



Dataverzameling Agroforestry

Verkenning van de aspecten, indicatoren en protocollen voor basisregistratie, agronomie en ecosysteemdiensten

Jeroen Kruit, Evert Prins, Ellen Geerlings, Bram Wendel, Maureen Schoutsen, Marcel Vijn



WAGENINGEN
UNIVERSITY & RESEARCH

Dataverzameling Agroforestry

Verkenning van de aspecten, indicatoren en protocollen voor basisregistratie, agronomie en ecosystemendiensten

Jeroen Kruit¹, Evert Prins³, Ellen Geerlings³, Bram Wendel⁴, Maureen Schoutsen², Marcel Vijn²

1 Wageningen Environmental Research

2 Wageningen Plant Research

3 Louis Bolk Instituut

4 Boerenbos

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Environmental Research en gesubsidieerd door het Ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoeksthema 'Duurzame voedselvoorziening & -productieketens & Natuur' (projectnummer BO-43-126-027).

Wageningen Environmental Research
Wageningen, maart 2025

Gereviewd door:

Jurre Dekker, onderzoeker (Wageningen Environmental Research)

Akkoord voor publicatie:

Joke de Jong, teamleider van [Biodiversiteit en Beleid]

Rapport 3419

ISSN 1566-7197

Jeroen Kruit, Evert Prins, Ellen Geerlings, Bram Wendel, Maureen Schoutsen, Marcel Vijn, 2025.
Dataverzameling Agroforestry; Verkenning van de aspecten, indicatoren en protocollen voor basisregistratie, agronomie en ecosysteemdiensten. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3419.
58 blz.; 5 fig.; 5 tab.; 10 ref.

Er is behoefte aan systeeminnovaties voor een toekomstbestendige landbouw die binnen de grenzen van de natuurlijke leefomgeving plaatsvinden en deze tegelijkertijd versterken. Agroforestry, in al zijn verschillende verschijningsvormen, heeft de potentie zo'n systeeminnovatie te zijn. Nu deze systeeminnovatie een vlucht neemt en omarmd wordt door agrariërs en gefaciliteerd wordt door overheden, ontstaat er een kans en ook een noodzaak om deze ontwikkeling te volgen. Om betrouwbare data over de beloofde prestaties te genereren, is het zaak te werken met gedragen en gestandaardiseerde dataverzamelingsprotocollen. Deze verkenning staat in het teken van een advies daarvoor.

There is a need for system innovations for future-proof agriculture that takes place within the boundaries of the natural environment and at the same time strengthens it. Agroforestry, in all its different manifestations, has the potential to be such a system innovation. Now that this system innovation is taking off and is being embraced by farmers and facilitated by governments, there is an opportunity and a necessity to follow this development. To generate reliable data about the promised performance, it is important to work with supported and standardized data collection protocols. This exploration focuses on providing advice for this purpose.

Trefwoorden: monitoring, aspecten, indicatoren, parameters, protocollen, basisregistratie, agronomie, ecosysteemdienst

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/679712> of op www.wur.nl/environmental-research (ga naar 'Wageningen Environmental Research' in de grijze balk onderaan). Wageningen Environmental Research verstrekt *geen* gedrukte exemplaren van rapporten.

© 2025 Wageningen Environmental Research (instituut binnen de rechtspersoon Stichting Wageningen Research), Postbus 47, 6700 AA Wageningen, T 0317 48 07 00, www.wur.nl/environmental-research. Wageningen Environmental Research is onderdeel van Wageningen University & Research.

- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking van deze uitgave is toegestaan mits met duidelijke bronvermelding.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor commerciële doeleinden en/of geldelijk gewin.
- Overname, verveelvoudiging of openbaarmaking is niet toegestaan voor die gedeelten van deze uitgave waarvan duidelijk is dat de auteursrechten liggen bij derden en/of zijn voorbehouden.

Wageningen Environmental Research aanvaardt geen aansprakelijkheid voor eventuele schade voortvloeiend uit het gebruik van de resultaten van dit onderzoek of de toepassing van de adviezen.

Wageningen Environmental Research werkt sinds 2003 met een kwaliteitsmanagementsysteem volgens de ISO 9001. In 2006 heeft Wageningen Environmental Research een milieuzorgsysteem geïmplementeerd volgens de norm ISO 14001. Wageningen Environmental Research geeft via ISO 26000 invulling aan haar maatschappelijke verantwoordelijkheid.

Wageningen Environmental Research Rapport 3419 | ISSN 1566-7197

Foto omslag: Jeroen Kruit

Inhoud

Verantwoording	5
Samenvatting	7
Verklarende woordenlijst	9
1 Inleiding	11
1.1 Achtergrond	11
1.2 Probleemstelling	12
1.3 Doelgroep	13
1.4 Projectdoelstelling en onderzoeksvragen	13
1.5 Afbakening	13
1.6 Methode	14
2 Resultaten van deze verkenning	15
2.1 Wat willen we weten?	15
2.2 Basisregistratie	15
2.2.1 Type en areaal agroforestry	15
2.2.2 Wat wil de beleidsmaker weten	15
2.2.3 Hoe werkt het nu	15
2.2.4 Hoe kan het beter	17
2.3 Agronomie	17
2.3.1 Inleiding	17
2.3.2 Basisinformatie (abiotiek)	17
2.3.3 Basisinformatie (beheer)	18
2.3.4 Basisinformatie (Plant)	18
2.3.5 Plantprestatie	19
2.4 Ecosysteemdiensten	22
2.4.1 Inleiding	22
2.4.2 Meten aan biodiversiteit: vliegende en kruipende insecten	22
2.4.3 Protocol diversiteit vliegende insecten	23
2.4.4 Protocol diversiteit nachtvlinders	24
2.4.5 Protocol diversiteit kruipende insecten	25
2.4.6 Discussie	26
2.4.7 Meten aan klimaatmitigatie: koolstofopslag meten	27
2.4.8 Ondergrondse koolstof (SOC)	28
2.4.9 Discussie	30
2.4.10 Bovengrondse koolstof	31
2.4.11 Aanbevelingen	35
2.5 Data governance	36
3 Conclusies, aanbevelingen en discussie	37
3.1 Dataverzameling	37
3.1.1 Basisregistratie	37
3.1.2 Agronomie	37
3.1.3 Ecosysteemdiensten	37
3.2 Nut & noodzaak?	39
3.2.1 Bestaand instrumentarium vs. een nieuw dataverzamelingsprogramma	39
3.2.2 Het inzetten van bestaande instrumenten	39
3.2.3 Het opzetten van een nieuw meetprogramma	40
3.2.4 Eén dataverzamelplek?	41
3.2.5 Proefopstellingen?	41

Literatuur	42
Bijlage 1 Aspecten, indicatoren, protocollen	43
Bijlage 2 Selectie van agroforestry-percelen	45
Bijlage 3 Voorbeeldsheet dataverzameling voor Basisinformatie en Plantprestaties in jonge aanplant	47
Bijlage 4 Voorbeeldsheet dataverzameling voor Basisinformatie en Plantprestaties in oudere aanplant	49
Bijlage 5 Details uit protocollen die door experts zijn gedeeld t.b.v. expertsessie Biodiversiteit	51

Verantwoording

Rapport: 3419

Projectnummer: BO-43-126-027

Wageningen Environmental Research (WENR) hecht grote waarde aan de kwaliteit van zijn eindproducten. Een review van de rapporten op wetenschappelijke kwaliteit door een referent maakt standaard onderdeel uit van ons kwaliteitsbeleid.

Akkoord referent die het rapport heeft beoordeeld,

functie: Onderzoeker

naam: Jurre Dekker

datum: 19-12-2024

Akkoord teamleider voor de inhoud,

naam: Joke de Jong

datum: 24 februari 2025

Samenvatting

Er is behoefte aan systeeminnovaties voor een toekomstbestendige landbouw die binnen de grenzen van de natuurlijke leefomgeving plaatsvinden en deze tegelijkertijd versterken. Agroforestry, in al zijn verschillende verschijningsvormen, heeft de potentie zo'n systeeminnovatie te zijn. Nu deze systeeminnovatie een vlucht neemt en omarmd wordt door agrariërs en gefaciliteerd wordt door overheden ontstaat er een kans en ook een noodzaak om deze ontwikkeling te volgen. De veelal anekdotische kennis van nu kan verrijkt worden door te leren van de ongeveer 1000 aangeplante hectares, zodat nieuw instappende agrariërs, overheden met hun beleidsambities en financiers in de agrarische sector daar hun voordeel mee kunnen doen.

Om betrouwbare data over de beloofde prestaties te genereren, is het zaak te werken met gedragen en gestandaardiseerde dataverzamelingsprotocollen. Deze verkenning staat in het teken van een advies daarvoor. Naast de protocollen en de protocol-ontwerpaanpassingen per agroforestrysysteem zijn de mogelijke mee te nemen aspecten en indicatoren in beeld gebracht.

Dit bleek geen eenvoudige opgave gezien de complexiteit van agroforestry met haar uiteenlopende onderzoeksvragen, de grote contextuele verschillen (abiotisch, biotisch, ruimtelijk) en de verscheidenheid aan systemen (variatie in ruimtelijke opzet, in soortensamenstelling, systeem lagen en beheerpraktijken).

Het uiteindelijk advies beslaat drie kennisniveau vragen. Een basisregistratie (1), om inzicht te krijgen in de ontwikkeling van agroforestry in Nederland. Hier worden data verzameld over het areaal, het type agroforestrysysteem en het aantal boeren. Het tweede kennisniveau gaat over agronomie (2), om agrariërs inzichten te geven in de prestaties van hun bedrijfsvoering is context gebonden basisinformatie cruciaal naast informatie over de plantprestaties en de plantgezondheid. Het derde en laatste kennisniveau gaat over ecosysteemdiensten (3), om te begrijpen in welke mate een transitie naar een ander agrarisch systeem bijdraagt aan bredere maatschappelijke doelen, is het belangrijk deze prestaties te meten.

De verzamelde agroforestry data worden bij voorkeur toegankelijk via een open databron waar participerende agrariërs hun informatie geanonimiseerd kunnen delen. Wetenschappers zouden volledige toegang tot deze geanonimiseerde data moeten kunnen krijgen om de ontwikkeling van agroforestry te kunnen volgen en de systeemprestaties te kunnen analyseren.

Verklarende woordenlijst

LVVN

Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur

RVO

Rijksdienst Voor Ondernemend Nederland

GO

Gecombineerde Opgave

EURAF

European Agroforestry Federation

NMVB

Nationaal Monitoring Programma Voedselbossen

OS

Organische Stof

JBOJP

Juiste Boom Op de Juiste Plek

Aspect

Dit gaat over onderwerpen waarover er een kennisbehoefte bestaat, zoals de ontwikkeling van de biodiversiteit of bodemgezondheid.

Indicator

Specifieke meetbare zaken die de toestand of verandering van een bepaald aspect duiden.

Protocol of (meet)methode

Gestandaardiseerde procedures die onderzoekers volgen om op een betrouwbare en vergelijkbare wijze gegevens te verzamelen en te analyseren.

Data governance

Het is belangrijk het uitgangspunt te bepalen voor de wijze waarop er met de verzamelde data wordt omgegaan. Aspecten als wie data kan aanleveren en voor wie de data toegankelijk zijn, maar ook waar ze worden ondergebracht, wie ze beheert en hoe er wordt omgegaan met privacygevoelige gegevens.

1 Inleiding

1.1 Achtergrond

Inzicht op basis van data

LVVN vindt het belangrijk om systeeminnovaties in de landbouw te verkennen die bijdragen aan een toekomstbestendige landbouw. In het bijzonder innovaties die binnen de grenzen van de natuurlijke leefomgeving plaatsvinden en deze tegelijkertijd versterken. Onder de noemer 'toekomstbestendig' wordt dan onder meer gerefereerd aan verdienvermogen, robuustheid en circulariteit. Vooruitlopend op de harde bewijslast hebben we in Nederland het beleidsdoel gesteld om in 2030 25.000 hectare agroforestry en 1.000 hectare voedselbos te realiseren. Dit is een beleidsdoel, dat gemonitord dient te worden.

Informatiebehoefte

Op basis van eerdere verkenningen naar onder meer een onderzoeksagenda voor agroforestry (Prins et al., 2023) en expert judgement is vastgesteld dat bij boeren en beleidsmakers vooral behoefte is aan de hiernavolgende informatie.

Type en areaal agroforestry

Hoeveel agroforestry is er in Nederland, waar en in welke vorm wordt agroforestry toegepast? Deze informatie is cruciaal om de voortgang van de ambitie voor 25.000 hectare agroforestry tegen 2030 in Nederland te monitoren.

Plantprestatie (houtige gewas)

Er is al meer dan 1000 hectare agroforestry in Nederland aangeplant. Wat gaat hier goed en fout en wat kunnen we hiervan leren? Welke houtige soorten vallen uit, welke soorten doen het goed en door welke zaken wordt dit succes bepaald? Wat is de opbrengst van verschillende soorten en waardoor treden verschillen op?

Prestaties andere elementen van het systeem

Agroforestry is een verzameling van landbouwsystemen inclusief voedselbossen, waarbij bomen en struiken geïntegreerd worden in andere vormen van landbouw, omdat we daar positieve effecten van verwachten. Maar welke effecten meten we daadwerkelijk? Wat zijn de concrete effecten op dierenwelzijn of op het akkerbouwgewas? Gaat de totale productiviteit van het systeem omhoog? En welke zaken bepalen het succes (zie afbakening, geen onderdeel van deze verkenning)?

Arbeidsinzet, kosten

Naast de baten (prestaties plant- en systeemelementen) zijn er ook kosten verbonden aan het systeem. Samen bepalen ze het verdienmodel. Met meer dan 1000 hectare agroforestry in Nederland kunnen we de balans op gaan maken van kosten en arbeidsinzet in de eerste ontwikkeljaren (zie afbakening, geen onderdeel van deze verkenning).

Ecosysteemdiensten

Agroforestry wordt onder meer toegepast, omdat we effecten verwachten op maatschappelijk relevante ecosysteemdiensten als bijvoorbeeld klimaatmitigatie (koolstofvastlegging), biodiversiteit herstel, (klimaatadaptatie) water-regulerend vermogen en (Kader Richtlijn Water) waterkwaliteit. We willen graag monitoren hoe agroforestrysystemen op deze thema's presteren, maar ook welke factoren bepalend zijn voor de mate waarin een ecosysteemdienst wordt geleverd. Al deze informatie helpt de werking van het gehele systeem te doorgronden en geeft inzicht in de perspectieven voor het bedrijfsmodel.

1.2 Probleemstelling

Belofte toetsen

Agroforestry, in al zijn verschillende verschijningsvormen, heeft de potentie¹ een systeeminnovatie te zijn die kan bijdragen aan toekomstbestendigheid van de landbouw. Echter om de beloofde prestaties van deze innovatieve² vorm van landbouw te beoordelen, is het essentieel minder afhankelijk te worden van modellen met onbetrouwbare aannames, extrapolatie van data uit andere klimaatzones en anekdotische datasets. Tot nu toe is het onderzoek naar agroforestry versnipperd, waarbij uiteenlopende methodes worden toegepast in verschillende agroforestrysystemen die niet op elkaar zijn afgestemd.

De data zijn zowel relevant voor de agrariërs om de prestaties van hun systeem te doorgronden als voor de nationale overheid om te kunnen controleren of beleidsdoelen zoals die uit de Bossenstrategie worden gehaald. Maar ook het doorgronden van de waarde (o.m. verdienvermogen, klimaatrobuustheid en circulariteit) van deze nieuwe innovatieve bedrijfsmodellen voor een toekomstbestendige landbouw in Nederland is relevant.

Ook zijn er verschillende maatschappelijke uitdagingen, soms afgedwongen in Europese wetgeving, waarvoor de systeemtransitie die agroforestry is, van waarde kan zijn. Bijdragen aan klimaat-mitigerende maatregelen zoals koolstofvastlegging, biodiversiteitsherstel (zoals in het kader van de natuurherstelverordening), klimaatadaptieve bijdragen zoals water-regulerend vermogen en de Kaderrichtlijn Waterdoelen rondom waterkwaliteit. Wat betreft de natuurherstelverordening is er vooral een inspanningsverplichting. Behalve voor wilde bestuivers, daar geldt een realisatieverplichting. Een toename daarvan zal uiteindelijk door LNVN aangetoond moeten worden.

Kennishiaten

Nu deze systeeminnovatie in toenemende mate wordt omarmd door agrariërs en gefaciliteerd door overheden worden de kennishiaten ook steeds duidelijker. Hoeveel initiatieven zijn er eigenlijk? Waar moet een gezond agroforestrysysteem aan voldoen? In welke mate draagt het bij aan de beloofde maatschappelijke doelen? Nu agroforestry bij honderden boeren is aangeplant, liggen er veel interessante gegevens voor het oprapen. Er ontvouwt zich de mogelijkheid om in de Nederlandse context te gaan monitoren en betrouwbare data te genereren. Data uit een meetnet-agroforestry zijn mogelijk ook interessant in het kader van het meten van de vastgestelde Kritische Prestatie Indicatoren (KPI's) voor de verduurzaming van de landbouw.

Betrouwbare data

Betrouwbare data verzamelen over deze complexe systemen is niet eenvoudig. Het vraagt allereerst overeenstemming over welk doel de kennis moet faciliteren, ofwel de onderzoeksvraag. Deze onderzoeksvragen blijken sterk uiteen te lopen, afhankelijk van de vraag stellende partij. Daarbij komt dat de praktijk leert dat agroforestry-systeemprestaties sterk beïnvloed worden door verschillen in abiotiek. Agroforestry op rivierklei presteert anders op dan op veen of zand. Verder verschillen de systemen onderling sterk in boom- en struiksoorten, in plantafstanden, plantdichtheden en plantpatronen. Ook zijn ze gevestigd in verschillende landschappelijke contexten en worden ze anders beheerd, wat hun prestatie kan beïnvloeden. Als de onderzoeksvraag duidelijk is, dan is het zaak te bepalen over welke aspecten dan informatie verzameld moet worden. Daarna dienen de te kwantificeren indicatoren te worden geïdentificeerd. Vervolgens is het zaak te bepalen volgens welke (wetenschappelijk gefundeerde) protocollen de data moeten worden verzameld. Als laatste is het dan nog zaak te bedenken hoe die protocollen per onderscheiden agroforestrysysteem aangepast moeten worden om de systemen onderling te kunnen vergelijken. De uitvoering van de dataverzameling kan deels worden gefaciliteerd door de provinciale agroforestry-netwerken, maar zal deels ook moeten worden uitgevoerd door experts (m.n. als het gaat om ecosysteemdiensten).

¹ Door inpassing van houtige gewassen betere doorworteling bodem, geen grondbewerking waar de bomen staan, geen tot minder bemesting en gewasbeschermingsmiddelen, daarmee meer ruimte voor een rijkere bodemleven met een andere schimmel-bacteriebalans, meer ruimte voor diversiteit door plantmateriaal zelf, maar ook in de ondergroei, meer microklimaatniches, diversificatie aanbod habitats voor natuurlijke plaagbestrijders en bestuivers (en algemene biodiversiteit) etc.

² Innovatief vanuit het perspectief van breken met lang lopende tradities gericht op productiemaximalisatie bij specialisatie.

1.3 Doelgroep

Het doel van een agroforestry-dataverzameling is gelaagd. Overheden zullen willen weten hoe agroforestry zich in de Nederlandse praktijk ontwikkelt. Ook zullen ze, wanneer ze deze innovatie subsidiëren in het kader van te behalen beleidsdoelen, willen weten of deze ook gehaald worden. Agrarische ondernemers die de stap maken en agroforestry in hun bedrijf integreren, zullen willen weten of de gemaakte keuzes in plantmateriaal goed uitpakken. Financiers van agrarische ondernemers zullen willen weten op welke termijn ondernemers in staat zullen zijn aan hun financiële verplichtingen te voldoen. Onderzoekers zullen het functioneren van de systemen en hun bijdrage aan een toekomstbestendige landbouw willen evalueren, waarbij naast agrarische waarden ook een verscheidenheid aan andere gewenste maatschappelijke waarden wordt bevorderd.

1.4 Projectdoelstelling en onderzoeksvragen

Het doel van deze verkenning is te komen tot een advies voor een ontwerp en een begroting van een dataverzamelingsaanpak voor verschillende vormen van agroforestry.

