



BiodiversiteitsMonitor Akkerbouw

Wetenschappelijke onderbouwing en toepassing in de praktijk

Anne van Doorn, Jeroen Schütt, Tim Visser, Rik Waenink, Robert Baayen, Maria-Franca Dekkers,
Isabella Selin Noren, Wijnand Sukkel, Dennis Heupink, Chris Koopmans, Lisa Deijl, Carleen Weebbers

BiodiversiteitsMonitor Akkerbouw

Wetenschappelijke onderbouwing en toepassing in de praktijk

Anne van Doorn¹, Jeroen Schütt¹, Tim Visser¹, Rik Waenink¹, Robert Baayen¹, Maria-Franca Dekkers²,
Isabella Selin Noren², Wijnand Sukkel², Dennis Heupink³, Chris Koopmans³, Lisa Deijl⁴, Carleen Weebers⁴

1 Wageningen Environmental Research

2 Wageningen Plant Research

3 Louis Bolk Instituut

4 BoerenNatuur

Dit onderzoek is uitgevoerd door Wageningen Environmental Research en gesubsidieerd door het ministerie van Landbouw, Natuur en Voedselkwaliteit, in het kader van het Beleidsondersteunend onderzoekthema Biodiversiteit (projectnummer BO-58-001-003).

Wageningen Environmental Research

Wageningen, november 2021

Gereviewd door:

Dr.ir. F.J.J.A. (Felix) Bianchi (WUR)

Akkoord voor publicatie:

Dr. ir. J.C. (Joke) de Jong, teamleider Biodiversiteit en beleid

Rapport 3121

ISSN 1566-7197

Doorn, A van, J. Schütt, T. Visser, R. Waenink, R. Baayen M.F. Dekkers, I. Selin Noren, W. Sukkel, D. Heupink, C. Koopmans, L. Deijl, C. Weebers, 2021. *BiodiversiteitsMonitor Akkerbouw; Wetenschappelijke onderbouwing en toepassing in de praktijk*. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3121. 120 blz.; 17 fig.; 15 tab.; 207 ref.

Trefwoorden: akkerbouw, biodiversiteit, monitoring, kritische prestatie-indicatoren

Dit rapport is gratis te downloaden van <https://doi.org/10.18174/555052> 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.

© 2021 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 ISO 9001 gecertificeerd kwaliteitsmanagementsysteem. In 2006 heeft Wageningen Environmental Research een milieuzorgsysteem geïmplementeerd, gecertificeerd volgens de norm ISO 14001. Wageningen Environmental Research geeft via ISO 26000 invulling aan haar maatschappelijke verantwoordelijkheid.

Wageningen Environmental Research Rapport 3121 | ISSN 1566-7197

Foto omslag: shutterstock_9591802_lieveheersbeestje_aar

Inhoud

	Verantwoording	5
	Woord vooraf	7
	Gebruikte afkortingen	9
	Samenvatting	11
1	Inleiding	15
	1.1 Introductie	15
	1.2 Vertrekpunt: de 0.1-lijst van KPI's	16
	1.3 Onderzoeksvragen en doelstelling	18
	1.4 Werkwijze	19
	1.5 Leeswijzer	20
2	Status en trends van biodiversiteit in de akkerbouw	21
	2.1 Soortgroepen	21
	2.1.1 Gewassen	21
	2.1.2 Wilde planten	22
	2.1.3 Ongewervelden	23
	2.1.4 Vogels	24
	2.1.5 Zoogdieren en overige gewervelden	25
	2.2 Biodiversiteit op niveau van agro-ecosysteem en landschap	26
	2.2.1 Bodembiodiversiteit	26
	2.2.2 Biodiversiteit op akkers	27
	2.2.3 Biodiversiteit rondom akkers	28
	2.2.4 Landschappelijke diversiteit	29
	2.2.5 Functionele agrobiodiversiteit	30
3	Drukfactoren voor biodiversiteit op en om de akker	32
	3.1 Drijvende krachten	32
	3.2 Drukfactoren	35
	3.2.1 Landgebruik	35
	3.2.2 Milieufactoren	37
	3.2.3 Verdroging	39
	3.2.4 Overige drukfactoren	40
	3.3 Wisselwerking van drukfactoren	40
4	Opgaven, kansen en KPI's	42
	4.1 Ambitie	42
	4.2 Opgaven en kansen	42
	4.2.1 Opgaven en kansen voor biodivers landgebruik	42
	4.2.2 Opgaven en kansen voor minimalisering van emissies	45
	4.2.3 Overige opgaven en kansen: Klimaatbestendige akkerbouw	46
	4.2.4 Overzicht opgaven en kansen voor biodiversiteit in de akkerbouw	47
	4.3 Conceptueel kader voor biodiversiteit in de landbouw	47
	4.4 Kritische prestatie-indicatoren: naar een Biodiversiteitsmonitor Akkerbouw 1.0	49

5	Onderbouwing relatie KPI's en biodiversiteit	52
5.1	Werkwijze	52
5.2	Resultaten	53
5.3	Conclusies met betrekking tot KPI-selectie	55
6	KPI's in de praktijk: maatregelen & databeschikbaarheid	56
6.1	Inleiding	56
6.2	Maatregelen	57
6.3	Databeschikbaarheid KPI's	61
7	Samenhang en wisselwerking KPI's	63
7.1	Inleiding	63
7.2	Trade-off matrix	63
7.3	Resultaten	64
8	Slotwoord & vervolg	68
	Literatuur	69
	Bijlage 1 Factsheets KPI's	80

Verantwoording

Rapport: 3121

Projectnummer: 5200045733

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: Universitair Hoofddocent

naam: Dr.ir. F.J.J.A. (Felix) Bianchi

datum: 15 april 2021

Akkoord teamleider voor de inhoud,

naam: Dr. J.C. (Joke) de Jong

datum: 30 april 2021

Woord vooraf

Voorliggend rapport is een product van de PPS-LWV19251 - Biodiversiteitsmonitor Akkerbouw: in theorie en praktijk en omvat:

- Een brede review over biodiversiteit in de akkerbouw die de belangrijkste trends en factoren toelicht.
- Een literatuurstudie KPI-biodiversiteit: van elke KPI uit de 0.1-lijst en aanvullende KPI's uit de brede review is een wetenschappelijke literatuurstudie uitgevoerd om de relatie tussen de KPI en biodiversiteit te duiden. De resultaten zijn gevat in factsheets, waarin per KPI systematisch de relatie tussen de KPI en biodiversiteit wordt beschreven.
- Integratie van resultaten van de brede review en de literatuurstudie: in een korte notitie worden de resultaten van de brede review en de literatuurstudie per KPI geïntegreerd en wordt inzicht gegeven in de analyse van samenhang/interactie tussen KPI's met behulp van een trade-off matrix.
- Overzicht van handelingsmogelijkheden door akkerbouwers, waarbij per KPI een lijst met maatregelen wordt gepresenteerd die bijdragen om de score op de desbetreffende maatregel te verbeteren.

De auteurs

Gebruikte afkortingen

BMA	Biodiversiteitsmonitor Akkerbouw
CBD	Conventie voor Biologische Diversiteit
DPSIR	Driver-Pressure-State-Impact-Response
FAB	Functionele Agro-Biodiversiteit
GLB	Gemeenschappelijk Landbouw Beleid
KPI	Kritische Prestatie Indicator
KRW	Kaderrichtlijn Water
PPS	Publiek Private Samenwerking

Samenvatting

De akkerbouw kan een belangrijke bijdrage leveren aan het herstel van biodiversiteit. Om dat te realiseren, is onder andere nodig dat biodiversiteitsprestaties meetbaar en inzichtelijk worden gemaakt en akkerbouwers weten wat ze kunnen doen om de biodiversiteit te verbeteren. Hiertoe wordt de Biodiversiteitsmonitor Akkerbouw (BMA) ontwikkeld door de Brancheorganisatie Akkerbouw (BO Akkerbouw), provincie Groningen, de Rabobank en het Wereld Natuur Fonds (WWF-NL). Het is de bedoeling dat de BMA het mogelijk maakt om de prestaties op het gebied van biodiversiteit eenduidig te meten, maatschappelijk te laten waarderen en financieel te belonen.

De basis van de biodiversiteitsmonitor is een set van kritische prestatie indicatoren (KPI's). KPI's zijn indicatoren waar individuele akkerbouwers invloed op kunnen uitoefenen en die bijdragen aan herstel van biodiversiteit. Een eerste voorstel voor een lijst van KPI's (de zogenaamde 0.1-versie) is gedaan door BO Akkerbouw, WWF-NL, Rabobank en provincie Groningen (zie Tabel 1). Een wetenschappelijke onderbouwing in relatie tot het effect op biodiversiteit is het eerste criterium voor de selectie van de uiteindelijke KPI's.

Tabel 1 De 0.1-lijst van KPI's voor de Biodiversiteitsmonitor akkerbouw (bron: BO-akkerbouw).

KPI	
1	Aandeel rustgewassen in rotatie
2	Organische stofbalans
3	Stikstofoverschot
4	Milieubelasting gewasbeschermingsmiddelen
5	Percentage bodembedekking
6	Carbon footprint
7	Percentage natuur- en landschapsbeheer
8	Regionale kringloop/organische input uit regio

Voor een wetenschappelijke onderbouwing is het belangrijk om eerst duidelijk te maken over welke aan akkerbouw gerelateerde biodiversiteit het eigenlijk gaat, hoe deze biodiversiteit ervoor staat, wat bepalende factoren zijn voor biodiversiteit in de akkerbouw en welke invloed akkerbouwers daarop hebben. In voorliggend rapport staat deze onderbouwing centraal en behandelt daartoe de volgende vragen:

1. Wat is de status van de biodiversiteit in de akkerbouw en welke trends doen zich daarbij voor?
2. Wat zijn bepalende factoren voor biodiversiteit in de akkerbouw?
3. Wat zijn relevante opgaven en kansen voor biodiversiteit in de akkerbouw en hoe kan vooruitgang worden gemeten?
4. Hoe kunnen op basis hiervan KPI's afgeleid worden en hoe verhouden de bevindingen zich met de huidige 0.1-lijst?

Uit onze studie blijkt dat de diversiteit van akkerflora, insecten, vogels, zoogdieren en landschappen over het algemeen negatieve trends vertonen in akkerbouwgebieden. De trends kunnen verschillen per soort en per gebied, maar over de gehele linie kunnen we concluderen dat er sprake is van een afname van biodiversiteit. De belangrijkste drukfactoren die samenhangen met deze negatieve trends van biodiversiteit in de akkerbouw zijn de intensiteit van het grondgebruik, de homogenisering van het akkerland, het verdwijnen van (semi)natuurlijk habitat, emissies van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen en verdroging.

Voor het herstel van biodiversiteit zijn dan ook de volgende opgaven relevant: duurzaam bodembeheer, een divers akkerland, voldoende en onderling voldoende verbonden (semi)natuurlijk habitat, minimale emissies van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen en duurzaam waterbeheer

(zie ook Tabel 2). Akkerbouwers hebben veel kansen om aan deze opgaven te werken door bijvoorbeeld het toepassen van minimale grondbewerking, het op peil houden van het organische stofgehalte in de bodem, te werken aan gewasdiversiteit, de aanleg en het beheer van seminatuurlijk habitat en het beperken van emissies van nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen.

Tabel 2 Overzicht van opgaven, kansen en KPI's voor biodiversiteit in de akkerbouw. Aanduiding van pijlers relateert aan de 4 pijlers van het conceptueel kader voor biodiversiteit in de landbouw (Erisman et al., 2016), waarbij pijler 1 staat voor functionele agro-biodiversiteit, pijler 2 voor landschappelijke diversiteit, pijler 3 voor specifieke soorten en pijler 4 voor regionale diversiteit.

Opgave	Kans	KPI van 0.1-lijst	Voorstel aanvullende KPI	Berekeningswijze
Opgaven voor biodivers landgebruik				
Duurzaam bodembeheer	Bodem vriendelijk bouwplan	KPI 1: Aandeel rustgewassen in rotatie (pijler 1)		Aandeel rustgewassen in totaal bedrijfsareaal per kalenderjaar (eventueel weging per gewastype)
	Niet-kerende grondbewerking		Aandeel niet-kerende grondbewerking (pijler 1)	Aandeel gereduceerde/niet-kerende grondbewerking in totaal bedrijfsareaal per kalenderjaar
Bodem kwaliteit/gezonde bodem	Op peil houden organischestof-gehalte	KPI 2: Organischestof-balans (pijler 1)		Aanvoer minus afbraak en afvoer per kalenderjaar
	Bodembedekking buiten de hoofdteelt (stoppel, groenbemesters, vanggewas)	KPI 5: Percentage bodembedekking (pijler 1)		Aandeel bodembedekking (uitgedrukte in ha bedekt areaal * aantal maanden bedekking ten opzichte van het totale bedrijfsareaal per kalenderjaar
Divers akkerland (productief oppervlak)	Gewasdiversiteit op bedrijfsniveau (in type, tijd en ruimte)		Index gewasdiversiteit: aantal en type gewassen in bouwplan (pijlers 1 en 3)	Aantal opties mogelijk: # verschillende gewassen in bouwplan per kalenderjaar, gecorrigeerd voor bedrijfsschaal of betekenisvolle diversiteitsindex
Voldoende en voldoende verbonden semi-natuurlijk habitat (niet-productief oppervlak)	Aanleg en beheer van een netwerk van landschaps- en semi-natuurlijke elementen	KPI 7: Aandeel natuur- en landschapsbeheer (pijlers 2, 3 en 4)		Aandeel areaal onder natuur- en landschapsbeheer van totaal bedrijfsoppervlakte per kalenderjaar met extra weging voor permanente landschapselementen
			Groenblauwe dooradering: samenhang landschapselementen	Nog te ontwikkelen, bijvoorbeeld door middel van een connectiviteitsindex
Specifieke soorten bescherming	Maatregelen treffen voor specifieke soorten	KPI 7: Aandeel natuur- en landschapsbeheer (pijlers 2, 3 en 4)		Aandeel areaal onder natuur- en landschapsbeheer van totaal bedrijfsoppervlakte per kalenderjaar met extra weging voor permanente landschapselementen
Milieu-opgaven				
Minimale nutriëntenemissies naar grond, water en lucht	Minimalisering van verliezen nutriënten in de bemesting	KPI 3: Stikstof overschot op het bedrijf (pijler 1 en 4)		Aanvoer minus afvoer van stikstof (in kg N per ha) op bedrijfsniveau per kalenderjaar
Minimale impact gewas-beschermings-middelen	Minimalisering impact chemische gewasbeschermings-middelen	KPI 4: Milieubelasting gewasbeschermings-middelen (pijler 1 en 4)		Aantal milieubelastingpunten
Duurzaam watergebruik	Zuinig watergebruik en slim waterbeheer		Waterbalans (pijler 1 en 4)	Watergebruik per hectare per kalenderjaar – nog verder te ontwikkelen

Om te komen tot een selectie van KPI's zijn de geïdentificeerde opgaven en kansen voor biodiversiteit in de akkerbouw gespiegeld aan de huidige 0.1-lijst van KPI's. De meeste KPI's van de 0.1-lijst houden een direct verband met de geïdentificeerde opgaven en kansen. Dit betreft KPI 1 (aandeel rustgewassen op het bedrijf), KPI 2 (organische stofbalans), KPI 3 (stikstofoverschot op het bedrijf), KPI 4 (milieubelasting gewasbeschermingsmiddelen), KPI 5 (percentage bodembedekking) en KPI 7 (aandeel areaal met natuur- en landschapsbeheer). Enkele relevante opgaven worden nog niet of niet afdoende afgedekt met de KPI's van de 0.1-lijst, namelijk gewasdiversiteit, niet-kerende grondbewerking en duurzaam waterbeheer. We bevelen aan daar de volgende, aanvullende KPI's voor te definiëren: index gewasdiversiteit, aandeel niet-kerende grondbewerking en een KPI voor duurzaam waterbeheer. Daarnaast bevelen wij voor KPI 7 aan om extra gewicht toe te kennen aan het aandeel areaal met permanente landschapselementen (houtwallen, hagen, bomen, poelen, permanente randen etc.) en een aanvullende KPI voor de ruimtelijke samenhang van natuurlijk en seminatuurlijk habitat.

Ook concluderen we dat een tweetal KPI's van de 0.1-lijst weinig direct en/of eenduidig relateren aan de relevante opgaven die geïdentificeerd zijn. Het gaat dan om KPI 6 (carbon footprint) en KPI 8 (regionale kringloop). Beide KPI's zijn in het bredere perspectief van duurzaamheid nuttig, maar geen van beide heeft rechtstreeks verband met het behoud of herstel van biodiversiteit. Ook is het niet te verwachten dat deze KPI's nodig zijn om ongewenste afwentelingseffecten te voorkomen. We bevelen dus aan om KPI 6 (carbon footprint) en KPI 8 (regionale kringloop) niet op te nemen in de BMA.

Door middel van literatuuronderzoek is het verband tussen de KPI's met biodiversiteit nader onderzocht. De resultaten zijn per KPI in de vorm van factsheets beschreven. De resultaten laten zien dat voor een viertal KPI's (KPI 7 Natuur- en landschapsbeheer, KPI 5 percentage bodembedekking in de vorm van het percentage stoppeland in de winter, KPI 4 Milieubelasting gewasbeschermingsmiddelen en KPI gewasdiversiteit) in de literatuur sterke onderbouwing is gevonden voor een (positief of negatief) verband met de meeste soortgroepen.

Met name bodembiodiversiteit wordt door de KPI's het beste 'bediend': wetenschappelijke onderbouwing voor de relatie met bodembiodiversiteit is gevonden voor KPI 1 (aandeel rustgewassen), KPI 2 (organische stofbalans), KPI 5 (percentage bodembedekking), KPI niet-kerende grondbewerking en KPI gewasdiversiteit. Deze KPI's grijpen aan op landbouwkundige maatregelen die veelal gericht zijn op het verbeteren van de bodemkwaliteit, en daarmee de bodembiodiversiteit. Deze KPI's vormen zo een basis voor de BMA welke door een verhoogde functionele biodiversiteit perspectief biedt aan de akkerbouwer, wat enthousiasmeert om extra stappen te zetten en dan met name gericht op de bovengrondse biodiversiteit. Daarom is het van groot belang KPI's als KPI 4 (milieubelasting gewasbeschermingsmiddelen (verlagen)), KPI 7 (natuur- en landschapsbeheer) en een KPI gericht op gewasdiversiteit in de integrale set van KPI's op te nemen, zodat ook deze extra stappen beloond kunnen worden.

Een negatieve wisselwerking tussen KPI's kan met name verwacht worden tussen:

- KPI 2 (organische stofbalans in het bouwplan) & KPI 3 (stikstofoverschot)
- KPI 4 (milieubelasting gewasbeschermingsmiddelen) & KPI 5 (percentage bodembedekking)
- KPI 4 (milieubelasting gewasbeschermingsmiddelen) & KPI 9 (aandeel niet-kerende grondbewerking)

Om de integraliteit van de Biodiversiteitsmonitor akkerbouw te borgen, is het van belang dat er geen afwentelingseffecten op KPI's plaatsvinden. Dit zou kunnen door het opstellen van drempelwaarden voor alle KPI's. Een randvoorwaarde voor de BMA zou dan kunnen luiden dat voor alle KPI's ten minste de drempelwaarde behaald moet worden. In het geval van KPI 2 (organische stofbalans) kan er bijvoorbeeld een drempelwaarde worden gesteld aan de hoeveelheid organische stof, zodat optimaliseren van een stikstofoverschot niet kan leiden tot minder organische stof dan de gestelde drempelwaarde. Het stellen van een drempelwaarden voor KPI 4 (milieubelasting gewasbeschermingsmiddelen) is van belang vanwege bovenstaande negatieve interacties met andere KPI's.

Tabel 3 Advieslijst KPI's voor de Biodiversiteitsmonitor akkerbouw.

KPI

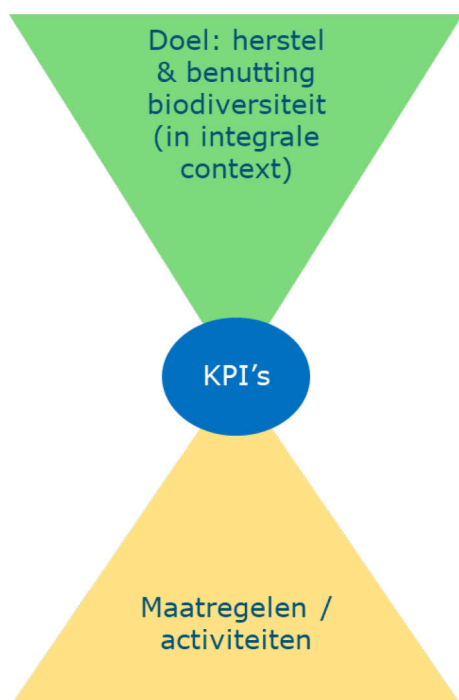
1	Percentage rustgewassen in rotatie
2	Aandeel niet-kerende grondbewerking
3	Organische stofbalans
4	Gewasdiversiteit
5	Percentage bodembedekking
6	Percentage natuur- en landschapsbeheer
7	Groenblauwe dooradering (connectiviteit)
8	Stikstofoverschot
9	Milieubelasting gewasbeschermingsmiddelen
10	Waterbalans

Met de voorgestelde set KPI's (zie Tabel 3) is het aannemelijk dat als akkerbouwers goed scoren op de KPI's, de biodiversiteit onder én boven de grond, volvelds, in de perceelsranden én in de omgeving van het bedrijf, erop vooruitgaat. De manier waarop invulling wordt gegeven aan de KPI's en de kwaliteit van de maatregelen is daarbij cruciaal. Welke waarden de KPI's moeten aannemen om daadwerkelijk een positief effect te bewerkstelligen, moet nog verder onderzocht worden. Daarnaast moeten de relatie tussen de KPI en de impact op biodiversiteit gevalideerd worden met veldmetingen. Desalniettemin is het belangrijk om te starten met het toepassen van de (aangepaste) BMA in de praktijk, want door het toepassen en daarvan te leren, kan het instrument verder verbeterd worden. De voorgestelde (aangepaste) KPI-set biedt daar een uitgelezen mogelijkheid voor.

1 Inleiding

1.1 Introductie

De akkerbouw in Nederland beslaat iets meer dan 500.000 ha (excl. snijmais) en is voornamelijk te vinden in de zuidelijke zandgebieden, het zuidwestelijke kleigebied, de IJsselmeerpolders, Noord-Holland, de noordelijke zand- en dalgronden en het noordelijke kleigebied (Smit & De Jager, 2018). Het totaalareaal daalt al jaren, evenals het aantal bedrijven, dat momenteel ca. 19.000 bedraagt. De belangrijkste akkerbouwgewassen zijn granen, aardappelen, suikerbieten en groenten (voornamelijk uien). De aardappel wordt wel de kurk van de Nederlandse akkerbouw genoemd, omdat gemiddeld 50% van het inkomen in de akkerbouw uit de teelt van dit gewas voortkomt. Daarnaast zijn granen de spil van de akkerbouw, omdat de graanprijs bepaalt in welke mate intensieve teelten in het bouwplan opgenomen worden (een hoge graanprijs leidt tot meer graan in het bouwplan en dat kan gunstig uitpakken voor biodiversiteit, omdat granen een rustgewas zijn). Kenmerkend voor de akkerbouw is dat alle gewassen in de open grond worden geteeld (vollegrondsteelt). Teelt en verwerking zijn vergaand gemechaniseerd en daarmee steeds kapitaalintensiever. Toepassing van nieuwe technologieën binnen de veredeling, teelt en verwerking speelt een belangrijke rol (Bremmer et al., 2019). Het aandeel biologische akkerbouw is klein en ligt de afgelopen jaren rond de 2,5%. Vanuit de sector wordt volop gewerkt aan verduurzaming van de akkerbouw, waarbij maatschappelijke thema's als milieu, klimaat en bodemkwaliteit worden opgepakt via programma's als PPS Beter Bodembeheer, Schoon en Zuinig en Actieplan Plantgezondheid.



Figuur 1 KPI's: de verbinding tussen doelen en opgaven enerzijds en het handelingsperspectief van akkerbouwers anderzijds.

Met de oprichting van het Deltaplan Biodiversiteitsherstel is herstel van biodiversiteit als belangrijk maatschappelijk doel hieraan toegevoegd. De akkerbouw kan een belangrijke bijdrage leveren aan het herstel van biodiversiteit. Daarvoor is onder andere nodig dat biodiversiteitsprestaties meetbaar en inzichtelijk worden gemaakt en akkerbouwers weten wat ze kunnen doen om de biodiversiteit te verbeteren. Hiertoe wordt de Biodiversiteitsmonitor akkerbouw (BMA) ontwikkeld door de

Brancheorganisatie Akkerbouw (BO Akkerbouw), provincie Groningen, de Rabobank en het Wereld Natuur Fonds (WWF-NL). Het is de bedoeling dat de BMA het mogelijk maakt om de prestaties op het gebied van biodiversiteit eenduidig te meten, maatschappelijk te waarderen en (financieel) te belonen. Zo kunnen bijvoorbeeld verwerkers van akkerbouwproducten, banken en overheden een financiële beloning geven aan akkerbouwers met een goede biodiversiteitsscore, als maat voor verduurzaming van het bedrijf in zijn omgeving. Stapeling van beloningen dient daarbij mogelijk te zijn om het voor de akkerbouwer aantrekkelijk te maken om in te zetten op meer biodiversiteit. Daarnaast geeft de monitor de akkerbouwer handelingsperspectief hoe bij te dragen aan biodiversiteitsherstel. Een gelijksoortige monitor is al ontwikkeld voor de melkveehouderij (Van Laarhoven, 2018).

De basis van de biodiversiteitsmonitor is een set van kritische prestatie indicatoren (KPI's). KPI's zijn indicatoren – in dit geval voor biodiversiteit op en om landbouwbedrijven – waar akkerbouwers individueel invloed op kunnen uitoefenen. KPI's vertalen de algemene doelstellingen voor biodiversiteit in meetbare variabelen op een specifiek schaalniveau voor een specifieke doelgroep (grondgebruikers). Daarbij ligt de focus op de prestaties die geleverd worden en waar de grondgebruiker zelf invloed op heeft. Dit heeft de voorkeur boven het voorschrijven van maatregelen, omdat bij prestaties de focus nadrukkelijker ligt op de doelstellingen en intenties van het aangepaste beheer en het inzetten op prestaties actieve betrokkenheid van de akkerbouwer mogelijk maakt.

Op deze manier vormen KPI's de verbinding tussen de doelen en opgaven voor biodiversiteitsherstel enerzijds en het handelingsperspectief van akkerbouwers anderzijds. Dit staat weergegeven in Figuur 1. De bovenste groene driehoek staat voor de doelen en opgaven van de BMA, de onderste gele driehoek voor het handelingsperspectief van de boer en de blauwe cirkel zijn de KPI's.

Voor de uitvoerbaarheid is het wenselijk dat de set van KPI's zo groot is als nodig, maar zo klein als mogelijk is om betekenisvol te zijn. Daarnaast is integraliteit een belangrijk kenmerk: KPI's zijn niet bedoeld om afzonderlijk van elkaar eigenstandig gebruikt te worden, maar alleen samen, als set, zijn ze betekenisvol en geven ze de juiste sturing. Hierbij is herstel van biodiversiteit de primaire focus, maar tegelijkertijd is het niet de bedoeling dat inspanningen voor biodiversiteit worden afgewenteld op andere opgaven zoals klimaat. Ook deze opgaven moeten daarom bij de integraliteit meegenomen worden.

Om te komen tot een zinvolle set van KPI's is het van belang dat de KPI's enerzijds een representatie vormen van de belangrijkste factoren voor biodiversiteit in de akkerbouw en anderzijds de akkerbouwer handelingsperspectief bieden.

1.2 Vertrekpunt: de 0.1-lijst van KPI's

Tabel 4 De 0.1-lijst van KPI's voor de biodiversiteitsmonitor akkerbouw (bron: BO-akkerbouw).

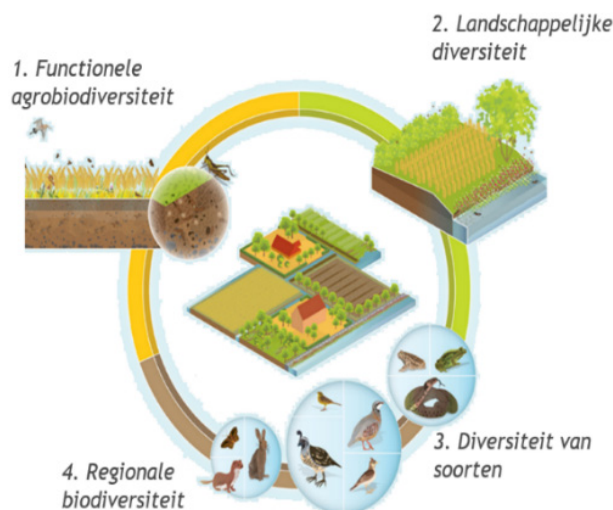
Nr.	KPI
1	Percentage rustgewassen in rotatie
2	Organische stofbalans
3	Stikstofoverschot
4	Milieubelasting gewasbeschermingsmiddelen
5	Percentage bodembedekking
6	Carbon footprint
7	Percentage natuur- en landschapsbeheer
8	Regionale kringloop/organische input uit regio

Een eerste voorstel voor een lijst van KPI's is gedaan door BO-akkerbouw, provincie Groningen, Rabobank en het WWF-NL. Deze lijst wordt ook wel de 0.1-versie genoemd en staat in Tabel 4. De 0.1-lijst is gebaseerd op Koopmans et al. (2018) en verder tot stand gekomen uit een werksessie met de klankbordgroep (oktober 2019). Vervolgens is deze lijst besproken met de projectgroep en stuurgroep (december 2019), LTO Vakgroep Akkerbouw (januari 2020), BMA Raad van Advies (februari 2020), LTO vakgroep lichte gronden (februari 2020), betrokken onderzoekers van WUR en

LBI binnen de PPS (februari 2020) en het Rabobank Expertnetwerk Akkerbouw (maart 2020). Het is belangrijk te realiseren dat de 0.1-lijst een voorlopige set is. In de PPS *Ontwikkelen en testen van Kritische Prestatie Indicatoren voor de Biodiversiteitsmonitor Akkerbouw* (PPS-BMA 2020–2022) wordt door de onderzoekers van Wageningen University & Research (WUR) en het Louis Bolk Instituut (LBI) nadere onderbouwing en advies gegeven waarmee de stuurgroep op termijn de integrale en definitieve set van KPI's kan vaststellen.

Bij de ontwikkeling van de BMA en de selectie van KPI's worden de volgende uitgangspunten en criteria gehanteerd (Koopmans et al., 2017):

- De KPI's hebben een wetenschappelijke onderbouwing in relatie tot het effect op biodiversiteit.
- De benodigde data en/of gegevens:
 - kunnen door alle akkerbouwers aangeleverd worden;
 - kunnen betrouwbaar en onafhankelijk geborgd worden;
 - kosten minimale inspanning om te verkrijgen;
 - sluiten aan bij bestaande nationale en/of internationale meet- en controle-instrumenten om de administratieve lasten zo laag mogelijk te houden;
 - doen recht aan de noodzaak tot integraliteit en samenhang van onderliggende maatregelen;
 - een nulmeting of referentiewaarde is beschikbaar (dit heeft meerwaarde, maar is geen voorwaarde).
- Vanuit het belang van een gebruiksvriendelijke monitor willen we zo weinig mogelijk KPI's, maar wel zo veel als nodig voor een goede en integrale weergave van prestaties op biodiversiteit.



Figuur 2 Conceptueel kader Biodiversiteit in de landbouw (Erisman et al., 2016).

In afstemming met de stuurgroep zijn de volgende uitgangspunten toegevoegd:

- De KPI's zijn GLB-proof: dat betekent dat de KPI's geschikt moeten zijn voor toepassing in het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid (GLB).
- De biodiversiteitsmonitor moet handelingsperspectief bieden aan akkerbouwers (een akkerbouwer moet zich kunnen verbeteren).
- De set van KPI's moet voldoende ruimte bieden voor de regionale diversiteit van de akkerbouw in Nederland.
- De volgende 'pijlers' van biodiversiteit dienen in de vorm van KPI's belegd te zijn in de BMA, aansluitend bij het conceptueel raamwerk van Erisman et al. (2013, 2016) (Figuur 2):
 - Functionele agrobiodiversiteit
 - Landschappelijke diversiteit
 - Diversiteit van soorten
 - Regionale diversiteit

1.3 Onderzoeksvragen en doelstelling

Zoals genoemd in paragraaf 1.2, is een wetenschappelijke onderbouwing in relatie tot het effect op biodiversiteit het eerste criterium voor selectie van KPI's. Om tot zinvolle KPI's voor biodiversiteit in de akkerbouw te komen, is het daarom belangrijk om eerst te weten over welke biodiversiteit het eigenlijk gaat (in termen van soorten, ecosystemen), hoe deze biodiversiteit ervoor staat, wat bepalende factoren zijn voor biodiversiteit in de akkerbouw en welke invloed akkerbouwers daarop hebben.

In de PPS-BMA staat deze onderbouwing dan ook centraal en voorliggend rapport behandelt daartoe de volgende vragen:

- I. Welke biodiversiteit is geassocieerd met de akkerbouw in Nederland, wat is de status van die biodiversiteit en welke trends doen zich daarbij voor?
 - a) Welke groepen organismen zijn karakteristiek voor de akkerbouw, hoe is de staat daarvan en wat zijn de trends?
 - b) Hoe functioneert biodiversiteit in de akkerbouw op ecosysteemniveau? Het gaat hierbij om de boven- en ondergrondse natuurlijke diversiteit, agronomische diversiteit (gewasdiversiteit), ruimtelijke diversiteit en landschappelijke diversiteit.
- II. Wat zijn bepalende factoren voor de biodiversiteitsstatus in de akkerbouw?
 - a) Wat zijn bepalende factoren voor biodiversiteit vanuit landgebruik en verandering in landgebruik (bodemgebruik)?
 - b) Wat zijn bepalende factoren vanuit emissies en onttrekkingen (nutriënten, gewasbeschermingsmiddelen, watergebruik)?
 - c) Wat zijn bepalende factoren vanuit overige drukfactoren?
- III. Wat zijn relevante opgaven en kansen voor biodiversiteit in de akkerbouw en hoe kan vooruitgang worden gemeten?
 - a) Welke opgaven en kansen zijn er vanuit landgebruik om biodiversiteit te versterken in de akkerbouw?
 - b) Welke opgaven en kansen zijn er vanuit emissies en onttrekkingen om te werken aan biodiversiteit in de akkerbouw?
- IV. Hoe kunnen op basis hiervan KPI's afgeleid worden en hoe verhouden de bevindingen zich tot de huidige 0.1-lijst?

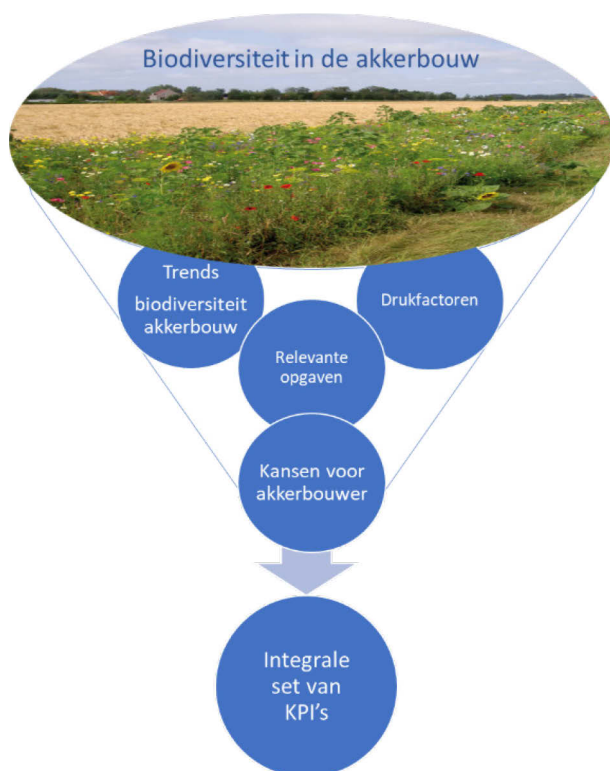
Het uiteindelijke doel van deze rapportage is antwoord te geven op de bovenstaande vragen en op basis daarvan een advies te geven over het selecteren van KPI's voor de Biodiversiteitsmonitor akkerbouw.

Dat wordt gedaan door het doorlopen van de volgende stappen voor KPI-selectie:

1. Welke opgaven en kansen voor biodiversiteit worden bediend door de KPI's van de 0.1-lijst? Zijn er opgaven en/of kansen waar KPI's voor nodig zijn, maar die in de 0.1-lijst ontbreken? Dit wordt in hoofdstuk 4 besproken.
2. Wat is de onderbouwing van de relatie tussen KPI's en biodiversiteit? Zijn er KPI's op de 0.1-lijst die geen direct verband hebben met kansen voor biodiversiteit? Dit wordt in hoofdstuk 5 besproken.
3. Indien een KPI geen directe relatie heeft met biodiversiteit, is de KPI dan noodzakelijk om afwentelingseffecten op andere maatschappelijke opgaven te voorkomen? Deze vraag komt in hoofdstuk 5 aan de orde.
4. Voldoet de KPI aan de onderstaande operationele criteria? De benodigde gegevens...
 - a) ...kunnen door alle akkerbouwers geleverd worden;
 - b) ...kosten minimale inspanning ze te verkrijgen;
 - c) ...doen recht aan integraliteit en samenhang;
 - d) ...zijn betrouwbaar en afdoende mogelijkheid tot borging;
 - e) ...zijn beschikbaar voor nulmeting of referentiewaarde;
 - f) ...sluiten goed aan bij bestaande meet- en controle-instrumenten.Deze vraag komt in hoofdstuk 6 aan de orde.

1.4 Werkwijze

Voor de beantwoording van de onderzoeksvragen is er gewerkt van breed naar smal (zie Figuur 3). Er wordt gestart met het geven van een overzicht om welke biodiversiteit het in de akkerbouw gaat en welke factoren daarvoor bepalend zijn. Vervolgens is er toegewerkt naar een aantal relevante opgaven en kansen waarop KPI's benoemd moeten worden. Om dit systematisch te doen, maken we gebruik van een vereenvoudigd DPSIR-kader, wat staat voor *driver – pressure – state – impact – response* (EEA 1995), en vaak gebruikt wordt om interacties tussen mens en omgeving te beschrijven. Door middel van literatuuranalyse is inzichtelijk gemaakt over welke biodiversiteit het gaat in de akkerbouw en wat de huidige toestand daarvan is (*state*), wat belangrijke trends zijn (*impact*), wat belangrijke factoren zijn die de trends kunnen verklaren (*pressures* en *drivers*), wat de kansen zijn voor akkerbouwers om positief bij te dragen (*response*) en tot slot hoe die bijdrage vertaald kan worden in KPI's.



Figuur 3 Werken van breed naar smal: in beeld brengen van toestand, trends, factoren van biodiversiteit in de akkerbouw (Bron: WENR).

Op basis van de analyse werden de belangrijkste opgaven en kansen geïdentificeerd waarop KPI's voor de Biodiversiteitsmonitor akkerbouw geformuleerd moeten worden. Voor bovenstaande analyse is het nodig dat het begrip biodiversiteit goed gedefinieerd en afgebakend wordt. Hiervoor wordt de Conventie voor Biologische Diversiteit (CBD) gevolgd, die biodiversiteit definieert als: *De verscheidenheid aan verschillende ecosystemen, de verscheidenheid aan verschillende soorten binnen een ecosysteem en de genetische variatie binnen een soort.*

Voor zowel soortgroepen als verschillende habitats is literatuuronderzoek gedaan naar de huidige toestand van de betreffende groep of ecosysteem, de belangrijke trends en belangrijke verklarende factoren voor deze trends. Hierbij is gebruikgemaakt van de zoekmachines *Google Scholar*, *Web of Science* en *Research Gate* en de website *Conservation Evidence*. De volgende criteria zijn gehanteerd voor het al dan niet meenemen van literatuur in de analyse:

- Er is zo veel mogelijk gebruikgemaakt van (inter)nationale peer-reviewed literatuur.
- Er is zo veel mogelijk gebruikgemaakt van metastudies (artikelen waarin de resultaten van een (groot) aantal eerder uitgevoerde onderzoeken worden samen genomen, om een uitspraak te doen over een bepaald fenomeen).

- Het artikel gaat over plantaardige agro-systemen (open teelten, akkerbouw, vollegrondstuinbouw).
- Het artikel gaat over Nederlandse situaties of, indien deze niet toereikend zijn, over systemen in Noordwest-Europa (dezelfde biogeografische regio als Nederland).

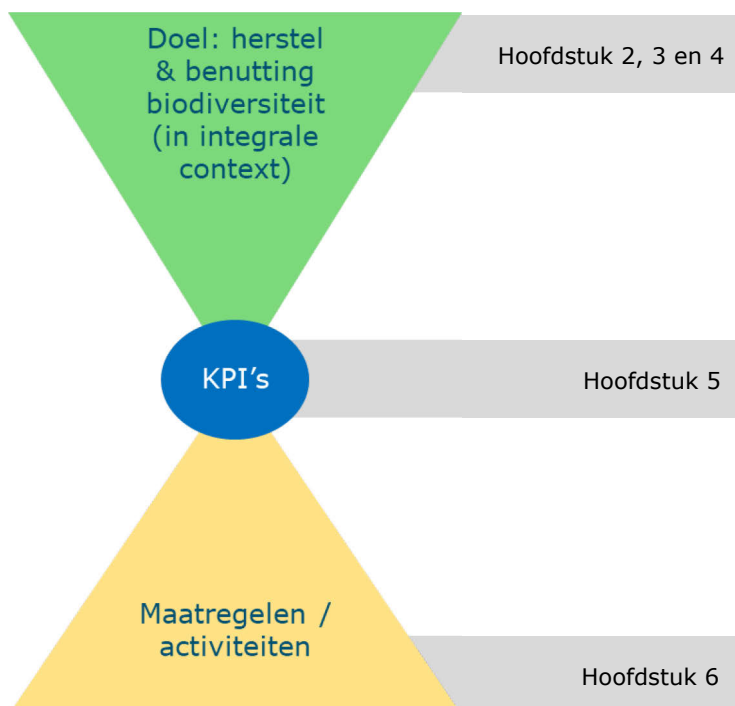
Systematische landsdekkende monitoring van de biodiversiteit in akkerbouwgebieden is echter schaars. Het was daarom niet eenvoudig een compleet beeld te geven van de huidige toestand van biodiversiteit in de akkerbouw. Akkervogels is de enige groep die frequent via standaardmeetmethoden gemonitord wordt. Voor de andere categorieën van biodiversiteit (bodembiodiversiteit, insecten, landschappelijke diversiteit) is het echter wel mogelijk een globaal beeld te schetsen van de huidige status en trends.

1.5 Leeswijzer

Op basis van de gevonden literatuur worden in de volgende hoofdstukken de bevindingen besproken. Hoofdstuk 2 brengt de status en trends van biodiversiteit in de akkerbouw in beeld (onderzoeksvraag I). Eerst worden de verschillende soorten organismen besproken en vervolgens worden deze ook in samenhang op het niveau van agro-ecosysteem en landschap behandeld. Hoofdstuk 3 gaat in op de belangrijkste drijvende krachten en drukfactoren voor biodiversiteit op de akker, waarbij onderscheid gemaakt wordt tussen milieufactoren, landgebruik en overige factoren (onderzoeksvraag II en III). Hoofdstuk 4 gaat ten slotte over hoe om te gaan met de drukfactoren en deze om te buigen naar kansen en welke KPI's daarbij behulpzaam kunnen zijn (onderzoeksvraag IV).

