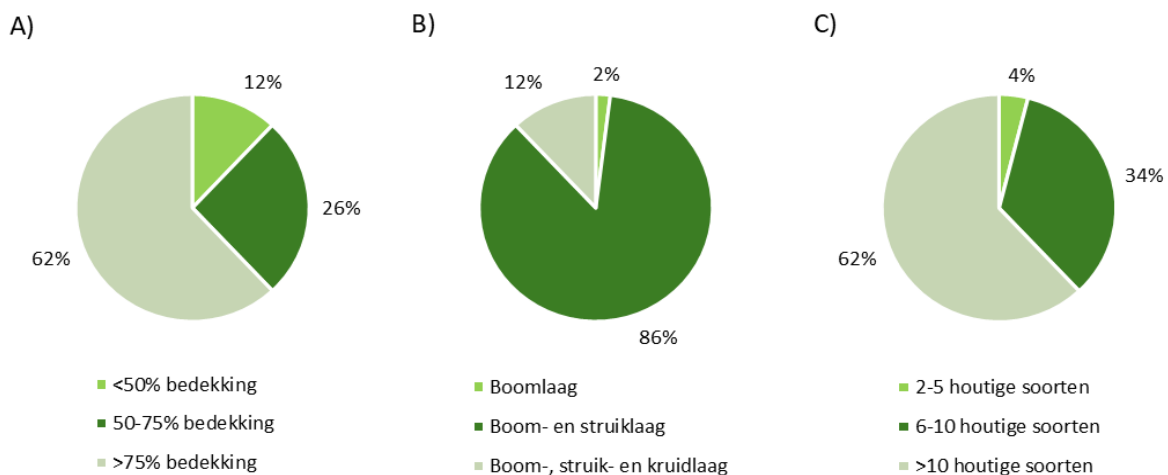
2.2.4 Data analyse

De meetgegevens zijn ingevoerd in Microsoft Excel® (versie 2401) en de statistische toetsen zijn uitgevoerd in RStudio (versie 2023.12.1+402). De Shapiro-Wilk toets is gebruikt om te toetsen of de data normaal verdeeld is. De One-Way-Anova is gebruikt om te testen of er verschillen zijn in het aantal bestuivende insecten op de kwaliteitsscores en -parameters. De Chi-kwadraattoets is uitgevoerd om verschillen te achterhalen tussen het aantal insecten waargenomen aan de zon- en schaduwzijde van elementen. Bij het uitvoeren van deze toetsen is een overschrijdingskans gehanteerd van $\alpha = 0,05$.

3 Resultaten

3.1 Kwaliteitsclassificatie

In de kwaliteit van de elementen is er variatie waargenomen op het gebied van vitaliteit, gelaagdheid en het aantal soorten houtige vegetatie (Figuur 4). De meeste elementen hebben een bedekkingsgraad van 75% of hoger, een boom- en struiklaag en bevatten meer dan tien houtige soorten vegetatie.



Figuur 4: Verdeling van kwaliteitsparameters van vijftig geïnventariseerde elementen; A) Vitaliteit, B) Gelaagdheid en C) Aantal soorten houtige vegetatie

3.2 Vegetatie analyse

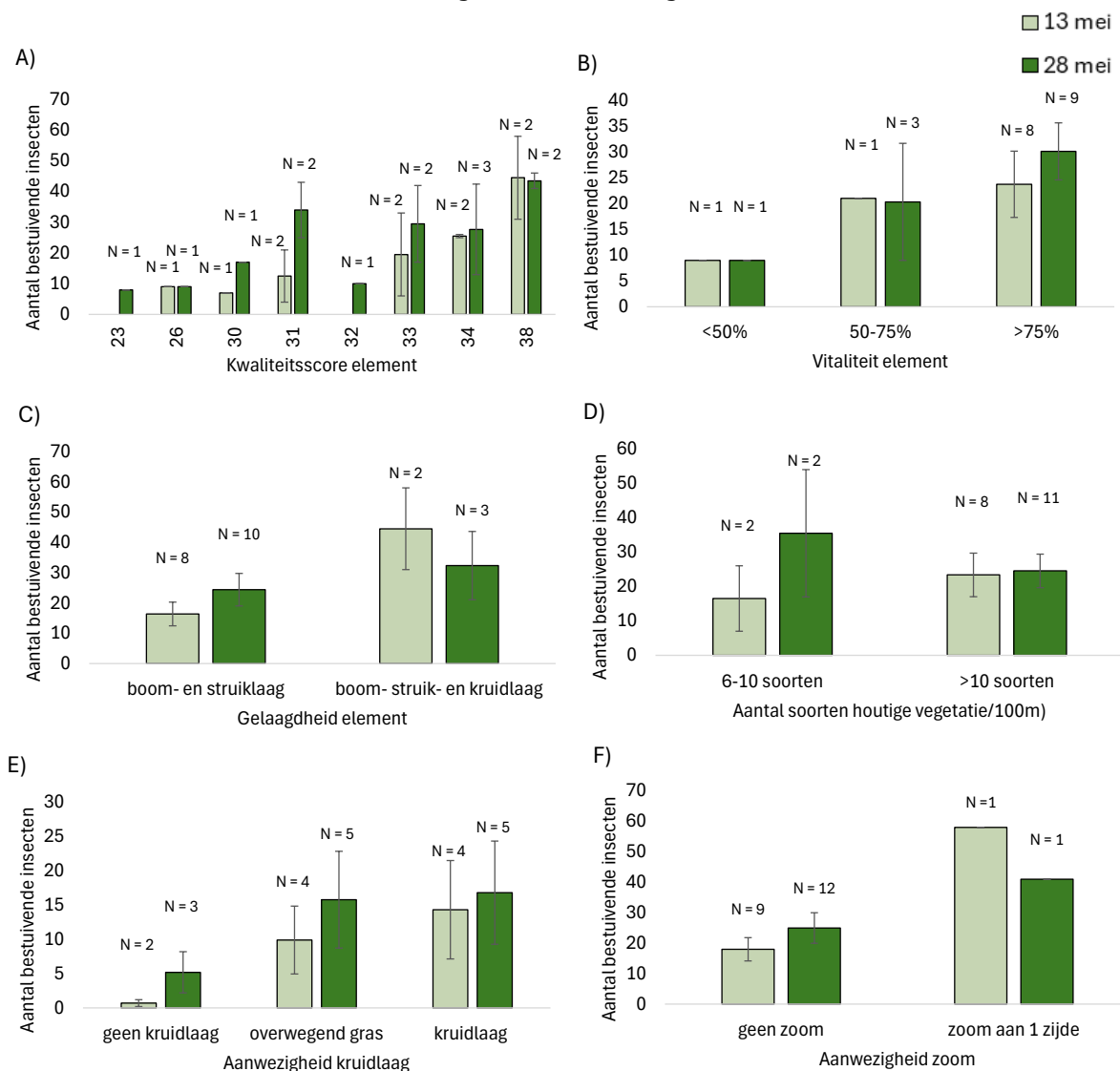
In de vijftig geïnventariseerde elementen zijn 37 verschillende houtige soorten waargenomen, variërend van minimaal zeven tot maximaal vijftien soorten per element. Binnen de elementen zijn in totaal elf vroegbloeiende soorten waargenomen, met minimaal twee tot maximaal acht soorten per element. Voor een uitgebreid overzicht van de soorten per element wordt verwezen naar het document getiteld 'Portfolio Landschapselementen'. Dit document bevat diverse informatie van de landschapselementen, zoals een overzicht van aangetroffen soorten en foto's van de elementen.