Centraal daarbij staat de vraag te verkennen op welke manier betrouwbare data gegenereerd kunnen worden die bruikbaar zijn om:

- Inzicht te krijgen in de verspreiding en ontwikkeling van de verschillende vormen van agroforestry in Nederland.
- Inzicht te krijgen in de agronomische prestaties van het agroforestrysysteem voor ondernemers, ketenpartijen en financiers.
- Inzicht te krijgen in de maatschappelijke meerwaarde van deze innovatieve vorm van landbouw via de ecosysteemdiensten.
- Het onderling kunnen vergelijken van de verschillende agroforestrysystemen.

Voor elk van deze doelstellingen gelden de volgende onderzoeksvragen:

- Welke **aspecten** (bijvoorbeeld biodiversiteit) moeten worden meegenomen?
- Welke meetbare criteria ofwel **indicatoren** (bijvoorbeeld het aantal vogels of insecten voor de staat van biodiversiteit) kunnen de toestand of verandering van een bepaald aspect duiden?
- Welke gestandaardiseerde procedures, ofwel de **protocollen**, moeten onderzoekers volgen om op een betrouwbare en vergelijkbare wijze de bijbehorende indicatoren te meten en de gegevens te analyseren?

1.5 Afbakening

Agroforestry is een verzameling van landbouwsystemen inclusief voedselbossen, waarbij bomen en struiken geïntegreerd worden met andere vormen van landbouw. We verwachten ook positieve effecten op dierenwelzijn of op een akkerbouwgewas. Welke concrete effecten dat zijn en welke impact de integratie van houtige gewassen heeft op de productiviteit van het hele systeem, is echter geen onderdeel van deze verkenning.

Naast de baten (prestaties plant- en systeemelementen) zijn er ook kosten verbonden aan het systeem. Samen bepalen ze het verdienmodel. In deze verkenning wordt geen voorstel gedaan voor het opmaken van de balans van de kosten en arbeidsinzet in de eerste ontwikkeljaren.

1.6 Methode

De gewenste informatiebehoefte is opgehaald op basis van de opgedane inzichten tijdens het verkennen van kennisleemtes rond het thema agroforestry (Prins et al., 2023) en expert judgement. Dit is input geweest voor verschillende focusgroepen met experts uit de wereld van het onderzoek en het onderwijs. In deze focusgroepen is gekeken naar de mee te nemen aspecten, indicatoren en protocollen. Er is in deze bijeenkomsten niet gestuurd op consensus. Er is vooral getracht 'het net op te halen'. De geconsulteerde experts brachten veel verschillende indicatoren en protocollen in.

Onderzoeksvragen die aan de orde gekomen zijn:

- Welke aspecten moeten minimaal meegenomen worden?
- Welke indicatoren moeten dan worden gekozen?
- Welke (veelgebruikte) internationaal wetenschappelijk geaccepteerde meetmethoden (protocollen) bestaan daarvoor?
- Wat is de meest kosten-efficiënte wetenschappelijk te verdedigen werkwijze?
- En hoe dient de werkwijze voor verschillende vormen van agroforestry te worden aangepast zodat prestaties van systemen kunnen worden vergeleken?

Definities (agroforestry-categorieën)

Voor de duiding van verschillende agroforestrysystemen zijn wij uitgegaan van de acht meest gebruikte agroforestrysystemen (Prins et al., 2024) + het niet-rationele voedselbos. Belangrijkste motivatie om dit te doen, is dat we graag willen dat het Nationaal Monitoring Programma Voedselbossen (NMVB) – dat nu naast jonge rationele systemen ook oude niet-rationele systemen monitort – opgenomen wordt in een brede agroforestry-dataverzamelingsaanpak.

2 Resultaten van deze verkenning

2.1 Wat willen we weten?

Op basis van wat we hebben opgehaald, zijn we tot de driedeling Basisregistratie, Agronomie en Ecosysteemdiensten gekomen. Voor dit laatste aspect, de ecosysteemdiensten, hebben we een keuze gemaakt voor twee diensten en al veel in het onderzoek naar agroforestry en andere agrarische systemen gebruikte indicatoren. We hadden ook een andere selectie kunnen maken om te verkennen hoe het proces eruit komt te zien dat doorlopen moet worden om tot een breed gedragen aanpak te komen voor een ecosysteemdienst dataverzamelingsaanpak. Deze verkenning is vervolgens omgezet in aanbevelingen voor het opzetten voor een (kosten)effectieve dataverzameling van agroforestry.

2.2 Basisregistratie

2.2.1 Type en areaal agroforestry

Het aantal boeren dat agroforestry toepast en het areaal dat is gerealiseerd, geeft aan hoe serieus agroforestry in Nederland genomen moet worden. Op lokaal niveau is het voor een provincie interessant om te weten in welke mate agroforestry leeft en welke boeren wat voor soort systemen toepassen. Op deze manier kan worden onderzocht in hoeverre het bijdraagt aan provinciale agroforestry-doelen, en kan worden gekeken naar geschikte manieren om agroforestry-boeren te ondersteunen. Op nationale schaal speelt hetzelfde, met als toevoeging dat een betrouwbaar beeld van het totaal aantal boeren en gerealiseerde areaal ook kan helpen om Nederland op de kaart te zetten als agroforestry land. De European Agroforestry Federation (EURAF) lobbyt in Brussel voor agroforestry-boeren. Betrouwbare gegevens over hoe serieus agroforestry in Nederland wordt genomen, helpt hen bij het verankeren van agroforestry in Europees beleid.

2.2.2 Wat wil de beleidsmaker weten

Waar ligt het agroforestry-perceel?

Op basis van waar agroforestry wordt toegepast, kan een inschatting worden gemaakt in welke mate agroforestry bijdraagt aan beleidsdoelen en kan agroforestry gericht gefaciliteerd worden. Er kan bekeken worden waar de ontwikkeling van agroforestry achterblijft en of het wenselijk is daarop in te spelen.

Hoe groot is het perceel

De grootte van het perceel is belangrijk om het totale areaal agroforestry te kunnen berekenen, maar ook bijvoorbeeld hoeveel agroforestry van welk type er in een bepaalde regio is gerealiseerd.

Welke type agroforestry is gerealiseerd?

Het belangrijk om te weten over welk type agroforestry we het hebben om te bepalen in welke mate wordt bijgedragen aan de verschillende beleidsdoelen. De typologie van de 8 +1-systemen van Prins et al. (2024) biedt daarvoor een goede kapstok.

Jaar van aanplant

Hiermee kan een beeld verkregen worden van de toename van agroforestry in de tijd.

2.2.3 Hoe werkt het nu

De dataverzameling van het areaal agroforestry wordt uitgevoerd door de Rijksdienst voor Ondernemend Nederland (RVO) als uitvoerend orgaan van het Ministerie van Landbouw, Visserij, Voedselzekerheid en Natuur (LNVN). Sinds 2024 bevraagt RVO daartoe jaarlijks in de Gecombineerde Opgave (GO) alle

landbouwers van Nederland of zij agroforestry op hun bedrijf toepassen, hoeveel hectare en welke vorm het betreft. Daarbij hebben ondernemers keuze uit drie categorieën: bomen en struiken in combinatie met vee, bomen en struiken in combinatie met akkerbouw en/of groenteteelt of een voedselbos. Dit proces heeft een allereerste indicatie opgeleverd van het areaal en de toegepaste vormen van agroforestry. Vanaf 2025 zullen ondernemers ook worden gevraagd de concrete percelen aan te vinken die volgens hen onderdeel zijn van hun agroforestrysysteem. De doeltreffendheid van deze methode moet nog worden geëvalueerd. Daarbij dient het volgende in overweging te worden genomen:

- De definitie van agroforestry in het GLB – een teeltmethode waarmee bomen en struiken gecombineerd worden met akkerbouw, veeteelt en/of groenteteelt op hetzelfde perceel – kan ruim geïnterpreteerd worden, waardoor er veel speelruimte ontstaat om iets wel of niet agroforestry te noemen.
- Hoewel de term agroforestry is uitgelegd, hebben veel agrarisch ondernemers mogelijk geen helder beeld van de exacte definitie. Hierdoor realiseren ze zich soms niet dat hun activiteiten onder agroforestry vallen en geven ze deze daarom niet op.
- Ondernemers kunnen ook 'strategisch' hebben ingevuld dat ze geen agroforestry toepassen, omdat ze de consequenties ervan niet (kunnen) overzien en niet geconfronteerd willen worden met eventuele extra administratie.
- Aangezien er geen extra subsidie wordt verkregen met het opgeven van agroforestry, is het ook mogelijk dat ondernemers geen extra administratieve lasten willen hebben en om die reden de vragen niet beantwoorden.
- Agrariërs die GLB-subsidie aanvragen voor voedselbossen zijn in ieder geval inzichtelijk via de GO, omdat deze worden opgegeven met een specifieke gewascode (1940). Hetzelfde geldt voor voederhagen (6809) en hoogstamboomgaarden (2628). Echter weten we uit ervaring dat niet elk voedselbos die gewascode al bij het begin heeft gekregen.

Op basis van de hierboven genoemde informatiebronnen kan in 2030 een inschatting worden gemaakt of het doel van 25.000 hectare, plus 1000 hectare voedselbos, is behaald, met de kanttekening dat dus niet alle agrariërs die wel agroforestry toepassen dit ook zullen hebben geregistreerd.

Andere, minder allesomvattende manieren waarin momenteel een indicatie verkregen wordt van de mate waarin agroforestry toegepast wordt, zijn:

- Het aantal EURAF leden: als boer of organisatie kun je je belangen laten behartigen door EURAF-lid te worden. De Nederlandse dochterorganisatie van EURAF, Agroforestry Nederland, heeft de laatste jaren echter niet actief leden geworven, waardoor het ledenbestand geen betrouwbaar beeld geeft.
- Kaarten met agroforestry-ondernemers. Het Agroforestry Netwerk Nederland heeft een bruikbare en actuele kaart van verschillende agroforestry-initiatieven. Het is als ondernemer echter niet verplicht om je aan te melden. Er wordt momenteel een nieuwe Europese kaart met agroforestry-initiatieven gemaakt, waardoor de informatie geüpdatet wordt. Desondanks blijft de kaart dus eerder inspiratie dan een totaalplaatje van de agroforestry-ontwikkeling.
- Voedselbosbouw.org en voedseluithetbos.nl zijn twee platforms die zich richten op de ontwikkeling van voedselbossen in Nederland. Voedselbosbouw.org legt de nadruk op agrarische voedselbossen met een minimale omvang van 5 hectare. De voedselbossenkaart toont voornamelijk deze initiatieven. Voedseluithetbos.nl maakt geen hard onderscheid en laat ook de veel kleinere, particuliere voedselbossen op de kaart zien.
- Provinciale netwerken: vanuit het Agroforestry Netwerk Nederland is ingezet op een aanspreekpunt voor boeren in iedere provincie. Deze provinciale aanspreekpunten vormen samen met de agroforestry boeren van die provincies de provinciale agroforestrynetwerken. Ze hebben niet de taak om alle percelen te registreren en een actueel bestand van agroforestry boeren te onderhouden. Maar omdat zij het eerste aanspreekpunt zijn voor boeren en regelmatig bijeenkomsten organiseren, geven deze aanspreekpunten een goed beeld van wat er zich in hun provincie afspeelt.
- In enkele provincies is goed gebruikgemaakt van provinciale aanplantsubsidies. Het aantal hectare waarvoor subsidie is aangevraagd, geeft ook een indicatie van de aanplant van dat jaar.

2.2.4 Hoe kan het beter

Uitbreiding Gecombineerde Opgave

Het voordeel van het uitvragen bij de Gecombineerde Opgave (GO) is dat het opgaat in een bestaand systeem dat de boer kent. Het nadeel is echter dat voor de beantwoording van een aantal kennishiaten meer informatie nodig is dan alleen een grove categorisatie op akkerbouw, veeteelt en voedselbos. De acht typen agroforestry plus voedselbos (Prins et al., 2024) aan de gecombineerde opgave koppelen zou een veel completer beeld geven. Om de administratieve last van boeren met de GO tot het minimum te beperken, worden niet zomaar extra vragen toegevoegd. Vanuit RVO wordt aangegeven dat het toevoegen van verdiepende vragen alleen kansrijk is als boeren ook extra subsidie krijgen voor verschillende typen agroforestry. Dit gaat op korte termijn niet gebeuren. RVO staat ervoor open om op termijn de uitvraag te richten op de acht typen agroforestry. Een andere optie is om voor elk type een gewascode te maken. Tot op heden is dat alleen gerealiseerd voor de categorie voedselbossen.

Gestructureerde aanpak via Provinciale Agroforestry Netwerken

In Nederland is hard gewerkt aan een agroforestrynetwerk per provincie. Deze provinciale netwerken verschillen in leeftijd, fase en activiteit doordat de 'adoptie' van agroforestry per provincie anders verloopt. Kenmerkend is echter dat elk netwerk dicht bij de boer staat en weet wat er leeft binnen de eigen provincie. Dit biedt de unieke mogelijkheid om per provincie de RVO-gegevens verder aan te vullen. Uiteraard kost dit tijd, die betaald moet worden.

2.3 Agronomie

2.3.1 Inleiding

Het houtige element in een agroforestrysysteem is een onderdeel van het businessmodel dat een behoorlijke investering vraagt. In de eerste jaren wordt duidelijk of de plant het overleefd heeft en of er groei heeft plaatsgevonden. Sommige houtige gewassen komen de eerste jaren al in productie, maar het kan ook veel meer tijd vragen. Het kan dus jaren duren voordat je weet of je de juiste keuze hebt gemaakt. Bij heel veel boeren kan de eerste balans al worden opgemaakt. Enkele honderden boeren en initiatieven hebben de afgelopen jaren agroforestry systemen aangeplant. Honderdduizenden bomen en struiken van tientallen soorten en cultivars zijn aangeplant op verschillende bodemsoorten met verschillende waterstanden en onder verschillend beheer. Er ligt dus een schat aan informatie voor het oprapen. Kennis is essentieel voor het succes van de ondernemers die de resterende 23.000 hectare agroforestry gaan aanplanten.

Wat we willen weten, kan uitgesplitst worden in drie categorieën. Er is basisinformatie nodig over de planten en er is contextuele informatie (abiotiek en beheer) nodig om de plantprestatie te kunnen analyseren.

2.3.2 Basisinformatie (abiotiek)

De basisinformatie is informatie die na aanplant niet meer verandert en verklarend kan zijn voor de prestatie van de houtigen. Omdat bij specifieke analyses de behoefte aan details groot kan zijn, blijft het steeds een afweging tussen het verzamelen van veel details voor een uitgebreide analyse en een registratie die eenvoudig en tijdsefficiënt is. De volgende gegevens voldoen in veel gevallen en vragen een eenmalige registratie.

Bodemtype

Bodemtype is zeer bepalend voor de prestatie van de plant. Echter, er zijn veel manieren om bodems te typeren. Bodemkaarten geven snel een goede indicatie, maar door plaatselijke verschillen kan toch een verkeerd beeld optreden. De categorieën die gebruikt worden in de tool 'De Juiste Boom op de Juiste Plaats' (JBOJP) blijken in de praktijk handig toepasbaar. Omdat dit acht categorieën betreft (zand, zavel, lemig zand, zandig leem, ziltige leem, lichte klei, klei, veen), is er voldoende mate van detail, maar is het niet te complex.

PH en organische stof

PH en organischestofpercentage zijn twee indicatoren die zeer bepalend zijn voor het aanslaan, de groei en de productie van de houtigen. Deze kunnen echter niet nauwkeurig in het veld vastgesteld worden. Hiervoor moet een bodemanalyse gedaan worden, waar arbeid en kosten mee zijn gemoeid. Wanneer een recente bodemanalyse voorhanden is, is het wel van grote waarde dat deze zaken genoteerd worden.

Waterstand

Hiervoor geldt hetzelfde als voor bodemtype. Tijdens de ontwikkeling van de JBOJP-tool is gebleken dat een hoge, middel en lage waterstand al veel zegt, mits aangegeven wordt of de waterstand gedurende het jaar stabiel is of fluctueert. Ook hier kan met het meetnet bij de categorieën van JBOJP aangesloten worden. Tabel 2.1 geeft een overzicht van de categorieën waarbij de grondwaterstand in centimeters ten opzichte van het maaiveld wordt weergegeven:

Tabel 2.1 GHG: Gemiddelde Hoogste Grondwaterstand en GLG: Gemiddelde Laagste Grondwaterstand.

Grondwaterstand		
Categorie	GHG (cm)	GLG (cm)
hoog, stabiel	hoger dan 40	hoger dan 80
hoog, fluctuerend	hoger dan 40	80 tot 120
middelmatig, stabiel	lager dan 40	hoger dan 120
middelmatig, fluctuerend	40 tot 80	lager dan 120
laag	lager dan 80	lager dan 120

2.3.3 Basisinformatie (beheer)

Voormalig landgebruik

Een belangrijke indicator om de bodemkwaliteit bij aanplant in te kunnen schatten, is het voormalig landgebruik. Het is verstandig om aan te sluiten bij de categorieën die worden gebruikt bij gewascodering, omdat deze al compleet en bekend zijn. Bijkomend voordeel is dat er onderscheid wordt gemaakt tussen tijdelijk en blijvend grasland, waarmee ouder grasland in een andere categorie voor bodemkwaliteit komt.

Ontwerp

De prestatie van een plant wordt beïnvloed door de omgeving waarin deze groeit. Staat de plant solitair en vol in de wind, of in de luwte van een buurplant? Staat de plant de helft van de dag in de schaduw van een buurplant die ook water onttrekt, of juist naast een andere plant (zoals een pionier soort) die de bodem mogelijk verrijkt met stikstof en andere nutriënten. Hoewel dit een belangrijke parameter is, is deze zeer lastig te categoriseren. De variatie in omstandigheden is namelijk erg groot. Tijdens gesprekken met experts werd aangegeven dat de typering volgens de acht systemen van Prins et al. (2024) al een eerste indicatie geeft van het plantverband en rij-afstanden.

2.3.4 Basisinformatie (Plant)

Uitgangsmateriaal

Het type uitgangsmateriaal is erg bepalend voor het aanslaan van de planten en de eerste jaren van groei. Het kan veel uitmaken of een plant met kale wortel, als kluit of vanuit een pot wordt gepland. Deze informatie wordt door de kweker doorgaans op de factuur vermeld.

Onderstam

De onderstam is ook een belangrijke planteigenschap, omdat deze de groei, productiviteit en uiteindelijke hoogte bepaalt. Elk bodemtype en waterstand vraagt een passende onderstam bij de doelen die nagestreefd worden. Door de onderstam te weten, kan het functioneren van de onderstam in de betreffende condities worden geëvalueerd. Zonder deze kennis kan de prestatie van de plant slecht ingeschat worden. Deze informatie wordt door de kweker doorgaans op de factuur vermeld.

Cultivar

Voor cultivar geldt bijna hetzelfde als voor onderstam, met het verschil dat de cultivar bepalend is voor de groeiwijze, vrucht en weerstand tegen plagen en ziekten. Een belangrijke planteigenschap dus in de evaluatie van de soort (het ras). Deze informatie wordt door de kweker doorgaans op de factuur vermeld.

Moment van aanplant

Naast het jaar van aanplant is de maand ook relevant. Enerzijds om het verschil tussen (late) herfst en winter te bekijken, maar om ook te achterhalen of er extreme weerscondities zijn geweest. Deze informatie is via de boer te verkrijgen.

Grootte na aanplant

Om de groei te bepalen, is het belangrijk om de grootte na aanplant te weten. Dit gaat in alle gevallen om de hoogte. Wanneer de bomen voldoende dikte en weinig zijtakken onder de 130 cm hebben, is het ook van belang om de diameter op borsthoogte (DBH, 130 cm van de grond) op te nemen.

Wanneer wordt gemonitord op een locatie waar al lang geleden is aangeplant, zou een factuur een indicatie kunnen geven van planthoogte of stamdikte.

Tabel 2.2 *Samenvatting aspecten van belang voor het verklaren van de prestaties van de houtige gewassen.*

Indicatoren voor het aspect abiotiek	
Bodemtype	Categorieën JBOJP, evt. pH en OS% (zie toelichting JBOJP-tool, pH en OS% wanneer er een recente bodemanalyse voorhanden is)
Waterstand	Categorieën JBOJP (zie toelichting JBOJP-tool)
Indicatoren voor het aspect beheer	
Voormalig landgebruik	Gewascode (Boerenbunder of boer)
Ontwerp	Typering 8 +1 agroforestrysystemen (Prins et al., 2024)
Indicatoren voor het aspect plant	
Uitgangsmateriaal	Kale wortel, kluit, pot (a.d.h.v. factuur aanplant)
Onderstam	Type onderstam (a.d.h.v. factuur aanplant)
Cultivar	Cultivarnaam (a.d.h.v. factuur aanplant)
Moment van aanplant	Jaar en maand van aanplant (via de boer)
Grootte na aanplant	Hoogte in cm of Diameter Borst Hoogte (DBH) (Factuur voor indicatie, maar beter gemeten in veld: DBH wanneer van toepassing.)