In hoofdstuk 5 wordt de relatie tussen de KPI's en biodiversiteit besproken.

In hoofdstuk 6 komt de toepasbaarheid in de praktijk van KPI's aanbod, waarin mogelijke maatregelen en databeschikbaarheid worden besproken. Hoofdstuk 7 gaat over de integraliteit en wisselwerking tussen KPI's en hoofdstuk 8 sluit af met een slotwoord en een vooruitblik op het vervolg.



2 Status en trends van biodiversiteit in de akkerbouw

2.1 Soortgroepen

2.1.1 Gewassen

Omschrijving

De diversiteit van cultuurgewassen bestaat uit twee niveaus: diversiteit binnen gewassen (genetische diversiteit) en diversiteit tussen gewassen. De moderne akkerbouw maakt gebruik van hoogproductieve genetisch homogene rassen, die aangepast zijn aan de specifieke teeltmethoden en mechanische oogst en onder optimale condities een hoge opbrengst leveren. Dat kunnen zowel vegetatief vermeerderde gewassen zijn (bv. aardappel) als zaadvaste rassen (bv. granen) en hybriden. Landrassen, welke voor de opkomst van de grootschalige veredeling en zaadproductie werden gebruikt, zijn vaak beter aangepast aan lokale omstandigheden en genetisch minder homogeen, met als voordeel dat plantenziekten zich in sommige gevallen minder snel verspreiden. Met een zorgvuldige rassenkeuze kan het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen worden teruggedrongen. Specifieke rassen aangepast aan lokale omstandigheden kunnen soms net zulke hoge opbrengsten leveren als de meer commerciële rassen, waarbij mogelijk ook andere ecosysteemdiensten als klimaatmitigatie worden geleverd (Carranza-Gallego et al., 2018).

Het tweede niveau betreft de diversiteit tussen gewassen. Dit kan in de ruimte zijn (bijvoorbeeld het geval bij mengteelt of strokenteelt, waarbij meerdere gewassen door elkaar geteeld worden) of in de tijd (door middel van de vruchtwisseling (rotatie)). Op landschappelijk niveau zorgt een ruimere vruchtwisseling daarnaast ook voor een hogere gewasdiversiteit in de ruimte. Een hoge diversiteit tussen gewassen is gunstig voor de bodemgezondheid en voordelig voor de diversiteit van flora, insecten en andere organismen, omdat er door de verschillende gewassen een grotere diversiteit in leefgebieden ontstaat waar soorten gebruik van kunnen maken voor rust- en schuilplaatsen en om te foerageren. Daarnaast kan meer ruimtelijke gewasdiversiteit ervoor zorgen dat soorten vaak een geschikte habitat kunnen vinden binnen de maximale dispersieafstand, omdat er geen grote oppervlakten in één keer worden bewerkt. Ook kunnen sommige soorten geassocieerd zijn aan een specifiek gewas.

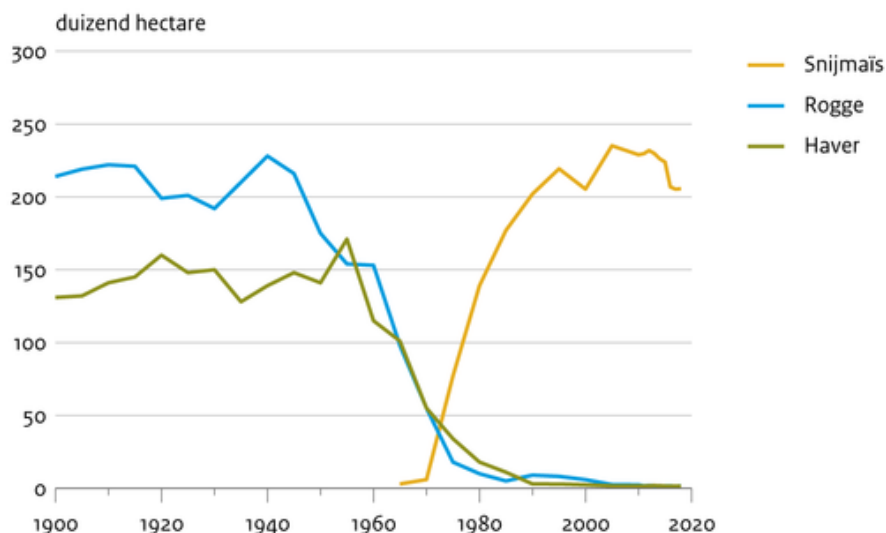
Diversificatie van gewassen in het veld op beide niveaus kan bijdragen aan de weerbaarheid tegen stressfactoren als droogte, ziekten en plagen en het wordt over het algemeen beschouwd als belangrijk voor een stabiel teeltsysteem (Smith & MacScorley, 2000; Hiddink et al., 2005; Chable et al., 2020).

Trends

Wat betreft gewasdiversiteit zijn twee ontwikkelingen te onderscheiden: afnemende genetische diversiteit binnen gewassen en afnemende diversiteit aan geteelde gewassen in tijd en ruimte (Chable et al., 2019). Al in de jaren 1920-1930 raakten traditionele landrassen in de vergetelheid, waardoor de genetische diversiteit binnen gewassen geleidelijk verdween (Brush, 2000). Landrassen zijn blijven bestaan in afgelegen en afgesloten akkerbouwgebieden, maar zijn door de globalisering grotendeels vervangen door commerciële cultivars (Brush, 1995). In de groententeelt en in een aantal akkerbouwgewassen is een sterke ontwikkeling geweest van OP (*open pollinated*) rassen met een hoge genetische variatie binnen het ras, naar de toepassing van hybriden. Sinds 1960 is plantenveredeling voornamelijk gefocust op het ontwikkelen van hoogproductieve cultivars die passen binnen het steeds meer gemechaniseerde landbouwsysteem (Engels et al., 2006). De genetische uniformiteit is o.a. vergroot vanwege de noodzaak voor eenmalige machinale oogst, de vraag van afnemers naar een uniform product, de eisen voor kwekersrecht van rassen en de tendens van kwekers om hun ras te beschermen door hybriden te produceren.

Daarnaast is de diversiteit van geteelde plantensoorten sterk afgenomen: momenteel komt 60% van de humaan geconsumeerde calorieën van drie plantensoorten (rijst, tarwe en mais; Chable et al., 2019). Bovendien is er sprake van steeds nauwere rotaties. Door minder gewassoorten in de vruchtwisseling op te nemen, is de gewasdiversiteit op regionaal niveau gedaald en worden vruchtwisselingen vaak zo nauw dat grondgebonden ziekten vaker voorkomen (Ratnadass et al., 2012). Daarnaast is het steeds minder gebruikelijk geworden om meerdere gewassen op één perceel te telen. In het begin van de 20^e eeuw werden mengteelten nog regelmatig toegepast in Noordwest-Europa (Smith & MacScorley, 2000). Het combineren van vlinderbloemigen met andere gewassen, wat soms wordt gedaan in de biologische landbouw, was voor de uitvinding van kunstmest een goede manier van stikstofbemesting.

Areaal rogge, haver en snijmaïs



Bron: CBS

Figuur 4 Trends in het areaal verbouwde voedergrassen in Nederland. Afname van het areaal zomergranen (rogge en haver) ten gunste van snijmaïs (Bron: CBS).

Een andere belangrijke trend is de opkomst van snijmaïs ten koste van rogge en haver. In de eerste helft van de 20^e eeuw namen rogge en haver een groot deel van het landbouwareaal in. Na 1960 nam dat aandeel sterk af en inmiddels zijn er maar weinig haver- en roggepercelen meer over. Snijmaïs, dat wordt gebruikt als veevoer, is daarentegen vanaf 1970 sterk toegenomen (Figuur 4). Door het afnemen van diversiteit in geteelde gewassen en van de teelt van traditionele akkerbouwgewassen verdween ook de traditionele akkerflora, die aangepast was aan bepaalde gewassen als rogge of haver. Zo hangen de trends in de diversiteit en het type van cultuurgewassen samen met de negatieve trend van veel akkerflora. Dit geldt ook voor zangvogels als ortolaan en grauwe gors, die eveneens uit Nederland verdwenen als broedvogel na het verdwijnen van de roggeteelt.

2.1.2 Wilde planten

Omschrijving

Op en rondom akkers komen behalve gewassen ook allerlei andere plantensoorten voor. Akkerflora, ook wel akkerplanten of akkeronkruiden genoemd, omvat een groep plantensoorten die karakteristiek is voor akkers vanwege hun binding aan het dynamische akkermilieu.

De typische akkerflora bestaat uit soorten die aangepast zijn aan het traditionele en dynamische akkermilieu en het gewas waar ze tussen groeien. Ze weerstaan een jaarlijkse grondbewerking en bemesting en overleven dankzij hun grote productie van zaden in combinatie met een veelal eenjarige levenswijze (Kloen & Haveman, 2010). De meerjarige soorten slaan voedsel op in ondergrondse

bollen, knollen of wortelstokken. De kiemperiode bepaalt of ze tussen zomergranen en rooivruchten of tussen wintergranen kunnen groeien. De zaden zijn meestal vele jaren kiemkrachtig, waardoor akkerflora spontaan kan opkomen op akkers en andere recentelijk omgewoelde gronden, zoals moestuinen, bouwterreinen en wegbermen (Bakker et al., 2000). Sommige soorten zijn gebonden aan één gewas, zoals parasitaire planten en sommige vlasonkruiden. Akkerflora is onderdeel van het cultuurhistorisch erfgoed en staat daarnaast aan de basis van het akkerecosysteem als voedsel voor insecten, vogels en zoogdieren. Voorbeelden van soorten zijn korenbloem, ruige klapproos, akkerandoorn, klein spiegelklokje en valse kamille.

Het verschilt per bron welke plantensoorten tot de akkerflora worden gerekend (CBS et al., 2020a; Bakker et al., 2000; Kloen & Haveman, 2010). In het algemeen zijn het gevoelige soorten die een sterke voorkeur hebben voor akkers, maar niet bestand zijn tegen intensieve grondbewerking, chemische onkruidbestrijding, hoge mestgiften en zaaizaadschoning. Dit in tegenstelling tot algemeen voorkomende soorten en '(plaa)onkruiden' als akkerdistel, vogelmuur, kweek en melde, die ook talrijk zijn in milieus buiten de akkerbouw. Akkerflora heeft echter deels overlap met 'onkruid', afhankelijk van wat als ongewenst en dus als onkruid wordt beschouwd.

Trends

De akkerflora behoort tot de sterkst bedreigde plantengemeenschappen van Nederland (Van Duuren & Schaminée, 1999). Een aanzienlijk deel van de akkerflora staat op de Rode Lijst van plantensoorten (Sparrius et al., 2014). Sinds 1900 is de verspreiding van 65 kenmerkende akkerplanten afgenomen met 35 procent (CBS et al., 2020a). Dat betekent dat het aantal kilometerhokken waarin deze soorten worden aangetroffen met gemiddeld 35 procent is afgenomen. Omdat de achteruitgang binnen één kilometerhok niet wordt meegenomen, is de werkelijke afname waarschijnlijk veel groter. De afname heeft vooral plaatsgevonden in de periode na 1950 (CBS et al., 2020a) en hangt samen met grote veranderingen in de landbouw (zie hoofdstuk 3). Rond 1950 kwamen er nog ongeveer 120 wilde plantensoorten regelmatig in akkers voor. Dat aantal is nu teruggelopen tot zo'n 20 (Bakker et al., 2000). Niet alle soorten akkerplanten zijn echter afgenomen sinds 1950. Zo heeft de toename van het areaal mais geleid tot een sterke toename van grassoorten als Europese hanenpoot, geelrode naalbaar en groene naalbaar, die bij het CBS tot de akkerflora worden gerekend (CBS et al., 2020a). Traditionele akkerflora is grotendeels teruggedrongen tot akkerreservaten, waar op extensieve wijze graan wordt verbouwd met als doel de instandhouding van bedreigde akkerplantensoorten (Bakker et al., 2000).

2.1.3 Ongewervelden

Omschrijving

De groep ongewervelden omvat slakken, insecten en andere geleedpotigen, zoals duizendpotigen en spinnen. Ongewervelden vormen het merendeel van alle soorten in Nederland. De meeste literatuur richt zich op insecten. Insecten kunnen een belangrijke rol vervullen in het akkerecosysteem. Denk aan bestuiving door bijvoorbeeld bijen, zweefvliegen en hommels en natuurlijke plaagbestrijding door bepaalde kevers, gaasvliegen en andere soorten. Sommige insecten vormen een probleem in de akkerbouw als plaaginsect. Veruit de meeste soorten zijn echter niet schadelijk. Insecten staan onderaan in de voedselketen en vormen daarmee ook voedsel voor vogels en zoogdieren. Vrijwel alle soorten insecten en andere ongewervelden zijn niet speciaal gebonden aan de akkerbouw, maar door het grote areaal kan akkerland een belangrijk leefgebied vormen voor veel soorten. Welke spinnen bijvoorbeeld een akker koloniseren, hangt af van welke soorten in de omgeving van de akker voorkomen; vrijwel altijd zijn het soorten met een brede ecologische amplitude die zich tijdelijk ook op de akker handhaven (Noordijk & Van Helsdingen, 2007). De akkerbouw kent geen specifieke slakkenfauna of beschermde soorten slakken. De soorten die er voorkomen, zijn voornamelijk plaagorganismen zoals de akkerslak (*Deroceras* spp.) (Jansen, 2015). Daarom worden qua ongewervelden met name de insecten beschouwd.

Trends

De totale biomassa van vliegende insecten in natuurgebieden in Noordwest-Duitsland is met 76% afgenomen in de afgelopen 27 jaar (Hallmann et al., 2017). De studie onderzocht 63 locaties verspreid over 31 natuurgebieden die grotendeels gelegen zijn in de aan Nederland grenzende deelstaat

Noordrijn-Westfalen en geeft een robuuste trend. Hoewel een vergelijkbare meetreeks voor Nederland niet beschikbaar is, kunnen de resultaten van Hallmann et al. (2017) grotendeels naar Nederland worden geëxtrapoleerd (Kleijn et al., 2018a). Het is dus aannemelijk dat in Nederland een vergelijkbare achteruitgang heeft plaatsgevonden. De studies van Hallmann et al. (2017) zijn uitgevoerd in natuurgebieden en niet in agrarisch gebied. Het ligt volgens onderzoekers echter voor de hand dat de insectentrend in agrarisch gebied vergelijkbaar of negatiever is (Kleijn et al., 2018a).

Monitoring van insecten op akkers wordt in enkele projecten gedaan (bv. Stip, 2019), maar gegevens zijn niet landsdekkend en over langere tijdsperiode beschikbaar. Meetreeksen die wel beschikbaar zijn van specifieke soortgroepen laten ook een sterke achteruitgang zien. Zo namen in twee Nederlandse natuurgebieden de aantallen nachtvlinders (-61%) en loopkevers (-41%) in de afgelopen 27 jaar af (Hallmann et al., 2020). Ook van dagvlinders – de best geïventariseerde insectengroep in Nederland – zijn de aantallen in die periode met ongeveer 50% afgenomen (Van Swaay et al., 2018; CBS et al., 2020b). De Boerenlandvlinderindex is de enige indicator voor insecten op boerenland waarvan gegevens systematisch worden verzameld. Het gaat dan wel om vlinders die meer geassocieerd zijn met graslanden; deze indicator vertoonde een sterk negatieve trend en lijkt de laatste jaren te stabiliseren (Vlinderstichting, 2016).

2.1.4 Vogels

Omschrijving

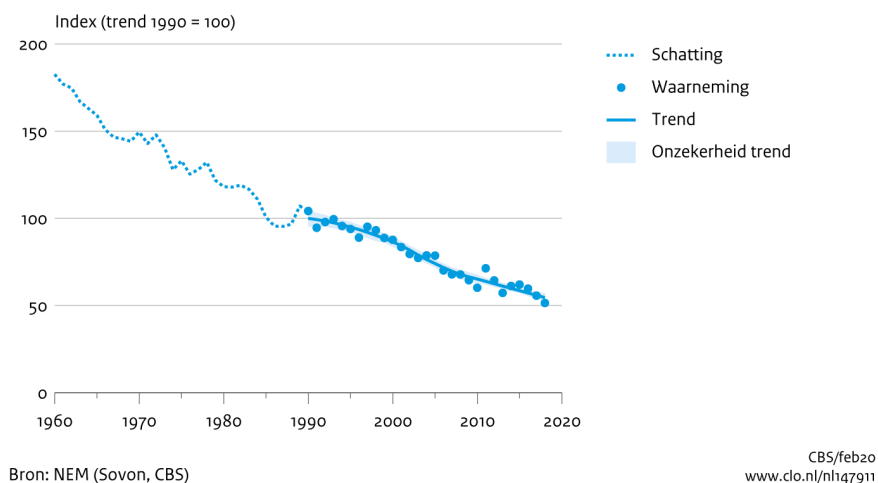
Net als planten en ongewervelden zijn vogels een belangrijk onderdeel van het akkerecosysteem. Vogels van het agrarisch gebied worden onderverdeeld in weidevogels, akkervogels en erf- en struweelvogels (Kleyheeg et al., 2020). Voor weidevogels is vochtig grasland van groot belang, terwijl voor akkervogels een vochtige bodem relatief onbelangrijk is. Het onderscheid tussen weide- en akkervogels is geen zuivere tweedeling; er zijn tal van soorten die zowel gebruikmaken van bouwland als van grasland (Bos et al., 2010; Kwak et al., 2018). De meeste akkervogels broeden op de grond in open agrarisch landschap met beperkte aanwezigheid van opgaande begroeiing. Voorbeelden zijn de veldleeuwerik, gele kwikstaart, kievit en grauwe kiekendief. Erf- en struweelvogels – zoals de geelgors, roodborsttapuit, ringmus en boerenwaluw – broeden op erven of in struwelen of andere landschapselementen. De patrijs wordt gerekend tot de vogels van open boerenland, maar maakt ook gebruik van hagen, struwelen en bermen om in te schuilen of onder te broeden.

Trends

De stand van de Nederlandse boerenlandvogels is vastgelegd in de Boerenlandvogelindicator, die de aantalsontwikkeling van 27 boerenlandvogelsoorten combineert (Kleyheeg et al., 2020; CBS et al., 2020c). De aantallen boerenlandvogels zijn sinds 1990 bijna gehalveerd (Figuur 5). Als deze trend wordt uitgesplitst in weide- en akkervogels (vogels van open boerenland) en erf- en struweelvogels, zijn opvallende verschillen zichtbaar. Weide- en akkervogels laten een sterke achteruitgang zien van zo'n 70 procent na 1990. Niet alleen de aantallen nemen af, ook het verspreidingsgebied van veel soorten krimpt, zoals van de veldleeuwerik (-25%) en de patrijs (-19%). Enkele soorten vormen hierop een uitzondering. Zo lijkt de gele kwikstaart stand te houden (SOVON, 2020a) en is de grauwe kiekendief dankzij soortgericht agrarisch natuurbeheer als broedvogel behouden gebleven (SOVON, 2020b). In algemene zin geldt echter een sterk negatieve trend voor akkervogels. De terugloop hangt direct samen met een te laag broedsucces. Dit betekent dat het steeds minder vogels lukt om succesvol jongen groot te brengen.

Erf- en struweelvogels laten daarentegen een relatief stabiele trend zien sinds 1990. Op soortniveau zijn de roodborsttapuit en putter de soorten die het meest zijn toegenomen. Ook hier zijn echter verliezers, zoals de ringmus, waarvan de stand is gehalveerd en de zomertortel, die dreigt te verdwijnen uit Nederland.

Boerenlandvogels in Nederland



Figuur 5 Veranderingen in aantallen boerenlandvogels (Bron: CLO.nl).

2.1.5 Zoogdieren en overige gewervelden

Omschrijving

Allerlei soorten zoogdieren gebruiken akkers om te foerageren, zoals haas, ree, konijn, das, veldmuis, wezel en hermelijn. Afhankelijk van de soort worden op de akkers gewassen of wilde planten, ongewervelden of andere kleine zoogdieren zoals muizen gegeten. De meeste soorten zijn afhankelijk van seminatuurlijk habitat rondom de akkers voor schuil- en voortplantingsgelegenheid. Dassen brengen bijvoorbeeld de dag door in burchten in houtwallen of bosschages en komen 's nachts naar akkers om met name insecten en muizen te eten. Binnen het agrarisch natuur- en landschapsbeheer is er voor één zoogdierensoort een beheerpakket: de (Europese) hamster, ook wel bekend als de korenwolf. De hamster komt uitsluitend voor in enkele gebieden in Zuid-Limburg met speciaal hamstervriendelijk beheerde akkers.

Trends

Het CBS berekent voor een aantal zoogdiersoorten van agrarisch gebied de trend tussen 1990 en 2018, waarbij alleen meetpunten in agrarisch gebied worden meegenomen (CBS et al., 2019). Er wordt geen onderscheid gemaakt tussen akker- en grasland. De trends tussen 1990 en 2018 verschillen per soort. Dassen laten een duidelijke toename in populatieomvang zien, terwijl kleine marterachtigen (wezel en hermelijn) licht in aantal zijn afgenomen. De verspreiding van muizensoorten is stabiel. Hoewel het aantal hamsters sinds de start van het herintroductieprogramma in 2002 is toegenomen, lopen de aantallen sinds 2008 weer hard terug (CBS et al., 2018a). Voor het voortbestaan is het uitzetten van hamsters nog steeds noodzakelijk en voor een duurzame populatie is meer geschikte habitat nodig (Muskens et al., 2018). De hazenstand in agrarisch gebied sinds 1990 is geclassificeerd als stabiel (CBS et al., 2019), hoewel de haas door sterke landelijke achteruitgang in 2020 wel is verschenen op de Rode Lijst van bedreigde zoogdieren (Norren et al., 2020).

Voor de trends van amfibieën en vissen in sloten in agrarisch gebied is in 2016 een ANLb-meetnet gestart, dat effecten van slootbeheer kan volgen (ANLb-team RAVON, 2016). De eerste resultaten zijn nog niet beschikbaar. Amfibieën zijn landelijk gezien sinds 1995 licht in aantal toegenomen (CBS et al., 2018d).

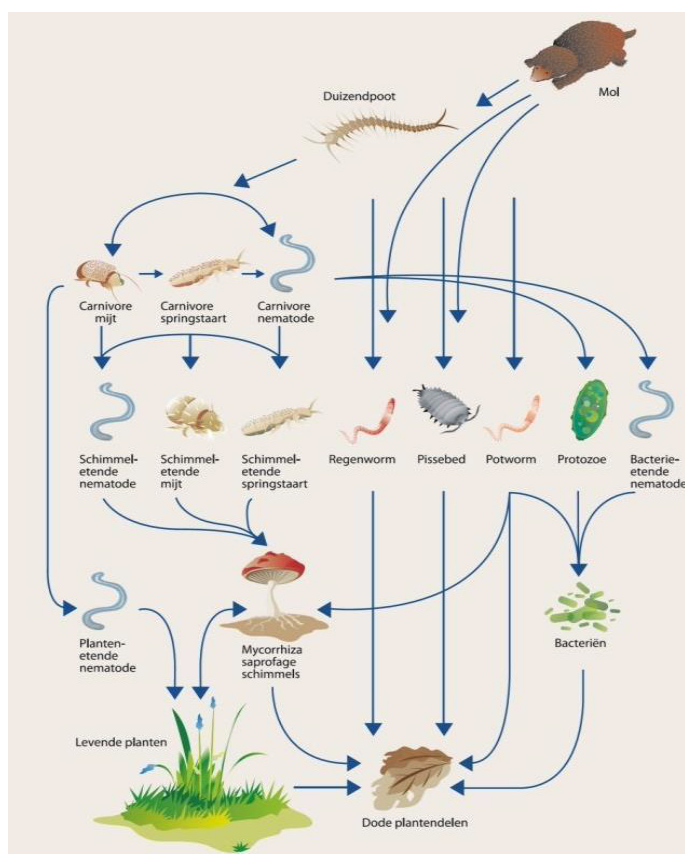
2.2 Biodiversiteit op niveau van agro-ecosysteem en landschap

In de vorige paragraaf zijn individuele soorten besproken; deze komen altijd in samenhang in ecosystemen¹ en landschappen voor. Daarom wordt in deze paragraaf biodiversiteit op het niveau van ecosystemen en landschappen besproken.

2.2.1 Bodembiodiversiteit

Omschrijving

De bodembiodiversiteit is groot. Een hand vol grond kan bijvoorbeeld een paar duizend verschillende soorten bodemorganismen bevatten (Van der Putten et al., 2019). Het bodemleven omvat een grote verscheidenheid aan bacteriën, schimmels, nematoden, protozoa en andere organismen zoals springstaarten, insecten, mijten en regenwormen. Deze organismen zijn met elkaar verweven in het bodemvoedselweb (Figuur 6). Een belangrijke functie van het bodemleven is de afbraak van organisch materiaal, zodat voedingsstoffen weer beschikbaar komen voor opname door planten. De afbraak start grotendeels bij bacteriën en schimmels (Van der Putten et al., 2019). Andere bodemorganismen voeden zich met (micro-)organismen of eten ook organisch materiaal.



Figuur 6 Vereenvoudigde weergave van het bodemvoedselweb (uit: Rutgers et al 2018).

Naast strikt bodemgebonden organismen brengt een aantal, doorgaans tot de bovengrondse biodiversiteit te rekenen organismen, een deel van hun levenscyclus in de bodem door, zoals loopkevers, mieren en wilde bijen.

¹ Ecosysteem = het geheel van organismen in interactie met de abiotische omgeving.

Trends

In 1993 startte het Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit, dat sindsdien de Nederlandse bodemkwaliteit in kaart brengt (Schouten et al., 1999). Een analyse van de meetnetgegevens laat een verband zien tussen de bodembiodiversiteit en het organische stofgehalte (Rutgers et al., 2007; Rutgers et al., 2010). Door de complexiteit en omvangrijkheid van het bodemleven is het echter moeilijk om trends van het bodemleven zelf te geven. Doordat de aantallen en diversiteit van bodemorganismen deels bepaald worden door de hoeveelheid organische stof in de bodem (Faber et al., 2009), is het zinvol om trends in het organische stofgehalte te bestuderen.

Op Nederlandse akkerbouwpercelen varieert het percentage organische stof grofweg van 2 tot 20% (Conijn & Lesschen, 2015). Twee studies hebben grootschalig onderzoek gedaan naar de trends van het organische stofgehalte in Nederlandse bodems. Reijneveld et al. (2019) analyseerden middels een database met circa 2 miljoen datapunten van het toenmalige BLGG (tegenwoordig Eurofins Agro) trends in organische stofgehalten tussen 1984 en 2004, in verschillende regio's. In de meeste gevallen bleef het organische stofgehalte gelijk. Gronden met een laag organische stofgehalte vertoonden een stijgende trend, terwijl in regio's met een hoog organische stofgehalte juist vaak een negatieve trend zichtbaar was (Reijneveld, 2009; Koopmans et al., 2019). In de periode 1990-2001 werd in het kader van de Landelijke Steekproef Kaarteenheden op 1392 punten door heel Nederland de bodem gekarakteriseerd. Tol-Leenders et al. (2019) vergeleken daarbij, in het kader van het programma Slim landgebruik, de organische koolstofvoorraad van 2018 met die in 1998. De resultaten laten voor de lagen 0-30 cm en 30-100 cm diepte een wisselend beeld zien. Er is sprake van een lichte afname in de koolstofvoorraad in de laag 30-100 cm bij akkerbouw op klei en löss. De afname van de totale koolstofvoorraad lijkt echter vooral het gevolg van verschillen in bodemdichtheid tussen 1998 en 2018. Beide studies tonen geen duidelijke (meetbare) trend in toe- of afname van het organische stofgehalte in de Nederlandse akkerbouw, enkele gebieden met hoge organische stofvoorraden (veenresten) daargelaten.

2.2.2 Biodiversiteit op akkers

Omschrijving

Naargelang de geteelde cultuurgewassen daarvoor ruimte bieden, leven er op en tussen het gewas ook andere planten en dieren. Een gezonde bodem biedt voedsel aan vogels en kleine zoogdieren, die op hun beurt gegeten worden door roofvogels en kleine roofdieren. De gewassen, kruiden en kenmerkende akkerflora bieden voedsel aan herbivore insecten (bladweefsel, bloemen) en vogels (zaden, bessen). Herbivore insecten staan op het menu van roofinsecten en vogels, die daarnaast ook plaaginsecten in het gewas consumeren. Daarmee draagt de wilde flora bij aan plaagonderdrukking in de akkerbouw. Het toepassen van onkruidbestrijdingsmiddelen (herbiciden), plaagbestrijdingsmiddelen (tegen insecten en slakken) en biociden (tegen ongedierte) beschermt weliswaar het gewas, maar elimineert ook de gewenste biodiversiteit. De voedselketen wordt zo onderbroken en niches vallen weg. Ook kunnen gifstoffen zich ophopen in hogere trofische niveaus, met name in roofvogels en -dieren, waardoor de fertiliteit afneemt en populaties achteruitgaan.

Trends

Door zowel afname van karakteristieke akkerflora als diversiteit van gewassen als gevolg van intensieve grondbewerking, grote oppervlakten van één gewas en de afnemende variatie van gewassen binnen een bedrijf/gebied is de basis weggevallen van het akkerecosysteem. Afhankelijk van de geteelde gewassen, de teeltwijze en de aanwezigheid van leefgebieden in de omgeving kunnen insecten, vogels en zoogdieren toch voedsel vinden op en tussen het gewas. Voor zover de akkerflora, -insecten, -vogels en -zoogdieren nog op de akker voorkomen, zijn zij in hoge mate afhankelijk geworden van de keuzes die de akkerbouwer maakt ten aanzien van gewassen, teeltmethodes en het voortbestaan van seminatuurlijke habitats (zie paragraaf 2.2.4). Dat betekent dat akkerbouwers een bepalende rol hebben bij de instandhouding van de akkerbiodiversiteit.

Omschrijving

De vorige paragrafen behandelden de biodiversiteit van en op de akkers. Veel soorten zijn echter (deels) afhankelijk van seminatuurlijke elementen rondom de akkers voor voedsel, schuil- en voortplantingsgelegenheid. Deze seminatuurlijke elementen – zoals akkerranden, bermen, sloten en slootranden, hagen, houtwallen en overhoekjes – dragen bij aan de biodiversiteit op en rondom de akkers en ondersteunen de functionele agrobiodiversiteit. Welke soorten op de akker zelf kunnen voorkomen, hangt deels af van de omgeving.

Kruidenrijke grasachtige vegetaties in bermen en langs slootoevers vormen voor veel soorten een geschikte foerageerhabitat. Zeer algemeen voorkomende kruiden kunnen een grote waarde hebben als voedselbron. Overhoekjes (of percelen met natuurbraak, zoals toegepast in het ANLb) hebben vanwege de ruige vegetatie een bijzonder grote aantrekkingskracht op tal van broedvogels, waaronder de veldleeuwerik en patrijs (Wilson et al., 1997; Chamberlain et al., 1999; Henderson et al., 2000). Daarnaast vormen zij bijzonder geschikt jachtterrein voor uilen en roofvogels.

Ingezaaide akkerranden kunnen rijk zijn aan insectensoorten (Kuiper et al., 2013), inclusief veel natuurlijke vijanden van plaaginsecten (Van Rijn & Wackers, 2007); dit is sterk afhankelijk van het zaadmengsel, het gevoerde beheer en het landschap. De plantenzaden, insecten en muizen maken hen een geliefd foerageerhabitat voor akkervogels (Douglas et al., 2009; Ottens et al., 2014). Sommige vogelsoorten nestelen in akkerranden, zoals roodborsttapuit en graspieper. Afhankelijk van het soortenmengsel en het beheer kan de akkerrand een plek bieden voor karakteristieke akkerplantensoorten.

Wegbermen kunnen – mits goed beheerd in termen van maaien en afvoeren – een grote diversiteit aan (bloeiende) wilde planten herbergen (Van de Haterd et al., 2009; Vanneste et al., 2020). Deze plantensoorten vallen niet onder de karakteristieke akkerflora, maar zijn nog steeds van groot belang voor allerlei insecten, vogels en zoogdieren. Bloeiende planten in wegbermen vormen bijvoorbeeld een belangrijke nectar- en stuifmeelbron voor bestuivers in agrarisch gebied (Kells et al., 2001; Phillips et al., 2019).

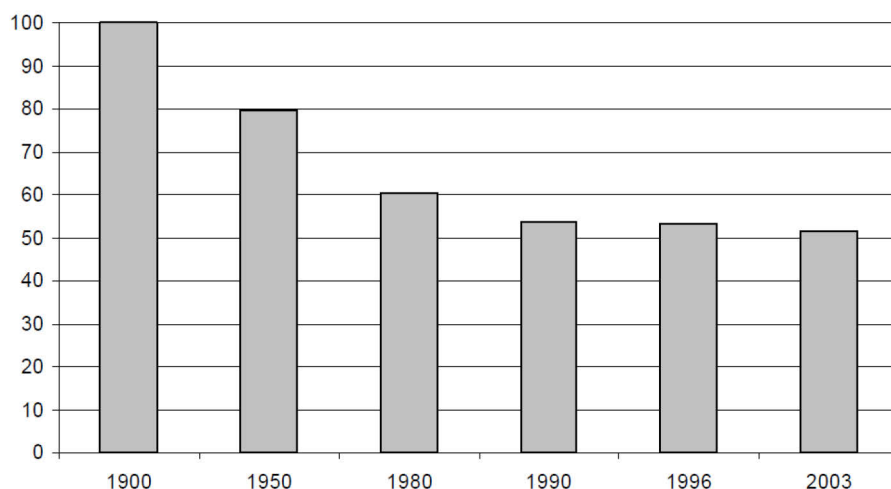
Voor de soorten die gebonden zijn aan het kleinschalig cultuurlandschap is de aanwezigheid van hagen, struwelen en houtwallen van essentieel belang. Dergelijke structuren worden door soorten als de gekraagde roodstaart, grasmus, braamsluiper, spotvogel en ringmus gebruikt als reproductie- en foerageerhabitat en als schuilplek. Daarnaast vormen dergelijke landschapselementen belangrijk leefgebied voor insecten, zoogdieren en andere soortgroepen (Newton, 2017). Heggen bieden bijvoorbeeld voedsel-, schuil- en nestgelegenheid voor verschillende vogelsoorten, zoals grasmus, spotvogel en geelgors (Hinsley & Bellamy, 2000; Batáry et al., 2010). Daarnaast zijn ze een belangrijk leefgebied voor insecten en een bron voor natuurlijke vijanden van plaaginsecten (Garratt et al., 2017). Houtwallen vervullen een vergelijkbare functie (Holland & Fahrig, 2002). Ook maken bijvoorbeeld dassen hun burchten in houtwallen en vormt de omgeving van houtwallen foerageergebied voor verschillende soorten vleermuizen (Verboom, 1995).

Sloten en slootranden zijn van groot belang als voortplantings- en opgroeiplaats voor vissen, amfibieën en watergebonden insecten zoals libellen, waterkevers, waterwantsen, dansmuggen en haften. Deze watergebonden organismen zijn in landbouwgebied afhankelijk van sloten. Met name vegetatierijke en ondiepe sloten vormen een geschikt leefgebied (Ottburg & De Jong, 2006).

Trends

De trends van landgebonden flora en fauna, die (deels) afhankelijk zijn van seminatuurlijke elementen rondom de akkers, zijn beschreven in voorgaande paragrafen. De afgelopen decennia is er sprake van een sterke afname van seminatuurlijke elementen. Deze afname is terug te zien in de afname van lijnvormige cultuurhistorische elementen (Figuur 7). Van de hoeveelheid lijnvormige elementen in 1900 was in 2003 nog ongeveer de helft over (Komen et al., 2007). De grootste daling wordt veroorzaakt door een afname van beplanting en veranderde perceelgrenzen.

Het Meetnet Agrarisch Cultuurlandschap monitort sinds 2010 de kleine landschapselementen in Nederland. Hieruit blijkt dat het huidige agrarisch gebied maar weinig elementen (<5%) bevat, veel lager dan het EU-gemiddelde. Daarnaast zijn de resterende elementen vaak van matige tot slechte kwaliteit.



Figuur 7 Geïndexeerde verandering van lijnvormige cultuurhistorische elementen in Nederland (Bron: Komen et al., 2007).

Wat betreft 'blauwe' landschapselementen is de kwaliteit van de meeste sloten op basis van voorkomen van macrofauna en flora ontoereikend of matig en is nauwelijks (+4%) verbeterd in de afgelopen 25 jaar (CBS et al., 2018b; 2018c). De stikstofconcentraties in sloten zijn sinds 1990 gedaald, de fosfaatgehalten zijn stabiel gebleven (CBS et al., 2016). De concentraties van P liggen inmiddels in veel sloten boven de streefwaarde van 'Goede Ecologische Potentie' voor sloten.

2.2.4 Landschappelijke diversiteit

Omschrijving

Binnen de brede definitie van biodiversiteit (zie paragraaf 1.3) valt ook de verscheidenheid aan landschappen. De vorige paragraaf richtte zich op afzonderlijke seminatuurlijke elementen en de bijbehorende biodiversiteit. Het aandeel en de verhouding van deze seminatuurlijke elementen verschilt tussen de diverse landschapstypes, elk met kenmerkende soorten afhankelijk van grondsoort, vegetatie en landschapsgeschiedenis. Een divers landschap met veel (verschillende) seminatuurlijke elementen zorgt voor meerdere leefgebieden voor flora en fauna (Dunning et al., 1992; Tschardt et al., 2012). Veel soorten zijn niet strikt gebonden aan akkerland, maar maken wel gebruik van het gehele landschap waarbinnen akkerbouw plaatsvindt. Om enkele voorbeelden van verschillende landschapstypes en bijbehorende kenmerkende soorten te noemen:

- In het coulisselandschap op de zandgronden in Oost- en Midden-Nederland voelt de geelgors zich thuis, die broedt in de houtwallen en struwelen. Ook dassen maken hun burchten in houtwallen en bosschages en foerageren op de akkers.
- In het veenkoloniale landschap in Noord-Nederland is de groene glazenmaker te vinden in de brede sloten waar krabbenscheer groeit.
- Het Zuid-Limburgse heuvel landschap heeft veel unieke flora en fauna, waaronder typische akkerplantensoorten en de hamster, die in het heuvel landschap zijn laatste leefgebieden heeft.
- De veldleeuwerik en de grauwe kiekendief passen bij het grootschalige en open zeekleilandschap zoals is te vinden in Groningen.

Trends

De afgelopen decennia zijn kleine kavels samengevoegd, oneffenheden in het landschap geëgaliseerd en waterlopen rechtgetrokken in het kader van ruilverkaveling en schaalvergroting. Dit maakte het mogelijk om op grote, aaneengesloten oppervlakten uniforme gewassen te telen. Tegelijkertijd ging

dit samen met een vermindering van de diversiteit van het akkerlandschap en zijn regionale verschillen genivelleerd.



Bron: Rienks et al. (2008)

Figuur 8 Impressie van het landschap zoals het was in 1911 en in 2000 (Rienks et al., 2008).

2.2.5 Functionele agrobiodiversiteit

Omschrijving

Functionele Agrobiodiversiteit (FAB) is de biodiversiteit in agrarische systemen die direct of indirect een rol speelt in de ondersteuning van teelten, bijvoorbeeld het voorkomen van natuurlijke vijanden die ziekten en plagen onderdrukken, bestuiving van gewassen door bestuivers of het bodemleven dat een positieve invloed heeft op de bodemvruchtbaarheid.

Bodembiodiversiteit is essentieel voor het functioneren van het bodemleven en de opbouw van het hele bodemvoedselweb (Van der Putten et al., 2019). Een belangrijk aspect hierin is de bacterie/schimmelverhouding. In bodems met veel moeilijk afbreekbare organische stof en een hoge C/N-verhouding, zoals in bossen en oude graslanden, zijn schimmels dominant. In de akkerbouw zijn de meeste bodems bacterie-dominant. Hier is veel makkelijk afbreekbaar organisch materiaal met een lage C/N-ratio te vinden. Dit kan positief werken voor een hoge gewasproductie, maar veel andere ecosysteemprocessen, zoals het vasthouden van voedingsstoffen, de vastlegging van koolstof en de beperking van broeikasgasemissies zijn suboptimaal in bacterie-gedomineerde bodems (De Vries et al., 2013, Morriën et al., 2017). Hierdoor is de multifunctionaliteit van deze bodems beperkt. Meer bacterie-gedomineerde bodems blijken daardoor minder bestendig tegen externe stress, zoals extreme weersomstandigheden (De Vries et al., 2012). Voor een veerkrachtige bodem is een goede verhouding, en dus diversiteit, in het bodemvoedselweb van belang. Neemt die diversiteit af, dan wordt het bodemvoedselweb minder efficiënt in het omzetten van plantenresten en organische stof in voor planten opneembare voedingsstoffen. Verlies van bodembiodiversiteit betekent dus ook verlies van bodemfuncties (Van der Putten et al., 2019).

Natuurlijke plaagbestrijding is te definiëren als het gebruikmaken van natuurlijk voorkomende of geïntroduceerde predatoren voor het bestrijden van gewasplagen. Voornamelijk carnivoren of parasitaire insecten, zoals lieveheersbeestjes, sluipwespen, roofwantsen en zweefvliegen zijn hiervoor van belang. Het verlagen van de plaagdruk in gewassen door middel van natuurlijke vijanden geeft in principe de ruimte het insecticidegebruik te verminderen en heeft daardoor positieve effecten op het milieu (Bianchi et al., 2006). Met de strenger wordende waterkwaliteitseisen en de oplopende maatschappelijke druk wordt de focus steeds meer op geïntegreerde plaagbeheersing (IPM) gelegd, waarin natuurlijke vijanden een belangrijke rol spelen (Steingröver et al., 2010). Hoewel meer kennis over natuurlijke plaagdierbestrijding nodig is om het geaccepteerd te krijgen bij de meeste boeren (Bianchi et al., 2006), is er wetenschappelijk bewijs dat een verlies aan diversiteit van natuurlijke vijanden direct te koppelen is aan een lagere gewasopbrengst (Dainese et al., 2019).

Insectbestuiving is van belang voor de fruit-, groente- en zaadteelt van 87 van de 115 meest verbouwde gewassen wereldwijd (Klein et al., 2007). Daarnaast neemt de teelt van bestuivers-afhankelijke gewassen alleen maar toe (Aizen & Harder, 2009). Wereldwijd draagt insectbestuiving bij aan 3 tot 8% van de totale landbouwproductie (Aizen et al., 2008). In Nederland wordt de waarde van bestuiving door insecten op circa 1 miljard euro geschat (Blacquière, 2009). Over het algemeen wordt de gedomesticeerde honingbij als belangrijkste bestuiver van landbouwgewassen gezien, maar wilde bestuivers blijken globaal gezien net zo belangrijk (Kleijn et al., 2015). Van de Nederlandse wilde bijensoorten is 78% op ten minste één gewas aangetroffen (Peeters et al., 2012). Daarnaast kunnen ook zweefvliegen, kevers, vlinders en wespen bijdragen aan de bestuiving van gewassen (Reemer et al., 2009; Rader et al., 2016). Het zijn vooral de veelvoorkomende en generalistische soorten die in grote mate aan gewasbestuiving bijdragen (Kleijn et al., 2015), terwijl voor specifieke gewassen specialistische soorten erg belangrijk kunnen zijn. Juist de diversiteit van de bestuiversgemeenschap is bepalend voor de uiteindelijke gewasopbrengst (Dainese et al., 2019).