Vogelkers (*Prunus padus* & *Prunus serotina*) en zomereik (*Quercus robur*) zijn grote houtige soorten die frequent zijn waargenomen in de elementen. Hetzelfde geldt voor struikgewassen, zoals wilgsoorten (*Salix spec.*), sleedoorn (*Prunus spinosa*) en hazelaar (*Corylus avellana*). De gewone braam (*Rubus plicatus*) is, met uitzondering van elementen 160 en 335, overal waargenomen. In de meeste gevallen bedekte braam de bodem vrijwel volledig.

3.3 Analyse van de effecten van elementen

3.3.1 Effecten op bestuivende insecten

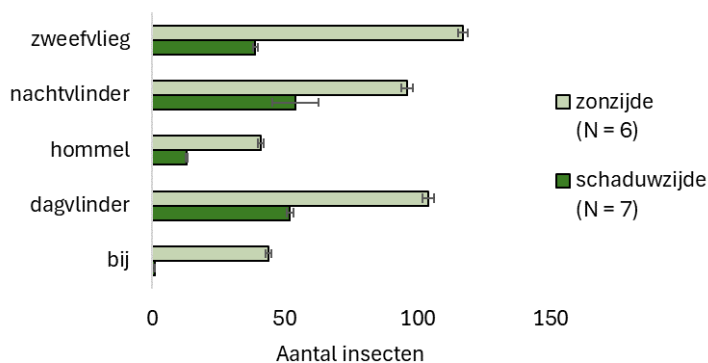
Een positieve relatie lijkt te bestaan tussen de kwaliteitsscore van de elementen en de abundantie van bestuivende insecten ($p > 0,05$) (Figuur 5A). Er zijn gemiddeld negen insecten waargenomen bij een vitaliteit van 50% of lager, terwijl bij een vitaliteit van 75% en hoger 27 ± 17 insecten zijn waargenomen (Figuur 5B). De gelaagdheid heeft een positief effect op de abundantie van insecten ($p < 0,05$). Insecten worden meer aangetroffen in elementen met een boom-, struik- en kruidlaag (37 ± 18) vergeleken met elementen met alleen een boom- en struiklaag (21 ± 15) (Figuur 5C). Bij elementen met zes tot tien houtige soorten per honderd meter is een gemiddeld aantal van 26 ± 20 bestuivende insecten gevonden, terwijl er bij tien of meer houtige soorten een gemiddeld aantal van 24 ± 16 insecten is gevonden (Figuur 5D). Tussen het aantal vroegbloeiende houtige soorten en de abundantie van bestuivende insecten is geen verband aangetoond.



Figuur 5: Het aantal waargenomen insecten bij verschillende kwaliteitsparameters; A) Kwaliteitsscore elementen, B) Bedekkingsgraad, C) Gelaagdheid, D) Aantal soorten houtige vegetatie, E) Aanwezigheid kruidlaag en F) Aanwezigheid zoom. De foutbalken zijn gebaseerd op de SEM.

De aanwezigheid van een kruidlaag heeft een positieve invloed op de abundantie van bestuivende insecten ($p < 0,005$). Bij elementen zonder kruidlaag zijn gemiddeld 11 ± 6 insecten waargenomen, bij een laag van overwegend gras gemiddeld 18 ± 13 insecten en bij een kruidlaag gemiddeld 38 ± 15 insecten (*Figuur 5E*). Elementen met een zoom aan één zijde lijken positief bij te dragen aan de abundantie van bestuivende insecten, met gemiddeld 50 ± 12 bestuivende insecten bij de aanwezigheid van een zoom en 22 ± 15 insecten bij afwezigheid van een zoom (*Figuur 5F*).

Er zijn één tot elf soorten bestuivende insecten waargenomen bij de verschillende elementen (*Bijlage 5*). Het bont zandoogje (*Pararge aegeria*), de geelbandlangsprietmot (*Nemophora degeerella*), de aardhommel (*Bombus terrestris*) en de honingbij (*Apis mellifera*) zijn het meest waargenomen. Meer insecten zijn waargenomen aan de zonzijde dan aan de schaduwzijde ($P < 0,0005$). In totaal zijn er 402 bestuivende insecten waargenomen aan de zonzijde van elementen en 159 aan de schaduwzijde (*Figuur 6*). Aan de zonzijde vormt de groep zweefvliegen het grootste aandeel, gevolgd door dagvlinders en nachtvlinders. Nachtvlinders gevolgd door dagvlinders en zweefvliegen zijn het meest waargenomen aan de schaduwzijde. Aan zowel de zon- als schaduwzijde van elementen vormen hommels en bijen het kleinste aandeel.