2.3.5 Plantprestatie

Onder plantprestatie vallen zaken waarmee we het succes van de plant kunnen kwantificeren (tabel 2.3).

Tabel 2.3 *Indicatoren om het aspect plantprestaties te kunnen bepalen.*

Indicator	Protocol
Uitval	In jaar 1, 2, 3, 5, 7, 10, mogelijke reden uitval registreren
Groei	Opmeten hoogte plant en diameter op borsthoogte (DBH) in jaar 1, 2, 3, 5, 7, 10
Plantgezondheid, ziekte, plagen	Visuele beoordeling van plantgezondheid met behulp van scorekaart (bijlage 1)
Productie	Vermarktbaar oogst in kg in oogstseizoen vaststellen door weging
Beheer	In gesprek met de boer, op basis van format (zie toelichting)

Uitval

Vooraf in de eerste jaren is het belangrijk om uitval goed te registreren. De eerste jaren zijn planten daar het gevoeligst voor. Het is lang niet altijd met zekerheid vast te stellen wat de oorzaak van de uitval is. Toch is het belangrijk om de vermoedelijke reden van uitval te registreren. Bijvoorbeeld wanneer er een zeer natte of juist droge periode is geweest, of de plant helemaal niet is uitgelopen vanwege slechte kwaliteit van het plantmateriaal. Uitval is makkelijk te registreren, als er toch al groei gemeten wordt. Het is belangrijk om

uitval ook in de latere jaren te registreren om een beeld te krijgen van oorzaken van uitval van bomen in latere jaren, bijvoorbeeld door uitgestelde onverenigbaarheid, een fenomeen dat zich voor kan doen bij geënte bomen, waarbij de ent enkele jaren na aanplant toch nog wordt afgestoten. Ten slotte is het belangrijk om een verschil te maken tussen bomen en struiken die uitvallen/sterven en bomen en struiken die door de boer verwijderd worden. Dat laatste kan per ongeluk gebeuren, bijvoorbeeld met een (bos)maaier of expre bij tegenvallende groei of als dunning.

Uitgestelde onverenigbaarheid is een fenomeen dat optreedt bij geënte bomen, waarbij de ent en de onderstam aanvankelijk goed samengroeien, maar na verloop van tijd incompatibiliteitsproblemen ontwikkelen. Dit kan leiden tot verzwakking of zelfs afsterven van de boom.

Groei

Groei kan simpelweg vastgesteld worden door de hoogte van de bomen en struiken met regelmaat te meten. In de eerste jaren jaarlijks. Daarna met enige regelmaat, bijvoorbeeld in jaar 1, 2, 3, 5, 7, 10. Groei kan worden vastgesteld door de hoogte van de plant te meten en DBH bij bomen met voldoende omtrek en geen zijtakken onder de 130 cm.

Plantgezondheid, ziekte, plagen

Plantgezondheid inschatten en ziekten en plagen herkennen, vraagt om specifieke deskundigheid. Aan een bepaald symptoom kunnen verschillende oorzaken ten grondslag liggen. Voor een leek is dit lastig in te schatten. Er zijn weinig mensen die dit nauwkeurig voor een breed scala aan plantensoorten kunnen vaststellen. Een algemeen beeld van de gezondheid van een plant is echter goed vast te stellen door visuele waarnemingen van bladgroen, bladgrootte en onregelmatigheden aan het blad en takken. Een eenvoudige scorekaart helpt inzichtelijk te maken op welke manier en in welke mate de plant afwijkt van optimale gezondheid (zie bijlage 4 voor een voorbeeld). Dit geeft een waardevolle eerste indicatie. Wanneer er voor bepaalde plantensoorten behoefte is aan meer detail kunnen juist deze planten opgevolgd worden in een plant-specifiek programma, wat door kenners van die bepaalde planten wordt uitgevoerd.

Productie

De productie kan worden vastgesteld door de verse, te verwaarden oogst te wegen. Afhankelijk van het systeem, de leeftijd (en daarmee de kwantiteit), het type houtige gewassen en het aantal bomen en struiken, kan het in de praktijk onhaalbaar zijn om de oogst per boom of struik te weten. Wanneer dit niet mogelijk is, kan ervoor gekozen worden om een steekproef te nemen of een aantal representatieve exemplaren per rij of systeem te meten en hiervan het gemiddelde te berekenen. Als dit het geval is, dient dit uiteraard geregistreerd te worden.

Zoals in de afbakening aangegeven, hebben we in deze verkenning niet de prestatie van het andere (eenjarige) gewas of de eventuele dieren in het systeem meegenomen. Het wel meenemen hiervan is relevant voor het in beeld krijgen van de (on)gunstige effecten die de bomen op het naastgelegen gewas en/of de dieren in het agroforestry-systeem hebben.

Beheer

Het beheer is zeer bepalend voor het aanslaan, de groei en de productie van de houtige gewassen. Het is belangrijk om deze zaken goed te registreren, omdat we willen weten welk beheer doeltreffend is en dat slechte prestaties van een plant niet te wijten zijn aan slecht beheer. Het nadeel is dat beheer moeilijk te kwantificeren is. Bij beheer komen zaken als gekozen ondergroei, onkruidbeheer, snoei, bemesting en irrigatie aan de orde. Enerzijds kan ervoor gekozen worden al het beheer te registreren. Hoewel dit een betrouwbaar beeld geeft, vergt dit in de praktijk op grote schaal veel werk en discipline en is de analyse van deze gegevens erg lastig en tijdrovend. Anderzijds kan besloten worden om alleen aan te geven of er intensief of extensief beheerd wordt. Dit geeft echter een beperkter beeld, omdat bijvoorbeeld wel intensief gesnoeid kan worden, maar geen water gegeven hoeft te worden. Daarom zouden eigenlijk alle vormen van beheer gekwantificeerd moeten worden. Een tussenweg is om het beheer in ordinale of nominale categorieën in te delen waarbij tabel 2.4 als voorbeeld dient.

Tabel 2.4 Beheer aspecten en beheersvormen.

Beheer	Score
Kruidlaag	Gras, kruidenmengsel, klaver, zwart, anders
Onkruidbeheer	Maaien, wieden/frezen, spuiten, niets
Snoei	Niet, minimaal, productiegericht
Irrigatie	Regelmatig, minimaal, nooit
Bemesting	Regelmatig, minimaal, nooit
Mulch	Ja, nee

Een eerste format voor de registratie van monitoringsdata is te vinden in bijlage 3. Er is onderscheid gemaakt tussen dataverzameling van jonge aanplant en oudere aanplant (zie kader).

Jongere Aanplant (eerste 3 jaar):

Focus: Overleving en ontwikkeling van de planten in de eerste jaren.

Methoden: Veldmetingen en directe observaties.

Frequentie: Jaarlijkse metingen gedurende de eerste drie jaar.

Indicatoren: Groei en uitval.

Oudere Aanplant (vijf jaar en ouder):

Focus: Langdurige (oogst)prestaties en gezondheid van de planten.

Methoden: Veldmetingen voor specifieke parameters en expertbeoordelingen.

Frequentie: Periodieke metingen elke vijf jaar.

Indicatoren: Verkoopbare opbrengst, groei, koolstofopslag, gezondheid, plagen en ziekten.

Discussie

Onderstammen en cultivars worden niet altijd correct geleverd en worden vaak meerdere keren doorverkocht, wat kan leiden tot fouten. Door het doorverkopen of door slechte omstandigheden op de dag van aanplant, lopen planten het risico uit te drogen, waardoor ze al dood of zeer zwak de grond in gaan. Dit komt helaas regelmatig voor. Deze planten zouden eigenlijk niet in het meetnet moeten worden opgenomen, omdat ze een vertekend beeld geven van de plantprestatie. Deze planten hebben geen eerlijke kans gehad, maar het is moeilijk om te detecteren of slecht plantmateriaal de oorzaak is van uitval.

Tijdens de totstandkoming van dit document is meermaals voorgesteld om de herkomst van de planten en de naam van de kweker mee te nemen in de monitoring. Dit is niet bedoeld om een kweker in een kwaad daglicht te stellen bij slechte prestaties, maar om een feedbackloop te creëren richting de kweker, zodat we kunnen achterhalen wat er mis is gegaan. Omdat dit gevoelig ligt, hebben we het niet in het protocol opgenomen, wetende dat daarmee wel een zwart gat ontstaat.

Dit programma is op dit moment grofmazig, wat soms betekent dat we meer details willen weten. Echter, deze grofmazigheid past bij de huidige fase, waarin we eerst de grote fouten willen identificeren en corrigeren. Zodra de grote fouten zijn opgelost, worden de details steeds belangrijker en kunnen we ons daarop richten. Daarom moet het programma regelmatig worden herzien.

Momenteel worden bovengenoemde plantprestaties nauwelijks bijgehouden en structureel gedocumenteerd. Een uitzondering hierop is de voedselbossen-dataverzameling (<https://www.monitoringvoedselbossen.nl/>) en oogstgegevens van specifieke locaties, zoals op Schevichoven en Lekker Landgoed.

Het is ondoenlijk om in elk agroforestrystelsel alles te meten. Daarom moeten we beslissingen nemen over welke strategie we inzetten om tot een representatief beeld van plantprestaties te komen. We voorzien verschillende mogelijkheden:

1. Selectieve Monitoring: het bijhouden van prestaties van een beperkt aantal soorten en cultivars, bijvoorbeeld 10 soorten en 5 cultivars, verspreid over een aantal locaties.
2. Geografische Spreiding: bijvoorbeeld dataverzameling op 100 locaties verspreid over 12 provincies, waarbij elk systeem representatief is voor de betreffende provincie. In elk systeem kunnen gemiddeld 10 cultivars worden gemonitord.
3. Specifieke Programma's: Voor plantziekten moeten we naar een plant-specifiek programma, waarbij de dataverzameling gericht is op specifieke ziekten en plagen per plantensoort.

2.4 Ecosysteemdiensten

2.4.1 Inleiding

Agroforestry levert, afhankelijk van het ontwerp en het beheer, naast agrarische productie ook diensten die maatschappelijk gewenst kunnen zijn. Zo kan agroforestry bijvoorbeeld van waarde zijn voor het verbeteren van de biodiversiteit, een voorwaarde voor het leveren van diensten als bestuiving en plaagonderdrukking. Deze diensten, inclusief de agrarische productie, noemen we ecosysteemdiensten. Agroforestry als landbouwsysteem is al heel oud³, maar als hedendaagse landbouwmethode juist heel nieuw. Om te weten in welke mate deze vorm van landbouw bijdraagt aan de gewenste diensten is meten cruciaal. Vanwege de heterogeniteit en de grote verschillen tussen typen agroforestryssystemen is meten wel uitdagend. Om ze ook te kunnen vergelijken, zijn referentiedata cruciaal.

Zoals in paragraaf 2.1 aangegeven, hebben we – om een gevoel te krijgen van de omvang van de opgave – twee diensten zover mogelijk uitgewerkt. Voor de diensten 'algehele biodiversiteit' en 'klimaatmitigatie' hebben we indicatoren gekozen die al veel worden gebruikt in onderzoek naar agroforestry en andere agrarische systemen.

Kader biodiversiteit

Biodiversiteit is variatie in de natuur beschouwd op drie verschillende niveaus: genetische diversiteit, soortendiversiteit en diversiteit in habitats/landschappen/ecosystemen. Afhankelijk van de onderzoeksvraag kan de focus liggen op indicatoren die betrekking hebben op de robuustheid (genetische diversiteit), differentiatie (soortendiversiteit) of op de kwaliteit, regulatie of functie van habitats (zoals bestuiving, natuurlijke plaagbeheersing of decompositie van organisch materiaal). Er is een groot scala aan biodiversiteitsindicatoren voor landbouwsystemen te benoemen, zoals vogels, vaatplanten, (kleine) zoogdieren, regenwormen, mieren, bodemkruipende arthropoden (zoals spinnen, pissebedden, miljoenpoten, loop- en kortschildkevers) en vliegende insecten ((nacht)vlinders, zweefvliegen, wilde bijen en hommels). Als op bedrijfsniveau wordt gemeten en het doel is om landbouwkundige maatregelen met elkaar te vergelijken, wordt vaak naar soortendiversiteit gekeken.

Kader klimaatmitigatie

In het Nederlandse Klimaatakkoord, dat een reactie is op het Klimaatakkoord van Parijs⁴, zijn nationale doelen vastgesteld die zijn vastgelegd in de Klimaatwet. Het akkoord spreekt van een reductie van 6 megaton CO₂ voor de gehele landbouwsector. Agroforestryssystemen kunnen zowel direct als indirect bijdragen aan deze klimaatdoelstellingen. Direct door ondergrondse opslag in de vorm van organische stof of wortels en bovengrondse opslag in biomassa van houtige gewassen. Indirect kunnen ze bijdragen aan het vermijden van koolstof doordat ze een bestaande monocultuur vervangen. Omdat verhandelbare koolstofcertificaten aan populariteit winnen, vormt koolstofvastlegging voor agrarische ondernemers een toekomstige inkomstenbron. De Europese Commissie wil met dit zogenoemde 'carbon farming' een nieuw agrarisch bedrijfsmodel ontwikkelen, met handel en rechten in koolstofopslag. Deze ontwikkelingen zijn nog in de niche fase, maar een wetenschappelijke onderbouwing van deze ontwikkeling biedt zowel een stimulans als verificatie voor die markt.

2.4.2 Meten aan biodiversiteit: vliegende en kruipende insecten

Zoals in het kader in de vorige paragraaf genoemd is, is een groot scala aan biodiversiteitsindicatoren voor landbouwsystemen te benoemen. Uit dit brede scala van biodiversiteitsindicatoren hebbende de auteurs twee indicatoren (diversiteit aan vliegende en kruipende insecten) geselecteerd ter illustratie van hoe de dataverzameling op protocolniveau binnen een landelijk meetnet eruit kan komen te zien en welke dilemma's bij het vaststellen van meetprotocollen naar boven kunnen komen.

³ <https://revolve.media/features/agroforestry-the-age-old-future-of-europes-agriculture/> / <https://edepot.wur.nl/495126#page=48>

⁴ De EU-lidstaten hebben met elkaar afgesproken dat de EU in 2030 minimaal 55% minder broeikasgassen moet uitstoten en in 2050 wil de Europese Unie klimaatneutraal zijn.

De reden dat gekozen is voor insecten is dat insecten vaak als indicatiesoort gebruikt worden, omdat:

- ze relevant zijn voor de akkerbouw qua bestuiving, plaag bestrijding en het omzetten van nutriënten en organische stof;
- insecten in hun verschillende fasen (ei, rups/larve, pop, volwassen insect) verschillende behoeftes hebben qua voedsel en voortplantingshabitat. Sommige insecten overwinteren bijvoorbeeld als ei, als larve of als pop. Sommige insecten doen dat in de bodem, sommige op vegetatie. Als er dus veel verschillende insecten zijn, is dat een indicatie van een divers aanbod aan habitat en voedsel. Waarschijnlijk is er dan ook voor andere diersoorten veel te halen en is de algemene biodiversiteit dus hoger;
- insecten worden gegeten door hogere soorten, zoals vogels. Als er dus veel diverse insecten zijn, is er ook veel voedsel voor die soorten.

Vliegende en kruipende insecten worden in huidig agroforestry-onderzoek gemonitord om iets te kunnen zeggen over de verandering van biodiversiteit in het systeem. Over het algemeen worden vliegende insecten en vlinders gemonitord om functionele soorten in kaart brengen (voor natuurlijke plaagbestrijding, bijvoorbeeld sluipwespen, roofwantsen, lieveheersbeestjes en zweefvliegen) alsook om algehele biodiversiteit van een landbouwsysteem te beoordelen. Kruipende insecten worden veelal gemeten om bodem-biologische activiteit in kaart te brengen en eveneens om functionele agrobiodiversiteit (in de vorm van o.a. roofkevers) vast te stellen.

2.4.3 Protocol diversiteit vliegende insecten

Er worden door experts verschillende protocollen gebruikt voor deze monitoring. Voorafgaand aan de expertsessie hebben experts verschillende protocollen opgestuurd en ter beschikking gesteld voor deze verkenning. Hieruit is een Exceloverzicht gecreëerd van gebruikte protocollen voor biodiversiteit-dataverzameling (zie bijlage 5). Dit overzicht is als input gebruikt voor de expertsessie. Tijdens de expertsessie is gediscussieerd over de mogelijke meetmethoden en protocollen voor een landelijk meetnet. Hierbij dient te worden opgemerkt dat in de bijeenkomst niet gestuurd is op het behalen van consensus. In de volgende paragrafen worden de protocollen beschreven die door de auteurs als relevantst werden bevonden, waarbij ook de praktische haalbaarheid en betaalbaarheid zijn meegewogen, gevolgd door de discussie.

Voorgestelde methode

Malaiseval in combinatie met visuele tellingen van de vangsten.

Frequentie en locatie

Er moet altijd gemeten worden met minstens drie vallen per locatie en minstens drie herhalingen in de tijd. Daarnaast dient er een referentie (met eenzelfde soort vegetatie/beheer) gekozen te worden waar dezelfde meting plaatsvindt (dezelfde aantallen, op dezelfde tijdstippen). In het geval van een heel divers bedrijf dient er in verschillende zones gemeten te worden.

Geschiktheid protocol voor indicator

De malaiseval is geschikt om een inschatting te maken van de biodiversiteit voor de soortgroep vliegende insecten.

Voordelen

Malaisevallen geven een meer representatief beeld dan plakvallen, omdat er in tegenstelling tot plakvallen geen gebruik wordt gemaakt van kleuren die bloemen nabootsen om insecten aan te trekken. Ook zijn ze geschikt om een brede range aan taxa van vliegende insecten te vangen, alhoewel in de praktijk vaak vooral kleinere insectengroepen (Hymenoptera and Diptera) worden gevangen.

Nadelen

Het inzetten van malaisevallen is kostbaarder dan de methode met plakvallen.

Betrouwbaarheid gegenereerde data

Het gebruik van de malaiseval met visuele tellingen is relatief betrouwbaar, maar staat of valt met de deskundigheid van degene die de vangsten uitwerkt (determineert) en telt. Daarnaast is de positionering van de vallen een aandachtspunt; weersomstandigheden en plaatsing in relatie tot zoninval maken veel verschil.

Vergelijkbaarheid gegenereerde data

Het vergelijken tussen verschillende agroforestryssystemen is erg lastig. Dit geldt overigens voor alle ecosysteemdiensten. Bijvoorbeeld als je rijenteeltsystemen zou willen vergelijken, dan dient op dezelfde afstanden van de bomenrijen gemeten te worden. Daarnaast is het belangrijk dat metingen op vergelijkbare tijdstippen, in dezelfde seizoenen en onder vergelijkbare weersomstandigheden plaatsvinden. Daarnaast is het alleen zinvol om systemen van vergelijkbare leeftijd te vergelijken. Je hebt referentiedata nodig om systemen met elkaar te kunnen vergelijken. Zonder referenties kun je alleen iets zeggen over de ontwikkeling op het perceel waar iets gemeten is en geen vergelijking maken met de ontwikkeling op een ander perceel. De ontwikkeling van het perceel is namelijk contextafhankelijk en dus is een referentie cruciaal om de ontwikkeling te kunnen duiden.

Uitvoerbaarheid van het protocol

Tijd: Het is lastig te zeggen hoeveel tijd nodig is, dit hangt van het agroforestrystelsel en de onderzoeksvraag af. Afhankelijk van de grootte van het perceel, kan het uitzetten en ophalen (inclusief legen en wegen) van de vallen 15 tot 60 minuten duren (ervan uitgaande dat men al op locatie is). Met minstens drie vallen komt dit neer op 45 minuten tot 3 uur tijd. Bij drie herhalingen in de tijd komt dit neer op tussen de 2 uur en 15 minuten tot 9 uur. Afhankelijk van het determineren op familie- of soortniveau kost het determineren per vangst (dus per malaiseval) respectievelijk tussen de 2 en 4 uur tijd, dus per 'ronde' (drie vallen) betekent dit tussen de 6 en 12 uur. Dit is uiteraard ook afhankelijk van de expertise van degene die de determinatie uitvoert. Bij drie herhalingen in de tijd komt dit neer op een totaal aantal uren tussen 18 en 36 uur. De tijd voor de analyse door een onderzoeker komt hier nog bij (dit is eveneens afhankelijk van de onderzoeksvraag).