Trends

Trends van bestuivers zijn bestudeerd door Scheper et al. (2014). Zij concluderen dat, hoewel de afname van de Nederlandse bijendiversiteit tot stilstand is gekomen, wilde bestuivers het zwaar hebben. Van de wilde bestuivers is 50% ernstig bedreigd (181 soorten staan in een categorie op de RL (55%), 30 soorten (9%) in de categorie Ernstig Bedreigd (Reemer, 2018)). Het lijkt er dus op dat de achteruitgang van de Nederlandse bijendiversiteit voornamelijk heeft plaatsgevonden in de periode 1970-1989 (Biesmeijer et al., 2006). Daarna is het aantal soorten dat afneemt ongeveer in evenwicht met het aantal soorten dat toeneemt. Een van de oorzaken van de afname van bestuivers is het verdwijnen van bloeiende maaigewassen als luzerne, rode klaver in de akkerbouw.

De trends betreffende bodembiodiversiteit zijn beschreven in paragraaf 2.21.

3 Drukfactoren voor biodiversiteit op en om de akker

3.1 Drijvende krachten

In het vorige hoofdstuk zijn de staat en de trend van de biodiversiteit die met de akkerbouw samenhangt beschreven in termen van soorten en ecosystemen. Gebleken is dat akkerflora, insecten, vogels, zoogdieren en landschappelijke diversiteit over het algemeen negatieve trends vertonen in akkerbouwgebieden. De trends verschillen per soort en per gebied, maar over de gehele linie kunnen we stellen dat er sprake is van een afname van biodiversiteit. De negatieve trends kunnen verklaard worden door bepaalde factoren (*pressures*). Daarover gaat paragraaf 3.2. Deze factoren bieden belangrijke aanknopingspunten voor de selectie van zinvolle KPI's.

De factoren die de trends kunnen verklaren, staan echter niet op zichzelf, ze worden veroorzaakt door drijvende krachten (*drivers*). Dit zijn krachten die buiten de invloedssfeer liggen van de akkerbouwer, maar wel direct of indirect de staat van de biodiversiteit beïnvloeden. Het gaat dan onder meer over:

- Natuurlijke krachten, zoals klimaatverandering en weersextremen als gevolg daarvan;
- Economische krachten, zoals stijgende grondprijzen (en dientengevolge schaalvergroting en intensivering) en mondiale ontwikkelingen in productie en handel, bijvoorbeeld in de vorm van handelsakkoorden, met gevolgen voor de prijsvorming van akkerbouwproducten;
- Sociaaleconomische krachten, zoals de afnemers en supermarkten die (genetisch) uniforme producten willen met hoge kwaliteitseisen.
- Sociaal-politieke krachten, zoals de publieke opinie over wie er wordt gezien als een 'goede' boer, welke regelgeving er voor de akkerbouw geldt en waarvoor er al dan niet Europese en nationale subsidies worden verleend. Het gemeenschappelijke landbouwbeleid van de EU (GLB) speelt een belangrijke rol in de ontwikkelingen in de akkerbouw (Van Doorn, 2017).

Al deze krachten samen bepalen het handelen van de akkerbouwer bij de teelt. Voor een nadere beschrijving van de drijvende krachten achter biodiversiteitsverlies in de landbouw wordt verwezen naar de vakliteratuur (Baayen & Van Doorn, 2020; Bouma & Oosterhuis, 2019; College van Rijksadviseurs, 2020; Commissie-Remkes, 2020; Europese Rekenkamer, 2020; Vink & Boezeman, 2018; Witte et al., 2020).

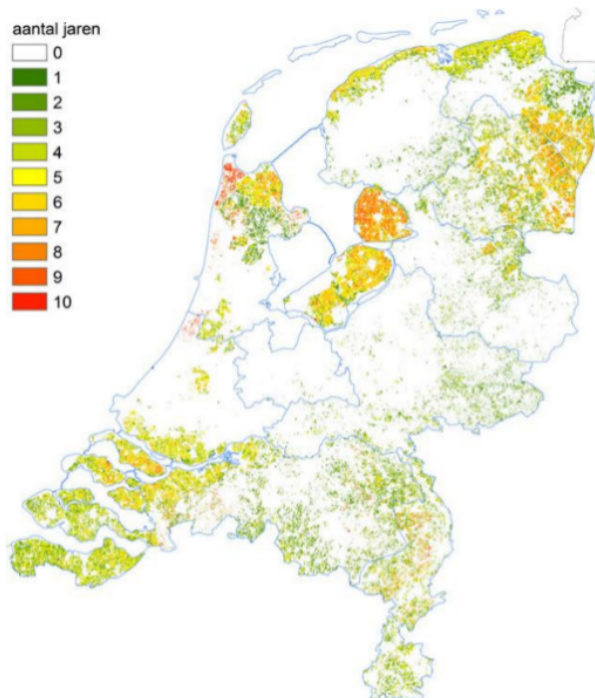
Omdat individuele akkerbouwers geen invloed hebben op de drijvende krachten, wordt hier niet nader ingegaan op de drijvende krachten achter biodiversiteitsverlies. In plaats daarvan richt dit hoofdstuk zich op de volgende laag van het DPSIR-kader², de drukfactoren, waar de akkerbouwer wel invloed op kan uitoefenen. De wisselwerking tussen de drijvende krachten en het primaire doel van voedselproductie resulteert namelijk in handelingen door de akkerbouwer, die druk uitoefenen op het agrarische ecosysteem en zo de staat van de biodiversiteit beïnvloeden (Oesterwind et al., 2016). Hoe de akkerbouwer zijn bedrijfsvoering invult, heeft invloed op de richting en intensiteit van de drukfactoren. Naast drukfactoren die de biodiversiteit negatief beïnvloeden, zijn er ook volop kansen voor biodiversiteit. De kansen voor biodiversiteit in de akkerbouw worden in hoofdstuk 4 besproken.

Om de drukfactoren te begrijpen, is het van belang om een schets te geven van de moderne akkerbouw. De teeltstrategieën in de plantaardige voedselproductie in Nederland zijn gevormd door het streven naar een lage kostprijs, voortgaande technologische ontwikkeling en innovatie, subsidiëring vanuit het Gemeenschappelijke Landbouwbeleid, hoge grondprijzen en hoge arbeidskosten. De opbrengst per hectare, de inzet van arbeid en de kosten voor technologie zijn voor de meeste bedrijven de belangrijkste factoren in het economische resultaat. Op de hoeveelheid ingezette technologie (lees mechanisatie, gewasbeschermingsmiddelen, kunstmest, uitgangsmateriaal) wordt veelal niet bezuinigd, omdat besparen op technologie leidt tot verhoging van arbeidskosten of (risico op) verlaging van opbrengst. Wel wordt de kostbaarste technologie (vooral mechanisatie) zo efficiënt mogelijk ingezet, om zodoende de kosten per eenheid product zo laag mogelijk te maken. Daarnaast wordt het aandeel van de laagst salderende gewassen in de rotatie geminimaliseerd.

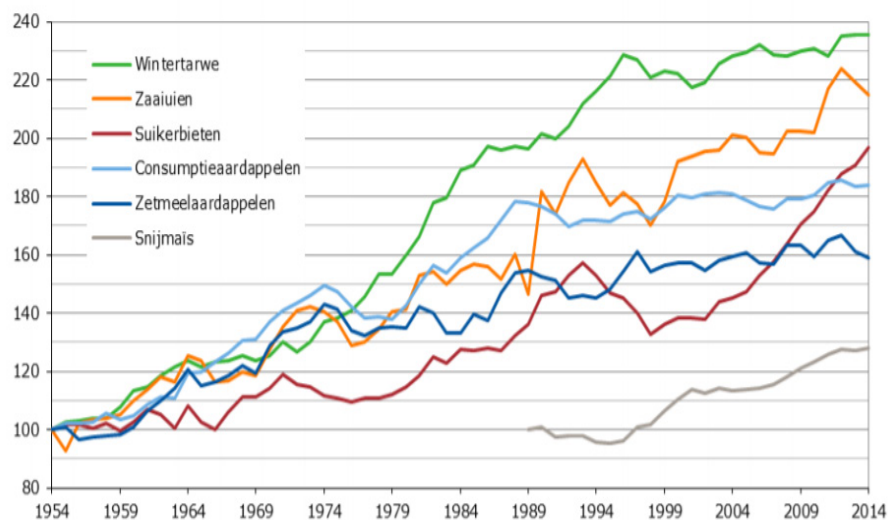
² Voor uitleg over het DPSIR-kader, zie de inleiding.

Als gevolg van bovenstaande algemene strategieën ziet de akkerbouw in Nederland er in grote lijnen als volgt uit:

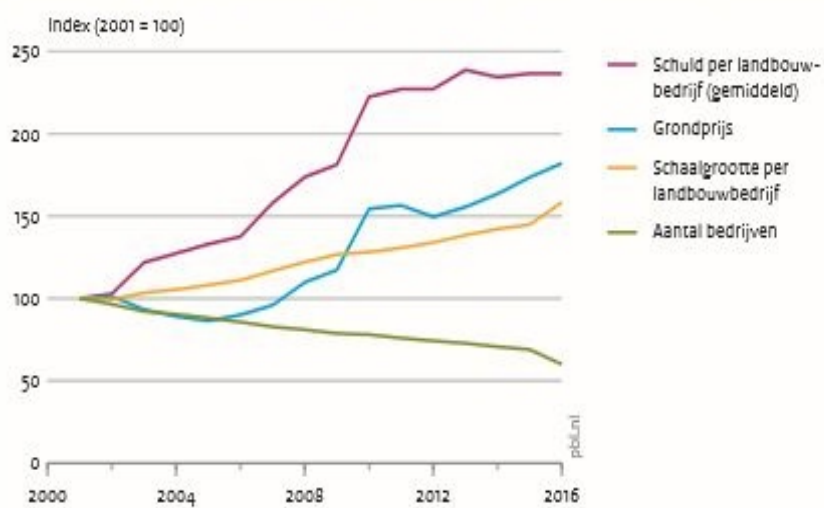
- Landbouw is **kapitaalintensief**, hoge risico's op mislukkingen/opbrengstderving moeten worden vermeden.
- **Nauwe rotatie** (specialisatie) op eigen grond en vaak vrij veel huurgrond om de gewasspecialisatie te kunnen versterken.
- Laag aandeel aan laag salderende gewassen (**weinig maaivruchten**) en zo hoog mogelijk aandeel aan hoog salderende gewassen (**veel rooivruchten, groenten**) (Figuur 10).
- Veredeling van enkele economisch gunstige gewassen tot **hoogproductieve genetisch uniforme** gewassen (Figuur 10).
- Nadruk op **grote gewasuniformiteit** vanwege toegepaste technologie en markteisen.
- Nadruk op **grote, aaneengesloten gewasoppervlakten** en schaalvergroting om de mechanisatie zo efficiënt mogelijk in te zetten (Figuur 11).
- Zo **weinig mogelijk niet-productief grondoppervlak** vanwege dure grond/hoge pacht.
- De bij deze grote monoculturen onvermijdbare ziekten en plagen worden gedood met **inzet van chemische gewasbeschermingsmiddelen**, die voornamelijk worden ingezet bij de hoog salderende (rooi)gewassen (Figuur 12).
- Om concurrentie van onkruiden of het risico van aantasting van ziekten en plagen zo veel mogelijk te beperken, wordt het perceel regelmatig gesaneerd door het **om te ploegen** (elk jaar een schone start).
- Door de **intensieve en zware mechanisatie** verslechtert de bodemstructuur, met o.a. als gevolg ondergrondverdichting. Om de door de zware mechanisatie verslechterde structuur weer op te knappen, wordt **de grond jaarlijks intensief bewerkt** (ploegen dus ook om deze reden).
- In het verleden relatief **weinig aandacht voor bodemkwaliteit** en organische stof-aanvoer vanwege de beschikbaarheid van goede grondbewerkingsmechanisatie en relatief **goedkope gewasbeschermingsmiddelen en kunstmest**. De laatste jaren staat bodemkwaliteit overigens weer volop in de belangstelling.
- **Risicomijding**/opbrengstverzekering in hoog salderende en kapitaalintensieve gewassen, waardoor liever te veel dan te weinig ingrepen.



Figuur 9 Teeltgebieden en teeltfrequentie van rooigewassen in Nederland tussen 2005-2014. Een aandeel rooigewassen boven de 50% zet de bodemkwaliteit onder druk. Dit is het geval bij een teeltfrequentie van 6 of hoger binnen 10 jaar (oranje en rode gebieden). Witte gebieden zijn overwegend grasland, natuur of stedelijk gebied (uit Buurma et al., 2016).



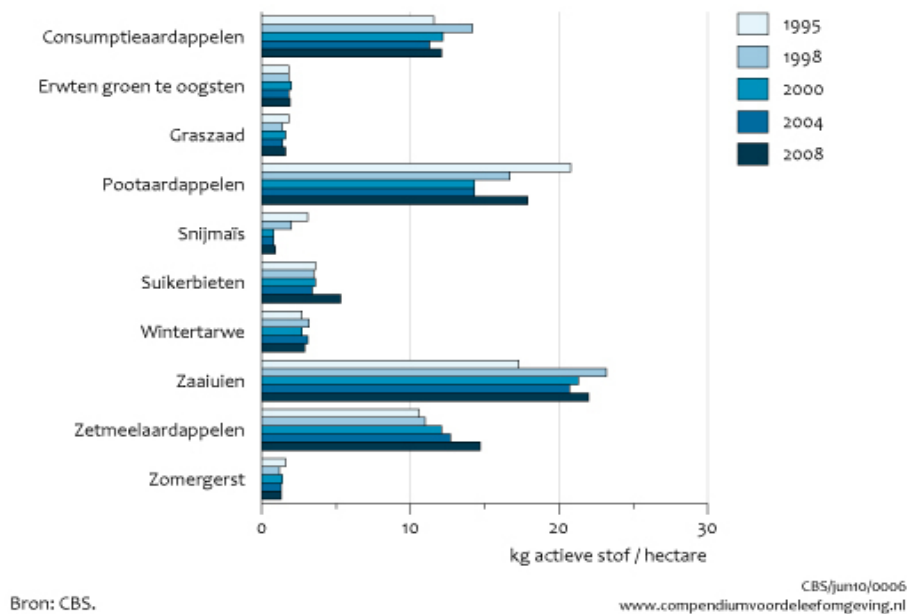
Figuur 10 Ontwikkeling van gewasopbrengsten per ha (index 1954=100, snijmais 1989= 100) van de in Nederland meest geteelde akkerbouwgewassen (uit Buurma et al., 2016).



Bron: Wageningen Economic Research Agrimatie

Figuur 11 Samenhang tussen grondprijs, schuld per landbouwbedrijf, schaalgrootte en aantal bedrijven in de Nederlandse landbouwsector (Bron: Wageningen Economic Research Agrimatie).

Gebruik gewasbeschermingsmiddelen in akkerbouw



Figuur 12 Gebruik van gewasbeschermingsmiddelen in de meest geteelde akkerbouwgewassen in Nederland (Bron: CBS).

3.2 Drukfactoren

Om tot integrale KPI's te komen, is het belangrijk de bepalende drukfactoren voor biodiversiteit op en om de akker te identificeren. Het bepalen van de relatie tussen drukfactoren en biodiversiteit is echter ingewikkeld, omdat meerdere drukfactoren tegelijkertijd kracht uitoefenen. In dit hoofdstuk worden de belangrijkste drukfactoren van de akkerbouw op de biodiversiteit behandeld. Het gaat daarbij om het effect van de afzonderlijke activiteiten of handelingen van de akkerbouwer op de biodiversiteit en om de wisselwerking tussen de drukfactoren.

3.2.1 Landgebruik

Ten eerste zijn er factoren die te maken hebben met hoe omgegaan wordt met de grond, het land en het landschap en die relevant zijn voor biodiversiteit.

3.2.1.1 Intensiteit grondgebruik

Intensievere vormen van grondgebruik kunnen medeoorzaak zijn dat minder bodemleven in akkerbouwrotaties wordt gevonden, vergeleken met bijvoorbeeld grasland. Daarbij lijkt intensieve grondbewerking vooral een effect te hebben op aantallen regenwormen. Bowles et al. (2017) tonen aan dat meer/intensievere grondbewerking resulteert in minder regenwormen en tevens in een ongunstige schimmel-bacterieratio, wat weer een negatieve invloed heeft op diverse bodemfuncties (zie paragraaf 2.2.6). Grondbewerking heeft invloed op de aantallen bodemkruipers, lieveheersbeestjes en zweefvliegen (Tamburini et al., 2016). Niet-kerende grondbewerking geeft meer loopkevers, spinnen en lieveheersbeestjes dan kerende grondbewerking. Daarbij gaat het niet alleen om directe afname van het bodemleven als gevolg van bodembewerking (Newton, 2017), maar ook om indirecte afname als gevolg van een verlies van het organische-stofgehalte van de bodem. De intensiteit van het bodemgebruik verklaart in belangrijke mate de samenstelling van het bodemleven. Verschillen in bodemleven kunnen op zeer kleine ruimtelijke schaal optreden, zo wijst onderzoek in akkerranden uit (Rutgers et al., 2009). In de studie van Tsiafouli et al. (2015) leidt een toename van de intensiteit van het grondgebruik tot een afname van soortenrijkdom, tot een verlies van grotere bodemdieren en werden de voedselpiramide minder complex.

Intensieve bodembewerking gaat vaak samen met een intensiever bouwplan, zoals een nauwe rotatie met veel rooigewassen en een hoge graad van mechanisatie met zware machines. In een studie in vier Europese landen toonden Tsiafouli et al. (2015) aan dat intensieve grondbewerking en een intensief bouwplan resulteren in een minder divers bodemecosysteem. Ook een literatuurstudie uitgevoerd in het kader van het Interregprogramma Bodembreed (Reubens et al., 2010) ondersteunt dit. Dit maakt dat de teelt van rustgewassen van groot belang is voor de bodembiodiversiteit en -kwaliteit. In een extensief bouwplan met meer rustgewassen is er minder grondbewerking nodig en is er dus relatief minder verstoring in de grond, wordt er meer organische stof aan de bodem toegevoegd (rustgewassen zoals granen, grassen, luzerne en klavers leggen organische stof vast) en wordt er minder intensief bemest en met chemische middelen behandeld dan in een intensief bouwplan met veel rooigewassen. Tussen 2007 en 2017 is het totaalareaal aan rustgewassen echter afgenomen van 214.000 ha naar 174.000 ha, een daling van 19% (Smit & Jager, 2018), die deels te verklaren is door lage graanprijzen.

Intensief bodemgebruik als gevolg van een intensivering van gewasrotaties, verminderde gewasdiversiteit, een hoger aandeel rooigewassen ten koste van rustgewassen, vermindering in organischestof-aanvoer, voortschrijdende mechanisatie en kerende grondbewerking zijn dus in het algemeen van negatieve invloed op bodembiodiversiteit (Rutgers et al., 2009; Crittenden, 2014; Venter et al., 2016).

3.2.1.2 Homogenisering van akkerland

De focus op een beperkt aantal hoog salderende gewassen heeft ertoe geleid dat sommige gewassen sterk zijn afgenomen of zijn verdwenen. Bouwlanden zijn qua gewaskeuze en vruchtwisseling steeds meer op elkaar gaan lijken. Tegelijkertijd zijn de percelen groter geworden, waardoor het landschap in zijn geheel homogener is geworden. Hoewel er weinig literatuur beschikbaar is, lijkt het erop dat tegenwoordig de perceelsomvang de actieradius van bijvoorbeeld veel soorten insecten overschrijdt. Momenteel worden vooral aardappelen, suikerbieten en mais geteeld. Met name het areaal rogge en haver is sinds 1950 sterk achteruitgegaan. De afgenomen gewasdiversiteit is een drukfactor, gezien de positieve relatie tussen gewasdiversiteit en biodiversiteit voor alle soortgroepen (Sirami et al., 2019). Zo is het verminderde gebruik van vlinderbloemigen in de afgelopen eeuw voor een belangrijk deel de oorzaak van de daling in populaties van soorten die in deze plantenfamilie zijn gespecialiseerd, zoals bepaalde hommelse soorten (Scheper et al., 2014a).

De focus op hoogproductieve gewassen heeft ertoe geleid dat sommige gewassen sterk zijn afgenomen of zijn verdwenen. Bijvoorbeeld door de afname van zomergranen in het bouwplan zijn stoppelvelden schaars geworden. Veel vogelsoorten kunnen daardoor in de winter minder voedsel vinden in het akkerland. Het vierslagstelsel met groenbemesters en/of mest heeft braakliggende akkers overbodig gemaakt. De homogenisering van het akkerland heeft dus een grote bijdrage geleverd aan de afname van biodiversiteit op de akker.

3.2.1.3 Verdwijnen van seminatuurlijk habitat

Door het streven naar zo min mogelijk niet-productief oppervlak in de akkerbouw zijn veel ongebruikte overhoekjes en perceel- en slootranden verdwenen. Dit heeft geleid tot een verlies van leefgebied, waardoor vrijwel alle soorten insecten, vogels en andere soorten worden geraakt (Goulson et al., 2003; Scheper et al., 2014b). Bovendien zijn in de afgelopen decennia solitaire bomen, boomgroepen, boschages, houtwallen, poelen, greppels en sloten vaak verwijderd, omdat die niet langer economische waarde hebben voor de eigenaar of pachter (Smits en Alebeek, 2007). Voor de overgebleven landschapselementen zijn verwaarlozing, verdrukking en illegaal opruimen de belangrijkste oorzaken van bedreiging (Snepvangers et al., 2013). Dit wordt versterkt doordat onder het GLB landschapselementen niet mochten meetellen als subsidiabele grond, zodat er een financiële prikkel was om ze te ruimen, nog afgezien van het verlies aan opbrengst als gevolg van de schaduwwerking op de belendende akker en het efficiëntieverlies bij het bewerken van het land met machines.

Ongebruikte overhoekjes, akker- en slootranden en de velerlei landschapselementen zijn van groot belang voor de biodiversiteit. In goede staat, dat wil zeggen niet overbemest of verdroogd, herbergen zij een schat aan leven: van wilde flora tot insecten, vogels en zoogdieren. Hieronder wordt als voorbeeld het belang van seminatuurlijke elementen voor akkervogels geschetst.

Bij seminatuurlijke elementen is niet alleen de aanwezigheid, maar ook het beheer van belang voor het effect op biodiversiteit. Vickery et al. (2009) laten bijvoorbeeld zien dat alleen een grasrand weinig voeding voor vogels biedt. Als er meer kruidige planten in een rand staan, wordt er al meer voeding geboden. Vooral in de winter is een zadenrijke rand belangrijk voor de voedselvoorziening van vogels. Ook Merckx et al. (2012) laten zien dat heggen de diversiteit van nachtvlinders verhogen, vergeleken met standaard grasranden. Echter de huidige randen zijn veelal minder breed, bevatten minder houtige soorten en bieden daarmee ook minder voedsel en schuil- en nestplaatsen.

Ontwikkeling van opgaande landschapselementen (hagen, struwelen en houtwallen) is bevorderlijk voor soorten van het kleinschalige cultuurlandschap, zoals delen van de Achterhoek, maar past minder goed bij soorten die kenmerkend zijn voor open landschappen (zoals de veldleeuwerik). Ontwikkeling van kruidenrijke vegetaties is in alle landschapstypen bevorderlijk voor de biodiversiteit.

3.2.2 Milieufactoren

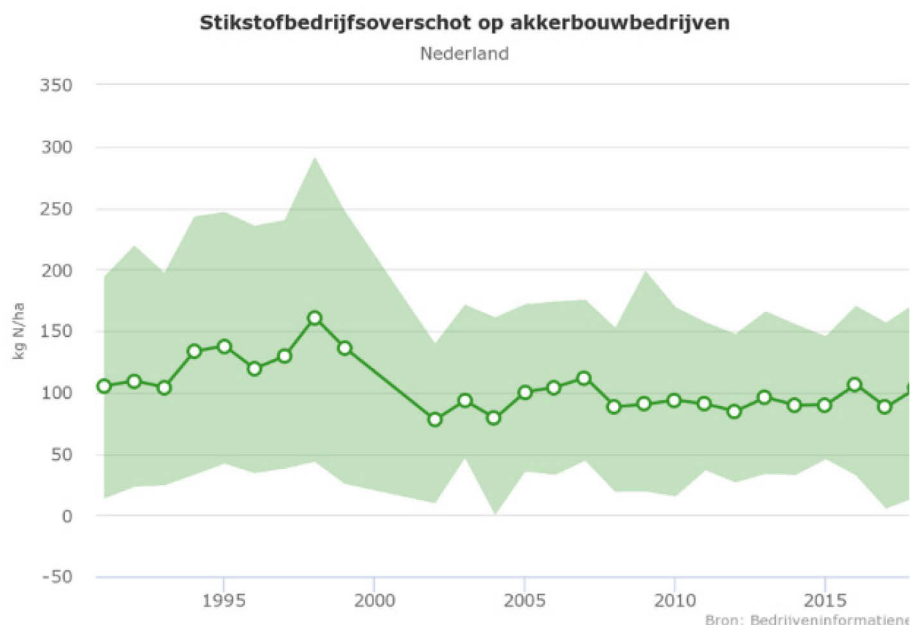
Naast factoren met betrekking tot gebruik van land en landschappen zijn ook factoren die te maken hebben met emissies en onttrekking relevant voor biodiversiteit.

3.2.2.1 Emissies van nutriënten

Nutriënten zijn een onmisbare factor in de akkerbouw. Stikstof en fosfaat zijn daarbij bepalend, naast sporenelementen en organische stof. Nutriënten kunnen daarbij in diverse vormen worden toegediend zoals met gewasresten, dierlijke mest, kunstmest, composten of groenbemesters. Een deel van de stikstof in de mest wordt na bemesting niet door het gewas opgenomen, maar gaat verloren aan de lucht of naar het grond- en oppervlaktewater. Hoeveel stikstof uit de mest verloren gaat naar de lucht of het grond- en oppervlaktewater, hangt af van de mestsamenstelling, de grondsoort, het tijdstip van bemesten, de wijze van toediening en het weer (Koopmans et al., 2018). In de akkerbouw kan sprake zijn van precisiebemesting, waarbij exact de juiste hoeveelheid nutriënten wordt gegeven die nodig is voor de groei van het gewas. In dat geval is er sprake van beperkte verliezen door af- en uitspoeling naar grond- en oppervlaktewater en is het effect op de biodiversiteit in de bodem en op en om de akker relatief klein. Een keerzijde van precisiebemesting kan zijn dat er homogenisatie van bodemsamenstelling/bodemvruchtbaarheid optreedt, maar wat hiervan de effecten zijn op biodiversiteit is niet bekend.

Uit- en afspoeling van stikstof leidt tot eutrofiëring van het oppervlaktewater, met algenbloei tot gevolg en het verdwijnen van de natuurlijke flora en fauna van sloten en beken. Verspreiding van stikstof via de lucht leidt tot depositie in de omgeving, zoals seminatuurlijke elementen en natuurgebieden. Ook dit leidt tot eutrofiëring van deze ecosystemen, met als gevolg een afname van de biodiversiteit. Veel biodiversiteit hangt samen met een beperkte stikstofbeschikbaarheid. Stikstofarme habitats bieden kansen voor specialisatie en adaptatie aan de beperkende omstandigheden en creëren zo niches waarin alleen specifieke planten met hun bijbehorende insecten zich kunnen vestigen. Het belang van het tegengaan van emissies van nutriënten betreft met name de omgeving van de akker (aangrenzende bermen, sloten, beken, houtige landschapselementen en natuurgebieden), meer nog dan de akker zelf.

De belangrijkste bron van N-depositie is afkomstig van ammoniakemissies uit de landbouw en dan met name dierlijke mest (75% van totale NH_3 -depositie) en de toediening van kunstmest op het land (10% van totale NH_3) (Van den Born et al., 2020). NO_x -emissies zijn ook een bron van N-depositie en komen vrij vanuit verbrandingsprocessen in landbouwmachines, maar is qua aandeel minder relevant dan de NH_3 -emissies. De trend in het stikstofbedrijfsoverschot in de akkerbouw is in Nederland redelijk stabiel na een sterke daling rond het jaar 2000 (Figuur 13). Wel zijn verschillen per regio gevonden, waarbij sprake is van een dalende trend in de zandregio's (Bron: Agrimatie), waar echter ook de grootste overschotten zijn.



Figuur 13 De trend in het stikstofbedrijfsoverschot in de akkerbouw in Nederland (Bron: Agrimatie).

Naast emissies van nutriënten via de lucht treedt ook af- en uitspoeling op naar het grond- en oppervlaktewater. Daarbij gaat het vooral om stikstofnutriënten (nitraat: NO_3^- , ammonium: NH_4^+ etc.) en in beperkte mate om fosfaat naar het oppervlaktewater. Afspoeling is de oppervlakkige afstroming van water naar het oppervlaktewater. Uitspoeling is het transport van N en P door de bodem naar het grondwater. Bouwland op zandgrond geeft de grootste nitraatverliezen (Van Es et al., 2006). Naast stikstof leidt fosfaat in oplossing tot eutrofiëring van met name oppervlaktewateren. Door de algengroei kan de biodiversiteit in sloten en andere oppervlaktewateren onder druk komen te staan. Als deze nutriënten in het oppervlaktewater komen, leidt dat tot een afname van macrofauna en waterplanten en de natuurkwaliteit (Van Puijenbroek, 2014). De af- en uitgespoelde nutriënten worden niet opgenomen door het gewas en kunnen daardoor worden beschouwd als zowel een economisch als een ecologisch verlies.

Over het algemeen genomen is de natuurkwaliteit van oppervlaktewater qua macrofauna en waterplanten laag in de Nederlandse landbouwgebieden (Van Puijenbroek, 2014). Het aandeel van de landbouw in de af- en uitspoeling van nitraten en fosfaten is groot: 54% van de totale stikstofaanvoer en 56% van de totale fosfooraanvoer naar het watersysteem is afkomstig van landbouwgronden (Groenendijk et al., 2016). Groenendijk et al. (2016) berekenden dat de af- en uitspoeling van N en P van landbouwgronden met respectievelijk 12-17% en 12-38% moet verminderen om te voldoen aan de concentratienormen van de KRW.

3.2.2.2 Emissies van gewasbeschermingsmiddelen

Gewasbeschermingsmiddelen worden ingezet ter bestrijding van ziekten, plagen en onkruiden in land- en tuinbouw. Het gaat om middelen tegen insecten (insecticiden), mijten (acariciden), nematoden (nematiciden), schimmels (fungiciden), bacteriën (bactericiden), maar ook tegen slakken (mollusciciden) en onkruiden (herbiciden). Het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen is in de Europese Unie gereguleerd onder de Europese Verordening Gewasbeschermingsmiddelen (EG) 1107/2009 en de Richtlijn (2009/128/EG) Duurzaam gebruik van pesticiden. In Nederland geeft de Wet gewasbeschermingsmiddelen en biociden uitvoering aan de Europese regels. De wet- en regelgeving borgt dat de toepassing van deze middelen in principe veilig is voor mens en milieu. Toelating van middelen wordt voorafgegaan door een beoordeling van de verwachte effecten daarvan door de Europese Voedsel- en Warenautoriteit (EFSA).

Het Europese systeem van regelgeving voor gewasbeschermingsmiddelen wordt beschouwd als een van de veiligste ter wereld. Dat neemt niet weg dat de toelating en het gebruik van middelen discussie oproepen. Voorbeelden zijn het gebruik van het onkruidbestrijdingsmiddel glyfosaat en neonicotinoïde

insecticiden. In zulke gevallen hangt het er vaak om of het desbetreffende middel toegelaten wordt (of blijft) dan wel dat de toelating wordt afgewezen (of ingetrokken). De redenen daarvoor liggen op het vlak van de veronderstelde risico's voor de humane gezondheid en biodiversiteit (bv. insectensterfte). Ook speelt mee dat de normen om de risico's te beoordelen zijn gebaseerd op de effecten op een klein aantal modelorganismen, terwijl de effecten op andere organismen en de cumulatieve effecten van ophoping van middelen in het milieu en hogere trofische niveaus (carnivore insecten, insectenetende knaagdieren en roofvogels) niet verplicht in het laboratorium hoeven te worden onderzocht. Ook worden gedrag in echte veldomstandigheden en langetermijneffecten vaak niet meegenomen.

Uit de literatuur blijkt dat de toepassing van gewasbeschermingsmiddelen, ondanks alle voorzorgen van wet- en regelgeving, toch invloed heeft op de biodiversiteit in de akkerbouw.

De effecten van gewasbeschermingsmiddelen op biodiversiteit en ecosysteemdiensten zijn in een aantal wereldwijde metastudies in beeld gebracht. Twee daarvan (EASAC, 2015; TFSP, 2015) concluderen dat er toenemend bewijs is dat het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen resulteert in substantiële negatieve gevolgen voor de biodiversiteit en het functioneren van ecosystemen. Met name het gebruik van neonicotinoïden blijkt onbedoelde negatieve gevolgen te hebben, het gebruik belemmert het herstel van de biodiversiteit (EASAC, 2015) en de huidige schaal van het gebruik ervan is niet duurzaam (EASAC, 2015; TFSP, 2015). Het effect van neonicotinoïden reikt verder dan alleen insecten en wordt niet voldoende gemitigeerd door toepassing in de vorm van zaadcoating. Voor de patrijs is vastgesteld dat het eten van gecoate zaden leidt tot een verhoogde mortaliteit onder adulte vogels en een verlaagd immuunsysteem bij jonge vogels (Lopez-Anita et al., 2015; Millot et al., 2017).

Naast insecticiden in het algemeen en neonicotinoïden in het bijzonder, spelen herbiciden en fungiciden een belangrijke rol bij biodiversiteitsverlies. De afname van akkeronkruiden ten gevolge van de algemene toepassing van herbiciden leidt, samen met het verdwijnen van insecten als gevolg van de toepassing van insecticiden, tot een verlaagd voedselaanbod (insecten, zaden) voor bijvoorbeeld akkervogels (Sotherton, 1991; De Snoo, 1995; Wilson et al., 1999; Hallmann et al., 2014; Newton, 2017). Bretagnolle & Gaba (2015) relateren de halvering van de aanwezige akkerflora in de afgelopen zeventig jaar ten gevolge van het gebruik van herbiciden aan de achteruitgang van bestuivers. Vera da Silva et al. (2018) toonden aan dat de aanwezigheid van middelen als glyphosaat en fungiciden in de bodem eerder regel dan uitzondering is, en daarmee een risico vormt voor het bodemleven. Geiger et al. (2010) vonden dat uit dertien variabelen die van invloed zijn op de Europese biodiversiteit, fungiciden de grootste invloed hadden en dat ondanks steeds strengere regelgeving insecticiden en fungiciden natuurlijke plaagdierbestrijding in Europa onderdrukken.

De Europese Commissie streeft in haar Farm-to-Fork strategie³ en Europese Biodiversiteitsstrategie⁴ dan ook naar een reductie van het gebruik en het risico van chemische gewasbeschermingsmiddelen van 50% en van het gebruik van de risicovolste gewasbeschermingsmiddelen met 50% per 2030.

3.2.3 Verdroging

De waterhuishouding in de akkerbouw is van belang voor de biodiversiteit. Vanouds waren er niet alleen in de laaggelegen westelijke en noordelijke veenweide gebieden periodiek hoge grondwaterstanden, maar ook op de zand-, löss- en kleigronden. In de afgelopen vijftig jaar zijn veel beken rechtgetrokken en gekanaliseerd en zijn natte gedeelten verdwenen door drainage, ruilverkaveling en schaalvergroting.

Verdroging is vooral het gevolg van het aanpassen van het watersysteem aan de eisen die het grondgebruik stelt, waarbij drie categorieën worden onderscheiden (Beugelink et al., 1995):

- Ontwatering en versnelde afwatering (drainage) voor de landbouw veroorzaken landelijk circa 60% van de verdroging;

³ https://ec.europa.eu/food/farm2fork_en#:~:text=%20The%20Farm%20to%20Fork%20Strategy%20aims%20to,has%20access%20to%20sufficient%2C%20safe%2C%20nutritious%2C...%20More%20

⁴ https://ec.europa.eu/environment/nature/biodiversity/strategy/index_en.htm

- Grondwateronttrekkingen voor drink- en industriewater en beregening veroorzaken circa 30% van de verdroging;
- Overige oorzaken, zoals de toename van verhard oppervlak, bebossing (= toename verdamping) en zandwinning dragen voor circa 10% bij.

Bij regenval wordt het water zo snel mogelijk afgevoerd, waardoor er minder infiltratie plaatsvindt en er een lagere grondwaterspiegel ontstaat. Tegelijkertijd is er op de akker vaak sprake van ondergrondverdichting waardoor er minder water infiltreert naar het grondwater. Daarnaast wordt door waterschappen ten behoeve van de landbouw het grondwaterpeil laag gehouden ten gunste van de bewerkbaarheid van de bouwgrond met zware machines. Echter, een dergelijk verlies aan dynamiek is in het algemeen ongunstig voor de biodiversiteit, zowel voor de flora en fauna als voor het bodemleven. Bovendien is het waterpeilbeheer in akkerbouwgebieden van invloed op de omliggende natuur, die door de daling van het grondwater aan verdroging lijdt. In droge perioden leidt het lage grondwaterpeil, mede als gevolg van het opwarmende klimaat, al snel tot watertekorten. Bij droogte is beregening door onttrekking van grondwater inmiddels gemeengoed geworden. Dit leidt dan weer tot verdere verdroging van aangrenzende natuurgebieden (Witte et al., 2020).

3.2.4 Overige drukfactoren

Naast voornoemde drukfactoren is er ook een aantal factoren relevant voor biodiversiteit die buiten de invloedssfeer van de akkerbouwer ligt, zoals klimaatverandering. Klimaatverandering leidt ertoe dat de leefgebieden van planten en dieren een ander klimaat krijgen. Op wereldschaal zijn de gevolgen voor de biodiversiteit negatief (IPBES, 2018; Bellard et al., 2012). Voor afzonderlijke soorten kunnen in Nederland de gevolgen positief of negatief zijn: koudeminnende soorten raken leefgebied kwijt, warmteminnende soorten kunnen zich uitbreiden dan wel zich voor het eerst in ons land vestigen.

De verandering van het klimaat leidt in ons land tot warmere en drogere zomers in samenhang met perioden van hevige(re) regenval. Verdroging van akkerland en de omgeving daarvan (beken, vennen, heide, bossen) leidt tot versnelde achteruitgang van de biodiversiteit. Droogvallende beken, vennen en poelen leiden tot sterfte van aquatische flora en fauna.

Een individuele akkerbouwer heeft met zijn bedrijfsvoering verwaarloosbare invloed op de verandering van het klimaat wereldwijd (hoe belangrijk die individuele bijdrage ook is in het licht van collectieve actie). Wel kunnen akkerbouwers werken aan het klimaatbestendig maken van het land, door bijvoorbeeld zorgvuldig om te gaan met de grond en het water.

Broeikasgasemissies in de akkerbouw worden vooral veroorzaakt door afname van organische stof in de bodem (bijvoorbeeld door afbraak van veenlagen en van veenresten in moerige gronden door een laag waterpeil), door lachgasemissies bij het onderwerken van planten of uit mest en door CO₂-emissies bij het gebruik van fossiele brandstoffen (machines). Lachgasemissies zijn een gevolg van stikstofomzetting in de bodem ten gevolge van microbiële activiteit. De grootste bronnen van lachgas zijn dierlijke mest (23%) en kunstmest (24%). Om klimaatverandering tegen te gaan, zet het Klimaatakkoord⁵ voor de akkerbouw onder andere in op extra vastlegging van organische stof in de bodem. Dit stimuleert de bodembiodiversiteit.

3.3 Wisselwerking van drukfactoren

In de voorgaande paragrafen zijn de voornaamste drukfactoren met betrekking tot landgebruik, emissies en klimaat behandeld. Daarbij is het van belang om erbij stil te staan dat de verschillende drukfactoren niet alleen separaat invloed hebben op de biodiversiteit in de akkerbouw, maar ook in nauwe wisselwerking met elkaar staan. De biodiversiteit in de bodem hangt samen met het gebruik van nutriënten, gewasbeschermingsmiddelen, welke gewassen er worden geteeld, in welke rotatie en wat de grondsoort en waterhuishouding is. De bovengrondse biodiversiteit hangt af van de geteelde gewassen, de intensiteit van de teelt en het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen daarbij, de

⁵ <https://www.klimaatakkoord.nl/documenten/publicaties/2019/06/28/klimaatakkoord>

ruimtelijkheid en volgordelijkheid daarvan, en de relatie tot de groenblauwe landschapselementen op en om de akker en de natuur in de omgeving.

De akkerbouw is een complex systeem, met een scala aan factoren die invloed uitoefenen op de biodiversiteit. De relaties zijn niet altijd lineair: een milde mate van verstoring is gunstig voor de biodiversiteit doordat het meer niches oplevert, gunstiger dan een lage (schraal extensief grasland) of hoge mate van verstoring (intensief bewerkt akkerland). Zonder enig menselijk ingrijpen ontwikkelt bouwland en grasland zich in Nederland tot bijvoorbeeld een bos. Niet alle vormen van biodiversiteit worden overigens op dezelfde wijze bevorderd of benadeeld door een bepaalde vorm van agronomisch handelen. Wat goed is voor één soort, kan ongunstig uitpakken voor een andere soort. Gebleken is dat de akkerflora, insecten, vogels, zoogdieren en landschappen over het algemeen negatieve trends vertonen in akkerbouwgebieden. Achter deze algemene negatieve trend zit niet één drijvende kracht of één drukfactor. De negatieve trend wordt veroorzaakt door een complexe wisselwerking van verschillende drukfactoren. De opgave voor de akkerbouw is om over de hele linie de drukfactoren te verlichten, zodat de biodiversiteit kan toenemen. In het volgende hoofdstuk worden vanuit de drukfactoren de opgaven en kansen beschreven waar de akkerbouw voor staat ten aanzien van de biodiversiteit.

4 Opgaven, kansen en KPI's

4.1 Ambitie

De ambitie van de Biodiversiteitsmonitor akkerbouw is om het mogelijk te maken om de prestaties op het gebied van biodiversiteit eenduidig te meten, maatschappelijk te laten waarderen en (financieel) te kunnen belonen ten behoeve van biodiversiteitsbevordering en -herstel. De vraag is hoe die ambitie concreet te maken en welke biodiversiteit bevorderd moet worden. Daarbij speelt dat het doel weliswaar is om de biodiversiteit op en om de akker te bevorderen, maar op zo'n manier dat de primaire functie van de akkerbouw (rendabele voedselproductie) blijft bestaan. Het bevorderen van biodiversiteit waar deze studie zich op richt, gaat daarmee om een betekenisvolle vooruitgang van de biodiversiteit, die aansluit bij de realiteit van de akkerbouwer anno 2021. Als voorbeeld: het bevorderen van zeldzame soorten door middel van akkerreservaten is in eerste instantie niet het type actie waarvoor de BMA bedoeld is. Dat kan een nuttige plek hebben in het geheel, maar bij de BMA gaat het met name om het verhogen van de basiskwaliteit voor biodiversiteit op en om het akkerland, niet om klassieke natuurbescherming in specifieke daarvoor aangewezen gebieden.

Werken aan biodiversiteit op een akkerbouwbedrijf begint bij de bodem van de akker, richt zich op de natuurlijke biodiversiteit tussen en om het gewas en de daarvoor benodigde gewasdiversiteit, en omvat de aspecten van ruimte en tijd. Het type akkerbouwlandschap dat wel kan voorzien in de behoeftes van biodiversiteit is namelijk gevarieerd in ruimte en tijd en dooraderd met natuurlijke elementen. Dit type akkerbouwlandschap heeft de hoogste potentie om biodiversiteit te verhogen én ecosysteemdiensten te leveren. Ten slotte betekent werken aan de biodiversiteit op en om de akker ook dat milieudruk op de omringende natuur wordt verlaagd.