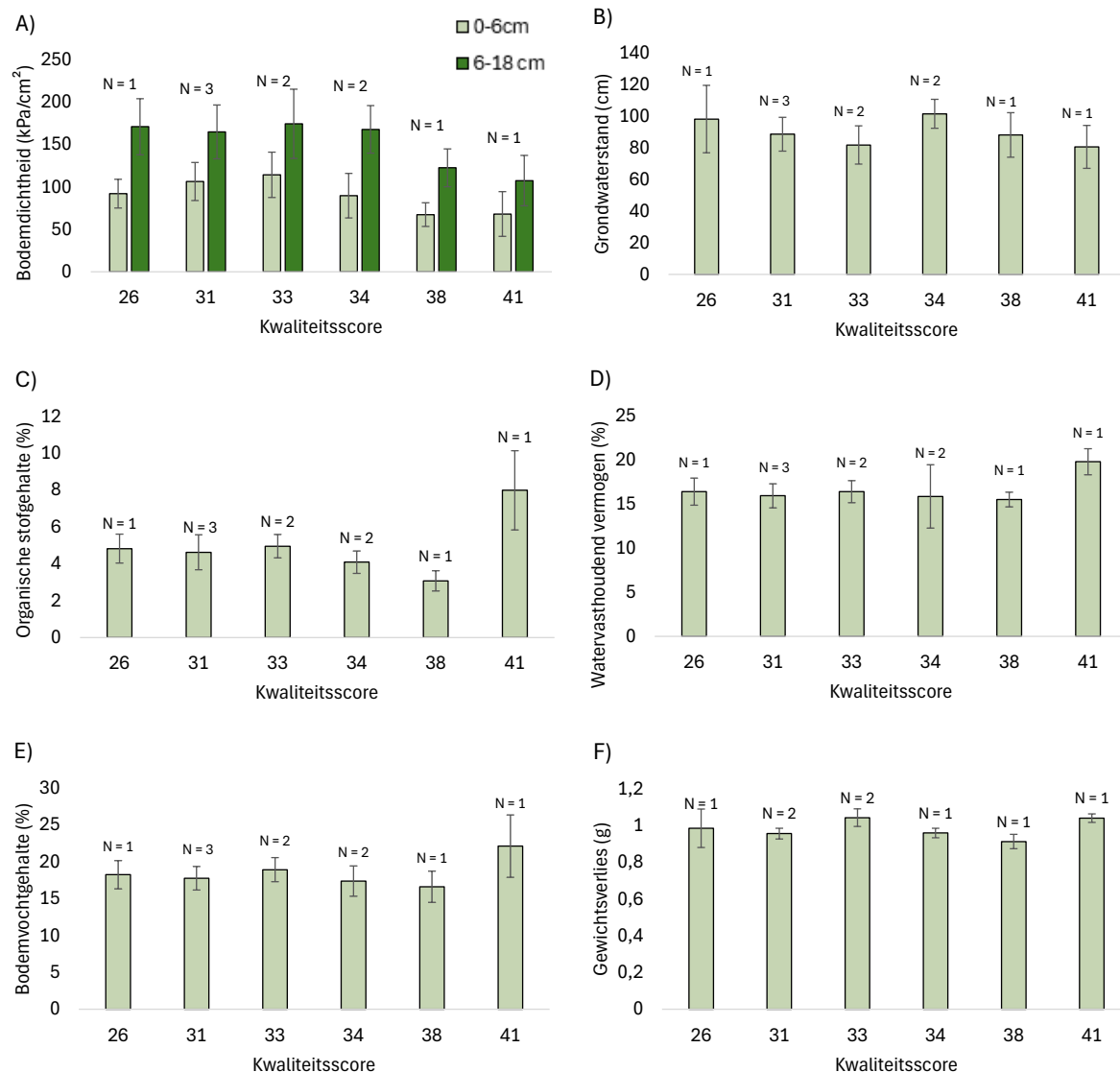


Figuur 6: Het aantal insecten dat aan de zon- en schaduwzijde van de verschillende elementen is waargenomen, is per groep weergegeven. De foutbalken zijn gebaseerd op de SEM.

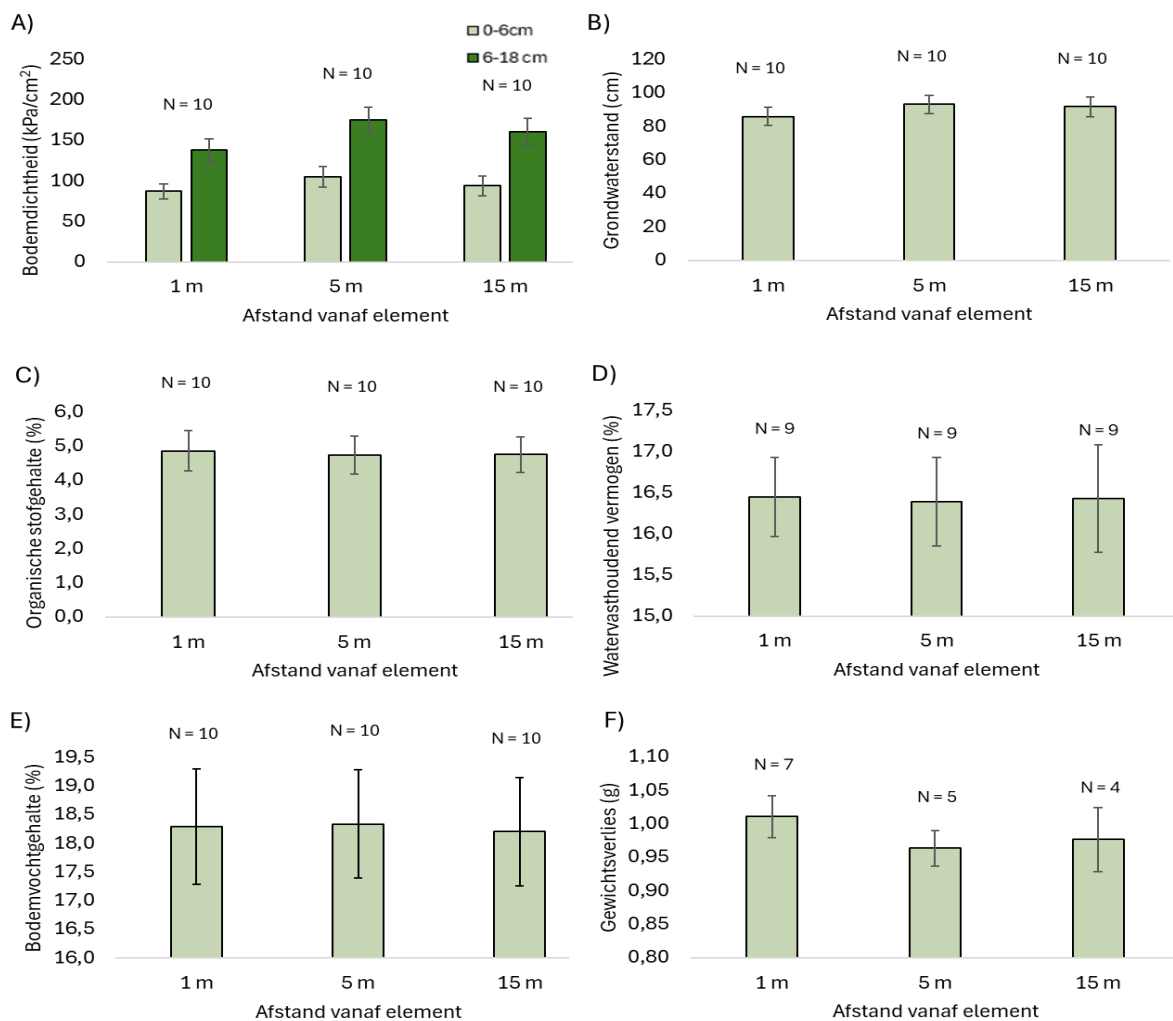
3.3.2 Effecten op bodem en grondwater

De dichtheid van de bodem lijkt af te nemen naarmate de kwaliteit van een element hoger is, echter is hier geen verband in aangetoond (*Figuur 7A*). Het hoogste organisch stofgehalte is gevonden bij kwaliteitsscore 41 (*Figuur 7C*). Tussen grondwaterstand, watervasthoudend vermogen, bodemvochtgehalte en activiteit van het bodemleven lijken geen verbanden te zijn (*Figuur 7*).

De afstand van de meetpunten tot het element lijkt alleen invloed te hebben op de activiteit van het bodemleven, waarbij het grootste gewichtsverlies werd gemeten op één meter afstand van het element (*Figuur 8A*). Bij de overige parameters werd deze trend niet waargenomen (*Figuur 8*).



Figuur 7: De waardes van de verschillende bodemparameters uitgezet tegen de kwaliteitsscores van de elementen; A) Bodemdichtheid, B) Grondwaterstand, C) Organische stofgehalte, D) Watervasthoudend vermogen, E) Bodemvochtgehalte en F) Activiteit bodemleven. De foutbalken zijn gebaseerd op de SEM.



Figuur 8: De waardes van de verschillende bodemparameters uitgezet tegen de afstand vanaf de elementen; A) Bodemdichtheid, B) Grondwaterstand, C) Organische stofgehalte, D) Watervasthoudend vermogen, E) Bodemvochtgehalte en F) Activiteit bodemleven. De foutbalken zijn gebaseerd op de SEM.

Het bodemvochtgehalte over de tijd fluctueert minder op één en vijf meter dan op vijftien meter vanaf het element (*Figuur 9*). Element 395 toont een hoger bodemvochtgehalte op vijftien meter dan op één en vijf meter (*Figuur 9A*).