Kosten: Het meten van vliegende insecten is arbeidsintensief, zowel het plaatsen, ophalen, legen en wegen als het determineren van de vangsten, waardoor het geen goedkope methode is. De aanschaffkosten van een malaiseval bedragen ca. € 300 per val.

Benodigde kennis voor uitvoering: het plaatsen, ophalen, legen en wegen van de malaisevallen vergt relatief weinig kennis. Het determineren van de vangsten vergt zeer veel kennis. Dit kan uitsluitend door experts worden gedaan. Wanneer de methode met camera-herkenning en AI zich verder heeft ontwikkeld, zou dit zeker arbeid en kosten schelen. De analyse moet door een expert worden gedaan.

Andere methoden

Het is ook een mogelijkheid om andere methoden in te zetten, zoals de plakval of de piramideval of Owenval; deze vangt alleen insecten binnen de begrenzing van de val, dus van een bepaalde oppervlakte. Een methode die nog in ontwikkeling is, is de combinatie van de malaiseval met directe cameraherkenning en gebruik van AI. Malaiseval-samples kunnen ook na de vangst gefotografeerd worden, d.w.z. de vangsten worden uitgestrooid in een witte bak en dan worden foto's gemaakt en AI ingezet. Met de vangsten met plakvallen is het ook al mogelijk om cameraherkenning (via AI) in te zetten. Over de betrouwbaarheid oordeelt men wisselend, hoewel verschillende experts de methode al volop gebruiken.

2.4.4 Protocol diversiteit nachtvlinders

Voorgestelde methode

Nachtvlindervangsten met LED-emmers, met identificatie van de vangsten via een App (ObsIdentify).

Frequentie en locatie

Het protocol heeft als uitgangspunten: meerdere vallen per locatie, op minimaal 50 m van elkaar, meenemen van een referentieperceel, meerdere herhalingen in de tijd. Vanuit de expertsessie is geen eenduidig antwoord gegeven op de vraag hoeveel led-emmers en herhalingen minimaal nodig zijn.

Geschiktheid protocol voor indicator

Er was onder de experts geen discussie over de methode. Er werden geen alternatieve methoden genoemd.

Voordelen

Bemonstering vindt plaats volgens een bij onderzoekers bekende methodiek van het monitoringsprogramma 'Boeren Insecten Monitoring Agrarische Gebieden' (BIMAG) van de Vlinderstichting, met gestandaardiseerde led-emmers. Vangsten kunnen gemakkelijk worden geïdentificeerd met ObsIdentify (App) en doorgegeven via het vlindermeetnet. De nachtvlinders worden na vangst weer vrijgelaten.

Nadelen

De plaatsing van de led-emmers vergt een controleronde: er dient goed gekeken te worden of de ledlampjes werken/aanstaan. Het is tijdspecifiek; na het plaatsen van de led-emmers dienen de vallen direct de volgende ochtend vroeg geleegd te worden (na het fotograferen van de vangsten). Methodisch: het licht trekt de nachtvlinders van verre aan.

Betrouwbaarheid gegenereerde data

Het gebruik van led-emmers en foto's van vangsten is relatief betrouwbaar. De betrouwbaarheid staat of valt met de mate van gestructureerdheid van degene die de vangsten telt, fotografeert, via de App ObsIdentify identificeert, en de omgevingscondities rapporteert. Een nachtvlindergemeenschap wordt medebepaald door het omliggend landschap: bij de interpretatie van de data dient ook het bestaande landschap meegenomen te worden (evenals een referentie in het bestaande landschap).

Vergelijkbaarheid gegenereerde data

Data vergelijken tussen verschillende agroforestryssystemen is lastig.
Zie onder 'Vliegende insecten'.

Uitvoerbaarheid van het protocol

Tijd: het is lastig te zeggen hoeveel tijd nodig is, dit hangt van het agroforestrystelsel en de onderzoeksvraag af. Afhankelijk van de grootte van het perceel kan het uitzetten en ophalen (incl. legen en foto's maken) van de led-emmers 4,5 uur duren. Het is wel tijdspecifiek: vroeg in de ochtend dient de val te worden geleegd na het 's avonds plaatsen van de led-emmers. Vervolgens kost het ongeveer 2,5 uur per led-emmervangst om te determineren. De tijd voor de analyse door een onderzoeker komt hier nog bij (dit is afhankelijk van de onderzoeksvraag).

Kosten: het meten van nachtvlinders is arbeidsintensief qua plaatsing van de led-emmers. De aanschafkosten van een led-emmer bedragen ca. € 125 per val.

Benodigde kennis voor uitvoering: het opzetten van de vallen (led-emmers) is relatief eenvoudig, wel moet het nauwkeurig gebeuren. Voor het determineren van de vangsten kan de ObsIdentify App worden gebruikt. De analyse moet door een expert worden gedaan.

Andere methoden

Led-emmers met cameraherkenning: deze methode is nog in ontwikkeling.

2.4.5 Protocol diversiteit kruipende insecten

In de expertsessie is het meten van kruipende insecten, ofwel bodemmacro-invertebraten, ook aan bod gekomen.

Voorgestelde methode

Bij het meten van kruipende insecten (zoals loopkevers, spinnen en kortschildkevers) is de methode met de potval een veelgebruikte techniek.

Frequentie en locatie

Referentiedata zijn belangrijk; er dient altijd gemeten te worden met meerdere (minstens drie) vallen per locatie en met een referentie (met eenzelfde soort vegetatie/beheer) en verschillende rondes in de tijd (twee tot vier keer).

Geschiktheid protocol voor indicator

Potval: geschikt om een inschatting te maken van de biodiversiteit voor de soortgroep kruipende insecten. Echter de experts beoordelen kruipende insecten als een minder sterke indicator dan vliegende insecten.

De experts werken met verschillende protocollen voor potvallen om kruipende insecten te monitoren; ieder protocol heeft wel dezelfde uitgangspunten (meerdere vallen per locatie, 5-7 dagen blijvend in het veld en daarna gelegee, meenemen van een referentieperceel, meerdere herhalingen in de tijd).

De experts geven aan dat je goed moet oppassen in hoeverre je de activiteit van de insecten meet of het werkelijke aantal insecten binnen het betreffende oppervlak (bv. door akkers met aardappel kunnen loopkevers makkelijker lopen dan door een complex agroforestrystelsel (Weibull et al., 2003). Zand of bladeren/takken kunnen een barrière vormen).

Daarnaast is een belangrijk punt dat je met het monitoren van kruipende insecten goed moet nagaan tot welk detailniveau je gaat determineren en wat je precies meet en hoe de uitkomsten te interpreteren. Zo moet je bij het determineren op soortgroep jezelf goed afvragen waar die soortgroepen indicatief voor zijn.

Betrouwbaarheid gegenereerde data

Het uitvoeren van metingen met de potval met visuele tellingen is relatief betrouwbaar. De betrouwbaarheid staat of valt met de deskundigheid van diegene die de vangsten bewerkt en telt. Hoe meer op detailniveau wordt geteld, des te betrouwbaarder de data (het is mogelijk om de identificatie van de vangsten op groepsniveau of soortniveau te doen).

Vergelijkbaarheid gegenereerde data

Data vergelijken tussen verschillende agroforestrystelsels is lastig. Zie onder 'Vliegende insecten'.

Uitvoerbaarheid van het protocol

Tijd: het is lastig te zeggen hoeveel tijd nodig is, dit hangt af van het agroforestrystelsel. Afhankelijk van de grootte van het perceel kan het uitzetten en ophalen (incl. legen en wegen) van de vallen 15 minuten duren (ervan uitgaande dat men al op locatie is). Met minstens drie vallen komt dit neer op 45 minuten tijd. Bij drie herhalingen in de tijd komt dit neer op tussen de 2 uur en 15 minuten. Afhankelijk van het determineren op familie- of soortniveau kost het determineren per vangst (dus per potval) respectievelijk tussen de 2 en 4 uur tijd, dus bij gebruik van drie vallen betekent dit tussen de 6 en 12 uur. Dit is uiteraard ook afhankelijk van de expertise van degene die de determinatie uitvoert. Bij drie herhalingen in de tijd komt dit neer op een totaal aantal uren tussen 18 en 36 uur. De tijd voor de analyse door een onderzoeker komt hier nog bij (dit is afhankelijk van de onderzoeksvraag).

Kosten: het meten van kruipende insecten wordt veel gedaan, omdat het relatief goedkoop is. De benodigdheden zijn bekertjes, deksels, pinnen, potjes en alcohol. Echter, het determineren van de vangsten is arbeids- en kennisintensief, zeker als je op detailniveau gaat determineren.

Benodigde kennis voor uitvoering: het plaatsen van de potvallen vergt relatief weinig kennis. Het determineren van de vangsten vergt zeer veel kennis. Dit kan uitsluitend door experts worden gedaan. Ook de analyse kan uitsluitend door experts worden gedaan.

2.4.6 Discussie

Uit de discussie met experts kwam onder andere naar voren dat de inzet van een indicator afhangt van de specifieke vraag. Welke indicator je inzet, hangt af van de schaal waarop je iets wilt zeggen. Veel agroforestry-initiatieven zijn kleinschalig, dan zijn zgn. 'kleinschalige' indicatoren belangrijk. Nachtvinders zijn bijvoorbeeld een kleinschalige indicator en zeggen iets over het perceel. De led-emmer is een veel toegepaste methode voor het vangen van nachtvinders, maar heeft als nadeel dat het licht vlinders aan kan trekken van buiten het perceelniveau.

Uit de discussie met de expertgroep over de protocollen werd de keuze voor de soortgroepen toch weer bekritiseerd. De keuze voor insecten zou arbitrair zijn, want het meten aan biodiversiteit door het monitoren

van 'vogels', 'vleermuizen' en 'planten' werd minstens zo belangrijk gevonden. Vogels in het bijzonder werden genoemd als belangrijke indicator van een gezond ecosysteem en zouden een indicatie geven van de habitatkwaliteit van het agroforestry-systeem. Het meenemen van vogels in de biodiversiteit-dataverzameling wordt daarnaast door experts gezien als 'laaghangend fruit', hetgeen volgens de experts ook geldt voor vleermuizen. Meetapparatuur zoals BirdNet Pi of de Merlin-App zouden het monitoren vrij eenvoudig maken. Volgens het rapport 'Instrumenten voor het monitoren van biodiversiteit' (Allema et al., 2023) is echter kennis van uiterlijk en geluid van veel vogelsoorten nodig om vogeltellingen te kunnen doen en de analyse van geluidopnames kan alleen door experts worden gedaan.

De experts waren het er wel over eens dat bestuivers in eerste instantie niet als aparte soortgroep meegenomen zouden hoeven te worden in het Meetnet voor biodiversiteitsmonitoring. Ze worden (deels) meegenomen in de dataverzameling van vliegende insecten.

In de discussie kwam naar voren dat bestuivers niet alles zeggen over biodiversiteit, maar meer over een eventueel aanwezige bloemenrand. Aanwezige overige habitats dienen dan ook getoetst te worden aan agroforestry. Bestuivers worden over het algemeen in bredere biodiversiteit-dataverzamelingen van natuurlijke habitats niet meegenomen, maar enkel als naar bestuiving van gewassen gekeken wordt. Mocht je toch iets willen kunnen zeggen over de biodiversiteit met het monitoren van bestuivers, dan zou in ieder geval een combinatie gemaakt moeten worden van visuele waarnemingen en vallen om de impact van eventueel aanwezige bloemenranden uit te sluiten.

In het kader van praktische haalbaarheid en betaalbaarheid kan bediscussieerd worden of in een landelijk meetnet wel of niet op soortniveau gemonitord zou moeten worden. Als je wel wat over soorten wil kunnen zeggen, bijvoorbeeld of het functionele soorten zijn en wat de soorten nodig hebben qua voedsel en habitat (en in hoeverre de habitats de juiste kwaliteit hebben om verschillende soorten te kunnen herbergen), dan zul je vangsten wel moeten determineren op soortniveau. Als je een grote dataset hebt, kun je wel conclusies trekken over toe- en afname, en mogelijk iets over habitatype. In het onderzoek naar vliegende insecten in Duitse natuurgebieden (Hallmann et al., 2017), waarin is gekeken naar de totale biomassa van vliegende insecten, is bijvoorbeeld 27 jaar gemonitord met malaisevallen in 63 Duitse natuurgebieden. Dit leverde een enorme dataset op. Hier heeft men kunnen concluderen dat er een afname van 76% aan vliegende insecten was in 27 jaar, en dat deze achteruitgang zichtbaar is, ongeacht het type habitat. Concluderen of en in welke mate veranderingen in landgebruik of de kenmerken van de habitat met deze algehele achteruitgang te maken hadden, kon men niet op basis van deze dataset. Het hangt dus sterk af van de vraag die je hebt welke vorm van dataverzameling en welk protocol gebruikt zou moeten worden.

De conclusie uit de discussie met de experts is dat ten behoeve van het meten van de algehele biodiversiteit als eerste het meten van vliegende insecten, inclusief nachtvlinders, binnen het landelijk Meetnet het meest voor de hand liggend en relevantst is.

2.4.7 Meten aan klimaatmitigatie: koolstofopslag meten

In het project Slim Landgebruik is er op basis van literatuur een eerste schatting gemaakt van de potentiële vastlegging van ondergronds koolstof. Er wordt gesteld dat rijenteeltsystemen gemiddeld 4,19 ton CO₂/hectare/jaar vast zouden kunnen leggen, silvopastorale systemen 3,26 ton CO₂/hectare/jaar en voedselbossen 4,75 ton CO₂/hectare/jaar. Het Nationaal Monitoringsprogramma Voedselbossen (NMVB) heeft de afgelopen jaren in voedselbossen ook de koolstofvastlegging onderzocht en concludeerde dat 6 ton CO₂/hectare/jaar een realistische koolstofopname is. Deze getallen zijn een optelsom van het aandeel ondergrondse en bovengrondse vastlegging. De reden van het maken van een schatting is dat het bepalen van de ontwikkeling van de koolstofopslag vraagt om een langjarige reeks van opnamen. Dit is dan ook direct het argument om het als indicator van de dienst klimaatmitigatie te verkennen. In deze paragraaf wordt ingezoomd op de verschillende protocollen voor het meten van de ondergrondse (bodemorganische) en bovengrondse opslag van koolstof. Voor de keuze voor de geschikteste meetmethode/protocol is de praktische haalbaarheid meegewogen.

2.4.8 Ondergrondse koolstof (SOC)

Wat willen we meten?

Koolstof in de bodem wordt door twee belangrijke zaken bepaald: de (1) bodemorganische koolstof (Soil Organic Carbon - SOC) en de (2) bodemdichtheid (Bulk Density, BD). De koolstofwaarden worden verkregen door het bodemonmonster te analyseren met de Near Infrared Sensing methode (NIR) of met de Loss on Ignition (LOI) methode. De nauwkeurigheid van de bemonstering wordt medebepaald door het al dan niet meenemen van de bodemdichtheid, een referentieperceel en relevante bodemchemische factoren. De vergelijkbaarheid staat of valt met het hanteren van dezelfde steekdiepte en het aantal steken per oppervlakte-eenheid.

A. Geschiktheid protocol voor indicator

NIR of LOI

Van Near Infrared Sensing (NIR) en Loss on Ignition (LOI) is de eerste de voordeligste en biedt het de mogelijkheid ook andere chemische elementen te meten.

Bodemdichtheid

Meest gebruikt zijn ringen, die je idealiter op twee dieptes meet. Bij een steekdiepte van 0-30 cm gebruikt je de ring – met een uitgaande diameter en hoogte van 5 cm – op bijvoorbeeld 10-15 cm en op 20-25 cm. Daarbij kan je het best een gat graven en de ring schuin inslaan, zodat je de grond niet extra verdicht. Het gebruikelijkst is één meting op het centerpunt van 0-30 cm. Hiervoor is het gebruikelijk drie tot vijf herhalingen uit te voeren per opname.

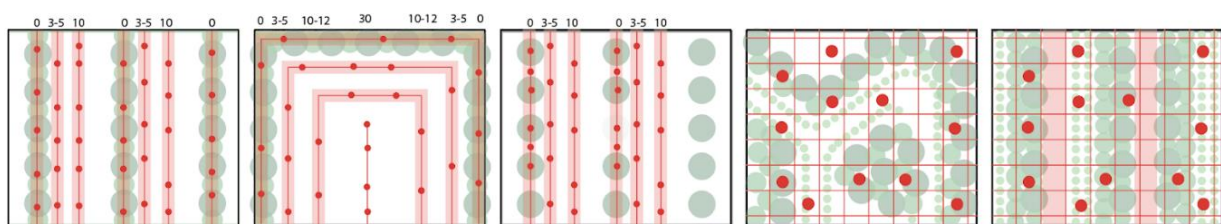
Diepte van de steek

Een steekdiepte van 0-30 cm sluit aan bij mogelijke referentiedata (zoals CC-NL⁵) en internationale standaarden en wordt daarom als basis gehanteerd. Idealiter wordt elke vijf jaar ook een steek uitgevoerd op 30-60 cm. Deze diepere laag is relevant, omdat we verwachten dat diepere worteling door bomen ook in diepere bodemlagen voor veranderingen in de koolstofvoorraad zorgt.

Nodige aanpassingen per AF-systeem

Oppervlakte-eenheid en aantal steken

Bij het uitvoeren van bodemmetingen in zowel voedselbossen als lijnvormige agroforestrysystemen is het steekprotocol van cruciaal belang om betrouwbare en vergelijkbare resultaten te verkrijgen. Verschillende agroforestrysystemen hebben – om ze onderling te kunnen vergelijken – hetzelfde aantal steken per oppervlakte-eenheid nodig.



Figuur 2.1 Vijf systemen met benadering van steken op perceelsniveau. In een voedselbos wordt vanwege de complexiteit in zones gemeten, bij systemen met lijnbeplanting zonder een te hoge complexiteit wordt gemeten volgens afstand tot de rij.

Het aantal steken wordt uitgevoerd volgens twee benaderingen: (1) rijen en (2) random selectie (figuur 2.1).

1. **Rijen:** Steekmonsters worden genomen op afstanden van 0, 4 en 10 meter van de rij. Van elk van deze drie afstanden worden tien steken genomen. Bij meerdere rijen op het perceel worden de steekpunten gelijkmatig verdeeld over de rijen. De monsters van elke afstand worden afzonderlijk gemengd en

⁵ <https://www.wur.nl/nl/onderzoek-resultaten/kennisonline-onderzoeksprojecten-lvvn/kennisonline/cc-nl.htm>

geanalyseerd, zodat de ondergrondse koolstofprestatie per afstand inzichtelijk wordt. Het perceelgemiddelde wordt berekend door het gemiddelde van de drie afzonderlijke analyses.

2. **(Strategisch⁶) random selectie** (voedselbossen en complexe agroforestryssystemen): Voor voedselbossen of agroforestryssystemen met rijen die dicht op elkaar staan of een heterogene structuur hebben, worden via QGIS dertig steekpunten willekeurig geselecteerd over het perceel. Deze steekpunten worden samengevoegd tot één mengmonster, dat vervolgens wordt geanalyseerd als representatieve waarde op perceelniveau.

Contextuele factoren

Omdat bodemstructuur, textuur, bodemchemie en bodembioogie de SOC-opslag en -variatie kunnen beïnvloeden, is het relevant ze mee te nemen in de analyse. In ieder geval moet het omvatten:

- PH-waarde: een lage of hoge pH beïnvloedt de afbraak van organisch materiaal en de beschikbaarheid van voedingsstoffen.
- Textuur: klei-, zand- en slib percentages beïnvloeden de opslag van koolstof. Fijnere bodems (met meer klei) kunnen meer koolstof opslaan.
- Bodemstructuur: dit kan worden gemeten aan de hand van de bulkdichtheid, maar ook met een chemische meting van Eurofins.

Referentiedata

Referentiemetingen zijn essentieel om de resultaten van koolstof- en bodemmetingen goed te kunnen interpreteren en in perspectief te plaatsen. Ze bieden een vergelijking tussen het onderzochte perceel en een referentiegebied met vergelijkbare omstandigheden, waardoor je veranderingen in de bodem (koolstofopslag) beter kunt beoordelen. Idealiter start je altijd met een nulmeting voordat je het agroforestry-perceel aanlegt, maar omdat dat veel initiatieven al begonnen zijn met aanplanten, is dat niet realistisch. Daarom zijn referentiedata belangrijk om verschillen te duiden tussen grasland, akkerland en bosgrond. In lijnbeplanting kan je een referentiemeting uitvoeren naast de rij op een afstand van +30 meter. In een voedselbos kan een referentiemeting alleen worden uitgevoerd op een aanliggend perceel.