De grens tussen breed toepasbare maatregelen en specifieke beheersmaatregelen gericht op bepaalde soorten akkerflora en -fauna is niet altijd goed te trekken. Zo zou grootschalige, meer extensieve teelt van granen bijdragen aan herstel van het oude akkerbouwlandschap met de bijbehorende flora (Kloen & Haverman, 2010), maar dat is in Nederland in het huidige economische model onvoldoende rendabel en de ruimte daarvoor ontbreekt. Het agrarisch natuurbeheer biedt wel mogelijkheden om herstel van akkerflora te combineren met de oogst van granen of andere gewassen, doordat lagere opbrengst financieel wordt gecompenseerd. Als de zaadbank in de bodem grotendeels blijkt te zijn verdwenen, kan het gebruik van ongeschoond zaaizaad van goede akkers zorgen voor terugkeer van verdwenen soorten (Bakker et al., 2009). Daarbij zal het beheer van de akker mogelijk moeten worden aangepast: bijvoorbeeld vermindering van bemesting en het gebruik van herbiciden. De BMA biedt idealiter ruimte en erkenning voor beide benaderingen (generiek en breed toepasbaar versus specifiek en smal toepasbaar).

4.2 Opgaven en kansen

In hoofdstuk 3 zijn de drukfactoren beschreven voor biodiversiteit in de akkerbouw. In deze paragraaf beschrijven we de opgaven en kansen die er zijn. Opgaven zijn de zaken die moeten gebeuren om de negatieve trends te keren en kansen zijn potentiële acties die een akkerbouwer kan doen om positief bij te dragen aan biodiversiteit. Het gaat er hierbij vooral om wat vanuit versterking van biodiversiteit zinvol is.

4.2.1 Opgaven en kansen voor biodivers landgebruik

4.2.1.1 Duurzaam bodembeheer & bodemkwaliteit

Voor het herstel van de biodiversiteit in de akkerbouw is een gezonde bodem cruciaal. De opgave is om de bodem zo te beheren dat de kwaliteit daarvan in stand blijft en/of verbetert (duurzaam

bodembeheer). Dit raakt niet alleen de biologische, maar ook de fysisch-chemische eigenschappen van de bodem. Het organische stofgehalte van de bodem moet op peil worden gehouden en erosie als gevolg van onbedekte grond moet worden tegengegaan. De akkerbouwer heeft hiervoor verschillende kansen. Daarbij gaat het eerst en vooral om een bodemvriendelijk bouwplan, waarbij teelt en bodembewerking gunstig zijn voor de bodemstructuur, doorworteling en het bodemleven. Een ruime rotatie met meer rustgewassen en minder rooigewassen draagt daaraan bij, samen met een verminderde grondbewerking. De teelt van grassen en granen zorgt voor het op peil houden en waar mogelijk verbeteren van de organische stofbalans. Ook bodembedekking buiten de hoofdteelt (stoppels, groenbemesters, vanggewassen) en een terughoudend gebruik van gewasbeschermingsmiddelen en gebalanceerde nutriëntengiften dragen daar aan bij.

Tabel 5 *Kansrijke maatregelen voor een gezonde, biodiverse bodem (Bron: Faber et al., 2009).*

Verminderde grondbewerking
Organische input via gewasresten, groenbemesters en compost
Organische bemesting (vaste mest)
Ruimere vruchtwisseling, gebruik groenbemesters en rustgewassen

De kansrijkste maatregelen voor een gezond en duurzaam bodembeheer worden opgesomd in Tabel 5. Door minder frequente en minder ingrijpende verstoring krijgt de bodem meer rust. Samen met meer aanvoer en vastlegging van organische stof leidt dit tot versterking van de bodembiodiversiteit en bijbehorende ecosysteemdiensten, zoals bodemvruchtbaarheid, watervasthoudend vermogen en natuurlijke ziekte- en plaagwerking (Faber et al., 2009).

Momenteel wordt in diverse trajecten gewerkt aan strategieën om het organische stofgehalte in de akkerbouw op peil te houden of te verhogen (Slim Landgebruik). Ook wordt geëvalueerd welke bodemaatregelen kunnen bijdragen aan een betere bodemkwaliteit en ecosysteemfuncties (PPS Beter Bodembeheer). Het verruimen van het bouwplan met meer rustgewassen en het inzetten van groenbemesters en vaste mest in plaats van kunstmest of drijfmest zijn belangrijke maatregelen gebleken. De interesse daarin neemt toe en het is van belang om uit te werken hoe deze maatregelen in de akkerbouw werkbaar gemaakt kunnen worden (Koopmans et al., 2020).

4.2.1.2 Een divers akkerland (productief oppervlak)

Een tweede opgave met betrekking tot het landgebruik is om te zorgen voor een gevarieerd akkerland qua geteelde gewassen. Hoe groter de gewasdiversiteit, des te meer kansen voor biodiversiteit op en om de akker. De akkerbouwer heeft daarvoor allerlei mogelijkheden (kansen). Door gewassen in de rotatie op te nemen die gezond zijn voor de bodem is het mogelijk de bodembiodiversiteit te bevorderen. Daarnaast kan een akkerbouwer gewassen in de rotatie opnemen die door hun bloemen voedsel verschaffen aan insecten dan wel voedsel- en schuilgelegenheid bieden, zoals vlas, koolzaad, veldboon of lupine. Door vlinderbloemige gewassen te kiezen kan een akkerbouwer zowel bijdragen aan boven- als ondergrondse biodiversiteit en daarnaast de stikstofbemesting verlagen. Ook rassenmengsels of populaties, landrassen en *open pollinated* gewassen kunnen door hun intrinsieke diversiteit toegevoegde waarde hebben. Het gaat bij de rotatie echter niet alleen om afwisseling van het soort gewassen in de tijd, maar ook in de ruimte. Strokenteelt, mengteelt en agroforestry zijn voorbeelden van een bedrijfsvoering waarbij gewasdiversiteit zorgt voor meer voedsel- en schuilgelegenheden, terwijl het rendement vergelijkbaar kan zijn met de gangbare akkerbouw (Sukkel, 2019).

Door de ontwikkelingen genoemd in paragraaf 3.1 is een ruim bouwplan steeds zeldzamer geworden, maar bouwplanverruiming is vanuit ecologisch oogpunt om tal van redenen te prefereren boven een lage gewasdiversiteit (Chamberlain & Vickery, 2000; Geiger et al., 2010; Henderson et al., 2012). Sirami et al. (2019) stelden in een grote internationale studie vast, dat er een sterke positieve relatie is tussen de diversiteit in gewassen en de soortenrijkdom binnen zeven soortgroepen (planten, bijen, zweefvliegen, loopkevers, spinnen en vogels). De verschillende gewastypen gaan gepaard met hun eigen gewasstructuur en ontwikkeling daarvan, die voor verschillende vogelsoorten van waarde kunnen zijn als reproductie- of foerageerhabitat. Daarnaast vinden in gebieden met een lage

gewasdiversiteit veranderingen in het habitat (beschutting, mogelijkheden voor foerageren) op grote schaal en grotendeels gelijktijdig plaats. Het toevoegen van gewastypen (met ieder hun eigen ontwikkelingscyclus en bijbehorende timing van landbouwwerkzaamheden) vergroot de spreiding van landbouwwerkzaamheden in ruimte en tijd en vergroot daarmee de kans dat een deel van de percelen op een gegeven moment geschikt leefgebied vormt om te foerageren en/of te reproduceren.

Met betrekking tot gewasdiversiteit verdient de afname van zomergranen aandacht. De afgelopen decennia is het areaal zomergraan sterk afgenomen ten faveure van wintergranen. Zomergranen hebben een grote waarde als reproductiehabitat, omdat zij relatief lang een open structuur behouden. Het groeiseizoen voor wintergranen begint eerder, waardoor deze relatief vroeg in het voorjaar dichtgroeien en ongeschikt zijn als reproductiehabitat voor tal van akkervogels (Newton, 2017), de veldleeuwerik in het bijzonder (Bos et al., 2010).

4.2.1.3 Voldoende (verbonden) seminatuurlijk habitat (niet-productief oppervlak)

Een derde opgave met betrekking tot het landgebruik is om te zorgen voor voldoende seminatuurlijk habitat, dat gunstig gesitueerd is en waar nodig onderling verbonden. Een robuuste groenblauwe dooradering is bij de moderne akkerbouw van groot belang om een kans te geven aan biodiversiteit. De kansen voor de akkerbouwer liggen op het vlak van aanleg en beheer van landschapselementen in de vorm van akkerranden, houtwallen, singels, bermen, poelen, sloten en de randen daarvan.

Allereerst is het van belang om de al aanwezige natuurlijke en seminatuurlijke landschapselementen goed te beheren in samenwerking met andere gebiedspartijen. Binnen de ANLb-kerngebieden is hier ervaring mee, ook met het controleren van het beheer. De effectiviteit blijkt afhankelijk van de regelmaat en intensiteit van het beheersmatig ingrijpen. Voor continuïteit van voedsel en schuilplaatsen is een extensief gefaseerd beheer, waarbij stukken met rust gelaten worden, het effectiefst. In gebieden met een laag aandeel (semi)natuurlijke elementen is het aanleggen van nieuwe landschapselementen een kansrijke maatregel. Bij het aanleggen van nieuwe elementen moet aandacht besteed worden aan hoe zij verbonden worden met al aanwezige natuurlijke elementen, maar er moet ook gelet worden of de vegetatie gastheer is voor ziekten en plagen van gewassen of juist voor natuurlijke plaagbestrijders. Het regelmatig voorkomen in het landschap van zowel houtige als kruidachtige elementen in een pleksgewijze of lijnvormige configuratie is van belang. Bij aanleg van lijnvormige elementen is het juist waardevol om grote homogene gebieden of percelen te doorbreken, waardoor soorten zich makkelijk kunnen verplaatsen.

Ook de aanleg van brede bloemrijke akkerranden met een divers, inheems mengsel is van belang. Deze zorgen voor een uitbreiding van het areaal aan hoogwaardige habitat en bieden kansen voor verbinding tussen afzonderlijke habitats. Veel soorten ondervinden hiervan aantoonbaar positieve effecten (Kleijn et al., 2018b), maar de maatregelen worden nog te kleinschalig ingezet om landelijk een groot effect te sorteren. Bloemrijke akkerranden zijn agronomisch ook nuttig. Albrecht et al. (2020) toonden aan dat natuurlijke bestuiving exponentieel afneemt met afstand tot een bloemrijke akkerstrook, dat meerjarige bloemstroken met een hogere diversiteit aan bloeiende planten effectiever zijn in bestuiving en dat de natuurlijke plaagbestrijding in aangrenzende velden gemiddeld 16% hoger is. Het is daarbij van belang om hiervoor zaden van inheemse akkerplanten te gebruiken. Zaadmengsels samengesteld voor bestuivers bevatten vaak *Phacelia* spp., een uitheemse soort met veel nectar. Vanwege de nectar is de plant zeer geschikt voor het aantrekken van bestuivers zoals de honingbij, maar nauwelijks voor andere inheemse insecten. Naast bloemrijke akkerranden, gericht op bestuiving en plaagbestrijding, kan ook worden gewerkt met binnenveldse kruidenstroken. Voor de effectiviteit van kruidenstroken en akkerranden ten aanzien van de biodiversiteit is het vanzelfsprekend van belang dat de invloed van het aangrenzende perceel (meststoffen en gewasbeschermingsmiddelen) zo klein mogelijk is. Om akkerflora in het perceel zelf te stimuleren, zijn verregaande maatregelen nodig, zoals minder bemesting, kerende grondbewerking en minder of geen herbicidegebruik.

Voor de toekomst biedt agroforestry (waaronder voedselbossen), indien passend bij het landschap, een kans. Anders dan bij houtwallen, bloemrijke akkerranden, bermen en slootranden wordt daarbij gewerkt met voedselproducerende soorten bomen, struiken en ondergroei. Deze vorm van productie is

bij de huidige hoge grondprijzen waarschijnlijk maar beperkt mogelijk. Voedselbossen bieden voor de biodiversiteit wel grote kansen (Breidenbach et al., 2017).

4.2.1.4 Bescherming specifieke soorten

De Vogel- en Habitatrichtlijnen brengen specifieke opgaven met zich mee voor de akkerbouw. Een aantal soorten zoogdieren en vogels moet actief worden beschermd. Deze soorten hebben gedurende het jaar een voldoende hoog voedselaanbod nodig en een veilige plek om zich voort te planten. De ecologische randvoorwaarden verschillen per soort en daarom is er maatwerk nodig qua type maatregel, omvang, locatie en moment van toepassing.

In Nederland zijn de maatregelen voor beschermde zoogdieren en akkervogels ondergebracht in het agrarisch natuurbeheer (ANLb). Bij zoogdieren gaat het om de Europese hamster, die op kleine schaal in Zuid-Limburg voortkomt en ernstig bedreigd is. Voor de BMA is deze hamster gezien het kleine areaal minder relevant. In de overige gevallen gaat het om vogels. In het verleden werd voor de akkervogels ingezet op extensief beheerde akkerranden met een kruidenrijk grasmengsel en op wintervoedselveldjes (extensief geteelde granen die niet werden geoogst). Deze maatregelen waren echter niet in staat om de afnemende trend te stoppen (Kleijn et al., 2014; Wiersma et al., 2014). Alleen de grasmus, een soort van ruigtes en struwelen, profiteerde duidelijk van de akkerranden (Kuiper, 2015). Om akkervogels zoals de veldleeuwerik te behouden, bleken ook volveldse maatregelen nodig (Chamberlain & Vickery, 2000; Bos et al., 2010; Kuiper et al., 2015). Sinds 2016 bevat het ANLb als volveldse maatregelen vogelakkers (akkers waarop randen met kruidenrijke stroken worden afgewisseld met stroken luzerne) en vogelgraan (extensief geteelde zomergraan zonder gebruik van insecticide, waarbij de stoppels in de winter blijven staan) (Wiersma et al., 2014; Wiersma et al., 2020). Het ANLb is geconcentreerd in kerngebieden binnen het leefgebied open akker; momenteel gaat dit om 120.000 ha (i.e. 21% van het totaal akkerbouwareaal in Nederland). Het verbeteren van het leefgebied voor akkervogels is ook buiten kerngebieden mogelijk, bijvoorbeeld door ecologisch beheer van onbeteeld oppervlak (akkerranden, overhoekjes etc.). Verbetering van het leefgebied op beteeld oppervlak is mogelijk door het bevorderen van bodemkwaliteit, verruiming van het bouwplan (luzerne/grasklaver) en gedeeltelijke vervanging van wintergraan door zomergraan. Ook zouden stroken- en mengteelt een positief effect kunnen hebben op akkervogels.

Er bestaan veel fundamentele kennisvragen over de effectiviteit van maatregelen. Bijvoorbeeld waar en hoe in het landschap maatregelen het best kunnen worden uitgevoerd en hoeveel van de maatregel nodig is voor het juiste doelbereik. Dergelijke kennisvragen spelen ook bij het Deltaplan Biodiversiteitsherstel en zullen komende jaren worden onderzocht in de living labs.

4.2.2 Opgaven en kansen voor minimalisering van emissies

4.2.2.1 Minimale emissies van nutriënten naar grond, water en lucht

Een belangrijke opgave is het minimaliseren van emissies van meststoffen naar het milieu (bodem, water, lucht). Nutriënten zijn essentieel voor de akkerbouw, maar emissies naar het milieu schaden de biodiversiteit. Niet alleen op de akker, maar ook in de omgeving (landschapselementen, sloten, natuurgebieden). De kansen voor de akkerbouwer om emissies van nutriënten naar grond water en lucht te beperken, zijn het toepassen van precisiebemesting, vanggewassen, verbetering van bodemstructuur (t.b.v. buffercapaciteit van de bodem en vermijden van ondergrondverdichting). Door in de juiste hoeveelheden te bemesten, dit op het juiste moment te doen en te zorgen dat deze nutriënten in de wortelzone van het gewas terechtkomen, kunnen de verliezen tot een minimum worden teruggebracht. Hiervoor kunnen huidige technieken zoals blad- en bemestingsanalyse en precieze bemestingsapparatuur worden gebruikt. Daarnaast zijn het onderzoek en de verbetering van de technologie van precisiebemesting in volle gang, waardoor het minimaliseren van nutriëntenemissies op termijn alleen maar makkelijker wordt. Tevens moet verder onderzocht worden in hoeverre precisiebemesting leidt tot homogenisatie van de bodem.

4.2.2.2 Minimale impact van gewasbeschermingsmiddelen

Een andere opgave ten aanzien van het milieu is het minimaliseren van schadelijke effecten van gewasbeschermingsmiddelen op de biodiversiteit. De kansen voor de akkerbouwer liggen op het gebied van de geïntegreerde gewasbescherming (*integrated pest management*, IPM). Het gaat bij IPM

in de eerste plaats om het bevorderen van de natuurlijke weerbaarheid van teelten, door gebruik van diverse gewassen, de ontwikkeling van resistente rassen, het inzetten van natuurlijke plaagbeheersing en versterking van de bodemgezondheid. Mocht dan toch een gewasbeschermingsmiddel nodig zijn, dan wordt er bij IPM eerst gekeken naar de beschikbaarheid van biologische middelen en als laatste naar chemische middelen met een lage milieu-impact. De verwachting is dan ook dat werken volgens IPM leidt tot gunstig scores op de KPI Milieubelasting gewasbeschermingsmiddelen. Bij het gebruik van chemische middelen is het daarnaast van belang drift en afspoeling zo veel mogelijk te beperken door gebruik te maken van de juiste spuittechniek en bufferzones langs perceelsranden. Doel en kans is om het gewenste effect te bereiken met zo min mogelijk nevenschade voor niet-doelorganismen in de bodem, het grond- en oppervlaktewater, op en om het gewas en in de natuurlijke omgeving.

IPM is binnen de Europese Unie ingebed in regelgeving (Richtlijn 2009/128/EG) en wordt gezien als de toekomst voor gewasbescherming (Sorby et al., 2003). De inzet van biologische bestrijders blijkt mondiaal steeds vaker succesvol (Cock et al., 2016). In Nederland wordt o.a. in de Hoeksche Waard gewerkt aan het stimuleren van natuurlijke plaagbeheersing. Hier wordt sinds het begin van deze eeuw met behulp van bloemstroken functionele agrobiodiversiteit gestimuleerd, resulterend in een drastische reductie van de plaagdruk en het insecticidegebruik (Van Rijn & Wäckers, 2007). Binnen het gebied blijkt een duidelijk positieve relatie tussen de groenblauwe dooradering van het landschap in de vorm van lijnvormige houtwallen, singels, sloten, slootkanten en bermen en de mate van plaagbeheersing in het gewas (Baveco & Bianchi, 2007). De afstand van het gewas tot de groenblauwe dooradering en de aanwezige soorten in de groenblauwe elementen zijn belangrijke factoren voor de effectiviteit van natuurlijke plaagbestrijding (Albrecht et al., 2020). De aanwezigheid en het beheer van landschapselementen zijn daarmee van belang bij het realiseren van de opgaven ten aanzien van gewasbeschermingsmiddelen in de akkerbouw.

4.2.2.3 Duurzaam watergebruik

De derde milieupgave betreft het gebruik van grond- en oppervlaktewater voor de akkerbouw en het vasthouden van (regen)water. Een laag waterpeil kan gunstig zijn voor de teelt, maar beperkt de biodiversiteit op en om de akker en in de nabije natuur (Akkerhuis et al., 2014; Lamers et al., 2018). Een warmer klimaat leidt tot perioden met heviger regenval en perioden van extreme en langdurige droogte. De opgave van de akkerbouw is om hier een biodiversiteitsvriendelijk antwoord op te vinden. De kansen voor de akkerbouwer liggen op het gebied van een andere waterhuishouding en een andere manier van omgaan met watertekorten.

Een andere waterhuishouding ligt deels bij de waterschappen, maar ook de akkerbouwer kan op zijn bedrijf maatregelen nemen (De Pascale et al., 2011). Er zijn mogelijkheden voor een bedrijfseigen peilbeheer waarbij water langer op het bedrijf wordt vastgehouden. Ook kan er ruimte gemaakt worden bovengronds door verbrede sloten in combinatie met bijvoorbeeld natuurvriendelijke oevers. Het bodembeheer is verder een belangrijke factor bij het vasthouden van water. Een hoger gehalte aan bodem-organischestof en een goede bodemstructuur houdt meer water in vast de bodem. Het voorkomen of opheffen van ondergrondverdichting zorgt voor een betere waterefficiëntie van het gewas en voor een betere waterinfiltratie naar de ondergrond. Een betere watervasthoudende capaciteit en waterinfiltratie van de bodem zorgen er tevens voor dat er minder nutriënten en gewasbeschermingsmiddelen afspoelen naar het oppervlakte water.

Het beter vasthouden van water zorgt gelijktijdig voor een lagere beregeningsbehoefte. Ook droogtetolerante en/of waterefficiënte rassen kunnen een bijdrage leveren. Tot slot is efficiënt watergebruik ook een relevante kans. Nieuwe technieken als druppelirrigatie, peilgestuurde of klimaatadaptieve drainage en beregeningsbomen zijn mogelijk efficiënter in het watergebruik dan de veel toegepaste haspels met beregeningskanon (Van der Kooij et al., 2013; Droogers, 2010).

4.2.3 Overige opgaven en kansen: Klimaatbestendige akkerbouw

De opgave van de akkerbouw ten aanzien van de mitigatie van de klimaatverandering volgt uit het Nederlandse Klimaatakkoord en de Klimaatwet.⁶ Voor de akkerbouw is met name de

⁶ Klimaatakkoord, 28 juni 2019. Den Haag. <https://www.klimaatakkoord.nl/klimaatakkoord>
Klimaatwet: <https://wetten.overheid.nl/BWBR0042394/2020-01-01>

emissiereductiedoelstelling voor landbouwbodems en vollegrondsteelt relevant. Deze bedraagt 0,4-0,6 Mton CO₂-eq reductie voor minerale bodems en kan behaald worden door het vastleggen van koolstof in de vorm van organische stof. Akkerbouwers kunnen dit doen door meer granen en andere rustgewassen te telen, de inzet van groenbemesters, vervanging van minerale mest door organische mest of compost en maatregelen als permanente akkerranden, bosschages etc. (zie paragraaf 4.2.2). Meer organische stof moet daarbij echter niet leiden tot extra emissies van lachgas. De opgave van de akkerbouw ten aanzien van de adaptatie aan klimaatverandering betreft aanpassing van de waterhuishouding (waterberging bij hevige regenval, peilverhoging en vernatting, minder wateronttrekking bij droogte; zie paragraaf 4.2.1).

4.2.4 Overzicht opgaven en kansen voor biodiversiteit in de akkerbouw

In de vorige paragrafen zijn de opgaven en kansen voor biodiversiteit in de akkerbouw benoemd. Opgaven zijn de zaken die moeten gebeuren om de negatieve trends te keren en kansen omvatten acties die een akkerbouwer kan nemen om positief bij te dragen aan biodiversiteit; deze kunnen met een veelvoud aan maatregelen worden ingevuld. In onderstaande Tabel 6 zijn de besproken opgaven en kansen samengevat.

Tabel 6 Overzicht van relevante opgaven en kansen voor biodiversiteit in de akkerbouw, opgaven zijn de zaken die moeten gebeuren om de negatieve trends te keren en kansen omvatten het directe handelingsperspectief voor de akkerbouwer om positief bij te dragen aan biodiversiteit.

Opgave	Kans
Duurzaam bodembeheer	Bodemvriendelijk bouwplan Niet-kerende grondbewerking
Bodemkwaliteit/gezonde bodem	Op peil houden organische stofgehalte in de bodem Bodembedekking buiten hoofdteelt (stoppel, groenbemesters, vanggewas)
Divers akkerland (productief oppervlak)	Gewasdiversiteit op bedrijfsniveau (in type, tijd en ruimte), inclusief akkerranden en strokenteelt Keuze gewastypen (impact bodem, bloeiend (j/n), voedsel- en schuilgelegenheid)
Voldoende (verbonden) seminatuurlijk habitat (niet-productief oppervlak)	Aanleg, beheer en ruimtelijke samenhang van seminatuurlijke habitat
Specifieke soorten bescherming	Specifieke maatregelen treffen voor beschermde soorten
Minimale emissies naar grond, water en lucht	Toepassen precisie bemesting Vanggewassen, Verbetering bodemstructuur
Minimale impact gewasbeschermingsmiddelen	Toepassing IPM, minimalisering impact chemische gewasbeschermingsmiddelen, drift en afspoeling reduceren m.b.v. aangepaste techniek en bufferzones
Duurzaam watergebruik	Water vasthouden Zuinig watergebruik
Klimaatbestendige akkerbouw	Telen van rustgewassen, robuuste rassen, verhogen van organische stofgehalte in de bodem

4.3 Conceptueel kader voor biodiversiteit in de landbouw

Om de slag van opgaven en kansen naar KPI's te slaan, vormt het conceptueel kader voor biodiversiteit in de landbouw van Erisman et al. (2016) een bekend kader. Dit integrale kader kan gezien worden als model om handelingsperspectief te bieden voor de ontwikkeling van biodiversiteit in de landbouw. Dit biedt ook kansen voor akkerbouwers die biodiversiteit in hun bedrijfsvoering willen integreren en stimuleren. De functionele agrobiodiversiteit op het boerenbedrijf vormt hierbij een basis. Het conceptuele kader bestaat uit vier pijlers van biodiversiteit die onderling samenhangen (Figuur 14).



Figuur 14 De vier pijlers van het conceptueel kader voor biodiversiteit in de landbouw (Bron: WNF).

1. **Functionele agrobiodiversiteit.** Biodiversiteit, kringlopen en natuurlijke processen kunnen het agrarische productieproces ondersteunen. Er wordt hierbij dus gebruikgemaakt van functies die agrobiodiversiteit biedt, zoals plaagbestrijding, ziektevermindering en verbeterde bodemkwaliteit. Het inzetten op functionele agrobiodiversiteit kan bijvoorbeeld via het beheer van de bodembiodiversiteit, het gebruikmaken van natuurlijke plaagbestrijders en bestuivers en het sluiten van nutriëntenstromen.
2. **Landschappelijke diversiteit.** Landschaps- of seminatuurlijke elementen zoals akkerranden, bermen, sloten, hagen en houtwallen dragen bij aan biodiversiteit en ondersteunen de functionele agrobiodiversiteit. Door het aanleggen, onderhouden en beschermen van deze landschapselementen worden voorwaarden voor meer biodiversiteit gecreëerd.
3. **Specifieke soorten.** Voor sommige soorten zijn extra maatregelen nodig om ze te behouden en om populaties te versterken. Denk hierbij aan bepaalde akkervogels of akkerflora. Dit gerichte beheer voor behoud van specifieke soorten valt buiten de eerste twee pijlers.
4. **Brongebieden en verbindingzones.** Ecologische processen houden niet op bij de perceelsgrens van een individuele akkerbouwer. Door het toepassen van regionaal afgestemd beheer en het verzorgen van brongebieden en verbindingzones kan de biodiversiteit op regionaal niveau worden vergroot.

Specifieke soortgroepen zoals genoemd in hoofdstuk 2 sluiten daarbij aan op meerdere pijlers. Zo fungeren bepaalde soorten insecten binnen de pijler 'functionele agrobiodiversiteit', waar het met name draait om bestuivers, natuurlijke plaagbestrijders en soorten die van belang zijn voor de bodemkwaliteit.

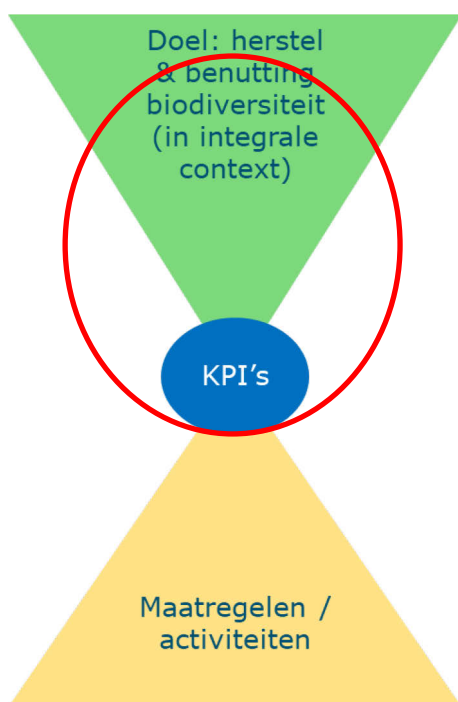
Bodembiodiversiteit valt deels onder pijler 1. Het gaat dan om soorten die nuttig zijn voor de akkerbouw en bijdragen aan bodemvruchtbaarheid of bodemgezondheid. Niet al het bodemleven valt echter onder pijler 1, omdat sommige soorten juist ziekten veroorzaken bij gewassen. Bodembiodiversiteit is ook van belang als voedselbron voor insecten (deels onderdeel van bodembiodiversiteit), vogels en zoogdieren. Specifieke soorten vogels en zoogdieren vallen onder pijler 3, omdat sommige soorten afhankelijk zijn van het akkerbouwlandschap en zonder extra inspanning verdwijnen. De meeste van deze soorten zijn opgenomen als doelsoort van het ANLb.

Landschappelijke diversiteit valt met name onder pijler 2 en 4 van het conceptueel kader, omdat het gaat over niet-productieve elementen zoals heggen, hagen, poeltjes, slotenkanten en andere natte of droge dooradering. Landschappelijke diversiteit bevat ook productieve elementen. Productieve elementen zoals akkerland en gewassen bepalen immers ook de diversiteit op landschappelijke schaal.

Het voordeel van de indeling in pijlers is dat er integraal gestuurd kan worden op biodiversiteitsverbetering. Op basis van de pijlers kan worden ingezet op de beoordeling en het meetbaar maken van biodiversiteit. KPI's zijn hierbij een middel voor de uiteindelijke integrale sturing, monitoring en beloning van biodiversiteit.

4.4 Kritische prestatie-indicatoren: naar een Biodiversiteitsmonitor Akkerbouw 1.0

Nu we weten wat de belangrijkste factoren voor biodiversiteit in de akkerbouw zijn, aan welke opgaven gewerkt moet worden voor herstel van biodiversiteit en wat de kansen zijn voor individuele akkerbouwers om bij te dragen aan biodiversiteitsherstel, kunnen we de slag naar KPI's maken. Om tot een integrale set van KPI's te komen, moeten de geïdentificeerde opgaven voor biodiversiteit in de akkerbouw door de KPI's bediend worden (zie rode cirkel in Figuur 15). Bovendien moet een akkerbouwer directe invloed op de KPI kunnen uitoefenen. Het gaat hierbij om de basiscondities voor biodiversiteit te bevorderen en om het nemen van maatregelen die rechtstreeks de biodiversiteit helpen. Indien een KPI geen directe koppeling heeft met een relevante opgave voor biodiversiteit, bevelen we aan deze niet op te nemen in de set van KPI's, tenzij de KPI noodzakelijk is om afwentelingseffecten op andere maatschappelijke opgaven zoals klimaat en circulariteit te vermijden. Een voorbeeld daarvan is het bevorderen van kruidenrijk grasland in de melkveehouderij, dat bij grootschalige toepassing als gevolg zou kunnen hebben dat de invoer van veevoer van buiten Europa toeneemt. Om deze reden is het percentage eiwit van eigen land ook in de Biodiversiteitsmonitor melkveehouderij opgenomen. Voor de akkerbouw zou het toepassen van niet-kerende grondbewerking kunnen leiden tot extra inzet van herbiciden. Ook de bodem bedekt houden door groenbemesters kan doodspuiten ervan noodzakelijk maken. Vermeden moet worden om KPI's op te nemen in de Biodiversiteitsmonitor akkerbouw die geen aantoonbare relatie met biodiversiteit hebben, hoe nuttig ook voor andere doelen als circulariteit, milieu en klimaat.



Figuur 15 KPI's: de verbinding tussen doelen en opgaven enerzijds en het handelingsperspectief van akkerbouwers anderzijds.

In de inleiding werden vier stappen voor KPI-selectie gepresenteerd:

1. Welke opgaven en kansen voor biodiversiteit worden bediend door de KPI's van de 0.1-lijst? Zijn er opgaven en/of kansen waar KPI's voor nodig zijn, maar die in de 0.1-lijst ontbreken?
2. Zijn er KPI's op de 0.1-lijst die geen direct verband hebben met kansen voor biodiversiteit? (hoofdstuk 5)
3. Indien een KPI geen directe relatie heeft met biodiversiteit, is de KPI dan noodzakelijk om afwentelingseffecten op andere maatschappelijke opgaven te voorkomen? (hoofdstuk 5)
4. Voldoet de KPI aan de operationele criteria? (hoofdstuk 6)

Aan de hand van de bevindingen van de brede review kunnen we vraag 1 beantwoorden. We spiegelen daarvoor de opgaven en kansen voor biodiversiteit in de akkerbouw aan de huidige 0.1-lijst van KPI's. Tabel 7 geeft de opgaven en kansen vanuit het huidige onderzoek en de bijbehorende KPI uit de 0.1-lijst, met aanduiding onder welke pijler(s) van het conceptueel kader van Erisman et al. (2017) die KPI valt. In de daaropvolgende kolom worden voor de opgaven die niet gedekt worden door KPI's van de 0.1-lijst voorstellen gedaan voor aanvullende concept-KPI's. In de laatste kolom wordt voor alle KPI's een berekeningswijze voorgesteld. Het gaat daarbij om een meetbaar getal, bedrag of percentage. Gedetailleerde informatie over de relatie van afzonderlijke KPI's met biodiversiteit is te vinden in Bijlage 1, waarvan de resultaten zijn samengevat in factsheets. Waar nodig wordt in deze paragraaf naar de factsheets verwezen.

Tabel 7 Relevante opgaven en kansen voor biodiversiteit in de akkerbouw, met bijbehorende KPI's, zowel van de 0.1-lijst als aanvullende gedefinieerde KPI's. Tussen haakjes staat de aansluiting op de pijler(s) van het conceptueel kader voor biodiversiteit in de landbouw (zie paragraaf 4.3).

Opgave	Kans	KPI van 0.1-lijst	Voorstel aanvullende KPI	Berekeningswijze
Opgaven voor biodivers landgebruik				
Duurzaam bodembeheer	Bodem vriendelijk bouwplan	KPI 1: Aandeel rustgewassen in rotatie (pijler 1)		Aandeel rustgewassen in totaal bedrijfsareaal per kalenderjaar (eventueel weging per gewastype)
	Niet-kerende grondbewerking		Aandeel niet-kerende grondbewerking (pijler 1)	Aandeel gereduceerde/niet-kerende grondbewerking in totaal bedrijfsareaal per kalenderjaar
Bodem kwaliteit/gezonde bodem	Op peil houden organischestof-gehalte	KPI 2: Organischestof-balans (pijler 1)		Aanvoer minus afbraak en afvoer per kalenderjaar
	Bodembedekking buiten de hoofdteelt (stoppel, groenbemesters, vanggewas)	KPI 5: Percentage bodembedekking (pijler 1)		Aandeel bodembedekking (uitgedrukt in ha bedekt areaal * aantal maanden bedekking ten opzichte van het totale bedrijfsareaal per kalenderjaar
Divers akkerland (productief oppervlak)	Gewasdiversiteit op bedrijfsniveau (in type, tijd en ruimte)		Index gewasdiversiteit: aantal en type gewassen in bouwplan (pijlars 1 en 3)	Aantal opties mogelijk: # verschillende gewassen in bouwplan per kalenderjaar, gecorrigeerd voor bedrijfsschaal of betekenisvolle diversiteitsindex
Voldoende en voldoende verbonden semi-natuurlijk habitat (niet-productief oppervlak)	Aanleg en beheer van een netwerk van landschaps- en semi-natuurlijke elementen	KPI 7: Aandeel natuur- en landschapsbeheer (pijlars 2, 3 en 4)		Aandeel areaal onder natuur- en landschapsbeheer van totaal bedrijfsoppervlakte per kalenderjaar met extra weging voor permanente landschapselementen
			Groenblauwe dooradering: samenhang landschapselementen	Nog te ontwikkelen, bijvoorbeeld door middel van een connectiviteitsindex
Specifieke soorten bescherming	Maatregelen treffen voor specifieke soorten	KPI 7: Aandeel natuur- en landschapsbeheer (pijlars 2, 3 en 4)		Aandeel areaal onder natuur- en landschapsbeheer van totaal bedrijfsoppervlakte per kalenderjaar met extra weging voor permanente landschapselementen
Milieu-opgaven				
Minimale nutriëntenemissies naar grond, water en lucht	Minimalisering van verliezen nutriënten in de bemesting	KPI 3: Stikstof overschot op het bedrijf (pijler 1 en 4)		Aanvoer minus afvoer van stikstof (in kg N per ha) op bedrijfsniveau per kalenderjaar
Minimale impact gewas-beschermings-middelen	Minimalisering impact chemische gewasbeschermings-middelen	KPI 4: Milieubelasting gewasbeschermings-middelen (pijler 1 en 4)		Aantal milieubelastingpunten
Duurzaam watergebruik	Zuinig watergebruik en slim waterbeheer		Waterbalans (pijler 1 en 4)	Watergebruik per hectare per kalenderjaar – nog verder te ontwikkelen

Uit de tabel kunnen we concluderen dat de meeste KPI's van de 0.1-lijst een direct verband houden met de opgaven en kansen die in paragraaf 4.2 zijn beschreven. Dit betreft KPI 1 (aandeel rustgewassen in bouwplan), KPI 2 (organische stofbalans), KPI 3 (stikstofoverschot op het bedrijf), KPI 4 (milieubelasting gewasbeschermingsmiddelen), KPI 5 (percentage bodembedekking) en KPI 7 (aandeel areaal met maatregelen voor natuur en landschap op het bedrijf).

Enkele relevante opgaven worden nog niet of niet afdoende gedekt met de KPI's van de 0.1-lijst, namelijk zuinig watergebruik, het aandeel niet-kerende grondbewerking en de index voor gewasdiversiteit.

Wat betreft de opgave duurzaam bodembeheer bevat de 0.1-lijst geen specifieke KPI voor maatregelen rond grondbewerking. KPI 1 (percentage rustgewassen) als een integrale indicator en ook de organische stofbalans dekken de grondbewerking deels af. Zo zullen rustgewassen bijdragen aan een minder intensieve grondbewerking in het bouwplan als geheel. Overwogen kan worden om een aanvullende KPI op grondbewerking te ontwikkelen. Dit zal echter tijd vergen om ook de benodigde index, registratie en borging te onderbouwen (zie ook de bijbehorende factsheet).

Voor de opgave divers akkerland (productief oppervlak) bevat de 0.1-lijst geen specifieke KPI. KPI 1 kan hier in zekere mate in voorzien, doordat het verhogen van het aandeel rustgewassen in de akkerbouw gepaard zou kunnen gaan met meer diversiteit in de verbouwde gewassen. Ook KPI 5 (percentage bodembedekking) zal door de inzet van groenbemester(mengsels) kunnen leiden tot iets meer gewasdiversiteit. Echter, het vergroten van de gewasdiversiteit gaat juist ook over het opnemen van gewassen tijdens de hoofdteelt die bovengemiddeld bijdragen aan de biodiversiteit, door voedsel en schuil- en nestelgelegenheid te bieden. Voorbeelden zijn meerjarige gewassen zoals luzerne en gras-klavermengsels, granen geteeld zonder herbiciden en bemesting en bloeiende gewassen waar bestuivers gebruik van kunnen maken. Naast de gewasdiversiteit in soort gewas en tijd speelt ook de diversiteit in de ruimte een rol. In de 0.1-lijst ontbreekt hiervoor een specifieke KPI. Om die reden wordt een aanvullende KPI op gewasdiversiteit aanbevolen. Er zijn verschillende opties om een KPI voor gewasdiversiteit vorm te geven; deze staan beschreven in de bijbehorende factsheet.

De 0.1-lijst bevat nog geen KPI voor de opgave ten aanzien van duurzaam watergebruik. Het gaat daarbij zowel om het vasthouden van water (spons- en bufferwerking) als om een zuinig gebruik van water (gewaskeuze en verminderde irrigatie). Een indicator hiervoor zou een waterbalans of het wateroverschot kunnen zijn. Hierbij kan het gebruikte beregeningswater geheel of gedeeltelijk worden gecompenseerd door het op het bedrijf vastgehouden water. De hoeveelheid beregening is hierbij relatief eenvoudig vast te stellen. De berekening van de hoeveelheid vastgehouden water vergt nog een nadere verkenning.

Tabel 8 Advies lijst KPI's voor de Biodiversiteitsmonitor akkerbouw.

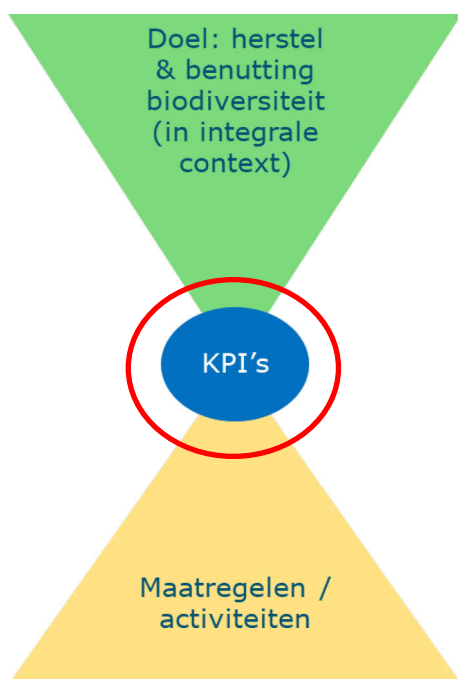
KPI
Percentage rustgewassen in rotatie
Aandeel niet-kerende grondbewerking
Organische stofbalans
gewasdiversiteit
Percentage bodembedekking
Percentage natuur- en landschapsbeheer
Groenblauwe dooradering (connectiviteit)
Stikstofoverschot
Milieubelasting gewasbeschermingsmiddelen
Waterbalans

Voor KPI 7 bevelen wij aan om extra gewicht toe te kennen aan het aandeel areaal met permanente landschapselementen (houtwallen, hagen, bomen, poelen, permanente randen etc.) vanwege de toegevoegde waarde voor biodiversiteit, in vergelijking met tijdelijke elementen. Daarnaast zou een aanvullende KPI voor de ruimtelijke samenhang van maatregelen voor natuur en landschap toegevoegde waarde hebben, zoals in de Biodiversiteits Monitor Melkveehouderij wordt nagestreefd.

5 Onderbouwing relatie KPI's en biodiversiteit

Zoals in de inleiding beschreven, zijn KPI's indicatoren waar akkerbouwers individueel invloed op kunnen uitoefenen. Het gaat bij KPI's uitdrukkelijk om die zaken die een akkerbouwer *direct* kan beïnvloeden, die de directe resultante zijn van de maatregelen die hij/zij neemt op het bedrijf, bijvoorbeeld het aandeel areaal met geschikte condities voor een bepaalde soort. KPI's geven *niet* het daadwerkelijk voorkomen van soorten weer. Indicatoren die dat weergeven, bijvoorbeeld het aantal broedparen per areaal, worden ook wel impact-indicatoren genoemd en hebben een *indirecte* relatie met de maatregelen, omdat het voorkomen van soorten afhangt van meerdere factoren. Echter, het moet wel duidelijk zijn of bij een goede score op een KPI, werkelijk impact verwacht kan worden: resulteert een gunstige score op KPI's daadwerkelijk in een toename van de biodiversiteit?

Over die vraag gaat dit hoofdstuk. Waar het vorige hoofdstuk ging over hoe vanuit een breed onderwerp als biodiversiteit in de akkerbouw geredeneerd kan worden naar KPI's (de groene driehoek in Figuur 16), gaat dit hoofdstuk over de KPI's (de blauwe cirkel in Figuur 16) en beschouwt de relatie van KPI's met impact op biodiversiteit.



Figuur 16 KPI's: de verbinding tussen doelen en opgaven enerzijds en het handelingsperspectief van akkerbouwers anderzijds.