Figuur 9: Bodemvochtgehalte op één, vijf en vijftien meter afstand vanaf het element in de periode van 15 mei 2024 tot 31 mei 2024; A) Element 309, B) Element 400b en C) Element 405.

4 Discussie en conclusie

Uit dit onderzoek is gebleken dat de gelaagdheid (kern, mantel en zoom) van een element en de aanwezigheid van een kruidlaag een positief effect hebben op de abundantie van bestuivende insecten. Daarnaast lijkt de aanwezigheid van een zoom een positieve invloed te hebben op bestuivende insecten. Soortgelijke bevindingen zijn gedaan door Olson & Wäckers (2007) en Erisman, et al., (2017), waaruit is gebleken dat bestuivende insecten baat hebben bij een diversiteit aan kruidensoorten. Veel soorten kruiden fungeren als voedselbron voor bestuivende insecten en zijn daarom van belang binnen een element (Kral-O'Brien et al. 2021, Van Kerckvoorde et al., 2022). Om insecten in het voorjaar van voedsel te voorzien is het aan te raden om vroegbloeiende kruiden aan te planten (Grashof-Bokdam et al., 2019; Nieuwenhuizen & De Boer, 2019). Voor het bieden van bescherming en overwinteringsplaatsen is het van belang om een kern en mantel met diverse houtige vegetatiesoorten te creëren (Oosterbaan & Boer, 2007; Van Rossum, et al., 2022). Diversiteit van vegetatie zorgt voor kleinschaligheid van het landschap wat belangrijk is voor veel soorten bestuivers (Van Rooij et al., 2020). Om landschapselementen geschikter te maken voor bestuivende insecten, is het belangrijk om kruidenrijke vegetatie en een duidelijke gelaagdheid (kern, mantel en zoom) met meerdere structuren te creëren.

Aan de zonzijde van elementen is een hogere abundantie van bestuivende insecten waargenomen dan aan de schaduwzijde. Dit kan verklaard worden door het feit dat insecten ectotherm zijn en hiermee afhankelijk zijn van de zon voor thermoregulatie (Colinet et al., 2015). Een andere verklaring is de aanwezigheid van bloemen, welke bestuivende insecten aantrekken (Hoffmann & Kwak, 2007). Er zijn verschillen in de diversiteit aan bloemsoorten tussen de zon- en schaduwzijde, zo hebben kruidensoorten veel zon nodig (Hop, 2008; Oosterveld et al., 2022). De hoeveelheid zon aan weerszijden van een element is afhankelijk van de oriëntatie van het element en is hiermee van invloed op de vegetatie die er groeit (Coussement et al., 2019). Om diversiteit te creëren tussen de elementen, is het belangrijk om variatie in de oriëntatie van deze elementen te waarborgen.

In zowel dit onderzoek als in onderzoek van Scheper et al., (2018) zijn de houtige vroegbloeiers sleedoorn en wilg waargenomen in de elementen. Er is in dit onderzoek geen verband aangetoond tussen de aanwezigheid van vroegbloeiers en de abundantie van bestuivende insecten. Dit wordt mogelijk verklaart doordat het onderzoek in mei is uitgevoerd, waarin niet enkel de vroegbloeiers in bloei staan. Volgens Nieuwenhuizen & De Boer (2019) hebben vroegbloeiers wel degelijk een positieve invloed op abundantie van bestuivende insecten. Vanaf januari zijn al tekenen van de bloei van vegetatie zoals hazelaar, deze vroegbloeiers bieden al voedsel in het vroege voorjaar (Flora van Nederland, z.d.). In maart zijn ook de eerste bestuivende insecten aanwezig, daarom is het aan te raden om in maart een onderzoek uit te voeren naar de invloed van vroegbloeiende vegetatie op bestuivende insecten (Hop & Smeekens, 2004).

Dit onderzoek heeft geen effecten aangetoond van de onderzochte landschapselementen op het bodem-watersysteem. Er lijken echter trends te zijn in bodemdichtheid, organische stofgehalte en activiteit van het bodemleven. Een hogere kwaliteitsscore van elementen staat mogelijk in verband met een hoger organische stofgehalte en een lagere bodemdichtheid. Daarnaast lijkt de activiteit van het bodemleven hoger nabij het element dan op grotere afstand. Houtachtige vegetatie houdt

door diepere beworteling de bodem vast, waardoor minder bodemverdichting plaatsvindt (Bervaes, 1977; De Vrieze, 1979; Holden et al., 2019). Daarnaast heeft de vegetatie een effect op het organische stofgehalte in de bodem (Freedman et al., 1996; Norén & Vijn, 2019). Dit kan een verklaring zijn voor variatie in bodemdichtheid en organisch stofgehalte tussen de elementen. De waarneming van een verhoogde activiteit van het bodemleven nabij het element wordt bevestigd door Crotty (2020), deze stelt dat landschapselementen een positief effect hebben op het bodemleven. Naast deze mogelijke verklaringen is ook het beheer van graslanden (maaibeleid, injecteren meststof, ploegen en ontwateren) van invloed op het bodem- watersysteem (Sanders, et al., 2015). Zo zal bij veel bemesting het bodemleven zowel in aantallen als in aantal soorten afnemen (Bloem et al., 2006; Rutgers et al., 2009). Vanwege de complexiteit van het bodem- watersysteem en de diversiteit in het landgebruik van aangrenzende percelen, zijn in dit onderzoek geen significante effecten op het bodem- watersysteem aangetoond. Vervolgonderzoek in een meer gecontroleerde omgeving is gewenst om mogelijke effecten van de elementen aan te tonen.

Er lijkt een trend te zijn in het bodemvochtgehalte over de gradiënt. Er zijn minder sterke fluctuaties in bodemvochtgehalte over tijd waar te nemen, zo lijkt het vochtgehalte op een afstand tot vijf meter geleidelijker af te nemen na een regenbui. Landschapselementen bevatten vaak een hogere hoeveelheid organische stof in de bodem, wat de sponswerking en water bufferende capaciteit van de bodem verbetert (Groenendijk, 2015). Daarnaast creëren landschapselementen schaduw, waardoor de bodem minder snel uitdroogt tijdens periodes van droogte (De Boer & Oosterbaan, 2005). Deze bevindingen kunnen een mogelijke verklaring zijn voor de variatie in het bodemvochtgehalte op de verschillende afstanden vanaf de elementen. De bufferende werking rondom landschapselementen kan interessant zijn voor percee-eigenaren om de effecten van extreme weersomstandigheden te verminderen.

Dit onderzoek heeft aangetoond dat landschapselementen met een kern-mantel-zoomstructuur een positief effect hebben op de abundantie van bestuivende insecten. Succesfactoren voor toepassing van landschapselementen zijn gelaagdheid en de aanwezigheid van een kruidlaag. Het is belangrijk om elementen te creëren met een boom-, struik- en kruidlaag. Indien de ruimte het toelaat, is de aanleg van een kruidenrijke zoom aan de zonzijde aanbevolen. Tevens is het belangrijk om elementen op diverse manieren te oriënteren. Vervolgonderzoek naar de effecten van vroegbloeiende vegetatie kan waardevolle inzichten opleveren voor het doen van aanbevelingen over de te planten soorten. Hoewel er geen significante effecten op het bodem-watersysteem zijn aangetoond, zijn trends zichtbaar, waardoor vervolgonderzoek in een gecontroleerde omgeving wordt aangeraden. Echter laten metingen over tijd een bufferwerking op het bodemvochtgehalte rondom landschapselementen zien, dit kan percee-eigenaren helpen de effecten van extreme weersomstandigheden te verminderen.