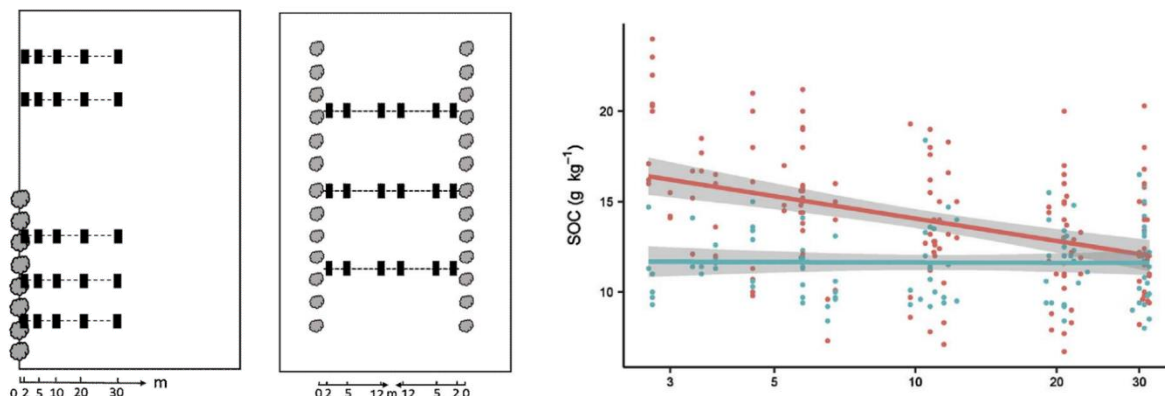
B. Betrouwbaarheid gegenereerde data

Een NIR-analyse op 0-30 cm steekdiepte is standaard voor wetenschappelijk onderzoek naar bodemsamenstelling. Daarnaast levert het gebruik van bulk density ringen, mits volgens het juiste protocol toegepast, belangrijke aanvullende data.

C. Vergelijkbaarheid gegenereerde data

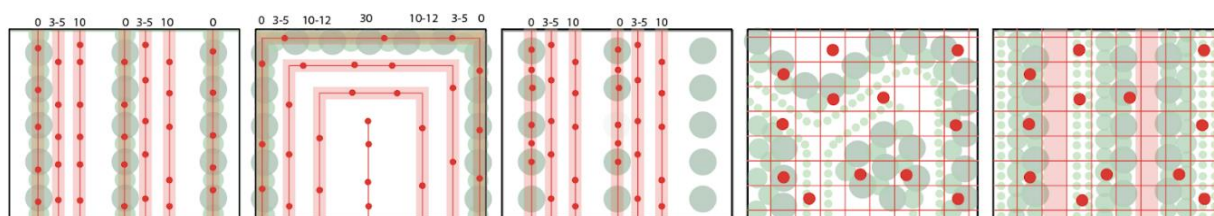
Als zowel de steekdiepte, het aantal steken, het steekprotocol, de monsterbehandeling, de NIR-meting en de bulkdichtheid op exact dezelfde wijze plaatsvinden, krijg je een dataset van meetpunten die het vergelijken van ontwikkelingen (o.m. bodems) mogelijk maakt (figuur 2.2). Ten behoeve van vergelijkbaarheid moeten de meetresultaten nauwkeurig worden omgerekend naar eenheid per hectare (tabel 2.5).

⁶ Om te voorkomen dat je bijvoorbeeld meet midden in een poel of direct naast elkaar.



Figuur 2.2 Dit onderzoek (Pardon et al., 2017) laat zien dat ondergrondse koolstof verandert tot een afstand van 30 meter tot de rij bomen. Wanneer bomenrijen dus verder dan 60 meter uit elkaar staan, is er een aanpassing van het meetprotocol nodig.

Tabel 2.5 Een weergave van de steekmethodes op basis van het type systeem, resulterend in een vergelijkbaar gemiddelde per hectare. Bij een afstand van 50 meter is het te overwegen een extra meting toe te voegen.



Afstand van de rij	Afstand meetpunten	Herhalingen
10 meter	0 meter, 4 meter	15 x per afstand
15 meter	0 meter, 4 meter, 7.5 meter	10 x per afstand
20 meter	0 meter, 4 meter, 10 meter	10 x per afstand
30 meter	0 meter, 4 meter, 15 meter	10 x per afstand
50 meter	0 meter, 4 meter, 10 meter, 25 meter	10 x per afstand

2.4.9 Discussie

Betrouwbaarheid

Loss on Ignition (LOI) wordt in de (wetenschappelijke) praktijk vanwege de betrouwbaarheid wel gebruikt, maar vraagt veel tijd en is daarom duur. Near Infrared Sensing (NIR) is iets minder betrouwbaar, maar wel veel goedkoper. Het gebruik van NIR is goed te verdedigen, omdat het ook voor grootschalig onderzoek zoals CC-NL wordt gebruikt. Aansluiten bij dezelfde methodiek biedt ook perspectief op het gebruik van de CC-NL dataset als mogelijke referentie.

Bodemdichtheid

Om bodemdichtheid te meten, worden er naast de door ons voorgestelde bodemdichtheid ringen ook andere technieken toegepast, zoals: de kopecky drill en de penetrometer (figuur 2.4). De kopecky drill kan tijdens de meting echter makkelijk bodemcompactie veroorzaken. Met een penetrometer kun je aan de hand van de mechanische weerstand van de bodem een indirecte indicatie krijgen van de bodemdichtheid. Doordat het een indirecte meting is, is deze niet betrouwbaar genoeg voor het achterhalen van bodemdichtheid.



Figuur 2.3 Bodemdichtheid ringen

b. Kopecky drill

c. Penetrometer.

Doorworteling

Binnen het academisch veld is er discussie over het effect van diepere doorworteling en veranderende bodembioïologie op het ontstaan van een lossere bodemstructuur in volwassen agroforestrysystemen. Dit betekent dat bij bodemmetingen op een diepte van 0-30 cm bij de nulmeting meer bodemmateriaal wordt bemonsterd dan in diezelfde bodem twintig jaar later. Hierdoor kan het lijken alsof er twintig jaar later minder bodem aanwezig is bij dezelfde meetmethode. Omdat de gemeten koolstofvoorraad direct gerelateerd is aan de bodemdichtheid moet dit effect worden gecorrigeerd. Dit is mede een argument om ook in een x aantal metingen te doen in de diepere laag 30-60 cm (zie tevens: Von Haden, 2020).

Aantal en locatie steken

In het protocol voor ondergrondse koolstof is een voorstel gedaan voor het aantal steken en de locaties van de steken in de agroforestrysystemen. Er bestaat echter nog geen breed gedragen consensus over deze toepassing. Een kritische reflectie op de voorgestelde methode na de eerste metingen is dan ook essentieel. Discussiepunten ontstaan wanneer locaties enorm groot zijn (i.v.m. oppervlakte/steken). Om resultaten te kunnen vergelijken, is het van belang om per oppervlakte-eenheid een evenredig aantal steken te nemen. Dit is lastig vol te houden bij grotere percelen. Door verschillende plantafstanden tussen rijen zal ook de afstand tot het middelpunt tussen de rijen verschillen. Bij gestandaardiseerde meetafstanden kan dat leiden tot doorkruisingen van het middelpunt. Bij een standaardpatroon van meetpunten op bijvoorbeeld 0, 4 en 10 meter en een plantenrijafstand op 15 meter zal het meetpunt 10 meter voorbij het middelpunt gaan. Dit punt zal beïnvloed worden door de dichtstbijzijnde plantenrij. Naast het aanpassen van de afstanden is het schrappen van de 10 meter een optie.

2.4.10 Bovengrondse koolstof

Wat willen we meten?

Naast de opslag van CO₂ in de bodem door houtige gewassen, vormen de houtige gewassen zelf een meerjarige opslag voor koolstof in hun biomassa (bovengronds en in hun wortels). Het is niet eenvoudig de biomassa exact te bepalen. De gebruikelijkste methode in huidig onderzoek zijn veldmetingen in combinatie met allometrische vergelijkingen. De meetbare kenmerken als diameter, hoogte en houtdichtheid zijn daarvoor input en geven een goede indicatie van koolstofopslag. Ook worden steeds vaker nieuwe technieken gebruikt als 'remote sensing' met drones, LiDAR of satellieten. Deze zijn op het moment nog niet ver genoeg ontwikkeld voor de veelal jonge agroforestrysystemen. Daarom is ook bij gebruik van deze technieken nog altijd veldwerk noodzakelijk ter validatie. De nauwkeurigheid van de veldmetingen hangen samen met het correct volgen van het protocol: diameter op borsthoogte (DBH), stamhoogte (eventueel takken) en soortenbepaling (cultivar). Ook is het verstandig de groeiwijze vast te leggen. Is het een vrijstaande boom of staat hij in een bossituatie? Daarnaast is de keuze voor de allometrische vergelijking essentieel om zaken met elkaar te vergelijken, want dat leidt tot verschillen bij onderzoek tot dusver.

A. Geschiktheid protocol voor indicator (en nodige aanpassingen per AF-systeem)

Er zijn verschillende aspecten die bij de meetmethode van bovengrondse koolstof horen, namelijk:

1. Minimale boomgrootte/boomdiameter

Om de bovengrondse koolstof accuraat te meten, moet elke boom een minimale grootte of diameter hebben om meegenomen te worden. Dit zorgt ervoor dat alleen bomen met een substantieel volume worden meegenomen in de metingen, wat de betrouwbaarheid en werkbaarheid van de koolstofschattingen verhoogt. De boomdiameter moet gemeten worden op 130 cm hoog (diameter op borsthoogte, DBH). Hiermee blijft klein plantgoed dus buiten beschouwing. Planten moeten daarnaast een minimale stamdiameter hebben van **meer** dan 5 millimeter. Daarbij is de plotmethode geoptimaliseerd op de bosbouwmonitoring, waarbij in een radius wordt gemeten op drie afstanden op basis van de diameters van de boom, namelijk:

Radius	DKH/DBH	Diameter (cm)
Tot 5 meter	DBH	Alles $\geq$ 0.5 cm
Tot 10 meter	DBH	Alles $\geq$ 5 cm
Tot 15 meter	DBH	Alles $\geq$ 25 cm

2. Keuze voor meetmethode: lijnvormig of plot-sampling

Afhankelijk van de opzet en structuur van het systeem maken we onderscheid tussen lijnvormige/gestructureerde aanplant en meer verspreid, 'complexe' Agroforestry (o.a. romantisch voedselbos):

- Lijnvormig/gestructureerd systeem: hier wordt de koolstof berekend door middel van metingen van afzonderlijke bomen of struiken langs een lijn.
- Complexe agroforestry: bij systemen met een te complex patroon schakelen we over naar plot-sampling in cirkelvormige plots (zie 1. *Minimale boomgrootte/-diameter*). Hierbij worden alle bomen (vanaf een bepaalde diameter) binnen het plot gemeten.

Een systeem kan overgaan van lijnmeting (of boomweide) naar plot-sampling als de opzet te complex wordt of verschillende zones heet met sterk verschillende structuur. Voor systemen met zowel lijnvormige als romantische elementen, zoals een agroforestrysysteem met rechte rijen en complexe bosranden, wordt het terrein opgedeeld in zones. Voor elke zone worden de corresponderende protocollen gevolgd, waarbij bijvoorbeeld lijnmetingen voor de gestructureerde delen worden toegepast en plot-sampling voor de romantische gedeelten. Hierdoor moeten beide delen apart benaderd worden. Op basis van de percentages van de zones per hectare wordt het totaal bepaald van bovengrondse koolstof per hectare.

3. Het bepalen van de soort

Boom dichtheid verschilt per soort en is daarmee relevant voor het kunnen bepalen van het aandeel vastgelegd koolstof. De soort kan bepaald worden op basis van de lijst met aangeplante soorten, veldgidsen, of soortherkenning apps als PlantNet. Deze apps zijn niet foutloos, maar bieden een alternatief voor wanneer men in het veld geen andere herkenning kan doen.

4. Onderscheid tussen bomen en struiken/heggen

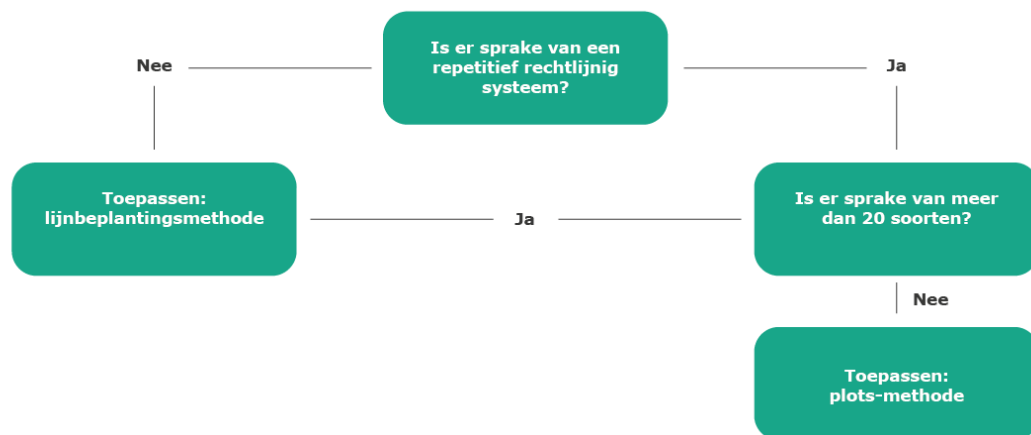
Voor een nauwkeurige bepaling van de koolstofopslag is het essentieel om onderscheid te maken tussen bomen en lagere beplanting zoals heggen en struiken. Kleinere struiken kunnen buiten beschouwing vallen als ze te klein zijn en niet binnen de minimale diameter en hoogte vallen. Dit is namelijk een intensief proces met vele kleine stammen die nauwelijks koolstof opslaan. Voor heggen is het van belang om ze met een andere methode te meten, zodat niet alle bomen in de heg gemeten hoeven te worden, maar naar een gemiddelde opslag per strekkende of vierkante meter gewerkt kan worden. Door dertig struiken te meten die goed representatief zijn voor de heg kunnen we een gemiddelde bepalen per strekkende meter. Op basis van het aantal meter heg kun je dan de totale koolstof bepalen.

5. Nieuwe en vervangende aanplant

Nieuwe of vervangende aanplant wordt apart geregistreerd en meegenomen in de totale koolstofopslag zodra deze planten de minimale meetcriteria voor grootte en leeftijd hebben bereikt. Er moeten bijvoorbeeld notities gemaakt worden als een boom later is geplant in een volwassen systeem, want dan is deze boom niet representatief voor de andere soortgenoten.

6. Bepalen van maximale aantal metingen

Om de kosten van een opname te beheersen, moet één locatie binnen één velddag opgenomen kunnen worden. Dit vraagt dan ook om vaststelling van een maximaal aantal metingen per dag. Deze metingen moeten dan gedaan worden aan een selectie van bomen die het gehele systeem goed representeren (figuur 2.4).



Figuur 2.4 Een voorbeeld van een stroomschema om te bepalen welke aanpak gekozen moet worden: 1. lijnbeplantingsmethode of 2. plots-methode.

7. Selectie van de steekproef en samplegrootte

Algemeen:

- Zestig metingen per hectare of drie meetplots in cilindervorm met een straal van 5 en 10 meter. Er is een maximum van honderdvijftig metingen (suggestie) of zes meetplots om de opname in één velddag te kunnen realiseren.

Bomen

- Lage diversiteit (lijnvormig en repetitief)
 - Bomen worden opgedeeld in strata op basis van leeftijd en soort. Er worden maximaal zestig metingen gedaan per hectare, met een minimum van drie metingen per stratum. Het totale aantal metingen wordt verdeeld over de verschillende strata op basis van het verhoudingsgewijze voorkomen. Dit aantal metingen wordt random verdeeld over het totaal aantal bomen binnen een stratum. Als er een herhaling is van de rijen met bijvoorbeeld vijf rijen met vier soorten, meet je dus alle vijf de rijen met de vier soorten één keer en dan nog twee andere rijen één keer. Als het perfect in herhaling is, kan je het aantal soorten vrij gemakkelijk bepalen, als ze meer gemengd zijn, is het van belang het aantal bomen te tellen (mogelijk op basis van het beplantingsplan) om de procentuele verdeling van de soorten te bepalen per hectare.
- Grotere diversiteit (complexe structuren)
 - Hierbij kan de plot-samplingmethode worden aangehouden. Hierbij gaat het bijvoorbeeld om romantische voedselbossen, maar ook om rijenteelt met een hoge diversiteit aan soorten waarbij het niet langer mogelijk is om drie metingen per stratum te doen zonder over het maximale aantal van zestig metingen per hectare heen te gaan, wat neerkomt op meer dan twintig verschillende soorten.
 - Voor het selecteren van een steekproef in romantische voedselbossen wordt de methodologie volgens het Nationaal Monitoring Programma Voedselbossen (NMVB) gehanteerd, waarbij cirkelvormige plots met $r = 5$ meter (voor bomen met een diameter kleiner dan 5 cm) en 10 meter (voor bomen met een diameter groter dan 5 cm) geselecteerd worden waar alle bomen gemeten worden.
 - Voor het selecteren van een steekproef in een rijvorming AF systeem met een hoge diversiteit (suggestie) worden zestig random metingen gedaan in de complexe rij, rekening houdend dat je genoeg percentageverdeling hebt van soorten zoals ze daar voorkomen. Hierbij komen bessenstruiken hoogstwaarschijnlijk niet binnen de vereiste boomhoogte en diameter, waardoor die voor koolstof grotendeels buiten beschouwing worden gelaten.

Hagen en struiken

- Deze methode is bruikbaar voor windhagen en voederhagen. Door de hoge dichtheid van bomen en groei worden deze lijnvormige elementen apart gemeten. Dit wordt gedaan door de procentuele verdeling van soorten te bepalen aan de hand van dertig opnames en vervolgens de lengte van de heg te meten. Wanneer de heg langer is of uit meerdere herhalingen bestaat, worden er vijftig opnames gedaan.

8. Meetmethodologie

Algemeen

- Alleen levende planten worden meegenomen in de meting.
- Soorten bepalen voor bepaling dichtheid.
- De minimale diameter van de gemeten bomen is (≥ 0.5 cm) en hoogte 130 cm (DBH).
- De nauwkeurige locatie van elke plant die wordt gemeten, wordt vastgelegd met precisie-GPS. RTK GPS Receiver (suggestie: <https://emlid.com/>).

Bomen naar koolstoffractie

- Meet de hoogte en diameter van elke boom (in zone voedselbos) en 60 metingen per hectare verdeeld over soorten (bij 3 soorten, 3 x 20 metingen bij 20 soorten 20 x 3 metingen).
- Bereken het volume op basis van hoogte en diameter.
- Vermenigvuldig met boomedichtheid om totale biomassa te bepalen.
- Zet de biomassa om naar koolstofopslag door een koolstof-omrekeningsfactor⁷ toe te passen.
- Voor lijnvormige systemen: meet langs de lijn; voor romantische systemen: selecteer een representatief aantal random gekozen plots volgens methode van NMVB.

Hagen en struiken

- Meet de hoogte, breedte en diepte van de heg/hagen door dertig bomen te meten op basis van percentage voorkomen in de heg.
- Bepaal de biomassa per strekkende meter en per vierkante meter.
- Gebruik een gemiddelde dichtheid om biomassa per meter te berekenen.
- Zet de biomassa om naar koolstofopslag met een koolstof-omrekeningsfactor.
- Vermenigvuldig met het totale aantal meters om de totale koolstofopslag van de heg/hagen te bepalen.