5.1 Werkwijze

Door middel van literatuuronderzoek is het verband van de KPI's met biodiversiteit onderzocht. De KPI's die worden besproken, zijn afkomstig van de 0.1-lijst en de KPI's die vanuit de brede review worden aanbevolen.⁷ Omdat er veel literatuur beschikbaar is, is ervoor gekozen om de resultaten per KPI systematisch in de vorm van factsheets te beschrijven. De factsheets staan in Bijlage 1 en daarin komt het volgende aan de orde:

⁷ Met uitzondering van de KPI m.b.t. waterbeheer; voordat deze KPI verder wordt uitgewerkt, is eerst afstemming met projectgroep BMA gewenst.

Allereerst wordt aangegeven onder welke pijler van het conceptueel kader van Erisman (2017) voor biodiversiteit in de landbouw de KPI valt. Dan wordt de definitie van de KPI beschreven, met kanttekeningen en overwegingen voor toepassing. Er wordt beschreven hoe de benodigde gegevens van de KPI ingewonnen en geborgd kunnen worden en hoe het aansluit op bestaande datasystemen.

Vervolgens wordt de veronderstelde relatie met biodiversiteit beschreven, zodat kort een eerste inzicht wordt gegeven in de relatie tussen KPI en biodiversiteit. Hierbij is de focus op de biodiversiteit die bij de desbetreffende pijler hoort: bijvoorbeeld KPI X valt onder pijler 1, functionele biodiversiteit, dan is op die biodiversiteit gefocust tijdens de literatuurstudie. Daarna wordt beschreven welke studies beschikbaar zijn om deze relatie te duiden en welke indicatoren voor biodiversiteit in deze studies worden gebruikt.

De resultaten die uit de literatuurstudie komen, worden beschreven door de gevonden relaties en de sterkte van de onderbouwing toe te lichten; zo wordt een inschatting gegeven van de bijdrage van de KPI aan biodiversiteit, waarbij is aangegeven of de gevonden relaties positief, negatief of neutraal en direct of indirect zijn. De resultaten worden weergegeven in tabellen zoals in Tabel 9, waarbij de volgende aanduidingen worden gebruikt:

Richting van het effect:

+ = Positief effect op soortgroep

- = Negatief effect op soortgroep

0 = Wel studies, maar geen effect van parameter op soortgroep

~ = Effect verschilt binnen een soortgroep of binnen een KPI (bv.

% rustgewas, niet alle rustgewassen zijn positief voor de soortgroep)

? = Effect onbekend

Hoe sterk de onderbouwing van de relatie is, wordt aangeduid met:

- sterk (veel literatuur met vergelijkbare conclusies),
- matig (weinig literatuur met vergelijkbare conclusies),
- zwak (weinig literatuur en wisselende conclusies) of
- n.v.t. (geen literatuur)

Tabel 9 Gebruikte aanduiding om de relatie tussen KPI en biodiversiteit te beschrijven (voorbeeld). De kleur geeft de richting van het effect weer, de tint de sterkte van de onderbouwing.

Soortgroep	Effect richting	Effect sterkte
Bodembiodiversiteit	+	sterk
Bovengrondse ongewervelden	-	sterk
Flora	?	n.v.t.
Vogels	+	zwak
Zoogdieren	-	zwak

Tot slot wordt aangegeven wat de relatie is met de andere KPI's en worden conclusies getrokken ten aanzien van de wetenschappelijke onderbouwing voor de relatie met biodiversiteit voor de desbetreffende KPI.

5.2 Resultaten

In Tabel 10 zijn de bevindingen samengevat en deze tabel geeft zo een overzicht voor welke KPI's de sterkste effecten op de biodiversiteit gevonden zijn. Tevens geeft de tabel inzicht in welke biodiversiteit het best 'bediend' wordt door de KPI's en welke minder goed.

Voor een drietal KPI's (KPI 7 Natuur- en landschapsbeheer, KPI 5 percentage bodembedekking in de vorm van het percentage stoppeland in de winter en KPI 4 Milieubelasting

gewasbeschermingsmiddelen) is in de literatuur een sterke onderbouwing gevonden voor een (positief of negatief) verband met de meeste groepen biodiversiteit. Voor KPI 7 is een sterke onderbouwing in de literatuur gevonden voor positieve relaties met bovengrondse ongewervelden, flora, vogels en zoogdieren. Voor KPI 5, percentage bodembedekking in de vorm van het percentage stoppeland in de winter, is voornamelijk een sterke onderbouwing gevonden voor een positief verband voor vogels, maar ook positieve effecten op andere soortgroepen worden verwacht. Voor KPI 4 is een sterke onderbouwing gevonden voor negatieve relaties van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen op bodembiodiversiteit, bovengrondse ongewervelden en flora. KPI 6 (carbon footprint) en KPI 8 (regionale kringloop) vertonen beide geen relatie met biodiversiteit. De overige KPI's vertonen voor ten minste één groep een sterke onderbouwing voor de relatie met biodiversiteit.

De meeste KPI's laten een sterke onderbouwing voor de relatie met bodembiodiversiteit zien: KPI 1 (aandeel rustgewassen), KPI 2 (organische stofbalans), KPI 5 (aandeel bodembedekking, groenbemesters), KPI Verminderde grondbewerking en KPI Gewasdiversiteit. Deze KPI's grijpen aan op landbouwkundige maatregelen die veelal gericht zijn op het verbeteren van de bodemkwaliteit, en daarmee de bodembiodiversiteit. Daarnaast moet rekening gehouden worden met het feit dat onderzoeken naar het effect van bodemgerichte KPI's nauwelijks bovengrondse biodiversiteit meenemen. Het effect van deze KPI's op flora, vogels en zoogdieren is dan ook veelal onbekend.

Tabel 10 Samenvattend tabel van de gevonden relaties van de KPI's en biodiversiteit.

KPI nr.	KPI omschrijving	Bodem biodiversiteit		Bovengrondse ongewervelden		Flora		Vogels		Zoogdieren	
		Effect - richting	Onder- bouwing	Effect - richting	Onder- bouwing	Effect - richting	Onder- bouwing	Effect - richting	Onder- bouwing	Effect - richting	Onder- bouwing
1	% rustgewassen	+	sterk	0	zwak	?	n.v.t.	+	zwak	?	n.v.t.
2	Organische stofbalans	+	sterk	~	zwak	?	n.v.t.	0	zwak.	?	n.v.t.
3	Stikstofoverschot	~	matig	+	zwak	+	sterk	~/ ?	zwak	?	n.v.t.
4	Milieu impact Gewasbeschermingsmiddelen	-	sterk	-	sterk	~/+	sterk	~	matig	?	n.v.t.
5	% bodembedekking (groenbemesters)	+	sterk	~	zwak	-	sterk	~	zwak	?	n.v.t.
5	% bodembedekking (stoppeland)	+	zwak	+	zwak	+	zwak	+	sterk	+	zwak
6	Carbon footprint	0	n.v.t.	0	n.v.t.	0	n.v.t.	0	n.v.t.	0	n.v.t.
7	% natuur- en landschapsbeheer	+	sterk	+	sterk	+	sterk	+	sterk	+	sterk
8	Regionale kringlopen	0	n.v.t.	0	n.v.t.	0	n.v.t.	0	n.v.t.	0	n.v.t.
-	Verminderde grondbewerking	+	sterk	+	zwak	+	matig	+	zwak	?	n.v.t.
-	Gewasdiversiteit	+	sterk	+	sterk	~	zwak	~	sterk	~	zwak

De tabel maakt duidelijk dat met name in relatie tot bodembiodiversiteit voor de meeste KPI's een sterk positief effect gevonden is in de literatuur. Voor bovengrondse ongewervelden zijn alleen voor KPI 4 (milieubelasting gewasbeschermingsmiddelen), KPI 7 (natuur- en landschapsbeheer) en KPI Gewasdiversiteit in de literatuur sterke relaties gevonden. Wat betreft floristische diversiteit zijn voor KPI 3 (stikstofoverschot) en KPI 7 (natuur- en landschapsbeheer) sterk positieve relaties gevonden in de literatuur. Floristische diversiteit kan echter worden verminderd wanneer vol ingezet wordt op KPI 5 (percentage bodembedekking (groenbemesters)), omdat deze (on)kruiden onderdrukken. Voor vogels worden voor drie KPI's sterk positieve relaties gevonden: met KPI % bodembedekking (stoppeland), KPI 7 (natuur- en landschapsbeheer) en KPI Gewasdiversiteit. De literatuurstudie toont aan dat voor zoogdieren er voor één KPI sterke relaties zijn gevonden, namelijk voor de KPI Natuur- en landschapsbeheer.

Kortom, wetenschappelijke onderbouwing van de relatie van de KPI's die in deze literatuurstudie aan de orde zijn geweest met biodiversiteit is met name gevonden voor bodembiodiversiteit. Wat betreft insecten, flora, vogels en zoogdieren zijn er voor één of enkele KPI's aantoonbare relaties gevonden.

Een brede basis van KPI's die aangrijpen op bodembiodiversiteit en bovengrondse ongewervelden, veelal functionele agrobiodiversiteit, is een mooi startpunt voor een Biodiversiteitsmonitor akkerbouw. Het stimuleren van functionele biodiversiteit biedt indirect kansen voor andere vormen van biodiversiteit. Denk bijvoorbeeld aan een hoger aantal wormen en/of insecten, wat positief is voor veel vogels en zoogdieren. Daarnaast biedt een verhoogde functionele biodiversiteit perspectief aan de akkerbouwer, wat enthousiasmeert om extra stappen te zetten en dan met name gericht op de bovengrondse biodiversiteit. Daarom is het van groot belang KPI's als KPI 4 (milieubelasting gewasbeschermingsmiddelen (verlagen)), KPI 7 (natuur- en landschapsbeheer) en een KPI gericht op gewasdiversiteit in de integrale set van KPI's op te nemen, zodat ook deze extra stappen beloond kunnen worden.

5.3 Conclusies met betrekking tot KPI-selectie

In de inleiding werden vier stappen voor KPI-selectie gepresenteerd:

1. Welke opgaven en kansen voor biodiversiteit worden bediend door de KPI's van de 0.1-lijst? Zijn er opgaven en/of kansen waar KPI's voor nodig zijn, maar die in de 0.1-lijst ontbreken?
2. Zijn er KPI's op de 0.1-lijst die geen direct verband hebben met kansen voor biodiversiteit?
3. Indien een KPI geen directe relatie heeft met biodiversiteit, is de KPI dan noodzakelijk om afwentelingseffecten op andere maatschappelijke opgaven te voorkomen?
4. Voldoet de KPI aan de operationele criteria?

Voor stap 2 kunnen we concluderen dat een tweetal KPI's van de 0.1-lijst niet direct gerelateerd is aan de relevante opgaven die geïdentificeerd zijn in de literatuuranalyse. Het gaat dan om KPI 6 (carbon footprint) en KPI 8 (regionale kringloop). Beide KPI's zijn in het bredere perspectief van duurzaamheid zeker nuttig, maar geen van beide heeft rechtstreeks verband met behoud of herstel van biodiversiteit (zie ook factsheet 6 en 8). Daarnaast wordt door de KPI op organische stofgehalte in de bodem ook gewerkt aan vastlegging van bodemkoolstof, en daarmee aan doelen voor klimaat.

Voor stap 3 moet beoordeeld worden of deze KPI's nodig zijn om afwentelingseffecten op andere opgaven te voorkomen. Dit komt aan de orde in Bijlage 1: de factsheets die voor elke KPI zijn gemaakt en het resultaat zijn van de literatuurstudie. De korte notitie waarin de resultaten van de brede review en de factsheets geïntegreerd worden, geeft inzicht in de analyse van samenhang en/of interactie tussen KPI's, met behulp van een trade-off matrix. Op dit moment lijken de potentiële afwentelingseffecten met de voorgestelde KPI's voldoende te zijn afgedekt. We bevelen dan ook aan om de opname van KPI 6 (carbon footprint) en KPI 8 (regionale kringloop) niet op te nemen in de BMA.

6 KPI's in de praktijk: maatregelen & databeschikbaarheid

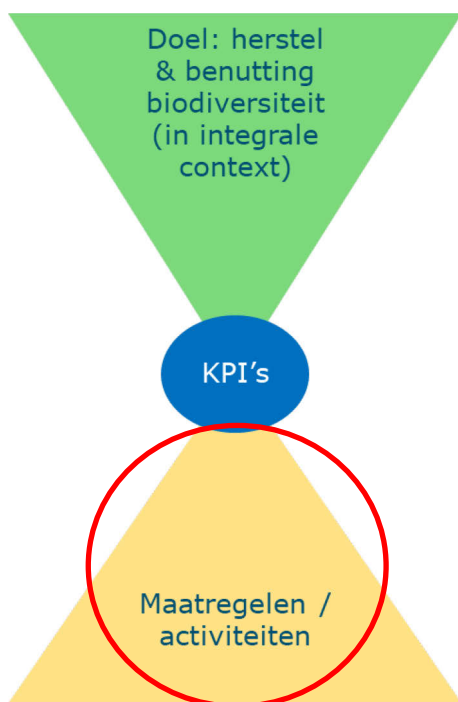
6.1 Inleiding

Voor het toepassen van de BMA in de praktijk is een aantal zaken noodzakelijk, waaronder inzicht in het handelingsperspectief voor akkerbouwers en in de beschikbaarheid van gegevens.

De BMA geeft concrete doelen en KPI's voor biodiversiteit, maar geen maatregelvoorschriften. Het is aan de akkerbouwer zelf om te beslissen welke maatregelen er moeten worden getroffen om een goede score op de KPI's te halen.

Om inzicht te krijgen in wat de handelingsmogelijkheden zijn voor akkerbouwers, is uitgezocht welke maatregelen bijdragen aan het behalen van de KPI's. Dit is gedaan voor de integrale set KPI's zoals geadviseerd in de brede review. Een lijst van maatregelen is opgesteld op basis van expert en praktijkkennis, kennis uit GLB-pilots en literatuur.⁸ Het hoofdstuk beschrijft de gele driehoek van Figuur 17.

Een beschrijving van de uitvoerbaarheid, efficiëntie, kosten en praktische toepasbaarheid van een selectie van maatregelen is te vinden in het *Digitaal handboek natuurinclusieve akkerbouw*, die te vinden is op de Groen Kennisnet Wiki: <https://wiki.groenkennisnet.nl/site/natuurinclusieve-akkerbouw>. Deze kan geraadpleegd worden door boeren, adviseurs en andere partijen voor vragen over de uitvoering van de maatregelen.



Figuur 17 KPI's: de verbinding tussen doelen en opgaven enerzijds en het handelingsperspectief van akkerbouwers anderzijds.

Naast inzicht in maatregelen die genomen kunnen worden om te werken aan KPI's, is ook de beschikbaarheid van gegevens cruciaal voor toepassing in de praktijk, want zonder gegevens kan er

⁸ <https://edepot.wur.nl/504070>, <https://library.wur.nl/WebQuery/wurpubs/fulltext/419124>

niet gemeten en gemonitord worden. Om administratieve lasten en kosten van uitvoering zo veel mogelijk te beperken, heeft het de voorkeur om zo veel mogelijk gebruik te maken van bestaande gegevensbestanden en systemen. Dit hoofdstuk geeft dan ook inzicht in hoeverre gegevens die nodig zijn voor de KPI's betrokken kunnen worden uit de systemen die reeds gebruikt worden.

6.2 Maatregelen

De maatregelen die akkerbouwers kunnen treffen om hun doelen voor de KPI's te halen, worden hieronder in tabellen gepresenteerd. Tabel 11 geeft een totaaloverzicht van het aantal maatregelen dat per categorie en per KPI kan worden getroffen. Hieruit valt bijvoorbeeld af te lezen dat een akkerbouwer voor KPI 4 (milieubelasting gewasbeschermingsmiddelen) de meeste maatregelen kan treffen (26), waarvan er 19 vallen in de categorie ziekte en plaagbestrijding. Tabel 12 presenteert de top 10 van maatregelen die bijdragen aan meerdere KPI's. Dit zijn maatregelen waarmee een akkerbouwer werkt aan meerdere KPI's tegelijkertijd, ofwel generieke maatregelen. Opvallend is dat van de top 10-maatregelen de meeste vallen in de categorie bouwplan, en dat de KPI's 4, 7, 9, 16 & 17 weinig voorkomen in de top 10; voor deze KPI's zijn dan specifieke maatregelen nodig. De maatregelen uit de top 10 zijn dus onvoldoende voor het behalen van de integrale set KPI's, er zullen altijd specifieke maatregelen nodig zijn om aan alle KPI's te voldoen. Tabel 13 geeft een detailoverzicht van welke maatregelen de akkerbouwer per KPI kan treffen. Hieruit kun je bijvoorbeeld aflezen dat van de 19 maatregelen uit de categorie ziekte en plaagbestrijding er 18 zijn die alleen bijdragen aan KPI 4, ofwel specifieke maatregelen voor ziekte en plaagbestrijding.

Er zijn voldoende handelingsmogelijkheden (totaal 64 maatregelen) voor de akkerbouwer om aan de KPI's te werken. Maar er is geen set aan maatregelen waarmee een standaardakkerbouwbedrijf direct aan alle KPI's werkt; welke maatregelen inpasbaar en relevant zijn, hangt af van lokale omstandigheden. De akkerbouwers kunnen dan ook zelf kiezen welke maatregelen goed passen bij de uitdagingen en doelen die spelen op hun bedrijf of in de regio. De keus die de akkerbouwer maakt, zal waarschijnlijk sterk afhangen van het bedrijfstype, grondsoort en de locatie van het bedrijf.

Tabel 11 Overzicht van het aantal maatregelen dat per categorie en per KPI kan worden getroffen.

Categorie	KPI1	KPI2	KPI3	KPI4	KPI5	KPI7	KPI9	KPI 13	KPI 16	KPI 17	Totaal
Bouwplan	6	6	5	2	5		2	5			31
Ziekten en plaagbestrijding	1	1	1	19	1						23
Natuur en landschap		1	1	1	2	8			3	1	17
Diversiteit teelt		1		4	3			6	1		15
Organische stof en bemesting	1	6	6					1			14
Grondbewerking	1	2			2		3			1	9
Watergebruik en beheer			1						1	5	7
Stikstof overschot		2	4								6
Totaal	9	19	18	26	13	8	5	12	5	7	122

Tabel 12 De top 10 van maatregelen die bijdragen aan meerdere KPI's (generieke maatregelen).

Maatregelen	Categorie	Draagt bij aan KPI	Totaal
Rustgewassen in rotatie	Bouwplan	1, 2, 3, 4, 5, 6, 9 & 13	8
Grond bedekt houden	Bouwplan	1, 2, 3, 5, 6 & 19	6
Inzet groenbemesters	Bouwplan	1, 2, 3, 5, 6 & 13	6
Teelt vlinderbloemigen/eiwithoudende gewassen	Bouwplan	1, 2, 3, 5, 6 & 13	6
Vanggewassen telen	Bouwplan	1, 2, 3, 5, 6 & 13	6
Agroforestry/voedselbos	Diversiteit teelt	2, 4, 5, 6 & 13	5
Inzet maaimeststoffen	Organische stof & bemesting	1, 2, 3, 6 & 13	5
Bouwplan verruimen	Bouwplan	1, 2, 4 & 13	4
Minimale grondbewerking (NKG) grondbewerking	Grondbewerking	2, 5, 6 & 9	4
Tijdelijke en permanente akkerranden en bufferstroken	Natuur en landschapsbeheer	5, 7, 16 & 17	4

Tabel 13 Detailoverzicht van welke maatregelen de akkerbouwer per KPI kan treffen.

KPI 1 Percentage rustgewassen	
Categorie	Maatregelen
Bouwplan	Bouwplan verruimen
	Rustgewassen in rotatie
	Teelt vlinderbloemigen/eiwithoudende gewassen
	Inzet groenbemesters
	Grond bedekt houden
	Vanggewassen telen
Diversiteit teelt	
Organische stof & bemesting	Inzet maaimeststoffen
Grondbewerking	Ploegloos zaaien
Stikstof overschot	Geen
Ziekten- en plaagbeheersing	Minimaliseren gewasbeschermingsmiddelen inzet
Natuur- en landschapsbeheer	
Waterverbruik en beheer	
Totaal	9

KPI 2 Organische stofbalans	
Bouwplan	Bouwplan verruimen
	Rustgewassen in rotatie
	Teelt vlinderbloemigen/eiwithoudende gewassen
	Inzet groenbemesters
	Grond bedekt houden
	Vanggewassen telen
Diversiteit teelt	Agroforestry/voedselbos
Organische stof & bemesting	Slimme bemesting, juist hoeveelheid, goede kwaliteit, juiste locatie, rijbemesting, precisiebemesting etc.
	Kunstmest vervangen door organische mest
	Compost aanvoer
	Organische mest/mestkwaliteit
	Inzet maaimeststoffen
	Stro hakselen en onderwerken
Grondbewerking	Minimale grondbewerking (NKG)
	Ondiep ploegen, eco-ploegen
Stikstof overschot	Inzet tools voor doorrekenen van bouwplan en bemesting
	Organische mest, reststromen analyseren
Ziekte- en plaagbeheersing	Groenbemester gericht op plaagbestrijding
Natuur- en landschapsbeheer	Wintervoedselakker/vogelakker
Waterverbruik en beheer	
Totaal	19

KPI 3 stikstofoverschot op het bedrijf	
Bouwplan	Rustgewassen in rotatie
	Teelt vlinderbloemigen/eiwithoudende gewassen
	Inzet groenbemesters
	Grond bedekt houden
	Vanggewassen telen
Diversiteit teelt	Mengteelt met vlinderbloemigen
Organische stof & bemesting	Slimme bemesting, juist hoeveelheid, goede kwaliteit, juiste locatie, rijbemesting, precisiebemesting, etc.
	Kunstmest vervangen door organische mest
	Compost aanvoer
	Organische mest/mestkwaliteit
	Inzet maaimeststoffen
	Stro hakselen en onderwerken
Grondbewerking	
Stikstof overschot	N-mineraal meten in seizoen
	Inzet tools voor doorrekenen van bouwplan en bemesting
	Organische mest, reststromen analyseren
	Bladsteeltje-/plantensapanalyse
Ziekten- en plaagbeheersing	Groenbemester gericht op plaagbestrijding
Natuur- en landschapsbeheer	Afvoer van maaisel randen en slootkanten
Waterverbruik en beheer	Kwaliteit bron-/oppervlaktewater analyseren
Totaal	18
KPI 4 Milieubelasting gewasbeschermingsmiddelen	
Bouwplan	Bouwplan verruimen
	Rustgewassen in rotatie
Diversiteit teelt	Strokenteelt
	Perceeldimensionering (veel rand)
	Aanpassing percelen (kleiner)
	Agroforestry/voedselbos
Organische stof & bemesting	
Grondbewerking	
Stikstof overschot	
Ziekte- en plaagbeheersing	Geïntegreerde gewasbescherming (IPM)
	Uitsluitend biologische toegelaten middelen
	Minimaliseren gewasbeschermingsmiddelen inzet
	Geen herbiciden
	Geen fungiciden
	Geen insecticiden
	Geen grondontsmetting
	Toepassing resistente rassen
	Kniptorvallen toepassen
	Plakvallen wortvlieg of trips
	Luizenvangbakken plaatsen
	Groenbemester gericht op plaagbestrijding
	Mechanische onkruidbestrijding
	Inzet scorekaarten
	Aaltjesanalyse
	Rhizoctonia-index toepassen
	Leafspot toepassen om Alternaria te onderscheiden van gebreksziekten
	Inzet beslissingsondersteunend systeem laagbestrijding te gebruiken
	Ruimere rijafstand
Natuur- en landschapsbeheer	Keverbanken
Waterverbruik en beheer	
Totaal	26

KPI 5 Percentage bodembedekking	
Bouwplan	Rustgewassen in rotatie
	Teelt vlinderbloemigen/eiwithoudende gewassen
	Inzet groenbemesters
	Grond bedekt houden
	Vanggewassen telen
Diversiteit teelt	Groenmester mengsel
	Mengteelt granen
	Agroforestry/voedselbos
Organische stof & bemesting	
Grondbewerking	Minimale grondbewerking (NKG)
	Hoofdongrondbewerking naar voorjaar
Organische stof & bemesting	
Grondbewerking	Groenbemester gericht op plaagbestrijding
Stikstof overschot	Tijdelijke en permanente akkerranden en bufferstroken
Ziekte- en plaagbeheersing	Wintervoedselakker/vogelakker
Natuur- en landschapsbeheer	
Totaal	13
KPI 7 Aandeel natuur & landschapsbeheer	
Bouwplan	
Diversiteit teelt	
Organische stof & bemesting	
Grondbewerking	
stikstof overschot	
Diversiteit teelt	
Natuur- en landschapsbeheer	Soortspecifieke beheerpakketten
	Landschapselementen
	Tijdelijke en permanente akkerranden en bufferstroken
	Gefaseerd/periodiek beheer
	Natuurvriendelijke oevers sloten
	Paddenpoel en andere blauwe elementen
	Wintervoedselakker/vogelakker
	Keverbanken
Ziekte- en plaagbeheersing	
Totaal	8
KPI 9 Aandeel niet-kerende grondbewerking	
Bouwplan	Rustgewassen in rotatie
	Grond bedekt houden
Diversiteit teelt	
Organische stof & bemesting	
Grondbewerking	Minimale grondbewerking (NKG)
Diversiteit teelt	Ploegloos zaaien
	Ondiep ploegen, eco-ploegen
stikstof overschot	
Ziekte- en plaagbeheersing	
Natuur- en landschapsbeheer	
WATERVERBRUIK EN BEHEER	
Totaal	5

KPI 10 Gewasdiversiteit	
Bouwplan	Bouwplan verruimen
	Rustgewassen in rotatie
	Teelt vlinderbloemigen/eiwithoudende gewassen
	Inzet groenbemesters
	Vanggewassen telen
Diversiteit teelt	Groenmester mengsels
	Mengteelten granen
	Strokenteelt
	Perceeldimensionering (veel rand)
	Aanpassing percelen (kleiner)
	Agroforestry/voedselbos
Organische stof & bemesting	Inzet maaimeststoffen
Grondbewerking	
Stikstof overschot	
Ziekte- en plaagbeheersing	
Natuur- en landschapsbeheer	
Waterverbruik en beheer	
Totaal	12

KPI 11 Groenblauwe dooradering	
Bouwplan	Perceeldimensionering (veel rand)
Organische stof	
Grondbewerking	
stikstof overschot	
Ziekte- en plaagbeheersing	
Diversiteit teelt	Landschapselementen
	Tijdelijke en permanente akkerranden en bufferstroken
	Afvoer van maaisel randen en slootkanten
Waterverbruik en beheer	Herprofilering van sloten
Totaal	5

6.3 Databeschikbaarheid KPI's

Zonder beschikbare gegevens kan er niet gemonitord worden, bij voorkeur worden deze gehaald uit bestaande systemen. In de inleiding werd al beschreven dat bij de ontwikkeling van de BMA en de selectie van KPI's een aantal uitgangspunten en criteria gehanteerd worden die betrekking hebben op de beschikbaarheid van gegevens (Koopmans et al., 2017), deze operationele criteria zijn als volgt:

De benodigde gegevens...

- ...kunnen door alle akkerbouwers geleverd worden;
- ...kosten minimale inspanning om ze te verkrijgen;
- ...doen recht aan integraliteit en samenhang;
- ...zijn betrouwbaar en afdoende mogelijkheid tot borging;
- ...zijn beschikbaar voor nulmeting of referentiewaarde;
- ...sluiten goed aan bij bestaande meet- en controle-instrumenten.

Het toetsen van de voorgestelde KPI's aan deze operationele criteria is de 4^e stap in het proces van identificatie van KPI's voor de akkerbouw. We baseren ons hierbij op de bevindingen van Graumans (2021).

Tabel 14 geeft de score van de KPI's op de criteria a-d.

Tabel 14 Score van de voorgestelde KPI's voor de akkerbouw op de operationele criteria.

KPI	Operationele criteria: benodigde gegevens... ¹					
	Kunnen door alle akkerbouwers geleverd worden	Kosten minimale inspanning om ze te verkrijgen	Doen recht aan integraliteit en samenhang	Zijn betrouwbaar en afdoende mogelijkheid tot borging	Zijn beschikbaar voor nulmeting of referentie-waarde	Sluiten goed aan bij bestaande meet- en controle-instrumenten
Stikstofoverschot op het bedrijf (KPI 3)	+/-	+	+	+/-	+	Via BMS
Milieubelasting gewasbeschermingsmiddelen (KPI 4)	+/-	+/-	+	+/-	pm	Via BMS (MBP-module)
Waterbalans	pm	pm	+	pm	pm	pm
Aandeel rustgewassen (KPI 1)	+	+	+	+	+	RVO-BRP data
Aandeel niet-kerende grondbewerking	+/-	+/-	+/-	+/-	pm	Via BMS
Organische stofbalans (KPI 2)	+	+/-	+	+/-	pm	Via BMS
Percentage bodembedekking (KPI 5)	+	+	+/-	+	+	RVO-BRP data of remote sensing
Index gewasdiversiteit: aantal en type gewassen in bouwplan	+	+/-	+	+/-	+	Gebaseerd op RVO of BMS
Aandeel areaal met landschap en natuur (met eventuele extra weging voor permanente landschapselementen) (KPI 7)	+	+/-	+	+	+	RVO BMS Via ANLb-collectieven
Ruimtelijke samenhang van maatregelen voor natuur en landschap	+	+/-	+	+	-	Via ANLb-collectieven
Carbon footprint	+	+/-	+/-	+/-	-	CFT
Regionale kringloop						

¹ Gebaseerd op Graumans 2021: BMS = bedrijfsmanagement systeem; MBP-module = milieu-belastingspunten module;

RVO-BRP = basisregistratie percelen van RVO; ANLb collectieven = administratie van collectieven agrarisch natuurbeheer beheerd door BoerenNatuur; CFT = Cool Farm Tool

Gegevens die vastgelegd worden in de basisregistratie percelen van RVO worden door alle akkerbouwers vastgelegd, kosten zodoende minimale inspanning om de gegevens te verkrijgen en sluiten goed aan bij bestaande meet- en controle-instrumenten. Voor de KPI's die gerelateerd zijn aan het bouwplan kunnen de gegevens uit de BRP gehaald worden en scoren daarom positief op de operationele criteria.

Van gegevens die moeten komen uit bedrijfsmanagementsystemen is de dekkingsgraad lager en de borging een zwak punt, vandaar dat de KPI's waarvan de gegevens uit BMS'en moeten komen wat lager scoren op de criteria 'door alle akkerbouwers leverbaar' en 'minimale inspanning nodig om te verkrijgen'.

Tabel 14 laat zien dat de meeste KPI's aan de criteria kunnen (gaan) voldoen, met enkele kanttekeningen. De betrouwbaarheid van de KPI voor gewasdiversiteit moet nog worden gevalideerd. Daarnaast is voor deze KPI de aansluiting op het bestaande meet- en controle-instrumentarium nog niet duidelijk. Voor het overige voldoen de verschillende KPI's aan de gestelde criteria.

7 Samenhang en wisselwerking KPI's

7.1 Inleiding

Essentieel voor het gebruik van de KPI's van de Biodiversiteitsmonitor akkerbouw is dat de KPI's als integrale set beschouwd worden. Het is dus niet de bedoeling dat er één of enkele KPI's worden gebruikt, maar de complete set. Alleen in combinatie sturen de KPI's namelijk in de richting van meer biodiversiteit, onder en boven de grond.

Integraliteit in het gebruik van de KPI's is dus cruciaal voor de BMA en daarom is het belangrijk om inzichtelijk te maken hoe de voorgestelde KPI's samenhangen en wat de wisselwerking is tussen de KPI's. Positieve wisselwerkingen zijn KPI's die in dezelfde richting werken. Ze kunnen wel verschillende doelen dienen en als zodanig de transparantie verbeteren. In het uiterste geval kunnen ze elkaar ook overbodig maken. Negatieve wisselwerkingen kunnen bestaan indien de KPI's dilemma's opleveren. In het geval van een negatieve wisselwerking kan te veel focus op de ene KPI een negatief effect veroorzaken op een andere KPI. In het uiterste geval kunnen negatieve wisselwerkingen leiden tot ongewenste afwentelingseffecten. Op basis van inzichten in hoe KPI's doorwerken in de bedrijfsvoering kan worden nagegaan of optimaliseren op één KPI ten koste gaat van de score op een andere KPI, welke KPI's elkaar positief of negatief beïnvloeden en welke KPI's overbodig zijn.

7.2 Trade-off matrix

Om na te gaan waar de spanningsvelden zitten, worden de wisselwerkingen tussen de KPI's in beeld gebracht. Dit wordt gedaan met behulp van een trade-off matrix, zie Tabel 15. De trade-off matrix geeft inzicht in de mogelijke positieve (synergiën) en negatieve (trade-off) wisselwerking tussen KPI's. De matrix kan als volgt gelezen worden: in de linkerkolom en in de eerste rij staan de KPI's, in de cellen staat de wisselwerking tussen KPI's, waarbij wordt aangenomen dat op de KPI in de linkerkolom geoptimaliseerd wordt. Een negatieve wisselwerking is aangegeven met een rode arcering, een positieve wisselwerking is aangegeven met een groene arcering. Bij het ontbreken van een duidelijke wisselwerking of deze in een positieve als negatieve richting kan werken, is dit aangegeven met een grijze arcering. Dus indien bij optimalisatie van KPI X een andere KPI 'meelift' (dus positief wordt beïnvloed), is de cel groen, maar als er juist een negatief effect op een andere KPI is, dan is de cel rood.

Hierbij is dus telkens geredeneerd vanuit een akkerbouwer die gaat optimaliseren op een KPI en wat dat voor gevolgen zou kunnen hebben voor de andere KPI's. Het gaat hierbij steeds om directe effecten van het optimaliseren van één KPI op de andere KPI's en dan vooral de risico's voor biodiversiteitsherstel.

Met name deze trade-offs zijn een aandachtspunt bij het borgen van de integraliteit, want dan is er een potentieel gevaar van afwentelingseffecten op een KPI wanneer op een andere KPI geoptimaliseerd wordt. De trade-off matrix kan zo gebruikt worden om 1) de wisselwerking tussen alle KPI's in beeld te brengen, 2) dilemma's en potentiële afwentelingseffecten te identificeren en 3) overbodige KPI's aan te wijzen. Het invullen van de matrix is gedaan op basis van de gegevens van de brede review, de factsheets en expert judgement.

7.3 Resultaten

Veel van de KPI's hebben een positieve wisselwerking met andere KPI's (in totaal worden er 44 positieve interactie verwacht).

Opvallend is dat KPI 1 aandeel rustgewassen met vrijwel alle KPI's een positieve interactie heeft. Dit maakt deze KPI wellicht overbodig: bij het optimaliseren op andere KPI's worden waarschijnlijk meer rustgewassen ingebouwd, ook zonder een expliciete KPI op dit aandeel rustgewassen. De vele positieve interacties betekenen echter ook dat KPI 1 bij uitstek een integrale indicator is, wat waardevol is voor de biodiversiteitsmonitor.

Ook wordt mogelijk een positieve interactie verwacht tussen KPI 7 (met maatregelen voor landschap en natuur) & KPI 4 (milieubelasting gewasbeschermingsmiddelen). Dit is het geval indien een akkerbouwer de maatregelen zo weet in te vullen dat deze bijdragen aan een functionele biodiversiteit die de inzet van gewasbeschermingsmiddelen overbodig maakt.

Een andere positieve interactie kan optreden tussen KPI 2 (organische stofbalans) en KPI 13 (waterbalans), wanneer een akkerbouwer met meer organische stof het watervasthoudend vermogen van de bodem weet te laten toenemen.

Voor meer dan de helft van de interacties tussen de KPI's wordt geen sterk of eenduidig verband verwacht.

Bij vijf interacties wordt een negatieve wisselwerking verwacht, die ervoor kunnen zorgen dat akkerbouwers voor lastige dilemma's worden geplaatst.

De negatieve wisselwerking tussen KPI's speelt vooral bij KPI 2 (organische stofbalans in het bouwplan), KPI 3 (stikstofoverschot op het bedrijf), KPI 4 milieubelasting gewasbeschermingsmiddelen op bedrijfsniveau), KPI 5 (percentage bodembedekking) en KPI 9 (aandeel niet-kerende grondbewerking in het bouwplan):

- Tussen KPI 2 (organische stofbalans) en KPI 3 (stikstofoverschot) wordt een negatieve wisselwerking verwacht indien het optimaliseren op KPI 2 leidt tot een hoger ongecontroleerd stikstofoverschot omdat er bijvoorbeeld te veel stikstof wordt aangevoerd met extra organische stof uit een externe bron.
- Vice versa vraagt het optimaliseren op KPI 3 tot alertheid dat dit niet leidt tot een substantiële negatieve organische stofbalans.
- Tussen KPI 4 (milieubelasting gewasbeschermingsmiddelen) en KPI 5 (percentage bodembedekking) wordt een negatieve interactie verwacht wanneer een akkerbouwer extra bodembedekking genereert door de inzet van extra vanggewassen en deze doodspuit voor het inwerken.
- Tussen KPI 4 (milieubelasting gewasbeschermingsmiddelen) en KPI 9 (aandeel niet-kerende grondbewerking) wordt een negatieve interactie verwacht, omdat niet-kerende grondbewerking kan leiden tot meer onkruidruk en daardoor tot een toename van het gebruik van gewasbeschermingsmiddelen.

Om de integraliteit van de Biodiversiteitsmonitor akkerbouw te borgen, is het van belang dat er geen afwentelingseffecten op KPI's plaatsvinden. Dit zou kunnen door het opstellen van drempelwaarden voor alle KPI's. Een randvoorwaarde voor de BMA zou dan kunnen luiden dat voor alle KPI's ten minste de drempelwaarde behaald moet worden. In het geval van KPI 2 (organische stofbalans) kan er bijvoorbeeld een drempelwaarde worden gesteld aan de hoeveelheid organische stof, zodat optimaliseren van stikstofoverschot niet kan leiden tot minder organische stof dan de gestelde drempelwaarde. Het stellen van een drempelwaarden voor KPI 4 (milieubelasting gewasbeschermingsmiddelen) is van belang vanwege de relatief veel negatieve interacties met andere KPI's.

De vraag is of de matrix kan bijdragen om het aantal noodzakelijk KPI's te reduceren tot een beperkte en overzichtelijke set die transparant en eenduidig is en met minimale administratieve inspanning kan worden gerealiseerd. Duidelijk is dat de KPI 1 met het aandeel rustgewassen op meerdere doelen

aangrijpt en de potentie heeft daarmee andere KPI's overbodig te maken als KPI voor de basisbiodiversiteit op bedrijfsniveau. Zo is zichtbaar dat meer rustgewassen gepaard gaan met een positievere organische stofbalans op bedrijfsniveau, een lager stikstofoverschot, minder gewasbeschermingsmiddelen inzet, meer bodembedekking en minder grondbewerking.

Indien blijkt dat KPI 9 (niet-kerende grondbewerking) lastig te meten en te borgen is, kan met behulp van de matrix gekeken worden welke andere KPI's eenzelfde richting uitwerken. Zo is bekend dat het bodemleven vooral wordt beïnvloed door het geteelde gewas en door aanvoer van organische stof. In zo'n geval zou de matrix ertoe kunnen leiden om de diversiteit van het bodemleven te garanderen via KPI 1 of een combinatie van KPI 5 en KPI 6, die alle een positieve wisselwerking vertonen met KPI 9.

Tabel 15 Trade-off matrix: wisselwerking tussen KPI's.

Optimaliseren op	Effect op KPI's										
	1	2	3	4	5	6	7	9	10	12	13
1. Aandeel rustgewassen in het bouwplan		Meer aanvoer organische stof en verminderde afbraak door minder intensieve grondbewerking bij rustgewassen	Kleinere stikstofverliezen door diepere en intensieve doorworteling	Afname milieubelasting door lagere inzet gewasbeschermingsmiddelen t.o.v. rooi- en hakvruchten	Rustgewassen houden de bodem bedekt en bieden mogelijkheid voor groenbemesters in het najaar	Rustgewassen dragen bij aan koolstofvast-legging in de bodem	Sommige beheerpakketten hebben (extensief beheerde) rustgewassen	Rustgewassen kunnen bijdragen aan minder intensieve grondbewerking	Dragen bij aan meer gewasdiversiteit in tijd en ruimte in standaard bouwplannen	Geen sterk en/of eenduidig verband	Verminderde noodzaak tot beregenen
2. Organische stof-balans in het bouwplan	Om aan hogere organische stof-balans te werken kunnen rustgewassen ingezet worden		Positieve organische stof-balans kan leiden tot hoger stikstofovershot	Een hoger organischestof-gehalte in de grond verlaagt de kans op uitspoeling van gewasbeschermingsmiddelen	Om aan hogere organischestof-balans te werken kunnen extra groenbemesters ingezet worden	Extra organische stof draagt bij aan koolstofvast-legging in de bodem	Vaste mest en composten onderdeel van sommige beheerpakketten	Geen sterk en/of eenduidig verband	Geen sterk en/of eenduidig verband	Geen sterk en/of eenduidig verband	Meer organische stof kan watervasthoudend vermogen van de bodem verhogen
3. Stikstofovershot op het bedrijf	Geen sterk en/of eenduidig verband	Lager stikstofovershot kan leiden tot afname organische stof aanvoer		Geen sterk en/of eenduidig verband	Vanggewassen telen kan stikstofverliezen beperken	Lager indirecte uitstoot via productie van kunstmest	Geen sterk en/of eenduidig verband	Geen sterk en/of eenduidig verband	Geen sterk en/of eenduidig verband	Minder stikstof uit-en afspoeling kan bijdragen aan verbetering van de kwaliteit van natuur en landschapselementen	Geen sterk en/of eenduidig verband
4. Milieubelasting gewasbeschermingsmiddelen op bedrijfsniveau	Grotere kans op inzet rustgewassen, die minder inzet van gewasbeschermingsmiddelen nodig hebben	Geen sterk en/of eenduidig verband	Geen sterk en/of eenduidig verband		Geen sterk en/of eenduidig verband	Geen sterk en/of eenduidig verband	Mogelijk meer inzet op FAB-randen om functionele agrobiodiversiteit te stimuleren, wordt vertaald in hoger aandeel natuur en landschap	Geen sterk en/of eenduidig verband	Geen sterk en/of eenduidig verband	Geen sterk en/of eenduidig verband	Geen sterk en/of eenduidig verband
5. Percentage bodembedekking	Meer bodembedekking kan via rustgewassen	Indien meer bodembedekking leidt tot extra gewassen, positief voor organische stof-balans	Geen sterk en/of eenduidig verband	Risico op hogere inzet gewasbeschermingsmiddelen, want groenbemesters worden vaak doodgespoten		Groenbemesters dragen bij aan de koolstofvast-legging in de bodem	De bodembedekker kan een volveldse natuurmaatregel zijn, zoals een wintervoedselveld	Geen sterk en/of eenduidig verband	Geen sterk en/of eenduidig verband	Geen sterk en/of eenduidig verband	Geen sterk en/of eenduidig verband

Optimaliseren op	Effect op KPI's										
	1	2	3	4	5	6	7	9	10	12	13
6. Carbon footprint op bedrijfsniveau	Footprint kan worden verlaagd door hoger aandeel rustgewassen	Positieve organische stofbalans verlaagt carbon footprint	Verlaging footprint kan samengaan met minder aanvoer kunstmest	Geen sterk en/of eenduidig verband	Geen verband		Geen verband	Carbon footprint wordt lager door minder grondbewerking	Kleinere percelen en meer gewassen vragen relatief meer energie	Geen verband	Geen sterk en/of eenduidig verband
7. Aandeel met maatregelen voor landschap en natuur	Sommige beheerpakketten zetten in op rustgewassen	Geen verband	Geen verband	Geen sterk en/of eenduidig verband Geen sterk en/of eenduidig verband	Een deel van de maatregelen stuurt aan op (winter)bedekking	In sommige natuurelementen kan koolstof worden vastgelegd		Geen sterk en/of eenduidig verband	Geen sterk en/of eenduidig verband	Beheerpakketten droge en natte dooradering dragen bij aan beide KPI's	Geen sterk en/of eenduidig verband
9. Aandeel niet-kerende grondbewerking in het bouwplan	Grondbewerking minder bij rustgewassen	Geen sterk en/of eenduidig verband	Geen sterk en/of eenduidig verband	Leidt mogelijk tot meer onkruid en daardoor hogere inzet gewasbeschermingsmiddelen	Niet-kerende grondbewerking wordt vaak toegepast in combinatie met groenbemester en daarbij blijft groenbemester meestal de hele winter staan	Verlaagd brandstofverbruik	Geen sterk en/of eenduidig verband		Geen sterk en/of eenduidig verband	Geen sterk en/of eenduidig verband	Geen sterk en/of eenduidig verband
10. Index gewasdiversiteit: aantal en type gewassen in bouwplan	Geen sterk en/of eenduidig verband	Geen sterk en/of eenduidig verband	Geen sterk en/of eenduidig verband	Met gewasdiversificatie (bv. strokenteelt) verlaagt de plaagdruk en daardoor zijn minder gewasbeschermingsmiddelen nodig	Geen sterk en/of eenduidig verband	Geen sterk en/of eenduidig verband	Geen sterk en/of eenduidig verband	Geen sterk en/of eenduidig verband		Geen sterk en/of eenduidig verband	Geen sterk en/of eenduidig verband
12. Groenblauwe dooradering op bedrijfsniveau	Geen sterk en/of eenduidig verband	Geen sterk en/of eenduidig verband	Geen sterk en/of eenduidig verband	Connectiviteit zorgt voor betere verspreiding van natuurlijke vijanden en kan daarmee plaagdruk reduceren	Geen verband	Groene dooradering kan koolstof opslaan	Meer beheerpakketten voor droge en natte dooradering, meer akkerranden langs natte dooradering	Geen sterk en/of eenduidig verband	Geen sterk en/of eenduidig verband		Geen sterk en/of eenduidig verband
13. Waterbalans	Leidt tot minder noodzaak voor beregenen	Grotere kans op inzet verhogen organische stofgehalte	Geen sterk en/of eenduidig verband	Geen sterk en/of eenduidig verband	Geen sterk en/of eenduidig verband	Geen verband	Geen verband	Minder waterverbruik bij niet-kerende grondbewerking is goed voor waterinfiltratie	Geen sterk en/of eenduidig verband	Geen sterk en/of eenduidig verband	

8 Slotwoord & vervolg

Om het mogelijk te maken dat akkerbouwers kunnen bijdragen aan herstel van biodiversiteit in het landelijk gebied, is het belangrijk dat er een Biodiversiteitsmonitor akkerbouw wordt ontwikkeld, die in staat is prestaties op het gebied van biodiversiteit eenduidig te meten door middel van KPI's. Zo is het mogelijk deze prestaties maatschappelijk te waarderen en financieel te belonen.