5 Literatuurlijst

- Aarts, M. N. C. (2021). Het succes van de Maasheggen. *De Levende Natuur*. 122: 4.
- Antoninka, A., Wolf, J. E., Bowker, M., Classen, A. T., Johnson, N. C. (2009). Linking above- and belowground responses to global change at community and ecosystem scales. *Global Change Biology*. 15: 914 – 929.
- Baltensperger, B. H. (1987). Hedgerow distribution and removal in nonforested regions of the Midwest. *Journal of Soil and Water Conservation*. 42: 60 – 64.
- Baudry, J., Bunce, R. G. H., Burel, F. (2000). Hedgerows: an international perspective on their origin, function and management. *Journal of Environmental Management*. 60: 7 – 22.
- Bennett, E. M., Peterson, G. D., Gordon, L. J. (2009). Understanding relationships among multiple ecosystem services. *Ecology Letters*. 12: 1394 – 1404.
- Bervae, J. C. A. M. (1977). Over houtwallen. *Nederlands bosbouw tijdschrift*. 266 – 326.
- Bestuivers.nl. (z.d.). Tellen. <https://www.bestuivers.nl/projecten/meetnethommels/tellen>
Geraadpleegd op: 07 – 03 – 2024.
- Birkas, M., Bottlik, L., Stingli, A., Gyuricza, C., Jolánkai, M. (2010). Effect of soil physical state on the earthworms in Hungary. *Applied and Environmental Soil Science*. 2010: 1 – 7.
- Bloem, J., A.J. Schouten, S.J. Sørensen, M. Rutgers, A. Van der Werf & A.M. Breure, 2006. Monitoring and evaluating soil quality. In "Microbiological Methods for Assessing Soil Quality" (J. Bloem, D.W. Hopkins & A. Benedetti, editors), CABI, Wallingford, UK. 23 – 49.
- Blouin, M., Hodson, M. E., Delgado, E. A., Baker, G., Brussaard, L., Butt, K. R., Dai, J., Den Dooven, L., Peres, G., Tondoh, J. E. et al. (2013). A review of earthworm impact on soil function and ecosystem services. *European Journal of Soil Science*. 64: 161 – 182.
- Bos, A. P., Breman, B. C., De Wolf, P. L., Van Meijl, J. C. M., Geerling-Eiff, F. A., Jellema, A., De Jonge, E. L., Dekker, J., Fuchs, L. M., Puente-Rodríguez, D. et al. (2023). WUR-perspectieven op landbouw, voedsel en natuur. Wageningen University & Research. 48 p.
- Burgess-Gamble, L., Ngai, R., Wilkinson, M., Nisbet, T., Pontee, N., Harvey, R., Kipling, K., Addy, S., Rose, S., Maslen, S. et al. (2018). Working with natural processes – Evidence Directory. Environment Agency, Bristol, 295 p.
- Chyba, J., Kroulík, M., Křištof, K., Misiewicz, P. A., Chaney, K. (2014). Influence of soil compaction by farm machinery and livestock on water infiltration rate on grassland. *Agronomy Research*. 12: 59 – 64.
- Colinet, H., Sinclair, B. J., Vernon, P., & Renault, D. (2015). Insects in fluctuating thermal environments. *Annual review of entomology*. 60: 123 – 140.
- Coussement, T., Janssens, P., Elsen, A., Pardon, P., Reubens, B., & Mertens, J. (2019). Effect van agroforestry op de waterhuishouding. 1 – 35.
- Crotty, F. V. (2020). Soil organisms within arable habitats. *The Changing Status of Arable Habitats in Europe: A Nature Conservation Review*. 123 – 138.
- Cultureel erfgoed. (2022). Aanvalsplan Landschap zet in op 10% landschapselementen in landelijk gebied. <https://www.cultureelerfgoed.nl/actueel/nieuws/2022/09/29/aanvalsplan-landschap-zet-in-op-10-landschapselementen-in-landelijk-gebied> Geraadpleegd op: 05 - 10 - 2023.
- De Boer, J., & Oosterbaan, A. (2005). Op weg naar een duurzaam elzensingellandschap. *Vakblad Natuur Bos Landschap*. 2: 18 – 20.
- De Haan, J. J., Van den Elsen, E., Visser, S. M. (2021). Evaluatie van de Bodemindicatoren voor Landbouwgronden in Nederland (BLN), versie 1.0; BLN, versie 1.1 en schets van een ontwikkelpad naar een BLN, versie 2.0. Wageningen Research, Rapport WPR-883. 56 p.
- De Vrieze, J. (1979). Aftakeling van het Nederlands landschap is in een alarmerend stadium gekomen! Heggen en houtwallen. *Het Vogeljaar*. 27: 206 – 211.