B. Betrouwbaarheid gegenereerde data

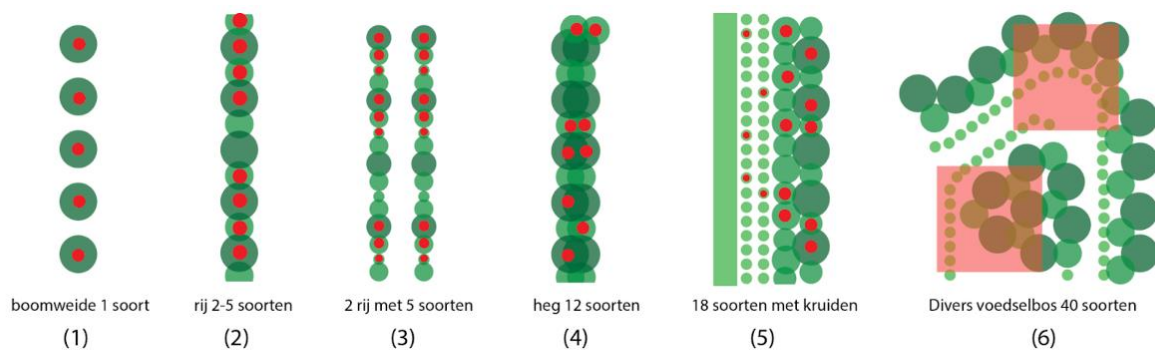
Het meten van de Diameter Breast Height (DBH) is eenvoudig en heeft een lage foutmarge. Het bepalen van de boomhoogte is uitdagender en brengt vaker meetfouten met zich mee. De grootste bron van fouten ligt bij de soortenherkenning, wat vaak met een telefoon gebeurt. Deze fouten hebben gevolgen voor de nauwkeurigheid omdat de soortdichtheden, essentieel voor de biomassaberekening, verschillen. Bij het herhalen van metingen (na 1-3 jaar) is het daarnaast lastig om precies dezelfde bomen opnieuw te meten. Een goede markering voor het terugvinden van een permanente plot is daarbij cruciaal. Een gps-receiver kan worden gebruikt om de nauwkeurigheid te vergroten. Telefoons worden tot dusver het meest gebruikt, maar hebben enkele meters foutmarge.

Naast het veldwerk en ruwe data speelt de berekening ook een cruciale rol. Het Louis Bolk Instituut heeft onderzocht hoe verschillende rekenmethodes (SNK, Cardineal, CARAT en Schindler) presteren. Hieruit kwam voort dat de rekenmethodes nog erg bepalend zijn (tot een factor 5 verschil) voor het inschatten van het volume, de biomassa en het aandeel koolstof. Naast de te hanteren methode is het cruciaal om overeenstemming te bereiken over het gebruik van de Biomass Carbon and Expansion Factor (BCEF) of de Biomass Expansion Factor (BEF), die ook de houtdichtheid en koolstoffractie in de berekening verwerkt.

C. Vergelijkbaarheid gegenereerde data

Naast het gebruik van vergelijkbare protocollen is het voor het maken van vergelijkingen cruciaal dat steeds dezelfde bomen worden gemeten. Duidelijke markeringen, permanente plots en of het gebruik van gps-receivers is dan cruciaal.

⁷ C heeft een moleculairgewicht van 12. CO₂ heeft een moleculairgewicht van 44 (1*12 + 2*16), dus om van vastgelegde C naar gecompenseerde CO₂ te gaan reken je met een factor van 3.67 (=44/12).

Methode en (ruimtelijke) configuratie

Figuur 2.5 Een illustratie van zes verschillende ontwerpen waar gemeten zou kunnen worden: (1) is het minst complex (boomweide noten) en (6) het meest complex (divers voedselbos).

Welke methode pas je toe bij welke agroforestrysysteem (figuur 2.5)?

Om de voorgestelde aanpak te verduidelijken, is bovenstaande illustratie gemaakt met verschillende elementen binnen agroforestry, gerangschikt van eenvoudig (links) naar complex (rechts).

1. Eenvoudige aanplant (links): Dit voorbeeld is eenvoudig te meten. Alle bomen worden gemeten, met een maximum van zestig bomen per hectare.
2. Rijbeplanting: Bij dit iets complexere systeem met één soort per rij, die allemaal evenveel voorkomen, meet je van elke soort een aantal bomen, tot een maximum van zestig metingen per hectare, proportioneel verdeeld over de soorten.
3. Dubbele rijen met variatie: Dit systeem bevat twee rijen met elk vijf verschillende soorten (totaal tien soorten). Hier komen struiksoorten vaker voor dan bomen, dus worden ze in dezelfde verhouding gemeten als ze binnen de meetcriteria vallen. Het aantal metingen per soort wordt bepaald op basis van de relatieve aanwezigheid.
4. Heg met meerdere soorten: Bij heggen (bijvoorbeeld voederheggen) met dominante soorten, zoals 50 procent meidoorn, meet je in totaal dertig soorten, waarvan 50 procent meidoorn is. Bepaal het gemiddelde per vierkante meter aan de hand van het aantal planten per vierkante meter, zodat je dit kunt doorrekenen.
5. Complex agroforestrysysteem: Dit systeem zit tussen rijbeplanting en divers agroforestry in. Afhankelijk van het aantal soorten per hectare meet je bijvoorbeeld achttien soorten naar hun relatieve voorkomen. Soorten die niet aan de minimale diameter voldoen, zoals kleinere bessenstruiken, kunnen worden uitgesloten. Blijven er te veel soorten over, dan worden zones gedefinieerd om het koolstofgemiddelde per hectare te bepalen, waarbij bessenstruiken en kruidlagen worden uitgesloten omdat ze niet meetellen in de koolstofberekening per vierkante meter.
6. Voedselbos: Bij complexe voedselbossen wordt per zone gemeten. Grote open plekken worden uitgesloten om een nauwkeurige schatting van het koolstofgehalte per hectare te verkrijgen.

Remote sensing

Zoals eerder beschreven, ontwikkelt de remotesensingtechniek zich snel, waarbij je met satellietdata of LiDAR een inschatting kan maken van de biomassa en daarmee bovengrondse koolstof. Echter is die techniek nog niet ver genoeg ontwikkeld en bruikbaar voor jonge agroforestrysystemen. Om op termijn de remotesensingtechniek te kunnen valideren, is het raadzaam het veldwerk te doen met een gps-receiver, zodat je die velddata later kunt gebruiken om satellietdata te kalibreren en te verbeteren. Een goed gekalibreerde en gevalideerde remotesensing-aanpak kan op termijn mogelijk het veldwerk vervangen.

2.5 Data governance

Een open databron stelt de agrariër in staat de prestaties van het eigen bedrijf te volgen, maar die ook te vergelijken met (geanonimiseerde⁸) gegevens van andere bedrijven. Een voorbeeld van een degelijke opzet is die van de vereniging voedseluithetbos⁹. Een in te bouwen optie zou kunnen zijn dat iedere agrariër de mogelijkheid krijgt te kiezen of zijn/haar data al dan niet worden geanonimiseerd, evenals dat agrariërs de mogelijkheid moeten hebben bepaalde bedrijfsgevoelige gegevens niet te delen. Te denken valt aan zaken als het voorkomen van Rode Lijstsoorten. Wetenschappers krijgen toegang tot alle (geanonimiseerde) data zodat ze de ontwikkeling van agroforestry tot op provinciaal niveau kunnen volgen. Iedere deelnemer moet ook de mogelijkheid hebben te stoppen. In zo'n geval zouden de data ook weer uit het systeem verwijderd moeten worden. Het terugdraaien van het gebruik van (geanonimiseerde) data door wetenschappers is dan niet meer mogelijk.

⁸ Niet tot op bedrijfsniveau herleidbaar.

⁹ <https://voedseluithetbos.nl/open-databron-voedselbossen/>

3 Conclusies, aanbevelingen en discussie

3.1 Dataverzameling

De behoefte aan data over het presteren en het functioneren van agroforestrysystemen verschilt per belanghebbende. Het vinden van overeenstemming over waarom het belangrijk is iets te meten, wat je dan gaat meten en hoe je dat dan doet, is een opgave op zich. In deze verkenning hebben wij drie aspecten uitgelicht, de basisregistratie, de agronomie en de ecosysteemdiensten.

3.1.1 Basisregistratie

Om in één oogopslag te kunnen zien hoe agroforestry zich in Nederland ontwikkelt, is inzicht in het areaal en het aantal boeren relevant. Data over welke systemen waar worden toegepast, kunnen helpen te achterhalen hoe agroforestry bijdraagt aan nationale en provinciale doelen. Deze kennis is weer relevant om te bepalen of het opportuun is de transitie naar meer agroforestry te ondersteunen. De basisinformatie bestaat dan uit de volgende zaken: de ligging en de grootte van het agroforestry-perceel, het type agroforestry en het jaar van aanplant.

Het lijkt een logische stap om deze informatie op te halen met een aantal aanvullende vragen in de gecombineerde opgave (GO). Het advies van RVO is de administratieve last van de GO voor de boer niet nog groter te maken. In plaats daarvan zouden de provinciale agroforestrynetwerken de taak kunnen krijgen deze basisinformatie te verzamelen. Zij zijn – doordat ze dicht bij de boer staan – als geen ander in staat om toegang te krijgen tot deze informatie.

3.1.2 Agronomie

Basisinformatie

De basisinformatie is context-gebonden informatie op bedrijfsniveau die na aanplant niet wezenlijk verandert en van belang is om de prestatie van de planten te kunnen verklaren. Een eenvoudige basisregistratie is alvast een goed vertrekpunt voor analyse. Het voorstel is in ieder geval om de volgende zaken eenmalig te verzamelen: bodemtype, pH en organische stof, grondwaterstand, het voormalig landgebruik, het agroforestry-ontwerp, het gebruikte uitgangsmateriaal, de onderstam, de cultivar, het moment van aanplant en de grootte na aanplant.

Plantprestaties

Inzet is om de ontwikkeling van de houtige aanplant in verschillende successiefasen effectief te volgen en te analyseren. Op het gebied van plantprestaties van nieuwe aanplant is het voorstel om gedurende de eerste drie jaar na aanplant data te verzamelen over overleving en ontwikkeling van de planten in de eerste jaren. Voor reeds bestaande oudere aanplant wordt naast aandacht voor overleving ook gemonitord op plantgezondheid, ziekten en plagen en productie. Voor beide is een eerste opzet voor monitoringsheets ontwikkeld, die te vinden zijn in bijlage 3 en 4.

3.1.3 Ecosysteemdiensten

Er zijn veel verschillende ecosysteemdiensten en oneindig veel variaties in agroforestrysystemen. Niet alle diensten zijn overal even relevant. Naast de leeftijd van het agroforestrysysteem zijn abiotische factoren als de bodemsoort en grondwaterstand van invloed op de levering van ecosysteemdiensten. Een allesomvattend onderzoeksprogramma dat alle systemen in Nederland volgt, is kostentechnisch moeilijk realiseerbaar. Daarom stellen we voor het ecosysteemdienstenonderzoek te concentreren op enkele vaste onderzoeklocaties in Nederland. Idealiter locaties waar we op één plek verschillende ecosysteemdiensten kunnen monitoren. Een minimale opzet zou uit kunnen gaan van drie veelvoorkomende agroforestrysystemen, namelijk: rijenteelt op grasland, rijenteelt op bouwland en agrarisch voedselbos (op

bouwland of grasland). Bij voorkeur zijn deze systemen van vergelijkbare leeftijd en liggen ze op de meest voorkomende grondsoorten zand en klei. Op deze manier zijn zes combinaties van veelvoorkomende situaties te maken. Voor veel metingen is een referentieperceel noodzakelijk. Dus voor de lange termijn moeten twaalf percelen worden gevolgd om een eerste betrouwbaar beeld te genereren van de geleverde ecosysteemdiensten.

Kader: Indicator en keuze protocol voor ecosysteemdiensten

Geschiktheid protocol voor indicator

Het lijkt een veilige strategie om in te zetten op veelgebruikte meettechnieken (protocollen). Zeker als die technieken nog meer informatie genereren (die later voor andere doelen bruikbaar kan zijn) dan waar je feitelijk naar op zoek bent. Veelgebruikte methoden zijn vaak ook goedkoper, maar niet altijd accurater. Dit blijft een lastige afweging. Ook wil je protocollen gebruiken die zich laten vertalen naar alle vormen van agroforestry.

Betrouwbaarheid gegenereerde data

Een eenvoudiger protocol verkleint naar alle waarschijnlijkheid ook de foutmarge. Eenvoud is niet het enige aspect voor een klein foutmarge. Elk protocol heeft zijn eigen achilleshiel. Of het nu gaat om de kwaliteit van de kennis van de observant voor de soortherkenning, het correct gebruik van een instrument of om de gebruikte rekenmethode.

Kosten van data verzamelen

Arbeid is meestal de grootste kostenpost. Een eenvoudig protocol met veel meetpunten vraagt nog altijd tijd voor de opname en de analyse van de uitkomsten. Soms is er ook heel specialistische en vaak prijzige apparatuur nodig om de opnames te maken.

Vergelijkbaarheid gegenereerde data

Om de ontwikkeling van een agroforestrystelsel te volgen, wil je de meetresultaten op verschillende momenten in de tijd kunnen vergelijken. Een methodische eis aan zo'n vergelijking is dat je telkens met dezelfde (permanente) plots en dezelfde protocollen werkt.

Uitvoerbaarheid van het protocol

Veel van de uitvoerbaarheid hangt samen met het minimale aantal metingen, de daarmee samenhangende kosten voor het verzamelen en analyseren van de data (arbeid, materialen, reis, laboratorium) en het benodigde kennisniveau. Kan een vrijwilliger of een student zonder veel voorkennis het werk doen? En hoeveel begeleiding vraagt dat van een expert? Of is het noodzakelijk dat een expert het werk doet vanwege het benodigde kennisniveau? Soms is hierbij nog een knip te maken in het verzamelen van de data en het analyseren ervan.

Werken met studenten

Werken met studenten biedt kansen als er langjarige afspraken gemaakt worden met mbo-/hbo-instellingen over structureel – jaar in jaar uit – meten met studenten die goed begeleid worden. Maar zelfs dan is het maar de vraag hoe bruikbaar de resultaten zullen zijn.

- Studenten zijn lastig in te zetten in de seizoenen dat het monitoren moet plaatsvinden.
- Je wilt eigenlijk dat er over de periode van een jaar wordt gemeten, maar zo lang duren de stages, thesis, vakken niet.
- Hbo-studenten werken niet in opdracht, maar moeten het wiel zelf uitvinden. Ze moeten kunnen leren van hun fouten. En die worden dan ook veel gemaakt.
- Mbo-studenten moeten erg goed geïnstrueerd worden. Voor de analyse hebben ze vaak onvoldoende kennis.

Op wo-niveau is er veel interesse onder studenten, maar ze werken niet onder de paraplu van een groter programma. Het levert veel afzonderlijke onderzoeken op zonder onderlinge samenhang.

3.2 Nut & noodzaak?

Binnen de verkenning Dataverzameling Agroforestry is gekeken naar de manier waarop onderzoek naar agroforestrysystemen ingericht kan worden en welke indicatoren en protocollen voor dit onderzoek van belang zijn. In onderstaande gaan we in op de intern gevoerde discussie over het nut en noodzaak voor een landelijk meetprogramma.

3.2.1 Bestaand instrumentarium vs. een nieuw dataverzamelingsprogramma

Argumenten tegen?

Waarom zou er speciaal voor agroforestry een landelijk meetprogramma moeten worden opgetuigd? Voor de fruit- en boomteeltsector is er ook geen speciaal (landelijk) meetnet, terwijl het hier ook langjarige gewassen betreft. Om de omvang van deze sectoren in kaart te brengen, wordt er gewerkt met de Landbouwtelling van het CBS en wat betreft onderzoek naar plantprestaties en ecosysteemdiensten wordt er gebruikgemaakt van proef- en praktijkbedrijven. De sectoren zijn echter niet met elkaar te vergelijken. Fruit- en boomteelt had in beginsel alleen productiedoelen en er was een sterke economische drijfveer om als sector zelfstandig onderzoek te doen (met name veredelingsonderzoek). Er waren (vóór 2015) sectorgerichte product- en bedrijfschappen om onderzoek te financieren; voor de ontwikkeling van agroforestry bestaat zoiets nu niet.

Argumenten voor?

Om de ontwikkeling van agroforestrysystemen in kwantitatieve zin te kunnen doorgronden en ze onderling of met andere landbouwsystemen te kunnen vergelijken, is meten cruciaal. Dit meten is uitdagend vanwege de grote variatie aan systemen, gebruikt plantmateriaal en fysisch-geografische context. Het mag dan ingewikkeld zijn, er zijn diverse argumenten die pleiten voor een landelijk programma voor dataverzameling. Agroforestry wordt namelijk gezien als een innovatie die kan bijdragen aan een meer robuust landbouwsysteem dat perspectief biedt voor diverse maatschappelijke uitdagingen. Het wordt daarom ook al actief gefaciliteerd vanuit overheden. En met succes, ongeveer 1500 agrariërs brengen deze vorm van landbouw nu al in praktijk.

Niet onderschatten!

Moeten we nu voor een landbouwsysteem dat nog in een niche fase verkeert en dat een lange ontwikkeltijd kent een landelijke dataverzameling opzetten waar elke agroforestry-ondernemer in participeert? Ga je dat koppelen aan bestaande dataverzameling (CBS-landbouwstatistiek) en biedt dat de data die je nodig hebt om het inzicht te krijgen dat je wilt? Of moeten er heel andere aspecten worden meegenomen om de maatschappelijke impact, wat een belangrijke factor is, te kunnen duiden? Wat zijn de kosten van het opzetten en langjarig faciliteren van zo'n systeem? Moet je om het behapbaar te houden keuzes maken in het aantal bedrijven dat je gaat volgen en het aantal contextuele factoren dat je daarin mee gaat nemen? En als je dat doet, wanneer gaan die verzamelde data dan leiden tot een statistisch significante bron voor wetenschappelijke analyse?

Als we kijken naar de mogelijkheden van een (landelijk) programma voor dataverzameling ten behoeve van agroforestry op basis van de drie categorieën die we hebben onderscheiden, dan lijken er twee opties te zijn:

1. Het inzetten van bestaande instrumenten;
2. Het opzetten van een nieuw meetprogramma.

3.2.2 Het inzetten van bestaande instrumenten

Basisregistratie

Momenteel wordt door RVO, via de gecombineerde opgave, gemonitord hoeveel agroforestry-areaal er is. Dit is (nog) geen waterdicht systeem en de doeltreffendheid van de methode moet nog worden geëvalueerd. RVO wil steekproeven gaan doen om de data die opgehaald worden te valideren. Die steekproef zou gedaan kunnen worden via de provinciale agroforestry-netwerken. Zaken als het type gerealiseerde agroforestry of het jaar van aanplant worden hier echter niet in meegenomen.

Agronomie (plantprestaties) en ecosysteemdiensten

Hiervoor lijken er geen bestaande instrumenten te zijn. Wel zijn er bestaande netwerken en organisaties die een rol kunnen gaan spelen in een nieuw meetprogramma (zie onder 'het opzetten van een nieuw meetprogramma').

3.2.3 Het opzetten van een nieuw meetprogramma

Het meten van agronomische aspecten (o.a. plantprestaties, arbeid, kosten etc.) en ecosysteemdiensten zou je in een soort landelijk opererend praktijknetwerk moeten doen, waar alle typen agroforestry en alle contextuele factoren meegenomen worden. Hier zullen keuzes gemaakt moeten worden wat er wel en niet gemeten zou moeten worden (alles meten is te duur). Er zijn verschillende sporen, bijvoorbeeld een aantal locaties aanplanten speciaal om te monitoren, gebruikmaken van bestaande locaties en in een proxy-omgeving meten (meten op landbouwpercelen met bestaande rijen bomen en struiken).

Basisregistratie

Voor de basisregistratie wordt, net als voor bestaande agrarische activiteiten, (deels) gebruikgemaakt van een bestaand instrument, namelijk de CBS-cijfers (bij uitvraag via Landbouwtelling). Agroforestry kan dan, vergelijkbaar met hoe dat wordt gedaan voor multifunctionele landbouw, eens in de drie jaar in de Landbouwtelling worden meegenomen via een specifieke uitvraag bij het CBS. Vervolgens kan via een opdracht aan kennisinstellingen worden gevraagd deze cijfers te interpreteren en aan te vullen. Dit kan heel praktisch worden vormgegeven door met de provinciale agroforestrynetwerken een focusgroep te vormen.

Voor de multifunctionele landbouwsector worden de CBS-cijfers gebruikt om de omvang van de verschillende deelsectoren te duiden. Dit wordt hier gecombineerd met aparte focusgroepen om de CBS-cijfers bij te stellen. Het bijstellen van de CBS-cijfers blijkt nodig, omdat er veel onder de radar blijft. Als bijvoorbeeld een agrariër een boerderijwinkel heeft en wil uitbreiden, en zijn boekhouder geeft aan het bedrijf juridisch af te splitsen, dan valt de boerderijwinkel bij de volgende Landbouwtelling niet meer onder het agrarische bedrijf. Dus volgens CBS 'verdwijnen' de boerderijwinkels.