Voorliggend rapport geeft een wetenschappelijke onderbouwing voor selectie van KPI's op basis van het effect op biodiversiteit. Daartoe is eerst beschreven om welke biodiversiteit het gaat in de akkerbouw, hoe deze biodiversiteit ervoor staat, wat bepalende factoren zijn voor biodiversiteit in de akkerbouw en welke invloed akkerbouwers daarop hebben. Tot slot wordt een advies gegeven over de selectie van KPI's voor de Biodiversiteitsmonitor akkerbouw.

Wanneer akkerbouwers goed scoren op de voorgestelde set KPI's, is het aannemelijk dat de biodiversiteit onder én boven de grond en volvelds én in de perceelsranden erop vooruitgaat. De manier waarop invulling wordt gegeven aan de KPI's en de kwaliteit van de maatregelen is daarbij cruciaal. Welke waarden de KPI's moeten aannemen om daadwerkelijk een positief effect te bewerkstelligen, moet nog verder onderzocht worden. Dit komt aan bod in een vervolg onderdeel van de PPS: opstellen van drempel- en streefwaarden. Naast dit onderzoek is tevens wetenschappelijk validatie van de KPI's nodig: monitoring en onderzoek naar de score op KPI's en het daadwerkelijke effect op biodiversiteit. Door op akkerbouwbedrijven de score op KPI's bij te houden en de biodiversiteit te monitoren aan de hand van een aantal indicatorsoorten, kan meer inzicht worden verkregen of een goede score op een KPI ook daadwerkelijk biodiversiteitsherstel oplevert.

Desalniettemin is het belangrijk om te starten met het toepassen van de (aangepaste) BMA in de praktijk. Dit is een mooi startpunt voor zulk onderzoek, want door de BMA toe te passen en daarvan te leren, kan het instrument verbeterd worden. Daarnaast is het nuttig om in een vroeg stadium een nulmeting uit te voeren en te starten met het systematisch verzamelen van gegevens over een reeks jaren. Dat is ook nodig om beloning op KPI's (door ketenpartijen of GLB) te kunnen rechtvaardigen. De voorgestelde (aangepaste) KPI-lijst biedt daar een uitgelezen mogelijkheid voor.

We stellen voor om het toepassen van de BMA in de praktijk te starten met het verkennen van zinvolle drempel- en streefwaarden voor de KPI's en met praktijkpilots. Zo kan in detail worden gekeken naar de huidige score van bedrijven op KPI's, wat het betekent in de praktijk om de score te verbeteren en welke kosten of investeringen daarmee gepaard gaan. Dit kan gedaan worden bij een groep akkerbouwers in een bepaald gebied, bijvoorbeeld door aan te sluiten bij bestaande pilots of experimenteelgebieden.

Literatuur

- Agrimatie, 2019. Wageningen University and Research. Areaal akkerbouwbedrijven gemiddeld 60 ha. Verkregen van:
<https://www.agrimatie.nl/ThemaResultaat.aspx?subpubID=2232&themaID=2272&indicatorID=2100> Laatst bezocht: 25-06-2020.
- Aizen, M. A., Garibaldi, L. A., Cunningham, S. A., & Klein, A. M. (2008). Long-term global trends in crop yield and production reveal no current pollination shortage but increasing pollinator dependency. *Current biology*, 18(20), 1572-1575.
- Aizen, M. A., & Harder, L. D. (2009). The global stock of domesticated honey bees is growing slower than agricultural demand for pollination. *Current biology*, 19(11), 915-918.
- Akkerhuis, G. J. O., Van Delft, S. P. J., Huiskes, H. P. J., Sival, F. P., Corporaal, A., & Ozinga, W. A. (2014). Biodiversiteit van graslanden en moerassen in het zeekleilandschap: een inventarisatie van knelpunten, succesfactoren en kennislacunes. *Vakblad Natuur Bos Landschap*, 11(101), 26-29.
- Albrecht, M., Kleijn, D., Williams, N. M., Tschumi, M., Blaauw, B. R., Bommarco, R., ... & Ganser, D. (2020). The effectiveness of flower strips and hedgerows on pest control, pollination services and crop yield: a quantitative synthesis. *Ecology letters*, 23(10), 1488-1498.
- ANLb-team RAVON (2016). Meetnet amfibieën Agrarisch Natuur- & Landschapsbeheer. Handleiding beleidsmonitoring boomkikker, heikikker, kamsalamander, knoflookpad, poelkikker en rugstreeppad. Stichting RAVON, Nijmegen
- Baayen, R. & Van Doorn, A. (2020). Interventiologica voor de groenblauwe architectuur van het GLB: Borging van samenhang tussen doelen, maatregelen en monitoring Wageningen: Wageningen Environmental Research. 151 p. (Rapport / Wageningen Environmental Research; no. 3040)
- Bakker, P., Van der Berg, A., Aukes, P. & Heemsbergen, H. (2000). Beschermingsplan Akkerplanten. EC-LNV, Onderdeel Natuurbeheer, Wageningen. Uitgave: Ministerie van Landbouw, Natuurbeheer en Visserij, Den Haag
- Batáry, P., Matthiesen, T., & Tschardtke, T. (2010). Landscape-moderated importance of hedges in conserving farmland bird diversity of organic vs. conventional croplands and grasslands. *Biological Conservation*, 143(9), 2020-2027.
- Baveco, J. M., and Bianchi, F. J. J. A. (2007). "Plaagonderdrukkende landschappen vanuit het perspectief van natuurlijke vijanden." *Entomologische Berichten* 67, no. 6, 213-217.
- Bellamy, P. H., Loveland, P. J., Bradley, R. I., Lark, R. M., Kirk, G. J. D. (2005). Carbon losses from all soils across England and Wales 1978-2003. *Nature* 937, 245 – 248
- Bellard, C., Bertelsmeier, C., Leadley, P., Thuiller, W., & Courchamp, F. (2012). Impacts of climate change on the future of biodiversity. *Ecology letters*, 15(4), 365-377.
- Benckiser, G. (1997). Organic inputs and soil metabolism. In *Fauna in soil ecosystems* (pp. 21-76). CRC Press.
- Bertrand, C., Burel, F., & Baudry, J. (2016). Spatial and temporal heterogeneity of the crop mosaic influences carabid beetles in agricultural landscapes. *Landscape Ecology*, 31(2), 451-466.
- Beugelink, G. P. en Claessen, F. A. M. (eds) (1995). Operationalisatie van 25%-doelstelling Verdroging; maatregelen, kosten en effecten. Achtergronddocument verdroging MV3/ENW. RIVM (rapportnr. 715 001 001); RIZA nota nr 95.029, Bilthoven/Lelystad.
- Bianchi, F. J., Booij, C. J. H., & Tschardtke, T. (2006). Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 273(1595), 1715-1727.
- Biesmeijer, J. C., Roberts, S. P., Reemer, M., Ohlemüller, R., Edwards, M., Peeters, T., ... & Settele, J. (2006). Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science*, 313(5785), 351-354.
- Blacquière, T., Van der Steen, J. J. M., & Cornelissen, B. (2009). Visie bijenhouderij en insectenbestuiving: analyse van bedreigingen en knelpunten (No. 227). Plant Research International.
- Bloem, J. A. A. P., De Ruiter, P. C., & Bouwman, L. A. (1997). Soil food webs and nutrient cycling in agroecosystems. In *Modern soil microbiology* (pp. 245-278). Marcel Dekker.

- Boissinot, A., Besnard, A., & Lourdais, O. (2019). Amphibian diversity in farmlands: Combined influences of breeding-site and landscape attributes in western France. *Agriculture, ecosystems & environment*, 269, 51-61.
- Bonanomi, G., D'Ascoli, R., Antignani, V., Capodilupo, M., Cozzolino, L., Marziaoli, R., Puopolo, G., Rutigliano, F. A., Scelza, R., Scotti, R., Rao, M. A., Zoina, A. Assessing soil quality under intensive cultivation and tree orchards in Southern Italy. *Applied Soil Ecology*, 47(3), (2011) pp.184-194.
- Booij, K., Lahr, J., and Jagers op Akkerhuis, G. A. J. M.. (2007). "Hoe belangrijk is het agrarische gebied voor de insectendiversiteit?" *Entomologische Berichten* 67.6: 184-186.
- Bos, J., Sierdsema, H., Schekkerman, H., & Van Scharenburg, C. (2010). Een Veldleeuwerik zingt niet voor niets! Schatting van kosten van maatregelen voor akkervogels in de context van een veranderend Gemeenschappelijk Landbouwbeleid. Wageningen: Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu
- Bouma, J. A., and Oosterhuis, F. H. (2019). "Publieke belangen en de herziening van het Gemeenschappelijk Landbouwbeleid (GLB) in Nederland: Een welvaartstheoretisch perspectief.", PBL Planbureau voor de Leefomgeving, PBL-publicatienummer: 3555
- Bowles, T. M., Jackson, L. E., Loeher, M., & Cavagnaro, T. R. (2017). Ecological intensification and arbuscular mycorrhizas: a meta-analysis of tillage and cover crop effects. *Journal of Applied Ecology*, 54(6), 1785-1793
- Breidenbach, J., Dijkgraaf, E., Rooduijn, B., Nijpels-Cieremans, R. & Strijkstra, A. (2017). Voedselbossen van belang voor biodiversiteit. *De Levende Natuur* 118: 90-93.
- Bremmer, J., Janssens, B., Ruijs, M., Benninga, J., Stokkers, R., Splinter, G., Smit, P., Puister-Jansen, L. (2019). Plantaardige ketens in beeld. <https://doi.org/10.18174/494597>
- Bretagnolle, V., & Gaba, S. (2015). Weeds for bees? A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(3), 891-909.
- Brush, S. B. (1995). In situ conservation of landraces in centers of crop diversity. *Crop science*, 35(2), 346-354.
- Brush, S. B. (Ed.). (2000). Genes in the field: on-farm conservation of crop diversity. IDRC.
- Bünemann, E. K., Schwenke, G. D., & Van Zwieten, L. (2006). Impact of agricultural inputs on soil organisms—a review. *Soil Research*, 44(4), 379-406.
- Buurma, J., Poppe, K., Silvis, H., Voskuilen, M., (2016). Bodemkwaliteit in Nederland
- Carranza-Gallego, G., Guzman, G. I., García-Ruiz, R., de Molina, M. G., & Aguilera, E. (2018). Contribution of old wheat varieties to climate change mitigation under contrasting managements and rainfed Mediterranean conditions. *Journal of Cleaner Production*, 195, 111-121.
- CBS (2020). Landbouw; gewassen, dieren en grondgebruik naar regio. Verkregen van: <https://opendata.cbs.nl/statline/#/CBS/nl/dataset/80780NED/table?fromstatweb>. Laatst bezocht: 30-6-2020.
- CBS, PBL, RIVM, WUR (2016). Vermesting van regionaal water, 1990 - 2014 (indicator 0552, versie 05, 20 april 2016). www.clo.nl. Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag; PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag; RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven; en Wageningen University and Research, Wageningen.
- CBS, PBL, RIVM, WUR (2018a). Hamster, 1999-2017 (indicator 1073, versie 09, 14 november 2018). www.clo.nl. Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag; PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag; RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven; en Wageningen University and Research, Wageningen
- CBS, PBL, RIVM, WUR (2018b). Natuurkwaliteit van macrofauna in oppervlaktewater, 1990 - 2016 (indicator 1435, versie 05, 11 juli 2018). www.clo.nl. Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag; PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag; RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven; en Wageningen University and Research, Wageningen.
- CBS, PBL, RIVM, WUR (2018c). Natuurkwaliteit van waterplanten in oppervlaktewater, 1990 - 2016 (indicator 1441, versie 04, 11 juli 2018). www.clo.nl. Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag; PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag; RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven; en Wageningen University and Research, Wageningen.
- CBS, PBL, RIVM, WUR (2018d). Trend van amfibieën, 1995-2017 (indicator 1077, versie 16, 2 juli 2018). www.clo.nl. Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag; PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag; RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven; en Wageningen University and Research, Wageningen.

- CBS, PBL, RIVM, WUR (2018e). Areaal haver, rogge en maïs, 1900-2017 (indicator 1179, versie 14, 4 mei 2018). www.clo.nl. Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag; PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag; RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven; en Wageningen University and Research, Wageningen.
- CBS, PBL, RIVM, WUR (2019). Fauna van het agrarisch gebied, 1990-2018 (indicator 1580, versie 04, 29 november 2019). www.clo.nl. Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag; PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag; RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven; en Wageningen University and Research, Wageningen
- CBS, PBL, RIVM, WUR (2020a). Akkergewassen en akkerflora, 1900-2018 (indicator 1179, versie 15, 5 februari 2020). www.clo.nl. Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag; PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag; RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven; en Wageningen University and Research, Wageningen.
- CBS, PBL, RIVM, WUR (2020b). Dagvlinders, 1992-2019 (indicator 1386, versie 17, 9 juni 2020). www.clo.nl. Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag; PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag; RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven; en Wageningen University and Research, Wageningen.
- CBS, PBL, RIVM, WUR (2020c). Boerenlandvogels, 1915-2018 (indicator 1479, versie 11, 5 februari 2020). www.clo.nl. Centraal Bureau voor de Statistiek (CBS), Den Haag; PBL Planbureau voor de Leefomgeving, Den Haag; RIVM Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven; en Wageningen University and Research, Wageningen.
- Chable, V., Nuijten, E., Costanzo, A., Goldringer, I., Bocci, R., Oehen, B., ... & Koller, B. (2020). Embedding cultivated diversity in society for agro-ecological transition. *Sustainability*, 12(3), 784.
- Chamberlain, D. and Vickery, J.A. (2000) Spatial and temporal distribution of breeding Skylarks *Alauda arvensis* in relation to crop type in periods of population increase and decrease. *Ardea* 88, 61-73
- Chamberlain, D. E., Wilson, A. M., Browne, S. J. & Vickery, J.A. (1999). Effects of habitat type and management on the abundance of skylarks in the breeding season. *Journal of Applied Ecology* 36: 856-870
- Chateil, C., Goldringer, I., Tarallo, L., Kerbiriou, C., Le Viol, I., Ponge, J. F., ... & Porcher, E. (2013). Crop genetic diversity benefits farmland biodiversity in cultivated fields. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 171, 25-32.
- ClimSoil (2008). Review of existing information on the interrelations between soil and climate change. Contract number 070307/2007/486157/SER/B1. Available via http://ec.europa.eu/environment/soil/pdf/climsoil_report_dec_2008.pdf
- Cock, M. J., Murphy, S. T., Kairo, M. T., Thompson, E., Murphy, R. J., & Francis, A. W. (2016). Trends in the classical biological control of insect pests by insects: an update of the BIOCAT database. *BioControl*, 61(4), 349-363.
- Cole, L. J., Kleijn, D., Dicks, L. V., Stout, J. C., Potts, S. G., Albrecht, M., ... & Biesmeijer, J. C. (2020). A critical analysis of the potential for EU Common Agricultural Policy measures to support wild pollinators on farmland. *Journal of Applied Ecology*, 57(4), 681-694.
- Conijn, J.G. en Lesschen, J. P. (2015). Soil organic matter in the Netherlands. Quantification of stock and flows in the top soil. PRI rapport 619, Alterra report 2663, Wageningen UR, 50 p
- Crittenden, S. J., Eswaramurthy, T., De Goede, R. G. M., Brussaard, L., & Pulleman, M. M. (2014). Effect of tillage on earthworms over short-and medium-term in conventional and organic farming. *Applied Soil Ecology*, 83, 140-148.
- D'Hose, T., Van Vooren, L., Ruysschaert, G., Molendijk, L., Van den Berg, W., Hoek, ... & Grignani, C. (2018). Responses of soil biota to non-inversion tillage and organic amendments: An analysis on european multiyear field experiments. *Pedobiologia* 66: 18-28. doi:10.1016/j.pedobi.2017.12.003
- Dainese, M., Martin, E. A., Aizen, M. A., Albrecht, M., Bartomeus, I., Bommarco, R., ... & Ghazoul, J. (2019). A global synthesis reveals biodiversity-mediated benefits for crop production. *Science advances*, 5(10), eaax0121.
- De Graaff, M. A., Hornslein, N., Throop, H., Kardol, P., & Van Diepen, L. T. (2019). Effects of agricultural intensification on soil biodiversity and implications for ecosystem functioning: A meta-analysis. In *Advances in Agronomy*. Academic Press Inc..
- De Jong, C. J., & Van der Hoek, K. W. (2010). Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit: Resultaten tweede meetronde, 1999-2003. RIVM rapport 680718001.

- De Pascale, S., Dalla Costa, L., Vallone, S., Barbieri, G., & Maggio, A. (2011). Increasing water use efficiency in vegetable crop production: from plant to irrigation systems efficiency. *HortTechnology*, 21(3), 301-308.
- De Snoo, G. R. (1995). Unsprayed field margins: implications for environment, biodiversity and agricultural practice. Leiden University, Leiden.
- De Vries, F. T., Liiri, M. E., Bjornlund, L., Bowker, M. A., Christensen, S., Setälä, H. M., & Bardgett, R. D. (2012). Land use alters the resistance and resilience of soil food webs to drought. *Nature Climate Change*, 2(4), 276-280. <https://doi.org/10.1038/nclimate1368>
- De Vries, F. T. & Shade, A. Controls on soil microbial community stability under climate change. *Front. Microbiol.* 4, 265 (2013)
- Dise, N. B., Ashmore, M., Belyazid, S., Bleeker, A., Bobbink, R., De Vries, W., Erisman, J. W., Van den Berg, L., Spranger, T. & Stevens, C. J. (2011). Nitrogen as a threat to European terrestrial biodiversity. In: M. A. Sutton, Howard, C., Erisman, J. W., Billen, G., Bleeker, A., Grennfelt, P., Van Grinsven H. and B. Grizzetti (eds.). *The European Nitrogen Assessment*, Chapter 20. Cambridge University Press: 463-493.
- Donald, P. F., Evans, A. D., Muirhead, L. B., Buckingham, D. L., Kirby, W. B., & Schmitt, S. E. 1. I. (2002). Survival rates, causes of failure and productivity of Skylark *Alauda arvensis* nests on lowland farmland. *Ibis*, 144(4), 652-664.
- Douglas, D. J., Vickery, J. A., & Benton, T. G. (2009). Improving the value of field margins as foraging habitat for farmland birds. *Journal of Applied Ecology*, 46(2), 353-362. Uncropped field margins are important foraging habitats on farmland for many declining bird species and are a key component of Agri-Environment Schemes across
- Droogers, P. (2010). *KlimaatAdaptieve Drainage, een innovatieve methode om piekafvoeren en watertekorten te verminderen. Eindrapportage haalbaarheidsonderzoek fase, 1.*
- Dunning, J. B., Danielson, B. J., Pulliam, H. R. (1992) Ecological processes that affect populations in complex landscapes. *Oikos* 65:169-175.
- EASAC 2015 Ecosystem services, agriculture and neonicotinoids EASAC policy report 26, ISBN: 978-3-8047-3437-1. © German National Academy of Sciences Leopoldina.
- EEA, 1995 Europe's Environment: The Dobris Assessment EEA European Environmental Agency, Copenhagen (1995)
- Engels, J. M. M., Ebert, A. W., Thormann, I., & De Vicente, M. C. (2006). Centres of crop diversity and/or origin, genetically modified crops and implications for plant genetic resources conservation. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 53(8), 1675-1688.
- Erisman, J. W., Galloway, J. N., Seitzinger, S., Bleeker, A., Dise, N. B., Petrescu, R., Leach, A. M. & de Vries, W. (2013). Consequences of human modification of the global nitrogen cycle. *Phil. Trans. Roy. Soc.* vol. 368 no. 1621, doi: 10.1098/rstb.2013.0116
- Erisman, J. W., Van Eekeren, N., De Wit, J., Koopmans, C. J., Cuijpers, W., Oerlemans, N. & Koks, B. (2016). Agriculture and biodiversity: a better balance benefits both. *AIMS Agriculture and Food* 1(2): 157-174.
- Faber, J. H., op Akkerhuis, G. J., Bloem, J., Lahr, J., Diemont, W. H., & Braat, L. C. (2009). *Ecosysteemdiensten en bodembeheer: maatregelen ter verbetering van biologische bodemkwaliteit (No. 1813).* Alterra.
- Fahrig, L., Girard, J., Duro, D., Pasher, J., Smith, A., Javorek, S., ... & Tischendorf, L. (2015). Farmlands with smaller crop fields have higher within-field biodiversity. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 200, 219-234.
- Field, C. D., Dise, N. B., Payne, R. J., Britton, A. J., Emmett, B. A., Helliwell, R. C., ... & Caporn, S. J. M. (2014). The role of nitrogen deposition in widespread plant community change across semi-natural habitats. *Ecosystems* 17: 846-877.
- Fließbach, A., Oberholzer, H. R., Gunst, L., & Mäder, P. (2007). Soil organic matter and biological soil quality indicators after 21 years of organic and conventional farming. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 118(1-4), 273-284.
- Garratt, M. P., Senapathi, D., Coston, D. J., Mortimer, S. R., & Potts, S. G. (2017). The benefits of hedgerows for pollinators and natural enemies depends on hedge quality and landscape context. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 247, 363-370.
- Geiger, F., Bengtsson, J., Berendse, F., et al. (2010) Persistent negative effects of pesticides and biological control potential on European farmland. *Basic Appl Ecol* 11: 97-105.

- Geiger, F., Hegeman, A., Gleichman, M., Flinks, H., de Snoo, G., Prinz, S., . . . & Berendse, F. (2014). Habitat use and diet of Skylarks (*Alauda arvensis*) wintering in an intensive agricultural landscape of the Netherlands. *J Ornithol*, 155, 507-518.
- Gilroy, J. J., Anderson, G. Q., Grice, P. V., Vickery, J. A., Bray, I., Watts, P. N., & Sutherland, W. J. (2008). Could soil degradation contribute to farmland bird declines? Links between soil penetrability and the abundance of yellow wagtails *Motacilla flava* in arable fields. *Biological Conservation*, 141(12), 3116-3126.
- Goulson, D. (2003). Conserving wild bees for crop pollination. *Journal of Food Agriculture and Environment*, 1, 142-144.
- Graumans C 2021 QuickScan naar hergebruik registratie data akkerbouw voor bepalen KPI's Biodiversiteitsmonitor Akkerbouw. Interne notitie BO-akkerbouw.
- Groenendijk, P., Van Boekel, E., Renaud, L., Greijdanus, A., Michels, R., & De Koeijer, T. (2016). Landbouw en de KRW-opgave voor nutriënten in regionale wateren: het aandeel van landbouw in de KRW-opgave, de kosten van enkele maatregelen en de effecten ervan op de uit- en afspoeling uit landbouwgronden (No. 2749). Wageningen Environmental Research.
- Hallmann, C. A., Foppen, R. P., Van Turnhout, C. A., De Kroon, H., & Jongejans, E. (2014). Declines in insectivorous birds are associated with high neonicotinoid concentrations. *Nature*, 511(7509), 341-343.
- Hallmann, C. A., Sorg, M., Jongejans, E., Siepel, H., Hofland, N., Schwan, H. & Goulson, D. (2017). More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PloS one*, 12(10), e0185809.
- Hallmann, C. A., Zeegers, T., Van Klink, R., Vermeulen, R., Van Wielink, P., Spijkers, H. & Jongejans, E. (2020). Declining abundance of beetles, moths and caddisflies in the Netherlands. *Insect Conservation and Diversity*, 13(2), 127-139.
- Henderson, I. G., Holland, J. M., Storkey, J., Lutman, P., Orson, J. and Simper, J. (2012) Effects of the proportion and spatial arrangement of un-cropped land on breeding bird abundance in arable rotations. *Journal of Applied Ecology* 49, 883-91.
- Hiddink, G. A., Termorshuizen, A. J., Raaijmakers, J. M., and Van Bruggen, A. H. C. (2005). "Beïnvloedt mengteelt de ziekteverendheid van bodems tegen bodempathogenen?." *Gewasbescherming* 36, no. 5: 200-205.
- Hinsley, S. A., & Bellamy, P. E. (2000). The influence of hedge structure, management and landscape context on the value of hedgerows to birds: a review. *Journal of environmental management*, 60(1), 33-49.
- Holland, J., & Fahrig, F. (2002). Effect of woody borders on insect density and diversity in crop fields: a landscape-scale analysis. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 78: 115-122.
- IPBES (2018): The IPBES assessment report on land degradation and restoration. Montanarella, L., Scholes, R., and Brainich, A. (eds.). Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, Bonn, Germany. 744 pages.
- Jansen, B. (2015). *Veldgids Slakken en Mossels*. 272. KNNV Uitgeverij, Zeist. Reise, H., J.M.C. Hutchinson, S. Schunack & B. Schlitt 2011
- Kells, A. R., Holland, J. M., & Goulson, D. (2001). The value of uncropped field margins for foraging bumblebees. *Journal of Insect Conservation*, 5(4), 283-291.
- Klaassen, R., Wiersma P., Visser, T., Sukkel, W., Prins, H., Melman D., *Scenariostudie akkervogels – ecologische baten en financiële kosten van scenario's voor intensiever akkervogelbeheer*. (In preparatie.)
- Kleijn, D., Bink, R. J., Ter Braak, C. J., Van Grunsven, R., Ozinga, W. A., Roessink, I., ... & Van der Zee, F. F. (2018a). Achteruitgang insectenpopulaties in Nederland: trends, oorzaken en kennislacunes (No. 2871). Wageningen Environmental Research.
- Kleijn, D., Linders, T. E., Stip, A., Biesmeijer, J. C., Wäckers, F. L., & Bukovinszky, T. (2018b). Scaling up effects of measures mitigating pollinator loss from local-to landscape-level population responses. *Methods in Ecology and Evolution*, 9(7), 1727-1738.
- Kleijn, D., Teunissen, W., Müskens, G. J. D. M., Van Kats, R. J. M., Majoor, F. A., & Hammers, M. (2014). Wintervoedselgewassen als sleutel tot het herstel van akkervogelpopulaties? (No. 2551). Alterra, Wageningen-UR.
- Kleijn, D., Winfree, R., Bartomeus, I., Carvalheiro, L. G., Henry, M., Isaacs, R., ... & Ricketts, T. H. (2015). Delivery of crop pollination services is an insufficient argument for wild pollinator conservation. *Nature communications*, 6(1), 1-9.

- Klein, A. M., Vaissiere, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tscharrntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the royal society B: biological sciences*, 274(1608), 303-313.
- Kleyheeg, E., Vogelzang, T., Van der Zee, I. & Van Beek, M. (2020). Boerenlandvogelbalans 2020. Sovon Vogelonderzoek Nederland, Nijmegen / LandschappenNL, De Bilt.
- Kloen, H., & Haveman, R. (2010). Infoblad herstel van akkerflora. <https://edepot.wur.nl/151439>
- Koomen, A.J.M., Maas, G.J. & Weijschede, T.J. (2007). Veranderingen in lijnvormige cultuurhistorische landschapselementen. Resultaten van een steekproef over de periode 1900-2003. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-rapport 34. 54 blz. 13 fig.; 10 tab.; 8 ref.; 3 bijl.
- Koopmans, C.J., Erisman, J.W., Zanen, M. & Luske, B. (2017). Biodiverse akkerbouw: Verkenning van indicatoren voor agrobiodiversiteit in de akkerbouw. Louis Bolk Instituut, Publ. nr 2017 -023 LbP. 44 p.
- Koopmans, C.J., Smeding, F.W., Rutgers, M., Bloem, J. & Van Eekeren, N. (2006). Biodiversiteit en bodembeheer in de landbouw. RIVM, WUR-Alterra & Louis Bolk Instituut, Publ. nr. Lb 14. 69 p.
- Koopmans, C.J., Timmermans, B., De Haan, J.J., Van Opheusden, M., Selin Noren, I., Slier, T., Wagenaar, J.P., (2020). Evaluatie van maatregelen voor het vastleggen van koolstof in minerale gronden 2019-2023. Rapportage 2019. Louis Bolk Instituut & Wageningen UR. 35 p.
- Koopmans, C.J., Van Agtmaal, M., Van Eekeren, N. (2018). Quick scan mest en bodemkwaliteit: Invloed van mest en compost op de bodemkwaliteit, gewasproductie en emissies. Louis Bolk Instituut, Publ. nr 2018-008 LbD. 32 p.
- Koopmans, C.J. & Van Opheusden, M., (2019). Organische stof in de Nederlandse bodem - Feiten en discussie in perspectief. Louis Bolk Instituut. Publ. nr. 2019-023 LbP 32p.
- Kuiper, M. W. (2015). The value of field margins for farmland birds (Doctoral dissertation, Wageningen University).
- Kuiper, M. W., Ottens, H. J., Cenin, L., Schaffers, A. P., Van Ruijven, J., Koks, B. J., ... & De Snoo, G. R. (2013). Field margins as foraging habitat for skylarks (*Alauda arvensis*) in the breeding season. *Agriculture, ecosystems & environment*, 170, 10-15.
- Kuiper, M. W., Ottens, H. J., Van Ruijven, J., Koks, B. J., de Snoo, G. R., & Berendse, F. (2015). Effects of breeding habitat and field margins on the reproductive performance of Skylarks (*Alauda arvensis*) on intensive farmland. *Journal of ornithology*, 156(3), 557-568.
- Kwak, R., Van Beusekom, R., Foppen, R., Louwe Kooijmans, J., & De Pater, K. (2018). Bedreigde vogels in Nederland. *Vogels van de Rode Lijst in hun leefgebied*. Zeist: KNNV Uitgeverij.
- Lamers, L. P. M., Geurts, J. J. M., Schie, M. V., Dijk, G. V., Barendregt, A., Mettrop, I. S., ... & Rip, W. J. (2018). Waterkwaliteit en biodiversiteit in het laagveenlandschap.
- Leonhardt, S. D., Gallai, N., Garibaldi, L. A., Kuhlmann, M., & Klein, A. M. (2013). Economic gain, stability of pollination and bee diversity decrease from southern to northern Europe. *Basic and Applied Ecology*, 14(6), 461-471.
- Lopez-Anita, A., Ortiz-Santaliestra, M., Mougeot, F., & Mateo, R. (2015). Imidacloprid-treated seed ingestion has lethal effect on adult partridges and reduces both breeding investment and offspring immunity. *Environ. Res.*(136), 97-107.
- Meersmans, J., Van Wesemael, B., De Ridder, F., Fallas Dotti, M., De Baets, S., Van Molle, M. (2009). Changes in organic carbon distribution with depth in agricultural soils in northern Belgium, 1960-2006. *Global Change Biology* 15, 2739-2750
- Merckx, T., Marini, L., Feber, R. E., & Macdonald, D. W. (2012). Hedgerow trees and extended-width field margins enhance macro-moth diversity: implications for management. *Journal of Applied Ecology*, 49(6), 1396-1404.
- Millot, F., Decors, A., Mastain, O., Quintaine, T., Berny, P., Vey, D., ..., Bro, E. (2017). Field evidence of bird poisonings by imidacloprid-treated seeds: a review of incidents reported by the French SAGIR network from 1995 to 2014. *Environmental Science and Pollution Research*, 24(6), 5469-5485.
- Morris, A. J., & Gilroy, J. J. (2008). Close to the edge: predation risks for two declining farmland passerines. *Ibis*, 150, 168-177.
- Muskens G. J. D. M., La Haye, M. J. J., Van Kats, R. J. M. & Kuiters, A. T. (2018). Ontwikkeling van de hamsterpopulatie in Limburg. Stand van zaken voorjaar 2018. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WUR. WOt-technical report 141. 28 blz.; 6 fig.; 2 tab.; 4 ref.
- Newton, I. (1967). The feeding ecology of the Bullfinch (*Pyrrhula L.*) in southern England. *The Journal of Animal Ecology*, 721-744.

- Newton, I. (2017). *Farming and Birds* (Collins New Naturalist Library, Book 135) (Vol. 135). Harper Collins UK.
- Noordijk, J., & Van Helsdingen, P. J. (2007). Spinnen (Arachnida: Araneae) op akkers-biologie en plaagbestrijding. *Entomologische Berichten*, 67, 249-252.
- Nuijten, E., & Van Bueren, E. L. (2016). Werken aan diversiteit in tarwe en groenten: voor meer variatie op het veld, in het winkelschap en op het bord (No. 2016-030 LbP). Louis Bolk Instituut.
- Oosterwind, D., Rau, A., & Zaiko, A. (2016). Drivers and pressures—untangling the terms commonly used in marine science and policy. *Journal of Environmental Management*, 181, 8-15.
- Ottburg, F. G. W. A., & De Jong, T. (2006). Vissen in poldersloten: de invloed van baggeren in "dichte" en open sloten op vissen en amfibieën (No. 1349). Alterra.
- Ottens, H. J., Kuiper, M. W., Flinks, H., Van Ruijven, J., Siepel, H., Koks, B. J., ... & De Snoo, G. R. (2014). Do field margins enrich the diet of the Eurasian Skylark *Alauda arvensis* on intensive farmland?. *Ardea*, 102(2), 161-174.
- Ozinga, W. A., Scheper, J. A., De Groot, A., Reemer, M., Raemakers, I., Van Dooremalen, C., ... & Kleijn, D. (2018). Wilde bijen en zweefvliegen per landschapstype (No. 2920). Wageningen Environmental Research.
- Peeters, T. M., & Van Breugel, P. (2012). Bijen: Bijen en de mens. *Natuur van Nederland*, 11(1), 117-128.
- Phillips, B. B., Bullock, J. M., Osborne, J. L., & Gaston, K. J. (2020). Ecosystem service provision by road verges. *Journal of Applied Ecology*, 57(3), 488-501.
- Phillips, B. B., Gaston, K. J., Bullock, J. M., & Osborne, J. L. (2019). Road verges support pollinators in agricultural landscapes, but are diminished by heavy traffic and summer cutting. *Journal of Applied Ecology*, 56(10), 2316-2327.
- Potts, G. R. (2012). *Partridges*. London: Collins.
- Prevedello, J. A., Almeida-Gomes, M., & Lindenmayer, D. B. (2018). The importance of scattered trees for biodiversity conservation: A global meta-analysis. *Journal of Applied Ecology*, 55(1), 205-214.
- Rader Romina, I. B., Garibaldi, L. A., Garratt, M. P. D., Howlett, B. G., Winfree, R., Cunningham, S. A., ..., Lindström, S. A. M. (2016). Non-bee insects are important contributors to global crop pollination. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. Jan 2016, 113 (1) 146-151; DOI: 10.1073/pnas.1517092112
- Ratnadass, A., Fernandes, P., Avelino, J. & Habib, R. (2012). Plant species diversity for sustainable management of crop pests and diseases in agroecosystems: a review. *Agronomy for sustainable development* 32: 273-303
- Reemer, M. (2009). De Nederlandse Zweefvliegen (Diptera: Syrphidae). Nationaal Natuurhistorisch Museum Naturalis.
- Reemer, M., (2018). Basisrapport voor de Rode lijst Bijen
- Reijneveld, A., Van Wensem, J., Oenema, O. (2009). Soil organic carbon contents of agricultural land in the Netherlands between 1984 and 2004. *Geoderma* 152: 231-238.
- Reubens, B., D'Haene, K., D'hose, T., & Ruysschaert, G. (2010). Bodemkwaliteit en landbouw: een literatuurstudie. Bodembreed Interreg, ILVO Merelbeke-Lembergen, België.
- Rienks, W. A., Meulenkamp, W. J. H., De Jong, D., Loohuis, R. O., Roelofs, P. F. M. M., Swart, W., & Vogelzang, T. A. (2008). Grootchalige landbouw in een kleinschalig landschap (No. 1642). Alterra.
- Rusch, A., Bommarco, R., Jonsson, M., Smith, H. G., & Ekbom, B. (2013). Flow and stability of natural pest control services depend on complexity and crop rotation at the landscape scale. *Journal of Applied Ecology*, 50(2), 345-354.
- Rusch, A., Chaplin-Kramer, R., Gardiner, M. M., Hawro, V., Holland, J., Landis, D., ... & Woltz, M. (2016). Agricultural landscape simplification reduces natural pest control: A quantitative synthesis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 221, 198-204.
- Rutgers, et al. (1999). Typering van bodemecosystemen in Nederland met tien referenties voor biologische bodemkwaliteit. RIVM Rapport 607604008/2007
- Rutgers, M., Bloem, J., Schouten, A. J., & Breure, A. M. (2010). Prioritaire gebieden in de Kaderrichtlijn Bodem. Belang van bodembiodiversiteit en ecosysteemdiensten.
- Rutgers, R., Schouten, A. J., Akkerhuis, G. J. A. M., Bloem, J., & Breure, A. M. (2011). Kaderrichtlijn bodem. Bodembiodiversiteit onder druk bij dalende organische stof.

- Rutgers, M., Schouten, A. J., Bloem, J., Van Eekeren, N., De Goede, R. G. M., Jagers op Akkerhuis, G. A. J. M., ... & Breure, A. M. (2009). Biological measurements in a nationwide soil monitoring network. *European Journal of Soil Science*, 60(5), 820-832.
- Rutgers, M., Trinsoutrot Gattin, I., Van Leeuwen, J., Menta, C., Gatti, F., Visioli, G., ... & Creamer, R. (2018). Key indicators and management strategies for soil biodiversity and habitat provisioning.
- Šálek, M., Hula, V., Kipson, M., Daňková, R., Niedobová, J., & Gamero, A. (2018). Bringing diversity back to agriculture: smaller fields and non-crop elements enhance biodiversity in intensively managed arable farmlands. *Ecological Indicators*, 90, 65-73.
- Scheper, J., Holzschuh, A., Kuussaari, M., Potts, S. G., Rundlöf, M., Smith, H. G., & Kleijn, D. (2013). Environmental factors driving the effectiveness of European agri-environmental measures in mitigating pollinator loss—a meta-analysis. *Ecology letters*, 16(7), 912-920.
- Scheper, J., Reemer, M., Van Kats, R., Ozinga, W. A., Van der Linden, G. T., Schaminée, J. H., ... & Kleijn, D. (2014a). Museum specimens reveal loss of pollen host plants as key factor driving wild bee decline in The Netherlands. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(49), 17552-17557.
- Scheper, J. A., Van Kats, R. J. M., Reemer, M., & Kleijn, D. (2014b). Het belang van wilde bestuivers voor de landbouw en oorzaken voor hun achteruitgang (No. 2592). Wageningen UR Alterra.
- Schmidt, A. M. & Van der Meij, T. (2020). Monitoring van insectenpopulaties in Nederland; visie en aanpak voor de realisatie van een monitorings- en onderzoeksprogramma naar de ontwikkelingen van insectenpopulaties in Nederland. Wageningen, Wageningen Environmental Research, Rapport 3016.
- Schouten, A. J., Breure, A.M., Bloem, J., Didden, W., De Rooter, P. C., Siepel, H. (1999). Life support functies van de bodem: operationalisering t.b.v. het biodiversiteitsbeleid. Rijksinstituut voor Volksgezondheid en Milieu, Bilthoven. Rapportnr. 607601003.
- Scotti, R., Bonanomi, G., Scelza, R., Zoina, A. & Rao, M. A. (2015). Organic amendments as sustainable tool to recovery fertility in intensive agricultural systems. *Journal of soil science and plant nutrition*, 15(2), (2015) pp. 333-352.
- Sheppard, L. J., Leith, I. D., Mizunuma, T., Cape, J. N., Crossley, A., Leeson, S., Sutton, M. A., Fowler, D. & Dijk, D. (2011). Dry deposition of ammonia gas drives species change faster than wet deposition of ammonium ions: evidence from a long-term field manipulation. *Global Change Biology* 17 (12): 3589-3607
- Silva, V., Mol, H. G. J., Zomer, P., Tienstra, M., Ritsema, C. J., Geissen, V. Pesticide residues in European agricultural soils – A hidden reality unfolded. Stoten (2018), <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.441>
- Sirami, C., Gross, N., Baillod, A. B., Bertrand, C., Carrié, R., Hass, A., ... & Girard, J. (2019). Increasing crop heterogeneity enhances multitrophic diversity across agricultural regions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(33), 16442-16447.
- Smit, B., & Jager, J. (2018). Schets van de akkerbouw in Nederland: structuur-, landschaps- en milieukeurmerken die een relatie hebben tot biodiversiteit (No. 2018-074). Wageningen Economic Research.
- Smith, H. A., & McSorley, R. (2000). Intercropping and pest management: a review of major concepts. *American Entomologist*, 46(3), 154-161.
- Smits, M. J. W. en Van Alebeek, F. A. N. (2007). Biodiversiteit en kleine landschapselementen in de biologische landbouw; Een literatuurstudie. Wageningen, Wettelijke Onderzoekstaken Natuur & Milieu, WOt-rapport 39. 84 blz.; 1 tab.; 118 ref.; 2 bijl
- Snepvangers, J., Van de Wiel, L., Raap, E., (2013). Resultaten Meetnet Agrarisch Cultuurlandschap 2012
- Sorby, K., Fleischer, G., & Pehu, E. (2003). Integrated pest management in development: Review of trends and implementation strategies (No. 26391, pp. 1-0). The World Bank.
- Sotherton, N. W. (1991). Conservation headlands: a practical combination of intensive cereal farming and conservation. *The ecology of temperate cereal fields*, 373-397.
- SOVON 2020a. Gele Kwikstaart – Verspreiding en trends. Verkregen van: <https://stats.sovon.nl/stats/soort/10171>. Laatst bezocht: 10-12-2020.
- SOVON 2020b. Grauwe Kiekendief – Verspreiding en trends. Verkregen van: <https://stats.sovon.nl/stats/soort/2630>. Laatst bezocht: 10-12-2020.
- Sparrus, L. B., B. Odé & R. Beringen. (2014). Basisrapport voor de Rode Lijst Vaatplanten 2012. FLORON Rapport 57. FLORON, Nijmegen.