- Dramstad, W. E., Olson, J. D., & Forman, R. T. (1996). Landscape ecology principles in landscape architecture and land-use planning (Vol. 18). Cambridge: Harvard University Graduate School of Design.
- Edwards, C. A. & Lofty, J. R. (1977). Effects of agriculture on earthworm populations. *Biology of Earthworms*. Springer, Boston, Massachusetts. 333 p.
- Erismann, J. W., Van Eekeren, N., Van Doorn, A., Geertsema, W., Polman, N. (2017). Maatregelen natuurinclusieve landbouw (No. 2821). Wageningen Environmental Research. 50 p.
- Fahrig, L., Baudry, J., Brotons, L., Burel, F.G., Crist, T.O., Fuller, R.J., Sirami, C., Siriwardena, G.M., Martin, J.L. (2011). Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. *Ecology Letters* 14: 101 – 112.
- Fletcher, E., Mutsers, K., Wielders, M. (2024). HANDLEIDING BODEMINFILTRATIE HAS Hogeschool en Waterschap Limburg. Waterschap Limburg. 32 p.
- Flora van Nederland. (z.d.). Hazelaar. Flora van Nederland.
<https://www.floravannederland.nl/planten/hazelaar/>. Geraadpleegd op: 20 – 06 – 2024.
- Freedman, B., Zelazny, V., Beaudette, D., Fleming, T., Johnson, G., Flemming, S., Gerrow, J. S., Forbes, G., Woodley, S. (1996). Biodiversity implications of changes in the quantity of dead organic matter in managed forests. *Environmental Reviews*. 4: 238 – 265.
- Fuchs, L., Van Leeuwen, S., Norén, I. S., Schoutsen, M., Sukkel, W., Heusinkveld, B., Van der Maas, R. (2022). Effecten van agroforestry op de waterhuishouding en functionele agrobiodiversiteit: : Verkenning naar de effecten van agroforestry op de waterhuishouding en functionele agrobiodiversiteit: met extra aandacht voor de Zeeuwse context en de mogelijke voor- en nadelen die dit kan bieden voor de Zeeuwse akkerbouw (No. WPR-OT 961). Wageningen Plant Research. 40 p.
- Geertsema, W., Van der Werf, W., Bianchi, F., Rossing, W., Schaminée, J. (2015). Agrobiodiversiteit en ecosysteemdiensten. *Vakblad Natuur Bos Landschap*. 5: 41 – 43.
- Ghazavi, G., Thomas, Z., Hamon, Y., Marie, J. C., Corson, M., Merot, P. (2008). Hedgerow impacts on soil-water transfer due to rainfall interception and root-water uptake. *Hydrological Processes: An International Journal*. 22: 4723 – 4735.
- Gies, E., Kros, H., Voogd, J. C. (2021). Effecten van landschapsinrichting in de gebiedsgerichte aanpak van de stikstofopgave in provincie Flevoland: Een verkenning naar effecten van landschapselementen in Flevoland op de stikstofdepositie op De Wieden en Weerribben, de Veluwe en het Naardermeer (No. 3051). Wageningen Environmental Research. 31 p.
- Grashof-Bokdam, C., Messelink, G. J., Ozinga, W., Van Holstein-Saj, R., Bloemhard, C., Woelke, J., Meeuwssen, H. (2019). Groenbeheer en plaag(bestrijdende) insecten nabij kassen in de gemeente Westland. Wageningen Environmental Research. 52 p.
- Groenendijk, P. (2015). Goede grond: goed voor landbouw, natuur en en waterbeheer. STOWA.
<https://edepot.wur.nl/363449>. Geraadpleegd op: 20 - 06 - 2024.
- Helgason, T., Daniell, T. J., Husband, R., Fitter, A. H., Young, J. P. W. (1998). Ploughing up the wood-wide web? *Nature*. 394 - 431.
- Hoffmann, F. & Kwak, M. M. (2007). Diversiteit van planten en bloembezoekende insecten in relatie tot landgebruik. *Entomologische Berichten*. 67: 193 – 197.
- Holden, J., Grayson, R. P., Berdeni, D., Bird, S., Chapman, P. J., Edmondson, J. L., Firbank, L. G., Helgason, T., Hodson, M. E., Hunt, S. F. P. et al. (2019). The role of hedgerows in soil functioning within agricultural landscapes. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 273: 1 – 12.
- Hop, M. E. C. M. (2008). Vaste planten in Nederlands openbaar groen: extensief beheer in de praktijk (No. 425). Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. 68 p.
- Hop, M. E. C. M. & Smeekens, C. C. (2004). Bestuiving van besheesters (No. 413). Wageningen, Praktijkonderzoek Plant & Omgeving. 38 p.
- Huckriede, B. (2009). Recreatieve natuurwaardenkaart. Gemeente Sint Anthonis Buro Openbare Werken. Digitale atlas.

- Keijzer, P., Van Malland, F. C., Van Agtmaal, M., Van Eekeren, N. J., Pol, G. K., Voshol, P. J. (2020). Gezonde bodem... gewas/vee... voeding... mens. Louis Bolk Instituut. 61 p.
- Koopmans, C., Janmaat, L., Opheusden, M. V. (2020). Maatregelen voor koolstofvastlegging: Wereldwijd twee keer zoveel koolstof in de bodem dan in de lucht. Ekoland: vakblad voor biologische landbouwmethoden, verwerking, afzet en natuurvoeding. 7/8: 14 – 15.
- Kral-O'Brien, K. C., O'Brien, P. L., Hovick, T. J., & Harmon, J. P. (2021). Meta-analysis: Higher plant richness supports higher pollinator richness across many land use types. *Annals of the Entomological Society of America*. 114: 267 – 275.
- Maes, B., De Bont, G., Ceelen, R., Van Loon, R., Roeleveld, L. (2006). Rapport Inventarisatie Maasheggen Gemeente Boxmeer. Stichting Heg-en-Landschap, Boxmeer. 52 p.
- Natuurmonumenten. (2023). Aanvalsplan voor het Nederlandse landschap. <https://www.natuurmonumenten.nl/landschap/aanvalsplan> Geraadpleegd op: 23 – 10 – 2023.
- Nieuwenhuizen, W. & De Boer T.A., 2019. Leren van initiatieven voor bestuivers; Een verkenning van succesfactoren, knelpunten en oplossingsrichtingen (No. 2933). Wageningen Environmental Research. 50 p.
- Norén, I. S. & Vijn, M. P. (2019). Biodiversiteit vergroten met bomen, hoe doe ik dat?: Agroforestry draagt bij aan meer biodiversiteit op het bedrijf. Ekoland. 39: 26 – 27.
- O'Connell, P. E., Beven, K. J., Carney, J. N., Clements, R. O., Ewen, J., Fowler, H., Harris, G. L., Hollis, J., Morris, J., O'Donnell, G. M. et al. (2004). Review of impacts of rural land use and management on flood generation: impact study report. Department for Environment, Food and Rural Affairs, London. 142 p.
- Olson, D. & Wäckers, F. (2007). Management of field margins to maximize multiple ecological services. *Journal of Applied Ecology*. 44: 13 – 21.
- Oosterbaan, A. & Boer, J. D. (2007). Agroforestry: bomen in combinatie met landbouw. Vakblad Natuur Bos Landschap. 4: 18 – 20.
- Oosterveld, E. B., Visser, T., Jonker, M., la Haye, M., Bekker, D., Stio, A., Creemers, R. (2022). Ecologie en beheer van droge dooradering. 35 p.
- Op den Kelder, G., Van Benthem, M., Beerkens, G., Reichgelt, A. (2022). Meer bos voor Limburg. Stichting Probos, Wageningen. 56 p.
- Ottburg, F., Lammertsma, D., Dimmers, W., Lerink, B., Schelhaas, M. J., Janssen, J. (2022). Tiny Forests: groene mini-oases in de stad: Monitoring van biodiversiteit en bijdragen aan CO₂-opslag, wateropvang en tegengaan hittestress in elf Tiny Forests (No. 3189). Wageningen Environmental Research. 58 p.
- Rackham, O. (2020). The history of the countryside. Hachette, UK. 480 p.
- Rutgers, M., Schouten, A. J., Bloem, J., Van Eekeren, N., De Goede, R. G. M., Jagers op Akkerhuis, G. A. J. M., Van der Wal, A., Mulder, C., Brussaard, L., Breure, A. M. (2009). Biological measurements in a nationwide soil monitoring network. *European Journal of Soil Science*. 60: 820 – 832.
- Samen voor Biodiversiteit (2022). Aanvalsplan landschap Realisatie van 10% groenblauwe dooradering. <https://www.samenvoorbiodiversiteit.nl/aanvalsplan-landschapselementen/aanvalsplan-landschap.pdf>. Geraadpleegd op: 07 - 03 – 2024.
- Sanders, M. E., Westerink, J., Migchels, G., Korevaar, H., Geerts, R. H. E. M., Bloem, J., Van Och, R. A. F. (2015). Op weg naar een natuurinclusieve duurzame landbouw. Alterra. 64 p.
- Scheper, J. A., Reemer, M., Van Rooij, S. A. M. (2018). Zoom-mantel-kernvegetaties in landschapselementen St. Anthonis (No. 2017-1). Wageningen University & Research. 10 p.
- Schmitz, M. F., Herrero-Jáuregui, C., Arnaiz-Schmitz, C., Sánchez, I. A., Rescia, A. J., Pineda, F. D. (2016). Evaluating the role of a protected area on hedgerow conservation: the case of a Spanish cultural landscape. *Land Degradation & Development*. 28: 833 – 842.
- Spurgeon, D. J., Keith, A. M., Schmidt, O., Lammertsma, D. R., Faber, J. H. (2013). Land-use and land-management change: relationships with earthworm and fungi communities and soil structural properties. *BMC Ecology*. 13: 46 p.