Agronomie

Voor metingen op het gebied van agronomie (o.a. bodemtype, plantsoorten, plantprestaties etc.) zien we een rol in de uitvoering van kennisinstellingen (onderzoekers), in samenwerking met de provinciale netwerken. De provinciale netwerken kunnen praktijknetwerken bouwen met ondernemers die mee willen doen in het onderzoek. Op de praktijkbedrijven verzamelen de onderzoekers de benodigde data, omdat de ervaring leert dat het lastig is met ondernemers, studenten of vrijwilligers tot bruikbare en betrouwbare datasets te komen. Op basis van het aantal deelnemende bedrijven, de meetmomenten en herhalingen in de tijd kan een inschatting worden gemaakt van de kosten voor de dataverzameling en -analyse.

Ecosysteemdiensten

Bij ecosysteemdiensten is het lastig om zonder scherp omschreven doel tot een concreet monitoringsvoorstel te komen. Bij het meten van ecosysteemdiensten is het heel belangrijk te bepalen wat je wilt meten en waarom. De impact op biodiversiteit kun je bijvoorbeeld vanuit verschillende perspectieven in beeld brengen. Kijkend vanuit dat van de agrariër draait het wellicht vooral om indicatoren die gaan over de functionele agrobiodiversiteit, waar een natuurbeschermers bijvoorbeeld de indicatoren ten aanzien van Rode Lijstsoorten hoog op de verlanglijst heeft staan. En iemand die opkomt voor het cultuurlandschap zal misschien indicatoren als de weidevogel weer voorop willen stellen. Je zult dus heel goed moeten vaststellen met welk doel je gaat meten, om vervolgens te kunnen bepalen wat je dan gaat meten. Als je weet wat je gaat meten, is het ook nog zaak te bepalen welke indicatoren je daarvoor gaat gebruiken. Het kunnen beargumenteren van de keuze voor een indicator is onderdeel van de verantwoording voor de aanpak. In principe is elke keuze legitiem. Het kan bijvoorbeeld gaan om betaalbaarheid of om zo goed mogelijk aan te sluiten bij lopend onderzoek zodat vergelijken makkelijker wordt.

3.2.4 Eén dataverzamelplek?

Er zijn verschillende voorlopige initiatieven in de praktijk en de wetenschap waarbij (uiteenlopende) data over agroforestry worden verzameld. Deze initiatieven verzamelen data vanuit hun eigen doelen, met zelfgekozen indicatoren en protocollen. Dat maakt, ook als de protocollen maar een klein beetje afwijken, vergelijken lastig. Toch kun je stellen dat een gebrek aan data in deze vroege ontwikkeling van agroforestry een sterk argument is om deze databronnen, mogelijk van waarde voor praktijk en onderzoek, op één centrale plek toegankelijk te maken.

Er kan ook worden overwogen om te verkennen of de data uit agroforestry gekoppeld kunnen worden aan de kernset¹⁰ Kritische prestatie Indicatoren (KPI) voor duurzame landbouw.

3.2.5 Proefopstellingen?

Er is een groeiend aantal agrarische bedrijven in omschakeling die graag inzicht zouden hebben in de ontwikkeling van hun agroforestrysysteem. Het Agroforestry Netwerk Nederland zou kunnen toewerken naar een gemotiveerde groep boeren die op basis van data over hun bedrijfssysteem kennis uitwisselen en best practices delen.

Het meten van ecosysteemdiensten gebeurt idealiter in gecontroleerde proefopstellingen. Het is waarschijnlijk het kosteneffectiefst om dit in goed gecontroleerde omgevingen te doen. Het ligt dan voor de hand dit niet op praktijkbedrijven, maar op bestaande onderzoekslocaties te doen, zoals het rijenteelt-akkerbouw agroforestry experiment bij WUR Open Teelten in Lelystad en op experimenteellocaties zoals AgroforestryBlueprint. Hier kunnen variabelen 'geïsoleerd' worden gemanipuleerd en kunnen de effecten op andere variabelen worden onderzocht, los van eventuele versturende dynamiek van de bedrijvigheid op een commercieel opererende agrarische onderneming.

¹⁰ <https://wiki.groenkennisnet.nl/space/kpikll>

Literatuur

Agroforestry Netwerk Nederland. Juiste Boom op de Juiste plek.

<https://kennisbank.agroforestrynetwerk.nl/de-juiste-boom-op-de-juiste-plek/>

Allema, B., van Leeuwen, S., Trip, M., van Noordwijk, T., van der Gugten, A., Costaz, T., Cuperus, F., Huizinga, K., Waenink, R., Dekker, J., & Karssemeijer, P. (2025). *Instrumenten voor het monitoren van biodiversiteit: Deelrapportage bij het project Boeren met biodiversiteit*. <https://edepot.wur.nl/634592>

Haden, von, A. C., Yang, W. H., & DeLucia, E. H. (2020). Soils' dirty little secret: Depth-based comparisons can be inadequate for quantifying changes in soil organic carbon and other mineral soil properties. *Global Change Biology*, 26(7), 3759-3770. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/gcb.15124>

Hallmann, C. A., Sorg, M., Jongejans, E., Siepel, H., Hofland, N., Schwan, H., Stenmans, W., Müller, A., Sumser, H., Hörren, 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), Article e0185809. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0185809>

Pardon, P., Reubens, B., Reheul, D., Mertens, J., De Frenne, P., Coussement, T., ... & Verheyen, K. (2017). Trees increase soil organic carbon and nutrient availability in temperate agroforestry systems. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 247, 98-111. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2017.06.018>

Prins, E., Leeuwen, van, S., Vijn, M., Thijssen, E., Kruit, J. (2023) Onderzoek naar Agroforestry in Nederland. Inventarisatie voor een gedragen onderzoeksagenda.

Prins E., Wendel B. 2024. Factsheet: Monitoring in agroforestrysystemen: Een eerste aanzet tot structuur in de monitoring van agroforestrysystemen in Nederland. Agroforestry Netwerk Nederland. <https://www.louisbolk.nl/publicaties/factsheet-monitoring-agroforestrysystemen>

Prins, E., Fuchs, L. M., Vijn, M. P., Schoutsen, M. A., van Kernebeek, H. R. J., Kruit, J., & Zijlstra, R. (2024, aug). *Typering agroforestry in Nederland*. Wageningen University & Research. <https://edepot.wur.nl/660923>

Weibull, AC., Östman, Ö. & Granqvist, Å. Species richness in agroecosystems: the effect of landscape, habitat and farm management. *Biodiversity and Conservation* 12, 1335–1355 (2003). <https://doi.org/10.1023/A:1023617117780>

Wendel, B., Rooduijn, B., Disselhorst, E. (2023). VOEDSELBOSSEN: Bodem, biodiversiteit, biomassa Business en beweging. Drie jaar onderzoek naar voedselbossen in Nederland. De huidige stand van zaken binnen het Nationaal Monitoringsprogramma Voedselbossen. Link

Bijlage 1 Aspecten, indicatoren, protocollen

Aspect

Aspecten gaan over zaken die iets kunnen vertellen over het functioneren (presteren) van een te onderzoeken systeem, zoals biodiversiteit of plant-prestatie in het geval van agroforestry.

Indicator

Indicatoren zijn specifieke meetbare zaken die de toestand of verandering van een aspect duiden.

Er bestaan vaak meerdere indicatoren om een aspect te duiden. Het gebruik van specifieke indicatoren hangt sterk af van het hetgeen met dat aspect moet worden aangetoond.

Het belang van een indicator kan per groeistadium van een systeem verschillen. Neem bijvoorbeeld het aspect plant-prestatie. Bij de start van het systeem zal een indicator als groei belangrijk zijn. Pas later in de tijd zal de indicator oogst in belang toenemen. Oogst is namelijk in het eerste groeistadium nog geen factor van betekenis.

Protocol

Een protocol gaat over de werkwijze of methode die wordt gebruikt om indicatoren te meten.

Hieronder een lijst met aspecten en indicatoren, voortgekomen uit het combineren van bronnen.

1. Bodem (gezondheid)
 - Chemische indicatoren (SOM, nutriënten, pH, CEC)
 - Fysiologische indicatoren (textuur, verdichting, porositeit, infiltratie)
 - Biologische indicatoren (wormen, nematoden, schimmels, Mycorrhiza)
2. Biodiversiteit
 - Diversiteit vegetatie
 - Diversiteit bodemleven
 - Diversiteit vogels
 - Diversiteit vliegende/kruipende/bestuivende insecten
 - Diversiteit zoogdieren
 - Diversiteit reptielen
3. Water
 - Waterkwaliteit van oppervlakte- en grondwater
 - Waterretentiecapaciteit
 - Water regulerende capaciteit
4. Koolstof
 - Vastlegging bovengrondse koolstof (biomassa)
 - Vastlegging ondergrondse koolstof (bodem)
5. Plant prestatie
 - Groei
 - Ziekte
 - Oogst
 - Nutriënten (kwaliteit oogst)
6. Agro-economisch (systeem)
 - Arbeid (investeringskosten)
 - Gewas opbrengsten (hoeveelheid en kwaliteit)
 - Verdienvermogen (saldo start en afzet)
 - Effect beheer op productie

-
7. Microklimaat (Effect van houtige op gewas en dier)
 - Wind
 - Schaduw
 - Bodem-/luchtkwaliteit
 - Temperatuur
 - Plaagbestrijding
 - Dierenwelzijn (melkproductie en kwaliteit)
 8. Lucht(kwaliteit)
 - Ammoniak
 - Stikstof
 - Zoönose
 - Fijnstof
 9. Sociaal
 - Ervaren werkgeluk
 - Waardering landschapsbeleving
 - Ervaren interactie (community)
 - Betrokken stakeholders
 - Politiek/bestuurlijke acceptatie (wet/regelgeving)
 - Acceptatie en tevredenheid van gemeenschappen
 10. Landschap
 - Ecologische verbindingen
 - Verbetering landschapsethiek

Bijlage 2 Selectie van agroforestry-percelen

Optie 1a: Zandgronden

In samenwerking met provinciale agroforestry-netwerken in Utrecht, Gelderland, Limburg en Noord-Brabant wordt een selectie gemaakt van de tien meest aangeplante agroforestry-soorten, zoals walnoot, hazelaar, tamme kastanje, olijfwilg, kers, honingbes, rode/zwarte bes, pruim en nashipeer. Van elke soort wordt de voortgang op 10 locaties gemonitord. Omdat bij enkele bedrijven meerdere soorten aanwezig zijn én omdat ingezet wordt op de meest voorkomende soorten, verwachten we N=10 te kunnen bereiken bij ongeveer 25 locaties.

- Opvolging: de aanplant kan vanaf het begin worden gevolgd, of er kan in het derde jaar een balans worden opgemaakt op basis van de voorgestelde metingen.
- Data-analyse: de verzamelde data worden geanalyseerd om trends van met name groei en uitval per soort te identificeren.
- Interviews: er worden interviews gehouden met boeren over hun ervaringen in de eerste drie jaren van het agroforestry-systeem.
- Prestatie-indicatoren: kritische prestatie-indicatoren worden bepaald en onderbouwd, wat leidt tot advies over de tien soorten die het geschiktst zijn voor zandgrond.

Optie 1b: Klei

Een vergelijkbare aanpak kan worden gevolgd voor kleigronden, hoewel de mogelijkheden om gebruik te maken van netwerken in kleiprovinciën beperkter zijn.

Optie 2: Bodemsoort Loslaten

In deze optie wordt de focus op bodemsoort losgelaten. De vraag is wat de kritische prestatie-indicatoren zijn in de eerste drie jaar. Dit kan worden onderzocht op 100 locaties in Nederland, waarbij de aanplant in de eerste drie jaar nauwlettend wordt gevolgd.

Noord-Brabant	25	Functionele houtwal in akkerbouw	0	nvt	Zand	60
Gelderland	20	Grootschalige akkerbouw	5		Klei (incl klei op veen)	40
Utrecht	10	Kleinschalige akkerbouw	15			100
Limburg	10	Boomweide	20			
Noord-Holland	8	Rijenteelt op grasland	20			
Flevoland	5	Voederbomen	0	nvt		
Zuid-Holland	5	Beplanten kippenuitoop	10			
Zeeland	5	Voedselbos op rijen	15			
Drenthe	3	Romantisch voedselbos	15			
Groningen	3		100			
Friesland	3					
Overijssel	3					
	100					

Figuur B2.1 Verspreiding onderzoekslocaties.

Onderzoekslocaties jonge aanplant

De onderzoekslocaties zijn geselecteerd op basis van hun leeftijd, waarbij de focus ligt op systemen die zich in de eerste drie jaar na aanplant bevinden. Voor locaties die in hetzelfde jaar zijn aangeplant, worden metingen uitgevoerd direct na de aanplant, gevolgd door een tweede meting in het tweede of derde jaar. Voor locaties die tussen één en drie jaar oud zijn, wordt een inschatting gemaakt van de grootte na de aanplant. Hier wordt een initiële meting uitgevoerd, gevolgd door een meting na één jaar. Per locatie worden maximaal vijf verschillende soorten geselecteerd, met een gemiddelde van drie soorten. Van elke soort worden minimaal vijf en maximaal twintig bomen of struiken gekozen voor metingen. Dit resulteert in een

uitgebreide dataset van 300 datapunten (100 locaties x 3 metingen), waarbij elke dataset gegevens bevat van vijf tot twintig bomen.

Aanpak

De aanpak voor het onderzoek begint met de selectie van boeren via provinciale aanspreekpunten. Na de selectie wordt er contact opgenomen met de boeren om afspraken te maken voor de bezoeken. Tijdens het eerste bezoek wordt een vragenlijst doorgenomen die informatie verzamelt over het plantmateriaal, voorgenomen onderhoud, bodemgesteldheid en waterhuishouding, gevolgd door een meting van de planten. Bij het tweede bezoek vindt een evaluatie van de groei plaats, waarbij kritische prestatie-indicatoren worden besproken en geleerde lessen worden gedeeld en opnieuw aangevuld met metingen. De verzamelde data worden vervolgens geanalyseerd om inzicht te krijgen in de plantprestaties. Op basis van deze analyses worden de kritische prestatie-indicatoren benoemd en wordt er een praktijkadvies geschreven, wat bijdraagt aan de verdere optimalisatie van agroforestrysystemen.

Plantprestaties meten in oudere aanplant

Oudere aanplant (voornamelijk vijf jaar en ouder) vereist een andere focus:

Focus: langdurige (oogst)prestaties en gezondheid van de planten.

- Methoden: veldmetingen voor specifieke indicatoren en expertbeoordelingen.
- Frequentie: periodieke metingen elke drie tot vijf jaar.
- Indicatoren: verkoopbare opbrengst, groei, koolstofopslag, gezondheid, plagen en ziekten.

Selectie van agroforestry-percelen; opties

Oogstoptie A

In deze aanpak richten we ons op de selectie van tien soorten die al in Nederlandse agroforestrysystemen in productie zijn en die interessant zijn om te volgen vanwege hun hoge potentieel. Voor elke soort zullen we tien locaties identificeren waar deze in productie zijn, met een minimum van vijf bomen van dezelfde cultivar per locatie. Hierbij houden we rekening met een zekere variatie in grondsoort en waterstand. Belangrijker is de verdeling tussen systemen met hoge en lage boomedichtheid, evenals de verschillende vormen van beheer die worden toegepast.

Per locatie selecteren we vijf tot tien representatieve bomen voor de oogstbepaling of we nemen het gemiddelde van grotere aanplant van dezelfde cultivar. Vervolgens zullen we jaarlijks de opbrengst van deze tien soorten op de geselecteerde locaties bepalen, waarbij de methode voor opbrengstbepaling afhankelijk is van de soort en het systeem.

De verzamelde gegevens worden jaarlijks geanalyseerd en gerapporteerd, wat ons in staat stelt om trends en inzichten te identificeren. Indien er extra budget beschikbaar komt, is er bovendien de mogelijkheid om de dataset uit te breiden, wat kan bijdragen aan een nog gedetailleerder begrip van de prestaties van deze agroforestry-soorten.

Oogstoptie B:

In deze aanpak selecteren we twaalf representatieve bedrijven waar de aanplant vóór 2019 heeft plaatsgevonden, met een spreiding over verschillende systemen. Voor elk bedrijf worden zowel intensieve als extensieve varianten in overweging genomen, waaronder:

- Voedselbos op zandgrond
- Voedselbos op kleigrond
- Akkerbouw op zandgrond
- Akkerbouw op kleigrond
- Grasland op zandgrond
- Grasland op kleigrond

Het doel is om jaarlijks alle opbrengsten bij te houden, met een maximum van tien soorten per systeem.

Bijlage 3 Voorbeeldsheet dataverzameling voor Basisinformatie en Plantprestaties in jonge aanplant

Let op! Deze monitoringssheet dient per houtige soort ingevuld te worden waarbij Algemene informatie, Basisinformatie en Beheer één keer ingevuld dient te worden. Vervolgens is het de bedoeling 20 planten te selecteren en daarvoor de plantprestaties te noteren. Geef deze planten een unieke code en zorg dat ze in een volgende monitoringsronde makkelijk te identificeren zijn.

Algemene informatie

Perceelgrootte:

Locatie:

Eigenaar:

Datum:

Naam:

Startdatum aanplant (maand/jaar):

Basisinformatie (algemeen)

Parameter	Toelichting	Waarde
Bodemtype	Opties: Zand, zavel, lemig zand, zandig leem, siltige leem, lichte klei, klei, veen	
PH	Waarde (indien beschikbaar)	
Organische stof (%)	Waarde (indien beschikbaar)	
Waterstand	Opties: Hoog, middel, laag & stabiel of fluctuerend	
Voormalig landgebruik	Gewascode	
Ontwerp	Typering volgens 8 systemen (Prins et al., 2024)	

Basisinformatie (plant-specifiek)

Parameter	Opties	Waarde
Plantsoort	(Bomen & struiken: appel, hazelaar, kornoelje, zwarte bes, beuk, kastanje, honingbes etc.)	
Cultivar	Cultivarnaam	
Uitgangsmateriaal	Opties: Kale wortel, kluit, pot	
Onderstam	Type onderstam	
Moment van aanplant	Jaar en maand van aanplant	

Beheer

Parameter	Opties	Waarde
Kruidlaag	Gras, kruidenmengsel, klaver, zwart, anders	
Onkruidbeheer	Maaien, wieden/frezen, spuiten, niets	
Snoei	Niet, minimaal, productiegericht	
Irrigatie	Regelmatig, minimaal, nooit	
Bemesting	Regelmatig, minimaal, nooit	
Mulch	Ja, nee	

Plantprestatie (plant-specifiek) in te vullen voor 20 planten

Parameter	Opties	Waarde
Uitval	ja/nee	
Vermoedelijke reden uitval	Vraat, weersomstandigheden (vorst, droogte, wateroverlast), plaag of ziekte, andere reden	
Groei -hoogte	Hoogte plant (cm)	
Groei - diameter	Diameter op borsthoogte (130 cm)	

Bijlage 4 Voorbeeldsheet dataverzameling voor Basisinformatie en Plantprestaties in oudere aanplant

Let op! Deze monitoringssheet dient per houtige soort ingevuld te worden waarbij Algemene informatie, Basisinformatie en Beheer één keer ingevuld dient te worden. Vervolgens is het de bedoeling 20 planten te selecteren en daarvoor de plantprestaties te noteren. Geef deze planten een unieke code en zorg dat ze in een volgende monitoringsronde makkelijk te identificeren zijn.