- Steingröver, E. G., Geertsema, W., & van Wingerden, W. K. (2010). Designing agricultural landscapes for natural pest control: a transdisciplinary approach in the Hoeksche Waard (The Netherlands). *Landscape Ecology*, 25(6), 825-838.
- cosystems & Environment, 221, 198-204.
- Stockmann, L. (2015). Struweel voor akkervogels in Noord- en Oost-Groningen. *De Grauwe Gors*, 42(1), 46-49.
- Stip, A. & Smit, J.T. (2019). Monitoring van bestuivers op Groninger Vogelakkers. Rapport VS2018.043, De Vlinderstichting, Wageningen.
- Sukkel, W., Cuperus, F., & Van Apeldoorn, D. F. (2019). Biodiversiteit op de akker door gewasdiversiteit. *De Levende Natuur*, 120(4), 132-135.
- Tamburini, G., De Simone, S., Sigura, M., Boscutti, F., & Marini, L. (2016). Conservation tillage mitigates the negative effect of landscape simplification on biological control. *Journal of Applied Ecology*, 53(1), 233-241
- TCB (2003) Advies duurzaam bodemgebruik op ecologische grondslag. Rapport TCB A33(2003), Technische Commissie Bodembescherming, Den Haag.
- TFSP 2015 World Wide Integrated Assessment of the impacts of systemic pesticides on biodiversity and ecosystems. The Task force on systemic Pesticides:
http://www.tfsp.info/assets/WIA_2015.pdf
- Tscharntke, T., Tylianakis, J. M., Rand, T. A., Didham, R. K., Fahrig, L., Batary, P., ... & Ewers, R. M. (2012). Landscape moderation of biodiversity patterns and processes—eight hypotheses. *Biol Rev Camb Philos Soc* 87:661–685.
- Tsiafouli, M. A., Thébault, E., Sgardelis, S. P., De Ruiter, P. C., Van Der Putten, W. H., Birkhofer, K., ... & Hedlund, K. (2015). Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. *Global change biology*, 21(2), 973-985.
- Van Capelle, C., Schrader, S. & Brunotte, J. (2012). Tillage-induced changes in the functional diversity of soil biota. A review with a focus on German data. *Eur. J. Soil Biol.* 50: 165-181.
- Van de Born, J., Couvreur, L., Van Dam, J., Geilenkirchen, G., 't Hoen, M., Koelemeijer, M., Van Schijndel, M., Vink, M. & Van der Zanden, E. (2020). Analyse stikstofbronmaatregelen, Analyse op verzoek van het kabinet van zestien maatregelen om de uitstoot van stikstofoxiden en ammoniak in Nederland te beperken. Planbureau voor de leefomgeving. Den Haag
- Van de Haterd, R. J. W., Van den Hengel, B., & Keizer, P. J. (2009). Lange termijn effecten van maaibeheer in wegbermen. *De Levende Natuur*, 110(2), 88-94.
- Van der Kooij, S., Zwarteveen, M., Boesveld, H., & Kuper, M. (2013). The efficiency of drip irrigation unpacked. *Agricultural Water Management*, 123, 103-110.
- Van der Putten, W. (2019). Bodembiodiversiteit in Nederlandse landbouw, bos en (droge) natuur Pact finding paper voor de Raad voor Leefomgeving en Infrastructuur (RLI) voor het advies Vitale Bodem, onderwerp Bodembiodiversiteit.
- van Diepeningen, A. D., de Vos, O. J., Korthals, G. W., & Van Bruggen, A. H. (2006). Effects of organic versus conventional management on chemical and biological parameters in agricultural soils. *Applied soil ecology*, 31(1-2), 120-135.
- van Doorn, A., Westerink, J., Nieuwenhuizen, W., Melman, D., Schrijver, R. & Breman, B. (2017). Verder vergroenen, verder verbreden: naar een effectieve bijdrage van het Europees landbouwbeleid en beleid voor agrarisch natuurbeheer aan groene opgaven. Wageningen: Wageningen Environmental Research. 75 p. (Wageningen Environmental Research rapport; no. 2822)
- Van Duuren, L. & Schaminée, J. (1999). Bedreigingen van plantengemeenschappen van de kust, akkers, ruderaal standplaatsen en muren. Kwartaalbericht Milieustatistiek 1: 26-33. Centraal Bureau voor de Statistiek, 's Gravenhage.
- Van Es, H. M., Sogbedji, J. M., Schindelbeck, R. R. (2016). Effect of manure application timing, crop, and soil type on nitrate leaching. *Journal of environmental quality*, 35(2), (2006) pp. 670-679.
- Van Esbroek, M. L. P., Alkemade, J. R. M., Schouten, A. J. (1995) Landelijk Meetnet Bodemkwaliteit. Deel 1: De nematodenfauna en de fosfaattoestand in de bodem van melkveehouderijbedrijven op zandgrond. Rapport 714801004, RIVM, Bilthoven.
- Van Laarhoven, G., Nijboer, J., Oerlemans, N., Piechocki, R. en Pluimers, J. (2018). Biodiversiteitsmonitor melkveehouderij - Een nieuw instrument dat biodiversiteitsversterkende prestaties in de melkveehouderij eenduidig meetbaar maakt, Rabobank/FrieslandCampina/WWF
- Van Norren, E., Dekker, J. & Limpens, H. (2020). Basisrapport Rode Lijst Zoogdieren 2020 volgens Nederlandse en IUCN-criteria. Rapport 2019.026. Zoogdierverseniging, Nijmegen.

- Van Puijenbroek, P. (2014). De kwaliteit van het Nederlandse oppervlaktewater beoordeeld volgens de Kaderrichtlijn Water (KRW). De KRW-beoordeling uitgesplitst naar verklarende overzichten. Den Haag, the Netherlands: PBL Planbureau voor de Leefomgeving. Report, (1355).
- Van Rijn, P. C. J., & Wackers, F. (2007). Bloemrijke akkerranden voeden natuurlijke vijanden. *Entomologische Berichten* 67 (6): 226-230.
- Van Swaay, C. A. M., Bos, G., Van Grunsven, R. H. A., Kok, J., Huskens, K., Van Deijk, J. R. & Poot, M. (2018). Vlinders en libellen geteld. Jaarverslag 2017. Rapport VS2018.006, De Vlinderstichting, Wageningen.
- Van Swaay, C. A. M., Van Strien, A. J., Aghababayan, K., Åström, S., Botham, M., Brereton, T. ..., Warren, M. S. (2016). The European Butterfly Indicator for Grassland species 1990-2015. Report VS2016.019, De Vlinderstichting, Wageningen
- Van Tol-Leender, D., Knotters, M., De Groot, W., Gerritsen, P., Reijneveld, A., Van Egmond, F., Wösten, H., & Kuikman, P. (2019). Koolstofvoorraad in de bodem van Nederland (1998-2018): CC-NL. (Wageningen Environmental Research rapport; No. 2974). Wageningen Environmental Research. <https://doi.org/10.18174/50978>
- Van Zuilichem, J. A. A. (2006). Diversiteit voor stabiliteit: handreiking voor inpassing van diversiteit binnen productieperceel ter onderdrukking van ziekten en plagen in akkerbouw en vollegrondsgroenteteelt (No. 346). PPO Akkerbouw, Groene Ruimte en Vollegrondsgroenten.
- Vanneste, T., Govaert, S., De Kesel, W., Van den Berge, S., Vangansbeke, P., Meeussen, C., ... & Graae, B. J. (2020). Plant diversity in hedgerows and road verges across Europe. *Journal of Applied Ecology*.
- Velthof, G. L., De Koeijer, T., Schröder, J. J., Timmerman, M., Hooijboer, A., Rozemeijer, J., Van Bruggen, C. & Groenendijk, P. (2017). Effecten van het mestbeleid op landbouw en milieu: Beantwoording van de ex-postvragen in het kader van de evaluatie van de Meststoffenwet. Wageningen Environmental Research . Rapport 2782 rapport. 133 p.
- Venter, Z. S., Jacobs, K., & Hawkins, H. J. (2016). The impact of crop rotation on soil microbial diversity: A meta-analysis. *Pedobiologia*, 59(4), 215-223.
- Verbeek, P., Prins, U., Brouwer, E. (2019). Herstelplan akkerflora. Verkregen via: <https://edepot.wur.nl/479205>
- Verboom, B. (1995). Beschutting, voedsel of oriëntatie? Vleermuizen en lijnvormige begroeiingen. *Zoogdier*, 6(1), 8-14.
- Vickery, J. A., Feber, R. E., & Fuller, R. J. (2009). Arable field margins managed for biodiversity conservation: a review of food resource provision for farmland birds. *Agriculture, ecosystems & environment*, 133(1-2), 1-13.
- Vink, M., & Boezeman, D. F. (2018). Naar een wenkend perspectief voor de Nederlandse landbouw. Voorwaarden voor verandering.
- Vreugdenhil, C. & M. Jacobusse. (2019). Van soortenbescherming naar natuurinclusieve landbouw in grootschalig Zeeuws akkerland. *De levende natuur*, nummer 4 (2019), 127-131.
- Wiersma, P., Luske, B., Bos, J., Hakkert, J., Ottens, H. J., Postma, M., Klaassen, R., Timmermans, B., Zanen, M. (2019). Vogelakkers: het effect op de biodiversiteit en de landbouwkundige inpasbaarheid. *Grauwe Kiekendief*, Louis Bolk Instituut, Vogelbescherming Nederland.
- Wiersma, P., Ottens, H. J., Kuiper, M. W., Schlaich, A. E., Klaassen, R. H. G., Vlaanderen, O., ... & Koks, B. J. (2014). Analyse effectiviteit van het akkervogelbeheer in Provincie Groningen: Evaluatierapport. Stichting Werkgroep Grauwe Kiekendief.
- Wilson, J. D., Evans, J., Browne, S. J. & King, J. R. (1997). Territory distribution and breeding success of skylarks *Alauda arvensis* on organic and intensive farmland in southern England. *Journal of Applied Ecology* 34: 1462-1478
- Wilson, S., Mitchell, G. W., Pasher, J., McGovern, M., Hudson, M. A. R., & Fahrig, L. (2017). Influence of crop type, heterogeneity and woody structure on avian biodiversity in agricultural landscapes. *Ecological Indicators*, 83, 218-226.
- Wilson, J. D., Morris, A. J., Arroyo, B. E., Clark, S. C. and Bradbury, R. B. (1999). A review of the abundance and diversity of invertebrate and plant foods of granivorous birds in northern Europe in relation to agricultural change. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 75, 13-30.
- Witte, J. P. M., De Louw, P. G. B., Van Ek, R., Bartholomeus, R. P., Van den Eertwegh, G. A. P. H., Gilissen, H. K., ... & Van der Kooij, W. (2020). Aanpak droogte vraagt transitie waterbeheer. *Water Governance*, (3), 120-131.

-
- Zandbergen, J., Koorneef, G. J., Veen, C., Schrama, M., & Van der Putten, W. H. (2017). *Vital Soils for Sustainable Agriculture: Optimizing soil multifunctionality in response to transition from conventional to organic arable farm management*. Poster session presented at NERN Lunteren 2017, Lunteren, Netherlands.
- Zanen, M., Belder, P., Cuijpers, W. J. M., & Bos, M. (2011). Bodembreed interreg: deel 1: Duurzaam bodembeheer & Functionele Agrobiodiversiteit in de bodem: deel 2: Bodemleven.

Bijlage 1 Factsheets KPI's

KPI 1 Percentage rustgewassen in het bouwplan

Pijler	1. Functionele agro-biodiversiteit
Definitie	Het aandeel (ha) rustgewassen als percentage van het totaal aantal ha (in het bouwplan, eigendom en pacht) van een bedrijf per kalenderjaar. Over het algemeen worden alle maaigewassen (geen mais) tot rustgewassen gerekend, aangezien in deze gewassen minder bewerkingen (zowel mechanisch als qua bemesting en middelengebruik) nodig zijn dan in hak- en rooigewassen. Voorbeelden van rustgewassen zijn granen, vlinderbloemigen (uitgezonderd relatief intensieve teelten als erwten en bonen voor de conservenindustrie) en andere maaigewassen als boekweit, zonnebloem en hennep. Ook een mengteelt van maaigewassen, zoals grasklaver, wintertarwe-veldboon of haver-erwt behoort tot de opties. Binnen het GLB wordt een lijst gehanteerd met gewassen die als rustgewas worden aangemerkt. Het is aan te bevelen een dergelijke lijst ook voor de invulling voor deze KPI te hanteren. De meest voorkomende rustgewassen in Nederland zijn wintertarwe en zomergerst. Optioneel kunnen gewassen die een positief effect op biodiversiteit hebben extra gewicht toegekend krijgen, zoals koolzaad, vlas, boekweit, lupine, rode klaver, rolklaver, esparcette en luzerne (Belder et al. (2014). Gemiddeld bestond in 2017 bijna 40% van het bouwplan uit rustgewassen. Tussen 2007 en 2017 is het totaalareaal rustgewassen afgenomen van 214.000 naar 174.000 ha, een daling van 40.000 ha, ofwel bijna 20% (1).
Borging	Gegevens via GO (gecombineerde opgave) – Basisregistratie RVO
Aansluiting met	SAI SFA- Cool farm tool, - Akkerweb (bouwplan registratie) - Teeltmanagementprogramma's (bv. Cropvision van Agrovision)
Veronderstelde relatie met biodiversiteit	Rustgewassen in het bouwplan kunnen van belang zijn om de functionele agrobiodiversiteit (Pijler 1) in het agrarische landschap te versterken. Rustgewassen vergen doorgaans minder grondbewerking, bestrijdingsmiddelen en meststoffen dan rooigewassen. Het meest in het oog springende effect van rustgewassen op biodiversiteit loopt via de bodem. Door een lagere verstoring en een positief effect op de organische stof en bodemstructuur wordt het bodemleven bevorderd. Ook voor bovengrondse biodiversiteit kunnen rustgewassen een belangrijke habitat zijn doordat ze een constantere en dichtere vegetatiestructuur hebben en meer voedsel kunnen bieden dan rooi- en hakvruchten. Daarnaast zijn veel typische soorten van de akkers, zoals akkerflora en akkervogels, aangepast aan rustgewassen als (zomer)granen en luzerne en in veel mindere mate aan rooigewassen als aardappels en suikerbieten. Desalniettemin is voor bovengrondse biodiversiteit vaak extensief beheer van de rustgewassen noodzakelijk voor een positief effect.
Indicatoren voor biodiversiteit	In de literatuur is het effect van het verhogen van het aandeel rustgewassen in de gewasrotatie ten opzichte van een referentierotatie onderzocht (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8). Het gaat in deze studies om het aandeel granen of grasklaver. Dit zijn ook de rustgewassen die in Nederland het meest voorkomen. In twee studies is het effect van verschillende typen rustgewassen vergeleken (11, 13). In de gevonden studies worden ecosysteemdiensten (plagbeheersing of bestuiving), hoeveelheden individuen (abundantie) en/of aantal waargenomen soorten van een of meerdere soortgroepen (rijkdom/diversiteit) geïnventariseerd binnen landschappen of percelen met een verschillend aandeel rustgewassen. Alle gebruikte studies zijn uitgevoerd in Nederland (5, 7, 11, 13), in Noordwest-Europa (2, 4, 6) of in het klimatologisch vergelijkbare Noord-Amerika (3, 8).
Duiding gevonden relaties	Tabel B1.1 laat de relatie tussen het gebruik van (of het verhogen van het aandeel) rustgewassen in de rotatie en de biodiversiteit in het veld en/of omliggende landschap zien.

Tabel B1.1 De richting en de sterkte van het effect van het aandeel rustgewassen op de diversiteit van verschillende soortgroepen. *(orde van grote van) effect verschilt per gewas.

Soortgroep	Effect richting	Onderbouwing
Bodembiodiversiteit	+	sterk
Bovengrondse ongewervelden	~*	matig
Flora	?	n.v.t
Vogels	+*	zwak
Zoogdieren	?	n.v.t

Pijler	1. Functionele agro-biodiversiteit
	Het meest in het oog springende effect van rustgewassen op functionele biodiversiteit loopt via de bodem. Zowel een Nederlandse (5), een Europese (6) en twee Noord-Amerikaanse (3, 8) studies naar het verhogen van het aandeel rustgewassen laten een positief effect op de bodembiodiversiteit zien. In Nederlandse gewasrotaties met een hoger aandeel graan is er significant hogere bacteriële en schimmelbiomassa gevonden (5). Daarnaast neemt het aantal functionele groepen toe wanneer de vruchtwisseling extensiveert. Omdat er bij rustgewassen minder (diepe) grondbewerkingen worden uitgevoerd dan bij rooigewassen wordt het bodemleven minder verstoord en de bodembiodiversiteit bevorderd. Daarnaast dragen rustgewassen, in hogere mate dan rooigewassen, bij aan het verhogen van het bodem-organischestof gehalte. Dit is essentieel voor het bodemleven (9). Het effect van het aandeel rustgewassen op bodembiodiversiteit is dus duidelijk positief en kan als sterk beschouwd worden (Tabel B1.1). Bovengrondse functionele agrobiodiversiteit als gewasbestuivers en plaagdierbestrijders profiteren alleen van rustgewassen wanneer deze ingezet worden in combinatie met landschapselementen en/of een algeheel hogere gewasdiversiteit. Twee Zweedse studies zien dat een hoger aandeel grasklaver in de rotatie geen effect heeft op bestuiving (2) en/of plaagbeheersing (4) als er geen relatief hogere landschappelijke diversiteit in het gebied aanwezig is. Er zijn geen studies gevonden naar de relatie tussen het aandeel rustgewassen en de diversiteit van (andere soorten) bovengrondse ongewervelden. De directe relatie tussen het aandeel rustgewassen en de onderzochte bovengrondse ongewervelden is dus matig onderbouwd, maar effecten kunnen verschillen per soort gewas (11). In één Nederlandse studie (7) naar akkervogels in Groningen is aangetoond dat het aantal broedparen in rustgewassen hoger ligt dan in rooigewassen. Andere studies naar (akker)vogels in relatie tot rustgewassen focussen voornamelijk op het overlaten van een winterstoppel. Deze studies worden verder besproken in de factsheets van KPI 5. Aangezien er maar beperkt bewijs is voor een positief effect van het aandeel rustgewassen op vogels, wordt deze relatie als zwak beschouwd. Er zijn geen studies gevonden die de relatie tussen het aandeel rustgewassen in de rotatie en de diversiteit van zoogdieren, amfibieën en reptielen en de floristische diversiteit beschrijven. Buiten het feit dat rustgewassen een ander effect op biodiversiteit hebben dan rooigewassen, zijn er ook verschillen tussen rustgewassen te verwachten in hun effect op biodiversiteit. Een analyse van Den Belder et al. (2014) (11) geeft een indicatie van welke gewassen het grootste positieve effect op biodiversiteit kunnen leveren. In hun analyse komen zij uit op vijf gewassen die een goede bijdrage aan vergroening zouden kunnen leveren, te weten koolzaad, zonnebloem, wilg, olievlas en vezelvlas, en zes gewassen die enige bijdrage kunnen leveren: boekweit, lupine, rode klaver, rolklaver, esparcette en luzerne. Uit de studie blijkt dat wanneer zowel gewasbescherming als bemesting in het gewas toegestaan is, slechts zeven van de genoemde gewassen (luzerne, rode klaver, rolklaver, esparcette, wilg, olievlas en boekweit) nog een positieve bijdrage kunnen leveren aan biodiversiteit. Voor de andere gewassen is geen positief effect op biodiversiteit te verwachten ten opzichte van wintertarwe of andere granen. Weinig gewassen scoren hoger voor de diversiteit van kruiden dan wintertarwe; het referentiegewas. Dit komt doordat in sommige teelten geen onkruid getolereerd kan worden (bijvoorbeeld peulvruchten voor humane consumptie en vezelvlas) of omdat de gewassen de onkruiden zelf snel onderdrukken. Natuurbraak of braak met spontane vegetatie biedt meer kansen voor het ontwikkelen van een diverse akkerflora. De diversiteit van bloembezoekers is voornamelijk gekoppeld aan de bloei van het gewas, waarbij zowel de hoeveelheid voedsel als de bloeiperiode van belang is. Wilg bijvoorbeeld kan een belangrijke bijdrage leveren aan voedselvoorziening in het voorjaar, daar waar rode klaver en luzerne het hele seizoen voedsel kunnen bieden aan veel bijensoorten (mits het gewas niet voor de bloei wordt gemaaid). Voor vogels en zoogdieren scoren zowel luzerne als natuur- en spontane braak hoog, omdat deze zorgen voor een afwisselende structuur die beschutting en voedsel biedt. Een Nederlandse studie naar het habitatgebruik van de veldleeuwerik (<i>Alauda arvensis</i>) (15) laat zien dat in luzerne een relatief hoog nestsucces kan worden behaald, omdat dit gewas meer voedsel biedt dan tarwe en minder vaak gemaaid wordt dan grasland.
Duiding van de sterkte van de relatie	Voor bodemleven is een sterke relatie gevonden tussen het verruimen van de rotatie met rustgewassen. Gezien de in Nederland gemiddeld krappe gewasrotatie met veel rooivruchten is de verwachting dat het effect van meer rustgewassen in de rotatie in de Nederlandse akkerbouw positief zal zijn voor de bodemdiversiteit. De relatie tussen bovengrondse fauna (zowel functionele

Pijler	1. Functionele agro-biodiversiteit
Integraliteit en overlap met andere KPI's	soorten als soorten specifiek voor het akkergebied) en het percentage rustgewassen is matig tot zwak. Deze soorten zullen alleen van rustgewassen kunnen profiteren als ook aan andere ecologische randvoorwaarden wordt voldaan of als specifieke (bloeiende) rustgewassen worden ingezet. Over de relatie tussen floristische diversiteit en rustgewassen is weinig bekend, maar voor specifieke akkerflora is waarschijnlijk aanvullend beheer nodig (10). Regionale diversiteit kan met het percentage rustgewassen alleen gewaarborgd worden als er aandacht komt voor gewasdiversificatie en er wordt afgestapt van de standaard inzet van wintertarwe en gerst. Op mondiaal niveau kan de inzet van rustgewassen in beperkte mate bijdragen aan het verminderen van de veevoerimport uit het buitenland en aan het vastleggen van koolstof voor klimaatmitigatie. De KPI Percentage rustgewassen is een integrale KPI die aspecten van minimale grondbewerking, organische stof-toevoer, diversiteit van gewassen, inzet van gewasbeschermingsmiddelen en stikstof aan- en afvoer integreert. Rustgewassen vergen over het algemeen minder grondbewerking, minder inzet van gewasbeschermingsmiddelen en meststoffen vergeleken met rooigewassen. Daarnaast zorgt het opnemen van (meerdere) rustgewassen voor gewasdiversificatie en voor een verhoging van het organische stofgehalte. Voor een verhoogde effectiviteit van het percentage rustgewassen als KPI zijn de KPI's diversiteit van gewassen, KPI Percentage stoppeland in de winter en KPI's gerelateerd aan landschapselementen (% niet-productief land, akkerranden, verbindingzones, agrarisch natuurbeheer etc.) en soortbeheer (soortspecifieke beheerpakketten) van belang. Zeker het effect van rustgewassen op bovengrondse biodiversiteit is sterk afhankelijk van de aanwezigheid van (semi)natuurlijke landschapselementen en aanvullende soortbeschermingsmaatregelen. Hier blijkt dat de aanwezigheid van landschapselementen een sterker effect heeft op biodiversiteit dan het aandeel rustgewassen. Diversificatie van gewassen heeft op zowel functionele agrobiodiversiteit (bodem, plaagbestrijding en bestuivers) als op specifieke soorten een positief effect binnen rustgewassen. De KPI Soortspecifieke beheerpakketten kan in combinatie met het percentage rustgewassen van belang zijn voor specifieke soorten als akkerflora, de korenwolf en diverse akkervogels die, naast de positieve effecten van rustgewassen, nog extra beschermingsmaatregelen nodig hebben.
Conclusie	Rustgewassen laten een duidelijk positief effect op het bodemleven zien en bieden meer kansen voor biodiversiteit van bovengrondse flora en fauna dan rooi- en hakvruchten. Voor bodembiodiversiteit zijn dit effecten die over een rotatie heen zijn waargenomen. Bovengrondse biodiversiteit is meer afhankelijk van het rustgewas zelf, maar is meestal mobiel genoeg om op bedrijfsniveau met het rustgewas door de rotatie heen te schuiven om te profiteren van de habitat dat dit biedt. De KPI Percentage rustgewassen is dus een logische keuze binnen de Biodiversiteitsmonitor Akkerbouw. Tussen rustgewassen zou nog gedifferentieerd kunnen worden, waarbij gewassen met meer potentie voor biodiversiteit, zoals luzerne, rode klaver, grasklaver, rolklaver, esparcette, wilg, olievlas en boekweit (11, 12) zwaarder tellen dan gewassen als wintertarwe en zomergerst. Op deze manier kunnen ook economisch minder interessante, maar ecologisch interessantere, gewassen economisch zwaarder ondersteund kunnen worden.
Referenties	1. Smit, B., & Jager, J. (2018). Schets van de akkerbouw in Nederland: structuur-, landschaps- en milieukenmerken die een relatie hebben tot biodiversiteit (No. 2018-074). Wageningen Economic Research. 2. Bovengrondse invertebraten Andersson, G. K., Ekroos, J., Stjernman, M., Rundlöf, M., & Smith, H. G. (2014). Effects of farming intensity, crop rotation and landscape heterogeneity on field bean pollination. <i>Agriculture, ecosystems & environment</i>, 184, 145-148. 3. Bodembiodiversiteit N'Dayegamiye, A., Nyiraneza, J., Grenier, M., Bipfubusa, M., & Drapeau, A. (2017). The benefits of crop rotation including cereals and green manures on potato yield and nitrogen nutrition and soil properties. <i>Advances in Crop Science and Technology</i>, 5(3), 279. 4. Bovengrondse invertebraten Rusch, A., Bommarco, R., Jonsson, M., Smith, H. G., & Ekbom, B. (2013). Flow and stability of natural pest control services depend on complexity and crop rotation at the landscape scale. <i>Journal of Applied Ecology</i>, 50(2), 345-354. 5. Bodembiodiversiteit Koopmans, C.J., Timmermans, B. G. H., De Haan, J., Van Opheusden, A.H.M., Selin Noren, I., Slier, T., Wagenaar, J. (2020). Evaluatie van maatregelen voor het vastleggen van koolstof in minerale gronden 2019-2023: Voortgangsrapportage april 2020. Louis Bolk Instituut en WUR, Bunnik en Wageningen. 6. Bodembiodiversiteit Tsiafouli, M. A., Thébault, E., Sgardelis, S. P., De Ruiter, P. C., Van der Putten, W. H., Birkhofer, K., Hemerik, L. et al. (2015) "Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe." <i>Global change biology</i> 21, no. 2: 973-985.

Pijler	1. Functionele agro-biodiversiteit
	7. Vogels Geerts, R. H. E. M., & Korevaar, H. (2016). Akkervogelvriendelijk bouwplan met zomergraan en overwinterende stoppels: Eerste tussenrapportage, teeltjaar 2015-2016 (No. 652). Praktijkonderzoek Plant en Omgeving (PPO), Plant Research International (PRI). 8. Bodembiodiversiteit McDaniel, M. D., Grandy, A. S., Tiemann, L. K., & Weintraub, M. N. (2014). Crop rotation complexity regulates the decomposition of high and low quality residues. <i>Soil Biology and Biochemistry</i>, 78, 243-254. 9. Faber, J. H., Op Akkerhuis, G. J., Bloem, J., Lahr, J., Diemont, W. H., & Braat, L. C. (2009). Ecosysteemdiensten en bodembeheer: maatregelen ter verbetering van biologische bodemkwaliteit (No. 1813). Alterra. 10. Bakker, P., Van der Berg, A., Aukes, P., & Heemsbergen, H. (2000). Beschermingsplan akkerplanten. EC-LNV. 11. Den Belder, E., Korevaar, H., Geerts, R. H. E. M., & Schaap, B. F. (2014). Evaluatie van gewassen als mogelijke equivalente maatregel voor ecologische aandachtsgebieden in het nieuwe GLB (No. 547). Plant Research International, Business Unit Agrosysteemkunde. 12. Van Doorn, A. M., Vullings, L. A. E., Breman, B. C., Elbersen, B. S., Korevaar, H., Meijer, M., ... & Polman, N. B. P. (2013). Nationale invulling vergroening GLB vanuit het perspectief van biodiversiteit (No. 2478). Alterra, Wageningen-UR. 13. Kuiper, M. W., Ottens, H. J., Van Ruijven, J., Koks, B. J., De Snoo, G. R., & Berendse, F. (2015). Effects of breeding habitat and field margins on the reproductive performance of Skylarks (<i>Alauda arvensis</i>) on intensive farmland. <i>Journal of ornithology</i>, 156(3), 557-568..

KPI 2 Organische stofbalans

Pijler	1. Functionele agro-biodiversiteit
Definitie	De totale aanvoer van effectieve organische stof uit gewasresten en organische (mest)stoffen minus de afbraak van de bodem-organische stof berekend op perceelniveau en gesommeerd tot op bouwplanniveau (totaal bedrijfsareaal). Bij een gezonde bodem is er een continue aanvoer en afvoer van organische stof, deels door natuurlijke processen en deels als gevolg van het bodembeheer (8). Voor het berekenen van de organische stofbalans moeten deze aan- en afvoer worden gekwantificeerd. De organische stofbalans kan worden berekend op perceelniveau als de totale aanvoer van effectieve organische stof (organische stof die binnen één jaar nog niet is afgebroken) uit gewasresten, dierlijke mest en groenbemesters minus de afbraak van de bodem-organische stof. Afbraak van organische stof is een continu proces dat lastig te meten valt. Vuistregels en modelberekeningen zijn echter wel per bodemtype beschikbaar. Omdat de afbraak van organische stof met onzekerheden gepaard gaat (bodemtype, vocht, temperatuur, beheer) en zich bodemcondities voordoen met hoge organische stofwaarden zal hiervoor gecorrigeerd moeten worden. Vanuit de balans op perceelniveau kan de organische stofbalans op bouwplanniveau worden berekend. Hier is instrumentarium voor beschikbaar dat ook door adviseurs wordt gebruikt. Een alternatief is de KPI te beperken tot de effectieve organische stof-input. Dit is een vereenvoudigde indicator waarbij geen rekening wordt gehouden met de afbraak van de reeds in de bodem aanwezige organische stof. Hierdoor is niet na te gaan of de organische stof in de bodem op peil blijft. Wel worden bedrijven met een relatief hoog organische stofgehalte (van nature of door goed management) niet benadeeld. Bij hogere organische stofgehalten in de bodem is het op peil houden ervan immers een relatief grote uitdaging.
Borging	Gegevens via GO – Basisregistratie RVO kan informatie leveren betreffende de geteelde gewassen. Data betreffende de geteelde groenbemesters, bemesting en organische stofgehalte en opbrengsten zullen uit bedrijfsmanagementsystemen en -registraties moeten komen. De veelheid aan organische stofbalans-berekeningen in omloop vergt wel een gestandaardiseerde wijze van berekenen en gestandaardiseerde analysetechniek voor organische stof uit de laboratoriumanalyse.
Aansluiting met	Sluit (mogelijk) aan bij: - SAI SFA- Cool farm tool - Akkerweb (registratie bemesting) - Mestboekhoudprogramma's - Teeltmanagementprogramma's (bv. Cropvision van Agrovision)
Veronderstelde relatie met biodiversiteit	Organische stof is een verzamelnaam voor verschillende soorten materiaal dat voor ongeveer de helft uit koolstof bestaat. Organische stof in de bodem bestaat grotendeels uit afgestorven materiaal en voor gemiddeld 15% uit levende organismen (1). De organische stofbalans is voornamelijk van belang voor de functionele agrobiodiversiteit in de bodem. Organische stof is essentieel voor het bodemleven, aangezien het de primaire voedingsbron van bodemorganismen vormt (2). Een hoger organische stofgehalte in de bodem zorgt voor een hogere microbiële biomassa, een grotere hoeveelheid schimmeldraden en een hogere enzymactiviteit (3, 4). Ook is de hoeveelheid vers organisch materiaal dat aanwezig is de belangrijkste parameter voor de hoeveelheid wormen in de bodem (5, 6). Intensieve grondbewerking en een intensief bouwplan, vaak gerelateerd aan een negatieve organische stofbalans, zorgen voor een minder divers bodemecosysteem (7). Een Nederlandse analyse (8) laat een correlatie zien tussen bodembiodiversiteit en organische stof binnen de akkerbouw op klei. Op zandgrond is deze relatie minder duidelijk aanwezig. Deze correlatie is te begrijpen vanuit het gegeven dat organische stof de primaire voedselbron voor het bodemleven is. Een direct effect van organische stof op de diversiteit van specifieke akkerbewonende soorten als akkervogels is niet bekend. Over het algemeen zijn relaties tussen ondergrondse en bovengrondse diversiteit alom aanwezig, maar moeilijk te kwantificeren (9). Een Britse studie (10) laat echter een positief effect van een hoger organische stofgehalte op de hoeveelheid vliegende insecten in verschillende akkerbouwpercelen zien. Mogelijk profiteren veel soorten vliegende insecten van een hoger organische stofgehalte in de bodem door een hoger voedselaanbod via hogere plantproductiviteit, maar ook doordat sommige soorten een deel van hun levenscyclus ondergronds doorbrengen. Insecten zijn een belangrijke voedselbron voor verschillende akkervogels, waaronder de gele kwikstaart (<i>Motacilla flava</i>). Uit het onderzoek blijkt dat de

Pijler	1. Functionele agro-biodiversiteit																		
	abundantie van de gele kwikstaart echter niet direct te relateren is aan het organische stofgehalte van het perceel. Op mondiaal niveau is organische stof in de bodem cruciaal voor de wereldwijde C-balans en daarmee voor het klimaatvraagstuk. Koolstofvastlegging in de bodem kan bijdragen aan verlaging van de netto-emissies uit de landbouw en zo klimaatverandering tegengaan (11). Klimaatverandering heeft een grote impact op biodiversiteit (12), zowel mondiaal als lokaal. Indirect kan dus ook de organische stofbalans op een Nederlands akkerbouwbedrijf bijdragen aan het verlagen van deze vaak negatieve impact van klimaatverandering op biodiversiteit.																		
Indicatoren voor biodiversiteit	Het effect van organische stof op biodiversiteit is onderzocht door het effect van maatregelen die het organische stofgehalte in de bodem verhogen (input organische meststoffen, verruimen van de gewasrotatie) te meten (2, 3, 4, 5, 6, 7, 10) of door bodemdiversiteit te correleren aan het organische stofgehalte binnen een Nederland-brede bodemdataset (8). Indicatoren voor biodiversiteit die gebruikt zijn in deze studies zijn de abundantie van bodemleven in de vorm van microben en schimmels (2, 3, 4), regenwormabundantie (5, 6), bodemdiversiteit in de vorm van microbiële activiteit en diversiteit van nematoden, potwormen regenwormen, mijten en springstaarten (8), de hoeveelheid functionele groepen en de <i>Shannon diversity</i> van het bodemleven (7) en de abundantie van bovengrondse ongewervelden (10, 13) en akkervogels (gele kwikstaart) (10). De meeste studies tonen de relatie tussen organische stof en bodembiodiversiteit aan. Over de relatie tussen organische stof en bovengrondse biodiversiteit is minder bekend en deze lijkt indirecter (9, 14).																		
Duiding gevonden relaties	Tabel B1.2 <i>De richting en de sterkte van het effect van een verhoging van het bodem-organische stofgehalte op verschillende soortgroepen.</i> <table><tr><th>Soortgroep</th><th>Effect richting</th><th>Onderbouwing</th></tr><tr><td>Bodembiodiversiteit</td><td>+</td><td>sterk</td></tr><tr><td>Bovengrondse ongewervelden</td><td>~</td><td>zwak</td></tr><tr><td>Floristische diversiteit</td><td>?</td><td>n.v.t</td></tr><tr><td>Vogels</td><td>0</td><td>zwak</td></tr><tr><td>Zoogdieren</td><td>?</td><td>n.v.t</td></tr></table> Tabel B1.2 geeft duiding van de gevonden relaties tussen een verhoogd organische stofgehalte en de biodiversiteit van verschillende soortgroepen. De relatie tussen organische stof en biodiversiteit is positief voor zowel de abundantie van het bodemleven (2, 3, 4, 5, 6) als de diversiteit aan bodemleven (7, 8). De abundantie van vliegende insecten, gevangen op plaatvallen in de percelen, correleert positief met het organische stofgehalte.	Soortgroep	Effect richting	Onderbouwing	Bodembiodiversiteit	+	sterk	Bovengrondse ongewervelden	~	zwak	Floristische diversiteit	?	n.v.t	Vogels	0	zwak	Zoogdieren	?	n.v.t
Soortgroep	Effect richting	Onderbouwing																	
Bodembiodiversiteit	+	sterk																	
Bovengrondse ongewervelden	~	zwak																	
Floristische diversiteit	?	n.v.t																	
Vogels	0	zwak																	
Zoogdieren	?	n.v.t																	
Duiding van de sterkte van de relatie	De positieve relatie tussen de organische stofbalans en de biodiversiteit van het bodemleven kan als sterk worden beschouwd door de brede analyse gedaan door zowel Rutgers et al. (2009) (8) in Nederland als Tsiafouli et al. (2015) (7) in vier verschillende Europese landen.																		
Integraliteit en overlap met andere KPI's	De KPI Organische stofbalans is een integrale indicator. Bodembiodiversiteit is sterk gerelateerd aan de intensiteit van het bodembeheer (2) en opties om deze biodiversiteit in de bodem te versterken, liggen binnen zowel bodembewerking, gewasrotaties als organischestof-beheer (15).																		
Conclusie	De KPI Organische stofbalans heeft een sterk positieve relatie met de pijler functionele biodiversiteit. Met andere pijlers en vormen van biodiversiteit is deze KPI minder verbonden. Een review (11) naar de ontwikkeling van de organische stofgehalten in Nederland en de Nederlandse akkerbouw laat zien dat er gemiddeld sprake is van een gelijkblijvend organische stofgehalte in de akkerbouw, al zijn er risicopercelen, zoals de continue maispercelen op zand. Onderzoek (16) laat ook zien dat het voor akkerbouwbedrijven een uitdaging is om een neutrale of positieve organische stofbalans te handhaven. Daarnaast worden verschillende uitgangspunten en methodieken gehanteerd bij de berekeningen van de organische stofbalans. Eenduidigheid en standaardisering in de berekening van de KPI zijn dus noodzakelijk. Geconcludeerd kan worden dat voor de functionele biodiversiteit en het bodemleven een KPI gerelateerd aan organische stof essentieel is en dat de organische stofbalans als KPI weinig overlap vertoont met andere KPI's. Standaardisering en borging zijn aandachtspunten bij deze KPI.																		
Referenties	- Koopmans, C. J., Erisman, J. W., Zanen, M., Luske, B. (2017). Publicatienummer 2017-023 LbP 44 pagina's. Bodemleven Faber, J. H., Op Akkerhuis, G. J., Bloem, J., Lahr, J., Diemont, W. H., & Braat, L. C. (2009). Ecosysteemdiensten en bodembeheer: maatregelen ter verbetering van biologische bodemkwaliteit (No. 1813). Alterra. Bodemleven Bonanomi, G., D'Ascoli, R., Antignani, V., Capodilupo, M., Cozzolino, L., Marziaoli, R., Puopolo, G., Rutigliano, F.A., Scelza, R., Scotti, R., Rao, M.A., Zoina, A. (2011).																		