- STOWA (1997). Bepaling van organische stof, gloeirest en organische koolstof, nr30. Zoetermeer Hageman Verpakkers BV. 58 p.
- Ursem, M., Van der Kamp, M., Hendriks, W., Schep, S. (2021). Klimaatverandering en de uit-en afspoeling van nutriënten. H2O-Online. 8 p.
- Van den Berg, H., Pronk, A. A., Van Leeuwen, P. J. (2009). Organische stof essentieel voor goede teelt. BloembollenVisie. 161: 20 – 21.
- Van Eekeren, N., Deru, J., Hoekstra, N., De Wit, J. (2018). Carbon Valley. Louis Bolk Instituut. 36 p.
- Van Kerckvoorde, A., Van Uytvanck, J., Adriaens, T., Maes, D., Van de Meutter, F., Van de Voorde, B., Hoffmann, M. (2022). Advies over de aanpassing van het Bermbesluit in functie van wilde bestuivers. 39 p.
- Van Rooij, S., De Groot, A., Korthof, H. (2020). Een landschap voor wilde bestuivers. Stad+ groen: vakblad over openbaar groen en het vergroenen van de buitenruimte. 108 – 110.
- Van Rossum, Z. A., Wäckers, F. L., Janssen, A., & Van Rijn, P. C. J. (2022). Bevordering van nuttige organismen voor plaagbestrijding en bestuiving in open teelten. IBED Amsterdam, in opdracht van LNV. 66 p.
- Van Swaay, C. A. M., Bos-Groenendijk, G. I., Van Deijk, J. R., Van Grunsven, R. H. A., Kok, J. M., Huskens, K., Poot, M. (2018). Handleiding landelijke meetnetten vlinders, libellen en nachtvlinders. Rapport VS2018.011, De Vlinderstichting, Wageningen. 31 p.
- Van Vooren, L., Reubens, B., Broekx, S., De Frenne, P., Nelissen, V., Pardon, P., Verheyen, K. (2017). Ecosystem service delivery of agri-environment measures: a synthesis for hedgerows and grass strips on arable land. Agriculture, Ecosystem and Environment. 244: 32 – 51.

6 Bijlagen

Bijlage 1 Kwaliteitsbepaling landschapselementen

Tabel 2: Beoordelingscriteria voor het landschapselement kern-mantel-zoomstructuren. De criteria zijn voorzien van een puntenscore.

Onderdeel	Uitleg	Punten
Type element	Kern-mantel-zoomstructuur	-
Vitaliteit	• vitaal: vrijwel aaneengesloten (bedekking > 75%)	5
	• duidelijke gebreken: grote gaten in element (bedekking 50-75%)	2
	• veel sterfte: zeer grote gaten in element (bedekking < 50%)	0
Hoogte	• < 3 meter	-
	• 3-6 meter	-
	• 6-10 meter	-
	• > 10 meter	-
Gelaagdheid van de boom-, struik- en kruidlaag	• alle drie de lagen aanwezig	5
	• 2 lagen aanwezig	3
	• 1 laag aanwezig	1
Aantal inheemse soorten bomen en struiken per 100 m	• 1 soort	0
	• 2-5 soorten	1
	• 6-10 soorten	3
	• > 10 soorten	5
Er zijn oude solitaire bomen (> 50 jaar) aanwezig	• ja	2
	• nee	0
Aanwezigheid besdragende struiken	• ja	2
	• nee	0
Er is dood hout aanwezig	• ja, functioneel	5
	• ja, niet functioneel	2
	• nee	0
De beplanting is inheems/streekeigen	• ja	5
	• nee	0
Ontwikkeling en samenstelling kruidlaag	• geen kruidlaag aanwezig	0
	• overwegend gras	1
	• kruidlaag < 10 soorten	3
	• kruidlaag > 10 soorten	5

Aanwezigheid ongewenste soorten	• geen ongewenste soorten	5
	• ongewenste soort(en), maar niet dominant	3
	• ongewenste soort(en) dominant	0
Ligging	• aan 2 kanten van element ligt kruidenrijke zoom	5
	• aan 1 kant langs element ligt kruidenrijke zoom	3
	• element grenst direct aan bemest gras- of bouwland	0
Aantasting	• geen schade aan stammen door vraat door vee	3
	• schade aan stammen door vraat door vee	0
	• schade aan onderbegroeiing door vraat door vee	0
	• in element zijn (pleksgewijs) bestrijdingsmiddelen gebruikt	0
	• overig:	PM
Foto's	Er worden foto's van (delen van) het element gemaakt	

Bijlage 2 Tabel kwaliteitsopname

Tabel 3: Tabel met de resultaten van de kwaliteitsopname van de elementen waarbij metingen zijn gedaan aan het bodem- watersysteem.

Element	Lengte (m)	Breedte (m)	Oriëntatie	Vitaliteit	Gelaagdheid	Aantal inheemse soorten	Dood hout	Samenstelling kruidlaag	Eindscore	Metingen
120	390	6	Oost-west	Bedekking >75%	2 lagen	>10 soorten	Ja, functioneel	Overwegend gras	34	Bodem, water en biodiversiteit
160	255	10	Oost-west	Bedekking >75%	2 lagen	>10 soorten	Ja, niet functioneel	Kruidlaag < 10 soorten	33	Bodem, water en biodiversiteit
290	560	7	Oost-west	Bedekking >75%	2 lagen	>10 soorten	Ja, niet functioneel	Overwegend gras	31	Bodem, water en biodiversiteit
395	221	10	Noord-zuid	Bedekking <50%	2 lagen	>10 soorten	Ja, niet functioneel	Overwegend gras	26	Bodem, water en biodiversiteit
400B	157	8	Noord-zuid	Bedekking >75%	2 lagen	>10 soorten	Ja, functioneel	Geen kruidlaag	33	Bodem, water en biodiversiteit
405	340	7,5	Noord-zuid	Bedekking 50-75%	2 lagen	>10 soorten	Ja, functioneel	Overwegend gras	31	Bodem, water en biodiversiteit
430	345	10	Noord-zuid	Bedekking >75%	3 lagen	>10 soorten	Ja, functioneel	Kruidlaag < 10 soorten	41	Bodem, water en biodiversiteit
450	253	7,5	Noord-zuid	Bedekking >75%	2 lagen	6-10 soorten	Ja, functioneel	Kruidlaag < 10 soorten	34	Bodem, water en biodiversiteit
455	341	6	Noord-zuid	Bedekking >75%	2 lagen	6-10 soorten	Ja, functioneel	Geen kruidlaag	31	Bodem, water en biodiversiteit
465	327	7	Noord-zuid	Bedekking >75%	3 lagen	>10 soorten	Ja, functioneel	Kruidlaag < 10 soorten	38	Bodem, water en biodiversiteit
135	176	7	Noord-zuid	Bedekking 50-75%	3 lagen	>10 soorten	Ja, niet functioneel	Kruidlaag < 10 soorten	32	Biodiversiteit