Algemene informatie

Perceelgrootte:

Locatie:

Eigenaar:

Datum:

Naam:

Startdatum aanplant (maand/jaar):

Basisinformatie (algemeen)

Parameter	Toelichting	Waarde
Bodemtype	Opties: Zand, zavel, lemig zand, zandig leem, siltige leem, lichte klei, klei, veen	
pH	Waarde (indien beschikbaar)	
Organische stof (%)	Waarde (indien beschikbaar)	
Waterstand	Opties: Hoog, middel, laag & stabiel of fluctuerend	
Voormalig landgebruik	Gewascode	
Ontwerp	Typering volgens 8 systemen (Prins et al., 2024)	

Basisinformatie (plant-specifiek)

Parameter	Opties	Waarde
Plantsoort	(Bomen & struiken: appel, hazelaar, kornoelje, zwarte bes, beuk, kastanje, honingbes etc.)	
Cultivar	Cultivarnaam	
Uitgangsmateriaal	Opties: Kale wortel, kluit, pot	
Onderstam	Type onderstam	
Moment van aanplant	Jaar en maand van aanplant	

Beheer

Parameter	Opties	Waarde
Kruidlaag	Gras, kruidenmengsel, klaver, zwart, anders	
Onkruidbeheer	Maaien, wieden/frezen, spuiten, niets	
Snoei	Niet, minimaal, productiegericht	
Irrigatie	Regelmatig, minimaal, nooit	
Bemesting	Regelmatig, minimaal, nooit	
Mulch	Ja, nee	

Plantprestatie (plant-specifiek) in te vullen voor 20 planten

		Waarde
Parameter	Opties	
Uitval	Ja/nee	
Vermoedelijke reden uitval	Vraat, weersomstandigheden (vorst, droogte, wateroverlast), plaag of ziekte, andere reden	
Groei -hoogte	Hoogte plant (cm)	
Groei- diameter	Diameter op borsthoogte (130 cm)	

Plantgezondheid en productie

Parameter	Opties	Waarde
Plantgezondheid	Score (zie scorekaart hieronder)	
Ziekte en plagen	Visuele beoordeling, symptomen	
Productie	Vermarktbaar oogst in kg	

Scorekaart Plantgezondheid

Plantsoort:

Cultivar:

Indicator	Score 1 (Slecht)	Score 2 (Matig)	Score 3 (Goed)	Score 4 (Zeer Goed)
Bladkleur	Geel/Bruin	Lichtgroen/Geel	Groen	Donkergroen
Bladschade	Ernstige schade	Matige schade	Weinig schade	Geen schade
Bladverlies	Veel bladverlies	Matig bladverlies	Weinig bladverlies	Geen bladverlies
Stam en takken	Zichtbare schade	Enkele beschadigingen	Gezond met enkele vlekken	Gezond en onbeschadigd
Vruchtvorming (mits van toepassing)	Geen vruchten	Weinig vruchten	Gemiddelde hoeveelheid vruchten	Veel vruchten
Ziekte- en plaagsymptomen	Veel symptomen	Enkele symptomen	Weinig symptomen	Geen symptomen
Groei en ontwikkeling	Slechte groei	Matige groei	Goede groei	Zeer goede groei
Totale score				

Toelichting bij de Scorekaart

- **Bladkleur:** Gezonde planten hebben meestal een donkergroene kleur. Gele of bruine bladeren kunnen wijzen op voedingsproblemen of ziekten.
- **Bladschade:** Schade aan bladeren kan veroorzaakt worden door plagen, ziekten of omgevingsfactoren zoals wind of hagel.
- **Bladverlies:** Overmatig bladverlies kan een teken zijn van stress, ziekte of slechte groeiomstandigheden.
- **Stam en takken:** Gezonde stammen en takken zijn vrij van scheuren, vlekken en andere beschadigingen.
- **Vruchtvorming:** De hoeveelheid en kwaliteit van vruchten kunnen een goede indicator zijn van de algehele gezondheid van de plant.
- **Ziekte- en plaagsymptomen:** Symptomen zoals vlekken, schimmels of insecten kunnen wijzen op een infectie of plaag.
- **Groei en ontwikkeling:** Gezonde planten vertonen een goede groei en ontwikkeling, met stevige stengels en een overvloed aan nieuwe bladeren en scheuten.

Bijlage 5 Details uit protocollen die door experts zijn gedeeld t.b.v. expertsessie Biodiversiteit

Bron	Bestuivers	Meetmethode	Frequentie	Locaties	Opmerkingen	Type Systeem waarin metingen plaatsvinden
Inagro	Bijen, zweefvliegen, vlinders	Visuele monitoring	Idealiter wekelijks tijdens de bloeiperiode	Afhankelijk van vraagstelling	Indien puntwaarnemingen: 10 x 1 minuut. Indien transect: 3 x het transect.	diverse AF systemen
Handleiding landelijk meetnet hommels 2020	Hommels	Visuele waarnemingen, Routes van minimaal 350m en maximaal 1000m, onderverdeeld in secties van 50m	Minimaal één keer per maand, van 1 maart tot 30 september	Niet specifiek vermeld	Hommels worden per sectie geteld tot 2,5m links en rechts van de teller en tot 5m voor de teller	diverse AF systemen
DigitAF project i.s.m. Universiteit Gent	Bijen, zweefvliegen	Pan traps (UV wit, geel, blauw), gevuld met water en zeep	Niet specifiek vermeld	Op de grond op plaatsen met lage vegetatie of direct op platen	Vallen worden 2 dagen geplaatst, naast de transecten	diverse AF systemen: silvoarable, silvopasture, heggen, bossen waar vee graast
HVHL - BEESPOKE project	O.a. Bijen en zweefvliegen	Pan traps, samen met insecten netvangsten op dezelfde locaties (ter vergelijk)	Niet specifiek vermeld	Divers, op verschillende locaties (bv in het midden van het veld, in bloemstroken en andere stroken grenzend aan perceel)	n.v.t.	Vangsten in bloemstroken werden vergeleken met die in niet-bloeiende (1 aardappel, 2 granen) en bloeiende (3 tuinbonen, 1 koolzaad, 1 vlas) gewassen, evenals in diverse perceelsranden.

*Details uit de verschillende protocollen voor het monitoren van **bestuivers** die door experts ter beschikking zijn gesteld t.b.v. de 'Expertsessie Biodiversiteit (insectenonderzoek) – agroforestry Meetnet' d.d. 25-9-2024.*

Bron		Meetmethode	Frequentie	Locaties	Opmerkingen	Type Systeem
DigitAF project i.s.m. Universiteit Gent	Vlinders	Transecten van 50m, 15 minuten inspanning met net en fotocamera	Alleen bij optimale weersomstandigheden	Niet specifiek vermeld	Focus op Lepidoptera, Hymenoptera, Syrphidae; soorten die niet identificeerbaar zijn, worden gevangen voor latere identificatie. Gedetailleerde instructies voor elke meetmethode, inclusief materialenlijsten, procedures, en opslag van monsters. Het benadrukt ook het belang van consistente bemonstering op dezelfde locaties en onder vergelijkbare weersomstandigheden om betrouwbare gegevens te verkrijgen.	diverse AF systemen: silvoarable, silvopasture, heggen, bossen waar vee graast
Protocol experttellingen Boeren met Biodiversiteit	Vlinders	Transecttellingen (100m voor zicht, 30m met vangnet)	Twee rondes: 15 mei – 15 juni, 1 juli - 31 juli	Niet specifiek vermeld	Transecten moeten niet overlappen en representatief zijn voor het gewas	diverse AF systemen
Handleiding landelijke meetnetten vlinders, libellen en nachtvlinders	Vlinders	Transecten van 50m, 15 minuten inspanning met net en fotocamera	Wekelijks van april t/m september	Routes van maximaal 1 km, verdeeld in secties van 50m	Alleen bij optimale weersomstandigheden (T > 15°C, geen of milde wind, geen regen, <50% bewolking)	diverse AF systemen

*Details uit de verschillende protocollen voor het monitoren van **Vlinders** die door experts ter beschikking zijn gesteld t.b.v. de 'Expertsessie Biodiversiteit (insectenonderzoek) – agroforestry Meetnet' d.d. 25-9-2024.*

Bron	Nachtvliners	Meetmethode	Frequentie	Locaties	Opmerkingen
Handleiding landelijke meetnetten vlinders, libellen en nachtvliners	Nachtvliners	Nachtvlindervallen (Skinnerval), minimaal zes keer per jaar tussen 1 april en 1 november	Minimaal zes keer per jaar tussen 1 april en 1 november	Telpunten waar nachtvlindervallen worden geplaatst	Vallen moeten altijd op dezelfde plek worden geplaatst binnen een denkbeeldig vierkant van 2x2m
DigitAF project i.s.m. Universiteit Gent	Nachtvliners	Led-emmers met led-strip (12V) en powerbank	Niet specifiek vermeld	Niet dichterbij dan 50m van elkaar	Emmers worden 's nachts geplaatst en 's ochtends geleegd; motten worden geïdentificeerd en vrijgelaten
Inagro	Nachtvliners	Led-emmers met led-strip (12V) en powerbank	Eén nacht per maand van april tot en met oktober	Niet dichterbij dan 50m van elkaar	Emmers worden 's nachts geplaatst en 's ochtends geleegd; motten worden geïdentificeerd en vrijgelaten
WUR Open Teelten	Nachtvliners	Nachtvliners met LED-emmers	Regelmatig legen en opnieuw plaatsen	Specifieke locaties gemarkeerd met ID's op een kaart	Materiaal: Emmer met deksel, trechter, powerbank met snoer, eierdozen, snoer met lichtstrip en sensor, telefoon met camera, app ObsIdentify, computer met account bij vlinder meetnet. Methode: Plaatsen: Zet de emmer op, sluit de powerbank aan, en plaats de lichtstrip. Legen: Maak foto's van de vlinders in de emmer en noteer omgevingscondities. Vangst doorgeven: Identificeer vlinders met ObsIdentify en rapporteer via vlinder meetnet.

Details uit de verschillende protocollen voor het monitoren van **Nachtvliners** die door experts ter beschikking zijn gesteld t.b.v. de 'Expertsessie Biodiversiteit (insectenonderzoek) – agroforestry Meetnet' d.d. 25-9-2024.

Bron	Vliegende insecten	Meetmethode	Frequentie	Locaties	Opmerkingen	Type Systeem
Inagro	divers	Venstervallen (gevuld met water en enkele druppels zeep)	Twee keer per jaar (half mei en half september), duur van 1 staalname: 3 nachten	Niet specifiek vermeld, divers		Velden met bomenrijen en homogene velden
Inagro	vliegende macro-invertebraten	LED-emmers; LED-emmers worden één nacht per maand van april tot en met oktober geplaatst. De emmers worden 's ochtends geleegd en de motten worden geïdentificeerd en vrijgelaten.	Eén nacht per maand	Niet specifiek vermeld		Niet specifiek vermeld
Protocol experttellingen Boeren met Biodiversiteit	Bijen, hommels, vlinders, zweefvliegen	Transecttellingen (100m voor zicht, 30m met vangnet)	Twee rondes: 15 mei – 15 juni, 1 juli - 31 juli	Niet specifiek vermeld	Transecten moeten niet overlappen en representatief zijn voor het gewas	diverse AF systemen
WUR Open Teelten	Muggen, vliegen, vliesvleugeligen, kevers, wantsen, Bladluizen, bladvlooiën, stofluizen, cicaden, trips, vlinders, spinnen, mijten, gaasvliegen, stofluizen, springstaarten	Vliegende insecten met Malaise vallen	Regelmatig legen en opnieuw vullen	Specifieke locaties gemarkeerd met ID's op een kaart (in de bomenrijen en op verschillende afstanden van de bomenrij in het akkerbouwgewas)	Materiaal: Tentje, tentstokken, fles voor ethanol, haringen, 70% ethanol, 250 ml potjes (met blauwe deksel), labels (stickers en papier), potlood en pen. Plaatsen: Zet de tent op, vul de fles met ethanol, en zet vast met haringen. Legen: Giet de inhoud van de fles in potjes, label deze, en sla op in de koeling. Determineren: Identificeer de vangst op groepen en grootte.	Rijenteeltsysteem icm akkerbouw
CropMix-boerderijnetwerk	divers	Vliegende insecten met Malaise vallen	Drie keer: Ronde 1: 29 april – 21 juni, Ronde 2: 24 juni – 16 augustus, Ronde 3: 19 augustus – 11 oktober	Referentievelden: 2 vallen op een transect in het midden van het veld. Stroken: 2 vallen in het midden van de strook in het midden van het veld.	Materiaal: 4 malaisevallen, 16 houten palen, 4 kleine oranje palen, 4 malaisevalflessen gevuld met 99,5% propyleenglycol, 16 haringen (30-40 cm), Hamer, Plastic folie + transparante tape voor het repareren van gebroken flessen	Diverse systemen; malaisevallen altijd geplaatst in akkerbouwgewassen; nooit in natuur-inclusieve stroken

Bron	Vliegende insecten	Meetmethode	Frequentie	Locaties	Opmerkingen	Type Systeem
Biodiversiteitsonderzoek Aeres	Vliegende insecten	De plakvalmethode wordt gebruikt om de biodiversiteit (en/of biomassa) van vliegende insecten te bepalen	Liefst niet bij extreem nat, koud of winderig weer. Plakvallen worden vaak in combinatie met potvallen geplaatst. Plaats de potvallen altijd 1-2 meter rechts of links van de plakvallen).	3 vallen per locatie (perceel); 3 keer herhaald in de tijd. Verdeel de vallen over het perceel, blijf 15 meter uit de rand, om invloed daarvan te voorkomen. Laat de plakval 48 uur staan. Interval plaatsing val: minimaal 1 week	Materiaal: gele plakvallen met de afmetingen van 10 x 24,7 cm (b.v. van Horiver) (3 per locatie of perceel x aantal herhalingen in de tijd); perforator; watervaste stift; stokjes van ca 40 cm lang (2 per plakval); (gras)schaar; smartphone (als kompas, voor locatiebepaling en voor invoer data-formulier, fotografie)	veldonderzoek op graslanden
HVHL - BEESPOKE project	Vliegende insecten	Plakval methode ('yellow sticky traps') met plakvallen van 10x25cm op houten stokken die in de grond werden geplaatst, met de plakzijde ongeveer 20-45cm boven de grond, op het zuiden.	Niet specifiek vermeld. Plakvallen blijven twee dagen staan.	Niet specifiek vermeld	Na twee dagen worden soorten en aantallen insecten geteld, evenals de lengte, en een inschatting gemaakt van de biomassa. Dit met behulp van fotoherkenning. (NB! In andere projecten konden vangsten met AI automatisch gekwalificeerd worden tot op orde-niveau).	Metten van biodiversiteitsverandering in bloemrijke akkerranden en bloemstroken in akkerbouwsystemen.

*Details uit de verschillende protocollen voor het monitoren van **Vliegende insecten** die door experts ter beschikking zijn gesteld t.b.v. de 'Expertsessie Biodiversiteit (insectenonderzoek) – agroforestry Meetnet' d.d. 25-9-2024.*

Bron	Bodemfauna	Meetmethode	Frequentie	Locaties	Opmerkingen
Inagro	Kevers, spinnen, duizendpoten, miljoenpoten, pissebedden, slakken	Potvallen, gevuld met verzadigde zoutoplossing + enkele druppels zeep	Vier keer per jaar: half maart, half mei, half juli, half september. Duur van 1 staalname: 3 nachten	In het midden van het veld, onder de bomenrijen, op verschillende afstanden van de bomenrijen (4,5m en 10,5m)	Invertebraten worden verzameld en opgeslagen in ethanol
Inagro	Overwinterende insecten	Incubatiebakken; onverwarmde ruimte gezet en de potjes onder de bakken worden elke twee weken ververst tot midden augustus	Eén keer per jaar (half februari).	Niet specifiek vermeld	
DigitAF project i.s.m. Universiteit Gent	Kevers, spinnen, hooiwagens, pissebedden, duizendpoten, miljoenpoten, mieren, slakken	Potvallen (500mL, Ø 10cm, d 11cm), 50/50 oplossing van autoantivries en water met zeep	Niet specifiek vermeld	In het midden van de percelen	Potvallen worden 7 dagen in het veld geplaatst; invertebraten worden verzameld en opgeslagen in ethanol. Gedetailleerde instructies voor elke meetmethode, inclusief materialenlijsten, procedures, en opslag van monsters. Het benadrukt ook het belang van consistente bemonstering op dezelfde locaties en onder vergelijkbare weersomstandigheden om betrouwbare gegevens te verkrijgen.
Protocol experttellingen Boeren met Biodiversiteit	Kevers, spinnen, duizendpoten, miljoenpoten, pissebedden, slakken	Potvallen	Twee rondes: 15 mei – 15 juni, 1 juli - 31 juli	Drie potvallen per locatie, in een transect van 10 meter met een afstand van 5 meter tussen de vallen	Potvallen blijven een week staan en worden dan geleegd
WUR Open Teelten	Loopkevers, spinnen, kortschildkevers, overige bodemmacro-invertebraten	Bodemmacro-invertebraten met potvallen	Vier keer per jaar (half maart, half mei, half juli, half september)	In het midden van het veld, onder de bomenrijen, en op verschillende afstanden van de bomenrijen	Materiaal: Plastic salade bekertjes (met en zonder gaatjes), deksel met pinnen, stok met label, wortelboor (diameter 8 cm), meetlint, water, geur- en kleurloos afwasmiddel, 250 ml potjes, labels (stickers), pen, 70% ethanol, zeefje, kwastje, pincet, afgesloten weegschaal (precisie van 0.0000 gram), keukenpapier. Methode: Plaatsen: Graaf een gat met de wortelboor, plaats de bekertjes, vul met water en afwasmiddel, en dek af met deksel. Laat de potvallen 5 dagen in het veld. Legen: Na 5 dagen, giet de inhoud in potjes en label deze. Opslaan: Spoel de vangst, scheid insecten van grond, en bewaar in ethanol. Determineren: Identificeer de vangst op groepen en indien mogelijk op soort.
CropMix-boerderijen netwerk	Bodemmacro-invertebraten	Potvallen 200 ml potten, water met afwasmiddel	Twee keer per jaar: Ronde 1: 29 april – 21 juni en 19 augustus – 11 oktober	Referentievelden: 5 vallen totaal, Stroken: 7 vallen totaal (zie samenvatting voor details); Potvallen worden altijd geplaatst in akkerbouwgewassen	Materiaal: Plastic bekertjes, zwarte plastic deksels, lange witte stokken, labelvlaggen, grondboor, meetlint, schoon water, neutrale afwasmiddel.

Bron	Bodemfauna	Meetmethode	Frequentie	Locaties	Opmerkingen
Biodiversiteitsonderzoek Aeres	bodembiodiversiteit	Potvallen	Niet specifiek vermeld	Minimaal drie potvallen per locatie. Wanneer je op een agrarisch bedrijf bijvoorbeeld twee percelen vergelijkt, zijn dat twee plekken die je vergelijkt. 3 keer herhaald in de tijd. Verdeel de vallen over het perceel, blijf 15 meter uit de rand, om invloed daarvan te voorkomen. Interval plaatsing volgende serie vallen op dezelfde locatie: minimaal 1 week.	Materiaal: Bekers met een bovenrand diameter: 9,6 cm (bijvoorbeeld standaard bierbeker 0,5 l bier (650cc) (figuur 6) of yoghurtbeker 0,5 l met deze bovenranddiameter; Grondboor; Smartphone (voor locatiebepaling en voor invoer data-formulier); Water met drupje afwasmiddel.; Theezeefje; Potten voor conserveren vangst.; Spiritus; Labels/witte stickers; Watervaste stift
HVHL - BEESPOKE project	bodembiodiversiteit	Potvallen (standaard kunststof koffiebekers van 180ml met een diameter van 7cm, gevuld met zout water (100g/l) en een druppel afwasmiddel	Niet specifiek vermeld.	Niet specifiek vermeld	Potvallen blijven twee dagen staan. De inhoud wordt vervolgens geleegd boven een standaard plastic theezeef en bewaard in een plastic container van 60 ml met een schroefdop, in 70% ethanol, tot taxonomische bepaling.

*Details uit de verschillende protocollen voor het monitoren van **Bodemfauna** die door experts ter beschikking zijn gesteld t.b.v. de 'Expertsessie Biodiversiteit (insectenonderzoek) – agroforestry Meetnet' d.d. 25-9-2024.*

Wageningen Environmental Research
Postbus 47
6700 AA Wageningen
T 0317 48 07 00
wur.nl/environmental-research

Wageningen Environmental Research
Rapport 3419
ISSN 1566-7197



De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.700 medewerkers (7.000 fte), 2.500 PhD- en EngD-kandidaten, 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.

To explore
the potential
of nature to
improve the
quality of life



Wageningen Environmental Research
Postbus 47
6700 AB Wageningen
T 0317 48 07 00
wur.nl/environmental-research

Rapport 3418
ISSN 1566-7197



De missie van Wageningen University & Research is 'To explore the potential of nature to improve the quality of life'. Binnen Wageningen University & Research bundelen Wageningen University en gespecialiseerde onderzoeksinstituten van Stichting Wageningen Research hun krachten om bij te dragen aan de oplossing van belangrijke vragen in het domein van gezonde voeding en leefomgeving. Met ongeveer 30 vestigingen, 7.700 medewerkers (7.000 fte), 2.500 PhD- en EngD-kandidaten, 13.100 studenten en ruim 150.000 Leven Lang Leren-deelnemers behoort Wageningen University & Research wereldwijd tot de aansprekende kennisinstellingen binnen haar domein. De integrale benadering van de vraagstukken en de samenwerking tussen verschillende disciplines vormen het hart van de unieke Wageningen aanpak.