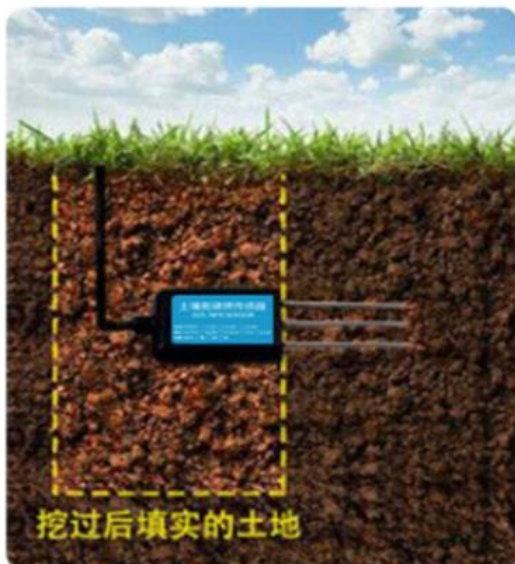
490	275	9	Noord-zuid	Bedekking >75%	2 lagen	>10 soorten	Ja, functioneel	Overwegend gras	34	Biodiversiteit
665	135	6,5	Oost-west	Bedekking 50-75%	2 lagen	>10 soorten	Ja, functioneel	Geen kruidlaag	23	Biodiversiteit

Bijlage 3 LSE01-LoRaWAN Soil Moisture & EC Sensor User Manual, 2.9 Installation in Soil

Measurement the soil surface



Choose the proper measuring position. Avoid the probe to touch rocks or hard things. Split the surface soil according to the measured deep. Keep the measured as original density. Vertical insert the probe into the soil to be measured. Make sure not shake when inserting.



Dig a hole with diameter $> 20\text{CM}$.

Horizontal insert the probe to the soil and fill the hole for long term measurement.

Bijlage 4 Tea bag index 2.0

The aim: of this project is to test the effects of climate on decomposition using tea bags.

Method: Bury tea under ambient conditions in the field.

The protocol is identical for woven and nonwoven bags.

Use only Lipton Green tea (EAN 87 10908 90359 5 or EAN 87 22700 05552 5) and Rooibos tea (EAN 87 22700 18843 8).



Preparation 1:

- a. Determine the airdry weight of at least 5 empty bags, separated in bag mesh, string and label (n=5 for each).
- b. Determine the weightloss of tea of (those) 5 bags after at least 48h in an oven at 60 or 70°C.

Preparation 2:

1. Mark the tea on the white side of the label using a black marker. (when you give Rooibos and Green tea different numbers or letters, the bags cannot be confused when digging up).
2. Weigh the tea bags **air dried**, not oven dried (0.001g digits).
3. In one location, dig two holes of ca 5 cm diameter and 8 cm deep, at least 15 cm apart. You can choose the location of the bags to your own convenience.
4. Take one green and one rooibos bag and place each bag in a separate hole. Leave the string and the label above the ground.
5. Write down the date on the backside of this form.
6. Close the holes. You can place a stick next to the bags and attach the string of each bag to a stick. That will make it much easier to find back the bags.
7. Repeat this at least two more times ca. 1 m apart from each other. In total you will have buried 6 bags per location.
8. Wait ca 80-90 days. In the tropics, an incubation time of 60-70 days is sufficient.
9. Find back the tea.
10. Carefully follow the string and dig up the tea without tearing holes in the fabric.
11. Write down the date.
12. Remove **all** soil parts and roots and let the tea bags dry (60 or 70 degrees, 48 hours. If you cannot dry them directly after harvest, dry them as much as you can, e.g. by putting them in the sun). Sometimes soil parts are easier to remove after you have dried the bags for a little. If root in growth is very high, clean the bag, remove the tea from the bag, remove all roots.
13. Remove the tea from the bag. Weigh the oven dried tea (0.01 or 0.001g).
14. Upload the data in the correct dataform. Note that the website (www.teatime4science.org -> publications) provides a separate file for woven and nonwoven bags. Make clear how to link woven and nonwoven bags in the separate file if they were linked in space.

It would be very helpful, but not obligatory if you could also measure or obtain: Soil C and N content (determined by combustion), Soil pH (determined with a demi water extraction), Median air temperature (during the incubation period from the closest weather station you know of) and classify Shading, Human impact, Soil texture, Ecosystem/vegetation, Soil depth, Rooting depth, Slope and Aspect. Classification is indicated below.

Thank you for your cooperation!

Bijlage 5 Tabel waargenomen bestuivende insecten

Tabel 4: Tabel met de soorten bestuivende insecten die waargenomen zijn bij elk element in de twee verschillende inventarisatie rondes. Het gaat hierbij om vlinders (soort), bijen (honing of solitair), hommels (groep) en zweefvliegen.

Element	Bestuivende insecten	
	13-5-2024	28-5-2024
120	Klein koolwitje Landkaartje Bont zandoogje Honingbij Aardhommel Weidehommel Zweefvlieg	Honingbij
160	Groot koolwitje Witje onbekend Bont zandoogje Gerande spanner Zweefvlieg	Bont zandoogje Geelbandlangsprietmot Dwergdikkopje Aangebrande spanner Aardhommel Weidehommel Zweefvlieg
290	Citroenvlinder Zweefvlieg	Honingbij Akkerhommel Aardhommel Zweefvlieg
395	Bont zandoogje Geelbandlangsprietmot Zweefvlieg	Bont zandoogje Hooibeestje Groene eikenbladroller Zweefvlieg
400B	Bontzandoogje Geelbandlangsprietmot Kardinaalsmutsstippelmot Zweefvlieg	Atalanta Geelbandlangsprietmot Groene eikenbladroller Honingbij Aardhommel Weidehommel
405	Groot koolwitje Dagpauwoog Landkaartje Bont zandoogje Honingbij Aardhommel Koekoekshommel Zweefvlieg	Bont zandoogje Geelbandlangsprietmot Dwergdikkopje Groene eikenbladroller Honingbij Akkerhommel Aardhommel Weidehommel Zweefvlieg

430	Witje onbekend Klein geaderd witje Atlanta Dagpauwoog Landkaartje Bont zandoogje Gerande spanner Honingbij Zweefvlieg	Bont zandoogje Gerande spanner Groene eikenbladroller Gestreepte goudspanner Brandnetelroller Aardhommel Zweefvlieg
450	Landkaartje Bont zandoogje Solitaire/wilde bij Akkerhommel Zweefvlieg	Bont zandoogje Geelbandlangsprietmot Dwergdikopje Groene eikenbladroller Gamma-uil Kersenbladroller Reuzenbladroller Honingbij Akkerhommel Weidehommel Zweefvlieg
455	Landkaartje Bont zandoogje Zweefvlieg Witje onbekend	Bontzandoogje Groene eikenbladroller Geisha Weidehommel Zweefvlieg
465	Citroenvlinder Landkaartje Bont zandoogje Geelbandlangsprietmot Honingbij Aardhommel Zweefvlieg	Geelbandlangsprietmot Groene eikenbladroller Kersenbladroller Reuzenbladroller Sporkehoutspanner Honingbij Aardhommel Zweefvlieg
135	Geen meting gedaan	Bont zandoogje Groene eikenbladroller Zweefvlieg
490	Geen meeting gedaan	Groene eikenbladroller Honingbij Akkerhommel Aardhommel Weidehommel Zweefvlieg
665	Geen meting gedaan	Tuinhommel Aardhommel Weidehommel Zweefvlieg