Pijler	1. Functionele agro-biodiversiteit
	Assessing soil quality under intensive cultivation and tree orchards in Southern Italy. <i>Applied Soil Ecology</i> , 47(3), pp.184-194.
4.	Bodemleven Scotti, R., Bonanomi, G., Scelza, R., Zoina, A., Rao, M. A. (2015). Organic amendments as sustainable tool to recovery fertility in intensive agricultural systems. <i>Journal of soil science and plant nutrition</i> , 15(2), pp. 333-352.
5.	Bodemleven Whalen, J. K., Parmelee, R. W., Edwards, C. A. (1998). Population dynamics of earthworm communities in corn agroecosystems receiving organic or inorganic fertilizer amendments. <i>Biology and Fertility of Soils</i> , 27(4), pp. 400-407.
6.	Bodemleven Bertrand, M., Barot, S., Blouin, M., Whalen, J., De Oliveira, T., Roger-Estrade, J. (2015). Earthworm services for cropping systems. A review. <i>Agronomy for Sustainable Development</i> , 35(2), pp. 553-567.
7.	Bodemleven Tsiafouli, M. A., Thébault, E., Sgardelis, S. P., De Ruiter, P. C., Van der Putten, W. H., Birkhofer, K., Hemerik, L. et al. (2015). "Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe." <i>Global change biology</i> 21, no. 2: 973-985.
8.	Bodemleven Rutgers, M., Bloem, J., Schouten, A. J., & Breure, A. M. (2009). Prioritaire gebieden in de Kaderrichtlijn Bodem. Belang van bodembiodiversiteit en ecosysteemdiensten.
9.	De Deyn, G. B., & Van der Putten, W. H. (2005). Linking aboveground and belowground diversity. <i>Trends in ecology & evolution</i> , 20(11), 625-633.
10.	Bovengrondse biodiversiteit Gilroy, J. J., Anderson, G. Q., Grice, P. V., Vickery, J. A., Bray, I., Watts, P. N., & Sutherland, W. J. (2008). Could soil degradation contribute to farmland bird declines? Links between soil penetrability and the abundance of yellow wagtails <i>Motacilla flava</i> in arable fields. <i>Biological Conservation</i> , 141(12), 3116-3126.
11.	Koopmans, C., & Van Opheusden, M. (2019). Organische stof in de Nederlandse bodem - Feiten en discussie in perspectief. Louis Bolk Instituut. Publicatienummer 2019-023 LbP
12.	Bellard, C., Bertelsmeier, C., Leadley, P., Thuiller, W. & Courchamp, F. (2012). "Impacts of climate change on the future of biodiversity." <i>Ecology letters</i> 15, no. 4: 365-377.
13.	Bovengrondse invertebraten Van Gils, S., Tamburini, G., Marini, L., Biere, A., Van Agtmaal, M., Tyc, O., ... & Van der Putten, W. H. (2017). Soil pathogen-aphid interactions under differences in soil organic matter and mineral fertilizer. <i>PloS one</i> , 12(8).
14.	Wagg, C., Bender, S. F., Widmer, F., & Van der Heijden, M. G. (2014). Soil biodiversity and soil community composition determine ecosystem multifunctionality. <i>Proceedings of the National Academy of Sciences</i> , 111(14), 5266-5270.
15.	Brussaard, L., De Ruiter, P. C., & Brown, G. G. (2007). Soil biodiversity for agricultural sustainability. <i>Agriculture, ecosystems & environment</i> , 121(3), 233-244.
16.	Sukkel, W., Van Geel, W. C. A., & De Haan, J. J. (2009). Carbon sequestration in organic and conventional managed soil in the Netherlands. In: 16th IFOAM Organic World Congress, Modena, Italy, June 16-20, 2008. http://orgprints.org/view/projects/conference.html

KPI 3 Stikstofoverschot

Pijler	1. Functionele agrobiodiversiteit en 2. Landschappelijke diversiteit
Definitie	Er zijn verschillende manieren om een stikstofoverschot in de akkerbouw te definiëren. De definitie gegeven in de 0.1-lijst luidt: totaal van N-uit- en -afspoeling en N-emissie naar de lucht (in kg N per ha). De definitie uit de 0.1-lijst beschrijft de totale emissies van percelen per ha. Het beschrijft het overschot aan stikstof dat negatieve effecten kan hebben op biodiversiteit. Deze is nauwelijks vast te stellen en lastig te berekenen (o.a. hoe te bepalen welk deel van de toegepaste N uit- of afspoelt of emitteert?). Het voorstel is om de KPI Stikstofoverschot te specificeren naar: • Stikstofbodemoverschot = aanvoer van N via bemesting, zaai-/pootgoed, mineralisatie, atmosferische depositie en N-binding door vlinderbloemigen minus de afvoer van N via het geoogste product en de afvoer van N via vervluchtiging (in kg N per ha) (Agrimatie) • Stikstofbedrijfsoverschot = aanvoer van N via bemesting en zaai-/pootgoed minus de afvoer van N via het geoogste product (in kg N per ha) gecorrigeerd voor voorraadmutaties (Agrimatie) Het stikstofbodemoverschot is duidelijk gedefinieerd en wordt in de Biodiversiteitsmonitor melkveehouderij gehanteerd. Wel zit er een aantal grootheden in de definitie die vooralsnog niet vast te stellen zullen zijn in de akkerbouw. De bodemmineralisatie is sterk afhankelijk van het bodemtype, de organische stof-kwaliteit en omgevingsfactoren zoals vochtigheid en temperatuur. De N-binding door vlinderbloemigen is vaak onbekend en ook is onduidelijk of deze een directe relatie heeft met potentiële verliezen. Ook de emissies via vervluchtiging is voor specifieke akkerbouwomstandigheden vooralsnog niet bekend. Aangezien een KPI integraal en relatief eenvoudig meetbaar, betrouwbaar, geborgd etc. dient te zijn, ligt het stikstofbedrijfsoverschot het meest voor de hand als KPI. Het stikstofbedrijfsoverschot beschrijft de aanvoer en de afvoer van stikstof en het resulterende overschot, uitgedrukt in kg stikstof per ha. De aanvoer van stikstof bestaat uit de aanvoer van kunstmest, dierlijke mest, overige organische meststoffen, voer, dieren, plantaardige producten en overige producten. Aanvoer wordt gecorrigeerd voor voorraadmutaties. De afvoer van stikstof bestaat uit de afvoer van gewassen en plantaardige producten, eventuele dierlijke producten, mest en overige organische meststoffen en overige producten. De gehalten in de afvoer van gewassen en plantaardige producten zijn gebaseerd op forfaits en gemiddelden van waardebeoordelingen. Daarmee is de variatie in de afvoer van stikstof met gewassen en plantaardige producten uitsluitend afhankelijk van de hoeveelheid afvoer (Landelijk Meetnet effecten Mestbeleid (LMM)).
Borging	Gegevens via de teeltadministraties
Aansluiting met	Sluit (mogelijk) aan bij: - SAI SFA- Cool farm tool - VVAK - Unitip - Akkerweb - Nutriëntenbalans Akkerbouw
Veronderstelde relatie met biodiversiteit	Stikstof wordt in de akkerbouw grotendeels aangevoerd middels bemesting (zowel organische als kunstmest) en afgevoerd middels de productie van plantaardige producten. Echter, meestal vinden er tussen de aanvoer en afvoer van stikstof op het perceel verliezen plaats in de vorm van uit- en afspoeling van stikstof naar water en emissie van stikstof naar de lucht. Binnen de akkerbouw is het aandeel van de emissie in de vorm van ammoniak (NH_3), lachgas (N_2O) of stikstofoxiden (NO_x) naar de lucht een stuk lager dan de uit- en afspoeling van N (ammonium en nitraat) naar het grond- en oppervlaktewater (1). De mate waarin deze emissies plaatsvinden, zijn afhankelijk van bodemtype en -kwaliteit, de (weers)condities tijdens de bemesting en de stikstofefficiënte van het gewas (2). De effecten van een stikstofoverschot op biodiversiteit beginnen op het perceel zelf, maar zijn voornamelijk zichtbaar in de omgeving door stikstofdepositie vanuit de lucht en eutrofiëring in het water. Stikstofdepositie heeft een negatief effect op de floristische diversiteit in onder andere natuurlijk grasland, heide en bossen (3). Stikstofdepositie wordt voornamelijk veroorzaakt door ammoniak en stikstofoxiden die grotendeels afkomstig zijn uit de veehouderij (1). Uit- en afspoeling van stikstof vindt ook in akkerbouwgebieden veelvuldig plaats (2, 4) en draagt bij aan biodiversiteitsverlies in watersystemen als sloten, moerassen en het kustgebied (5).

Pijler	1. Functionele agrobiodiversiteit en 2. Landschappelijke diversiteit																		
	Daarnaast zijn er ook aanwijzingen dat een hoge stikstofconcentratie binnen landbouwpercelen een negatief effect heeft op de diversiteit van de (akker)flora en de flora aan de randen van het perceel (6, 7, 8).																		
Indicatoren voor biodiversiteit	Binnen het onderzoeksveld van het effect van stikstofoverschotten op biodiversiteit ligt de focus in de meeste studies op het effect van stikstofdepositie op het omringende landschap (3, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16). Zes studies onderzochten het effect van het verhogen van de uit- en afspoeling middels het toevoegen van stikstof op veldniveau (6, 7, 8, 17, 18, 19) en één studie keek naar dit effect op het omringende landschap (20). De meeste onderzoeken richten zich op het effect van een stikstofoverschot op floristische diversiteit (3, 6, 7, 8, 9, 12, 13, 15, 8, 19, 20). Twee studies onderzoeken het effect van stikstof op bovengrondse ongewervelden, vlinders (14) en bestuivers (10). Twee studies onderzochten het effect op bodemleven (16, 17) en één studie het effect op een vogelsoort (de Grauwe Klauwier <i>Lanius collurio</i>) (11).																		
Duiding gevonden relaties	Tabel B1.3 De richting en de sterkte van het effect van een verlaging van het stikstofoverschot op verschillende soortgroepen. <table><tr><th>Soortgroep</th><th>Effect richting</th><th>Onderbouwing</th></tr><tr><td>Bodem biodiversiteit</td><td>~</td><td>matig</td></tr><tr><td>Bovengrondse ongewervelden</td><td>+</td><td>zwak</td></tr><tr><td>Flora</td><td>+</td><td>sterk</td></tr><tr><td>Vogels</td><td>~/?</td><td>zwak</td></tr><tr><td>Zoogdieren</td><td>?</td><td>n.v.t</td></tr></table> Tabel B1.3 geeft het effect van een verlaging van het stikstofbodemoverschot in de akkerbouw op de biodiversiteit van verschillende soortgroepen weer. Hoge hoeveelheden stikstof in bodem beïnvloeden de samenstelling van het bodemleven in de bouwvoor (17). Bij hoge stikstofconcentraties in de bodem zijn de aantallen schimmels, bacteriën en regenwormen lager, terwijl nematoden juist beter gedijen. Het bodemleven in het omliggende landschap wordt beïnvloed door verzuring veroorzaakt door stikstofdepositie. Ook hier verandert de samenstelling van het bodemleven bij een hogere mate van depositie en bijbehorende verzuring van de bosbodem; schimmels, potwormen en nematoden profiteren, terwijl regenwormen, protozoën en bacteriën in aantal en activiteit afnemen (16). Dit effect wordt grotendeels veroorzaakt door de verzuring van de bodem door depositie. Voor bovengrondse ongewervelden is er een negatief effect van stikstofdepositie aangetoond op aantallen vlinders (14) en de diversiteit van de bestuivergemeenschap (10). Dit effect loopt via de vegetatie, waarbij door stikstofdepositie veel waardplanten verdwijnen, maar een dichtere vegetatie ook zorgt voor minder zonnige plekjes om op temperatuur te komen. Lagere insectendichtheden die door deze vegetatieveranderingen veroorzaakt worden, hebben ook een negatief effect op insectenetende vogels als de grauwe klauwier (11). Stikstofdepositie beïnvloedt de samenstelling van de vegetatie middels het bevorderen van stikstof-minnende soorten ten opzichte van soorten van stikstofarme milieus (3, 5). In verschillende natuurlijke habitats leidt dit tot een verlaging van de floristische diversiteit (3, 8, 12, 13, 15). Ook het stikstofoverschot in de bodem en de uit- en afspoeling van deze stikstof leidt tot een verlaging van de floristische diversiteit (6, 7, 8, 18, 19). Deze effecten zijn meer lokaal dan die van stikstofdepositie en vinden voornamelijk plaats in de slootkanten, sloten en andere waterlichamen op en rondom het perceel.	Soortgroep	Effect richting	Onderbouwing	Bodem biodiversiteit	~	matig	Bovengrondse ongewervelden	+	zwak	Flora	+	sterk	Vogels	~/?	zwak	Zoogdieren	?	n.v.t
Soortgroep	Effect richting	Onderbouwing																	
Bodem biodiversiteit	~	matig																	
Bovengrondse ongewervelden	+	zwak																	
Flora	+	sterk																	
Vogels	~/?	zwak																	
Zoogdieren	?	n.v.t																	
Duiding van de sterkte van de relatie	De samenstelling van het bodemleven wordt beïnvloed door een hoger stikstofgehalte in de bodem, maar er is geen bewijs dat de diversiteit van het bodemleven in zijn geheel afneemt bij hogere stikstofgehalten in de bodem. Er zijn aanwijzingen dat bovengrondse fauna indirect, via veranderingen in de vegetatiesamenstelling en voedselkwaliteit, wordt beïnvloed door stikstofdepositie (27). Omdat het aandeel van de akkerbouw in de totale depositie relatief klein is (zo'n 15% van de NO _x -uitstoot komt vanuit bemeste bodems, de NH ₃ -uitstoot van de akkerbouw is nihil (26)), lijkt de relatie tussen het stikstofoverschot in de akkerbouw en de diversiteit van bovengrondse fauna zwak. Ook floristische diversiteit wordt grotendeels beïnvloed door stikstofdepositie, maar daarnaast is er voldoende bewijs voor een negatief effect van stikstof-uit- en -afspoeling op flora. Een verlaging van het stikstofoverschot in de akkerbouw zal maar een matig effect hebben op de floristische diversiteit in verder gelegen natuurgebieden die voornamelijk beïnvloed worden door stikstofdepositie. Wel zal het een sterk effect kunnen hebben op de floristische diversiteit van het perceel zelf, perceelranden en droge en natte dooradering in het akkerbouwgebied.																		

Pijler	1. Functionele agrobiodiversiteit en 2. Landschappelijke diversiteit
Integraliteit en overlap met andere KPI's	De afgelopen decennia is een flinke daling te zien geweest in het Nederlandse stikstofoverschot (21). De grootste bijdrage aan het stikstofoverschot komt van de veehouderijsector. Regionale kringlopen (KPI 8), waarbij de veehouderij meer gebruikmaakt van lokaal geteelde voedergrassen en mestafzet op diezelfde akkerbouwpercelen, kan bijdragen aan een verlaging van de veevoederimport en dus het overschot van stikstof in de Nederlandse landbouw. Uitspoeling van stikstof vindt minder plaats wanneer de bodem bedekt is met een vanggewas (22) en verschillende rustgewassen kunnen de nutriëntefficiëntie van het bouwplan verhogen (23). Daarnaast is de kans op N-emissies naar zowel lucht als water lager wanneer vaste, organische stof-rijke mestsoorten met een lagere concentratie beschikbaar stikstof worden toegepast (24). Hierop wordt gestuurd via de KPI Organische stofbalans. Een afname van het stikstofoverschot kan een positief effect hebben op KPI's gerelateerd aan het beheer van landschapselementen en agrarisch natuurbeheer (KPI 7), omdat de kwaliteit van seminatuurlijke elementen alleen is gewaarborgd wanneer de stikstof-input vanuit omliggende percelen laag blijft (25).
Conclusie	Het effect van het stikstofoverschot in de akkerbouw op biodiversiteit is maar deels te kwantificeren, aangezien de effecten van stikstof voornamelijk buiten het perceel zichtbaar worden via stikstofdepositie en uit- en afspoeling van stikstof. Daarbij worden de effecten van de emissies van stikstof uit de akkerbouw gemengd met stikstofemissies uit andere sectoren. Ook is de exacte mate van stikstofdepositie en uit- en afspoeling van stikstof lastig te bepalen. Daardoor is in de praktijk het stikstofbedrijfsoverschot (aanvoer N via mest – afvoer N via product) de eenduidigste manier om het stikstofoverschot te berekenen, waarbij N-depositie, uit- en afspoeling van N echter niet direct worden gekwantificeerd, maar indirect geïntegreerd in de KPI. Effecten van o.a. bodemtype, bemestingsmethode en de aanwezigheid van een vanggewas na de hoofdteelt worden niet meegenomen, maar vormen al onderdeel van de KPI Organische stofbalans. Aangezien het stikstofoverschot in de akkerbouw grotendeels resulteert in stikstof-uit- en -afspoeling en in mindere mate in stikstofdepositie, zal een verlaging van het stikstofoverschot in de akkerbouw voornamelijk leiden tot een verhoging van de floristische diversiteit op en rond de akker. Indirect kan dit ook leiden tot een verhoging van de diversiteit van fauna in het agrarische gebied. Door de sterke relatie met de landschappelijke diversiteit is het stikstofbedrijfsoverschot een aanvullende KPI in de Biodiversiteitsmonitor akkerbouw.
Referenties	- Oenema, O., De Vries, W., Van Dobben, H. F., Kros, J., Velthof, G. L., & Reinds, G. J. (2019). Factsheet 'stikstofbronnen'. Wageningen Environmental Research. - Fraters, B., Van Leeuwen, T. C., Hooijboer, A., Hoogeveen, M. W., Boumans, L. J. M., & Reijs, J. W. (2012). De uitspoeling van het stikstofoverschot naar grond- en oppervlaktewater op landbouwbedrijven: Herberekening van uitspoelfracties. Floristische diversiteit Dise, N.B., Ashmore, M., Belyazid, S., Bleeker, A., Bobbink, R., De Vries, W., ... & Stevens, C. J. (2011). Nitrogen as a threat to European terrestrial biodiversity. In: M.A. Sutton, Howard C., Erisman J.W., Billen G., Bleeker A., Grennfelt P., van Grinsven H. and B. Grizzetti (eds.). The European Nitrogen Assessment, Chapter 20. Cambridge University Press: 463-493. - Van Doorn, A. (2017). Het Europese landbouwbeleid en biodiversiteit (No. 2831). Wageningen Environmental Research. - Erisman, J. W., Galloway, J. N., Dice, N. B., Sutton, M. A., Bleeker, A., Grizzetti, B., ... & De Vries, W. (2015). Nitrogen: too much of a vital resource. Science Brief. WWF Netherlands, Zeist, The Netherlands. Published in April 2015 by WWF Netherlands, in association with authors. Any reproduction in full or in part of this publication must mention the title and credit the above. Floristische diversiteit Kleijn, D., & Van der Voort, L. A. (1997). Conservation headlands for rare arable weeds: the effects of fertilizer application and light penetration on plant growth. Biological Conservation, 81(1-2), 57-67. Floristische diversiteit Kleijn, D., Kohler, F., Báldi, A., Batáry, P., Concepción, E. D., Clough, Y., ... & Kovács, A. (2009). On the relationship between farmland biodiversity and land-use intensity in Europe. Proceedings of the royal society B: biological sciences, 276(1658), 903-909. Floristische diversiteit De Cauwer, B., Reheul, D., Nijs, I., & Milbau, A. (2006). Effect of margin strips on soil mineral nitrogen and plant biodiversity. Agronomy for sustainable development, 26(2), 117-126.. Floristische diversiteit Bobbink, R., Hornung, M., & Roelofs, J. G. (1998). The effects of air-borne nitrogen pollutants on species diversity in natural and semi-natural European vegetation. Journal of Ecology, 86(5), 717-738.

Pijler	1. Functionele agrobiodiversiteit en 2. Landschappelijke diversiteit
10.	Bovengrondse invertebraten Carvalheiro, L. G., Biesmeijer, J. C., Franzén, M., Aguirre-Gutiérrez, J., Garibaldi, L. A., Helm, A., ... & Van den Berg, L. (2019). Soil eutrophication shaped the composition of pollinator assemblages during the past century. <i>Ecography</i> .
11.	Vogels Esselink, H., Van Duinen, G.-J., Nijssen, M. et al. (2007). De grauwe klauwier mist kevers door verruigende duinen. <i>Vakblad Natuur, Bos en Landschap</i> , 2007-4, 22-24.
12.	Floristische diversiteit Kros, J., De Haan, B. J., Bobbink, R., Van Jaarsveld, J. A., Roelofs, J. G. M., & De Vries, W. (2008). Effecten van ammoniak op de Nederlandse natuur: achtergrondrapport (No. 1698). Alterra.
13.	Floristische diversiteit Stevens, C. J., Thompson, K., Grime, J. P., Long, C. J., & Gowing, D. J. (2010). Contribution of acidification and eutrophication to declines in species richness of calcifuge grasslands along a gradient of atmospheric nitrogen deposition. <i>Functional Ecology</i> , 24(2), 478-484.
14.	Bovengrondse invertebraten Wallis de Vries, M. W. (2013). Hoe stikstof de vlinders laat stikken. <i>entomologische berichten</i> , 73(4), 158-163.
15.	Floristische diversiteit Wamelink, G. W. W., Van Dobben, H. F., Mol-Dijkstra, J. P., Schouwenberg, E. P. A. G., Kros, J., De Vries, W., & Berendse, F. (2009). Effect of nitrogen deposition reduction on biodiversity and carbon sequestration. <i>Forest Ecology and Management</i> , 258(8), 1774-1779.
16.	Bodemleven Kemmers, R. H. (2011). Effecten van verzuring op bodemleven en stikstofstromen in bossen: verkenning van mogelijkheden voor herstelmaatregelen (No. 2204). Alterra.
17.	Bodemleven Van Eekeren, N. J. M., De Visser, M., André, G., Lantinga, E. A., Bloem, J., & Smeding, F. (2006). Effect van mestkwaliteit op gewasgroei en bodemleven: een verkennende potproef (No. 16). Animal Sciences Group.
18.	Floristische diversiteit Soons, M. B., Hefting, M. M., Dorland, E., Lamers, L. P., Versteeg, C., & Bobbink, R. (2017). Nitrogen effects on plant species richness in herbaceous communities are more widespread and stronger than those of phosphorus. <i>Biological Conservation</i> , 212, 390-397.
19.	Floristische diversiteit Green, E. K., & Galatowitsch, S. M. (2002). Effects of <i>Phalaris arundinacea</i> and nitrate-N addition on the establishment of wetland plant communities. <i>Journal of applied Ecology</i> , 39(1), 134-144.
20.	Floristische diversiteit Midolo, G., Alkemade, R., Schipper, A. M., Benítez-López, A., Perring, M. P., & De Vries, W. (2019). Impacts of nitrogen addition on plant species richness and abundance: A global meta-analysis. <i>Global Ecology and Biogeography</i> , 28(3), 398-413.
21.	Olsthoorn, K., & Fong, N. (2012). Benutting van stikstof en fosfor in de Nederlandse landbouw. Centraal Bureau voor de Statistiek.
22.	Smit, B., & Jager, J. (2018). Schets van de akkerbouw in Nederland: structuur-, landschaps- en milieukeurmerken die een relatie hebben tot biodiversiteit (No. 2018-074). Wageningen Economic Research.
23.	Koopmans, C. J., & Willem, J. (2017). Erisman, Ir. Marleen Zanen, Ir. Boki Luske Publicatienummer 2017-023 LbP 44 pagina's
24.	Koopmans, C., Van Agtmaal, M., & Van Eekeren, N. (2018). Quick scan mest en bodemkwaliteit.
25.	Schippers, P., & Joenje, W. (2002). Modelling the effect of fertiliser, mowing, disturbance and width on the biodiversity of plant communities of field boundaries. <i>Agriculture, Ecosystems & Environment</i> , 93(1-3), 351-365.
26.	Schollaardt, J. (2019). Factsheet Emissies en Depositie van Stikstof in Nederland.
27.	Vogels, J., Van den Burg, A., Van de Waal, D., Weijters, M., Bobbink, B., Nijssen, M., & Wallis de Vries, M. (2020). Imbalanced by Overabundance: Effects of Nitrogen Deposition on Nutritional Quality of Producers and Its Subsequent Effects on Consumers. VBNE, Vereniging van Bos- en Natuurterreineigenaren, 161 pagina's.

KPI 4 Milieubelasting gewasbeschermingsmiddelen

Pijler	1. Functionele agro-biodiversiteit
Definitie	Voorlopig voorstel om milieubelastingpunten (MBP's) te hanteren, aansluiten bij bestaande systematiek. MBP's geven aan hoe groot het risico is voor het milieu bij toepassing van 1 kg of L van het middel per ha. Hoe meer MBP's een middel krijgt, des te hoger is het risico voor het milieu. De MBP's worden in eerste instantie weergegeven voor een dosering van 1 kg/ha of 1 L/ha en moeten daarom worden vermenigvuldigd met de gebruikte hoeveelheid per ha. Per bedrijf is dit dan de som van MBP's per middel maal dosering per ha maal aantal hectares waarop toegepast, gedeeld door totaal aantal ha's bedrijf. Later is het mogelijk de milieu-indicator gewasbescherming (MIG) te gebruiken, die de komende twee jaar wordt ontwikkeld door N&M en WEcR met o.a. BO Akkerbouw. Het idee is om voor de indicator een combinatie van gebruik, emissie (risico) en schade (risico) te maken.
Borging	Bestaande verplichte middelregistratie
Aansluiting met	SAI SFA- Cool farm tool, - Akkerweb (bouwplan registratie) - Teeltmanagementprogramma's (bv. Cropvision van Agrovision)
Veronderstelde relatie met biodiversiteit	Gewasbeschermingsmiddelen worden ingezet om ziekten, plagen en onkruiden te doden of ervoor te zorgen dat ze zich niet kunnen ontwikkelen en hebben dus een direct effect op biodiversiteit. De middelen zijn meestal niet volledig selectief tegen alleen het doelorganisme, de ziekte, plaag of het onkruid. Ook niet-doelorganismen worden gedood, zowel in het perceel als daarbuiten, daarnaast zijn de sublethale effecten ook relevant (2). De kennis over de potentiële acute effecten op een aantal niet-doelorganismen in bodem water en lucht wordt verzameld in de toelatingsprocedure van een bestrijdingsmiddel (CTGB). Het CLM heeft de CTGB- registratiegegevens aangevuld met andere bronnen en geeft op basis hiervan in de milieumeetlat een indicatie voor het risico van een middel voor water- en bodemleven (https://www.milieumeetlat.nl/). Deze informatie is door CLM voor de in Nederland toegelaten middelen samengevat in een Risicolijslijst bestrijdingsmiddelen (10). Uit de lijst is op te maken dat een groot deel van de toegelaten middelen potentieel schadelijk is voor biodiversiteit. Met name de insecticiden en nematiciden scoren hoog. Maar ook een substantieel aantal fungiciden en herbiciden geven schaderisico. De omvang van insectenbestrijding in Nederland is met ongeveer 2 procent van het totale gebruik van gewasbeschermingsmiddelen beperkt, maar deze middelen krijgen vanwege hun toxiciteit en effect op de milieukwaliteit wel veel aandacht.

In hoeverre de toepassing van middelen in het veld leidt tot daadwerkelijke schade aan niet-doelorganismen is afhankelijk van de omstandigheden, zoals de dosering, de wijze van toepassing en de weersomstandigheden. Schade kan worden verdeeld in schade aan niet-doelorganismen binnen het gewas/perceel en schade buiten het gewas/perceel. De schade aan de biodiversiteit binnen het behandelde gewas of perceel is nauw verbonden aan de toepassing van een middel op zichzelf (type middel en dosering). Zoals aangegeven, hebben de meeste middelen naast het effect op het doelorganisme ook effecten op andere organismen. Het middel wordt op het perceel toegediend en de gevoelige organismen in het perceel zullen blootgesteld worden aan het middel. Hierbij zullen de gevoelige niet-doelorganismen meestal ook schade ondervinden. Zo is het synthetische pyretroïde Deltamethrin schadelijk voor een vrij brede reeks van soorten insecten. Bij toepassing van dit middel treedt er in het perceel ook sterfte op in een brede reeks van insecten.

Driftbeperkende maatregelen en spuitvrije zones langs akkerranden en sloten zijn voorbeelden van toepassingen die de emissie en schade buiten het perceel kunnen beperken. De vraag of bestrijdingsmiddelen schade aanrichten aan de biodiversiteit buiten het perceel kan worden opgesplitst in twee stappen: 1) is er ongewenste emissie en een verblijfstijd in milieucompartimenten buiten het perceel en 2) richt het daar schade aan de biodiversiteit? Er is literatuur beschikbaar voor beide onderdelen. Bij de eerste benadering wordt (het risico op) de aanwezigheid en verblijfstijd van gewasbeschermingsmiddelen in verschillende milieucompartimenten binnen en buiten het bedrijf in kaart gebracht. Hierbij is het argument dat er relatief weinig kennis is over bijvoorbeeld de langetermijneffecten (uitgezonderd bijvoorbeeld de inmiddels niet meer toegelaten middelen DDT, neonicotinoiden en fipronil) en wat de effecten van combinaties van gewasbeschermingsmiddelen op het milieu zijn. Daarnaast wordt er – voor de toelating van een middel – naar de acute toxiciteit van een beperkt aantal niet- doelorganismen gekeken. Vanuit deze redenering is het zaak om te voorkomen dat die middelen in het milieu terechtkomen (voorzorgsprincipe).

Pijler

1. Functionele agro-biodiversiteit

Er zijn echter zowel in akkerbouwpercelen (bodem) als daarbuiten in bijvoorbeeld natuurgebieden of woongebieden regelmatig ongewenste hoeveelheden bestrijdingsmiddel in de bodem teruggevonden. Een relevant deel daarvan is afkomstig vanuit de landbouw. Silva et al. (5, 6) vinden in 317 monsters van landbouwpercelen in de EU 83% residuen van bestrijdingsmiddelen; in 58% van de gevallen zijn dat twee of meer middelen. AMPA, een afbraakproduct van Glyfosaat, werd het meest gevonden. In oppervlaktewater worden vaak bestrijdingsmiddelen teruggevonden waarbij regelmatig de normwaarden worden overschreden (<http://www.bestrijdingsmiddelenatlas.nl/>). In Onderzoek Bestrijdingsmiddelen en Omwonenden (OBO, een burgerinitiatief) wordt op veel plekken buiten landbouwpercelen residu van landbouwbestrijdingsmiddelen gevonden (7).

Het is complex om algemene uitspraken te doen over de relatie tussen de afname van biodiversiteit en de toepassing van de huidige toegelaten gewasbeschermingsmiddelen (voor de laatste decennia). Mede omdat er allerlei effecten vestrengeld zijn, zoals landschap, bemestingsniveau, grondbewerking, toepassing bestrijdingsmiddelen et cetera. In de wetenschappelijke literatuur wordt dan ook vaak de relatie gelegd tussen de 'intensivering' van de landbouw, waarbij verder in het midden wordt gelaten wat die intensivering nu inhoudt en wat de belangrijkste factor in die intensivering is. Een dergelijk verband werd wel aangetoond in een studie van Geiger et al. (2). Zij onderzochten een groot aantal graanvelden in verschillende Europese landen en vonden een negatief verband tussen het voorkomen van loopkevers en de intensiteit van het landgebruik. In de analyse van de data kwam het aantal bespuitingen met insecticiden als belangrijkste verklarende factor naar voren.

De meeste literatuur met een duidelijke relatie met sterfte van vogels en insecten betreft o.a. een aantal niet meer toegelaten insecticiden als DDT, fipronil en neonicotinoiden. De causale relatie tussen de daling van insectenpopulaties en vogelpopulaties en de toepassing van neonicotinoiden is o.a. aangetoond in de USA (4). Daar werd een duidelijke relatie gevonden tussen de toepassing van neonicotinoiden en een significante afname van vogelpopulaties. Hallmann et al. (3) vonden in Europa een relatie tussen de toepassing van neonicotinoiden en een afname van de populatie insectenetende vogels.

Op de website *Conservation evidence*⁹ wordt o.a. literatuur verzameld die zich richt op de relatie tussen de toepassing van pesticiden en biodiversiteit buiten het perceel. Een groot deel van de aangehaalde literatuur wijst op een negatief effect van gewasbeschermingsmiddelen op biodiversiteit (met name geleedpotigen en vogels). Een wat kleiner deel van de literatuur geeft geen relatie of een inconsistent resultaat.

Indicatoren voor biodiversiteit

In relatie tot het gebruik van chemische bestrijdingsmiddelen zijn er vele indicatoren voor biodiversiteit mogelijk. Bij de toelating van de middelen wordt specifiek gekeken naar acute (in het laboratorium bepaalde) effecten op vogels, vissen, kleine zoogdieren, aquatische arthropoden, springstaarten, wormen, insecten, amfibieën en bestuivers. In het veld wordt veelal gekeken naar effecten op flora, geleedpotigen en vogels.

Duiding gevonden relaties

Tabel B1.4

De richting en de sterkte van het effect van het aantal MBA's van gewasbeschermingsmiddelen op verschillende soortgroepen.

Soortgroep	Effect richting	Onderbouwing
Bodembiodiversiteit	-	sterk
Bovengrondse ongewervelden	-	sterk
Flora	~ / -	sterk
Vogels	~	matig
Zoogdieren	?	n.v.t

De gevonden relatie tussen gewasbeschermingsmiddelen en biodiversiteit is veelal een negatieve. Een aantal punten is hierbij duidelijk:

1. Veel van de toegelaten gewasbeschermingsmiddelen zijn ook toxisch voor niet-doelorganismen en zullen bij toepassing ook een deel van de niet-doelorganismen doden die aanwezig zijn in het behandelde perceel.
2. Residuen van veel verschillende gewasbeschermingsmiddelen worden in de milieucapartimenten bodem en water teruggevonden, zowel binnen als buiten het perceel waar de middelen worden toegepast. Soms in kleine hoeveelheden, soms ook in

⁹ <https://www.conservationevidence.com/actions/139>

Pijler	1. Functionele agro-biodiversiteit
	hoeveelheden die de normen overschrijden (voor oppervlaktewater) en die schadelijk zijn voor (aquatische) organismen. 3. Voor een aantal insecticiden is er een goed onderbouwd verband tussen de toepassing van gewasbeschermingsmiddelen en schade aan biodiversiteit buiten het perceel/gewas. De meeste onderzochte en gevonden relaties richten zich op de flora, geleedpotigen en vogels.
Duiding van de sterkte van de relatie	Gezien de biotoxiciteit van de middelen en de voorkomende emissie, is er sprake van een negatieve relatie tussen de mate van toepassing van gewasbeschermingsmiddelen in de landbouw en de structurele afname van biodiversiteit in een land/regio. Het acute negatieve effect op een aantal niet-doelorganismen <u>binnen</u> het gewas/perceel is het hierbij het duidelijkst. Het beeld uit de literatuur voor biodiversiteit buiten het perceel/gewas levert een wisselend beeld, maar een groot deel wijst op een negatief effect van gewasbeschermingsmiddelen op met name geleedpotigen, vogels en wilde flora.
Integraliteit en relatie met andere KPI's	De toepassing van gewasbeschermingsmiddelen en hun effect op biodiversiteit is een onderdeel van het nauw verstrengelde complex dat regelmatig 'intensieve landbouw' wordt genoemd. Er is een relatie met verschillende andere maatregelen en hieraan gekoppelde KPI's. De hoeveelheid toegepaste bestrijdingsmiddelen hangt bijvoorbeeld samen met de KPI Rustgewassen, omdat op rustgewassen minder bestrijdingsmiddelen gebruikt worden. Een KPI voor de milieubelasting van gewasbeschermingsmiddelen zal ook samenhangen met KPI's en maatregelen die effect hebben op de weerbaarheid van het systeem tegen ziekten en plagen, zoals de toepassing van bloemenranden en ruimtelijke gewasdiversiteit. Deze KPI's hebben betrekking op de aanwezigheid van voedsel, habitat en schuilplaats. De KPI met betrekking tot gewasbeschermingsmiddelen kent een heel ander mechanisme: de inzet van gewasbeschermingsmiddelen doodt of verzwakt de aanwezige biodiversiteit door intoxicatie. Daarom is een KPI voor inzet gewasbeschermingsmiddelen complementair aan de KPI waarmee de inzet van gewasbeschermingsmiddelen interacteert.
Overige opmerkingen	Als indicator wordt hier de systematiek van milieubelastingpunten genoemd. Er is bij het schrijven van deze fiche een nieuwe indicator voor de toepassing van gewasbeschermingsmiddelen in ontwikkeling, de zogenaamde Milieu Indicator gewasbescherming (MIG). Het is de bedoeling dat dit de standaardindicator voor de toepassing van gewasbeschermingsmiddelen in Nederland wordt, die op een integrale manier de effecten van de toegepaste gewasbeschermingsmiddelen beschrijft (zo veel mogelijk impact op milieu en biodiversiteit) en de impact van een teelt op een eenduidige en transparante manier berekent. Het is dan ook aan te bevelen om deze indicator, zo gauw die beschikbaar wordt, voor de BMA toe te gaan passen. Het kan echter nog wel enkele jaren duren voordat de MIG volledig operationeel is.
Conclusie	De milieubelasting van de toepassing van gewasbeschermingsmiddelen is van groot belang om mee te nemen in een integrale set KPI's. De relatie tussen deze KPI en biodiversiteit is wetenschappelijk onderbouwd en zeer goed te beredeneren. Daarnaast heeft deze KPI betrekking op een ander mechanisme van beïnvloeding van biodiversiteit in vergelijking met andere KPI's.
Literatuur	- Calvo-Agudo, M., González-Cabrera, J., Picó, Y., Calatayud-Vernich, P., Urbaneja, A., Dicke, M., & Tena, A. (2019). Neonicotinoids in excretion product of phloem-feeding insects kill beneficial insects. PNAS August 20, 116 (34) 16817-16822; https://doi.org/10.1073/pnas.1904298116 - Geiger, F., Bengtsson, J., Berendse, F., Weisser, W. W., Emmerson, M., Morales, M. B., ... & Inchaustij, P. (2010). Persistent negative effects of pesticides on biodiversity and biological control potential on European farmland. Basic and Applied Ecology, Volume 11, Issue 2, Pages 97-105, https://doi.org/10.1016/j.baae.2009.12.001 - Hallmann, C., Foppen, R., van Turnhout, C. et al. (2014). Declines in insectivorous birds are associated with high neonicotinoid concentrations. Nature 511, 341-343. https://doi.org/10.1038/nature13531 - Li, Y., Miao, R. & Khanna, M. (2020). Neonicotinoids and decline in bird biodiversity in the United States. Nat Sustain. https://doi.org/10.1038/s41893-020-0582-x - Silva, V., Montanarella, L., Jones, A., Fernández-Ugalde, O., Mol, H. G. J., Ritsema, C. J., Geissen, V. (2018). Distribution of glyphosate and aminomethylphosphonic acid (AMPA) in agricultural topsoils of the European Union. Science of The Total Environment. Volume 621, 15 April 2018, Pages 1352-1359 https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.10.093 - Silva, V., Mol, H. G. J., Zomer, P., Tienstra, M., Ritsema, C. J., Geissen, V. (2019). Pesticide residues in European agricultural soils – A hidden reality unfolded. Science of The Total Environment Volume 653, 25 February 2019, Pages 1532-1545, https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.10.441

Pijler	1. Functionele agro-biodiversiteit
	7. Vermeulen, R. C. H. (2019). Research on exposure of residents to pesticides in the Netherlands, OBO fower bulbs, Rapport Onderzoek Bestrijdingsmiddelen en Omwonenden 382 pp 8. http://www.bestrijdingsmiddelenatlas.nl/ 9. TaskForce on Systemic pesticides. (2015). Worldwide integrated asesment of the impact of systemic pesticides on biodiversity and ecosystems. http://www.tfsp.info/assets/WIA_2015.pdf 10. Hoogendoorn, M., Leendertse, P. & Hoftijser, E. CLM 2019. Update van de risicolijst van bestrijdingsmiddelen

KPI 5 Percentage bodembedekking

Pijler	1. Functionele agro-biodiversiteit
Definitie	Het aandeel van het land met bodembedekking, als percentage van het totaal aantal ha in het bouwplan van een bedrijf per kalenderjaar. Bodembedekking wordt gedefinieerd als de afwezigheid van zwarte braak. De KPI Percentage bodembedekking kan worden berekend door het aantal weken van een jaar dat een perceel bodembedekking heeft voor alle percelen op te tellen. Dit wordt gedeeld door het aantal percelen keer het aantal weken in een jaar (= 52 weken) en vermenigvuldigd met 100%. $KPI \% \text{ bodembedekking} = \frac{\sum_i \text{Aantal weken met bedekking perceel } i}{\text{Aantal percelen} * 52} \times 100\%$ De bodembedekking door een gewas begint wanneer die wordt ingezaaid. Een wegingsfactor per type bodembedekking zou ook toegevoegd kunnen worden, bijvoorbeeld met een lage factor voor een minder bedekkend gewas als ui en een hogere factor voor een bijna volledig bedekkend gewas als graan.
Borging	Deze indicator is niet automatisch te achterhalen via databases of de gecombineerde opgave. Als een groenbemester geteeld wordt voor Ecologisch aandachtsgebied worden alleen het inzaaitijdstip en de soort geregistreerd. Als de teeltduur van het hoofdgewas bekend is, kan de braakperiode tussen de twee teelten bepaald worden, mits ook de teeltduur van de bodembedekker in de toekomst geregistreerd wordt. Stoppelvelden worden ook niet geregistreerd. De gegevens voor deze KPI zouden in een jaarlijkse enquête of via Akkerweb, in combinatie met teeltregistratie, verkregen kunnen worden.
Aansluiting met	SAI SFA - Cool farm tool, - Akkerweb (bouwplan registratie) - Teeltmanagementprogramma's (bv. Cropvision van Agrovision)
Veronderstelde relatie met biodiversiteit	Het percentage bodembedekking heeft een directe relatie met biodiversiteit, omdat het voedsel en nest- en schuilplek biedt voor verschillende soortgroepen. Een groot, aaneengesloten oppervlak met zwarte bodem is geen geschikte habitat voor de meeste bovengrondse soorten en produceert geen organische stof of worteluitscheiding (wortellexudaten) waarvan bodemorganismen kunnen leven. Het percentage bodembedekking, met de definitie die we hier gebruiken, wordt beïnvloed door drie aspecten: 1. het telen van een niet-geoogst gewas zoals een groenbemester wanneer geen hoofdteelt mogelijk is, 2. het laten staan van stoppel wanneer geen hoofdteelt mogelijk is en 3. de duur van de periode tussen twee teelten wanneer de grond zwarte braak is. Stoppelland, wintergewassen en groenbesters concurreren om ruimte in dezelfde periode, maar hebben verschillende invloeden op biodiversiteit. Het bouwplan heeft op verschillende manieren een effect op de daadwerkelijke bodembedekking. Meer open gewassen zoals uien geven een lagere bodembedekking dan meer gesloten gewassen zoals granen. Hierin zou een onderscheid gemaakt kunnen worden voor het berekenen van deze KPI. Wintergewassen kunnen over het algemeen beschouwd worden als rustgewassen en zorgen voor een hogere bodembedekking, omdat braakperiodes korter worden en de bodem de hele winter bedekt is. Ook beïnvloedt het type gewas het oogsttijdstip, wat weer bepaalt of er in de winter een groenbemester geteeld kan worden. Het directe effect dat bodembedekking heeft op biodiversiteit, is het bieden van voedsel en habitat voor biodiversiteit. Een hoge continuïteit in bodembedekking betekent continuïteit van voedsel en habitat voor veel organismen. Bodembedekking met groenbesters kan, afhankelijk van het type groenbemester, het voedselaanbod voor insecten verhogen (plantenmateriaal, stuifmeel, nectar en prooi zoals luis) en bescherming tegen weersinvloeden bieden. Na de oogst van een gewas kunnen insecten schuil- en overwinteringsplaatsen vinden in percelen met groenbesters, waaruit de insecten zich weer kunnen verspreiden in het voorjaar. Het is echter vanuit het onderzoek onzeker in hoeverre dit gebeurt, de groenbemester zou ook een ecologische val kunnen zijn voor de insecten wanneer die geklept en ondergewerkt wordt. Worden groenbesters geteeld uit gewasfamilies die niet in de rotatie opgenomen zijn, dan kan dit mogelijk ook de diversiteit van insecten verhogen door een grotere variatie in habitat. Het effect op biodiversiteit zal dus erg afhangen van het soort groenbemester en is wellicht positiever met bloeiende groenbesters zoals kruisbloemigen, vlinderbloemigen en verschillende mengsels. Gedurende de teelt en na afloop van de teelt van een groenbemester draagt deze bij aan het bodemleven door aanvoer van organische stof. Afhankelijk van zaaitijdstip en groenbestersoort kan ook wintervoedsel in de vorm van zaad geboden worden aan vogels die op de akker foerageren (1). Om stuifmeel, nectar

Pijler

1. Functionele agro-biodiversiteit

en zaad te bieden, is een lange groeiperiode en een vroeg zaaitijdstip nodig, wat in de praktijk vaak niet gebeurt. In het late najaar zijn er ook weinig insecten actief. De door GLB vereiste acht weken is ook te kort om bloei en zaadzetting te bereiken.

Graanstoppels en stoppels van andere gewassen van de herfst tot in het vroege voorjaar laten staan, beschermt de bodem en valt samen met een verminderde bodemverstoring in deze periode door bewerking. Dit biedt soorten een schuilplek in de winter. In de stoppel kan ook een diversiteit aan kruidige planten/onkruiden groeien die deels tot bloei en zaadzetting komen (2). De stoppel is een bron van voedsel, zoals nectar, jong blad, zaden, insecten en graankorrels (3; 4). Met moderne oogsttechnieken is de hoeveelheid gemorst graan echter erg beperkt. Het voedselaanbod maakt stoppelvelden een belangrijke foerageerhabitat, dat soorten kan helpen de winter door te komen (5). Zowel de zaden als het groene blad in graanstoppels zijn waardevol voor de patrijs, veldleeuwerik, geelgors en kneu. Stoppelvelden zijn ook aantrekkelijk voor veldmuizen, waarvan op hun beurt muizeneters als de torenvalk, blauwe kiekendief en uilen profiteren (6).

Het indirecte effect dat bodembedekking heeft op biodiversiteit is het voorkomen van nutriëntenverliezen uit het bodemprofiel gedurende de wintermaanden, waardoor minder eutrofiëring optreedt in het oppervlaktewater (7, 8, 9). Eutrofiëring zorgt voor een afname in biodiversiteit (10, 11, 12). Dit indirecte effect op biodiversiteit wordt in deze factsheet niet verder besproken, zie hiervoor KPI 3 (N-overschot).

Indicatoren voor biodiversiteit

De meeste gevonden wetenschappelijke studies gaan over het effect van het toepassen van groenbemesters of stoppelvelden gedurende de wintermaanden op verschillende groepen biodiversiteit. Voor alle gevonden studies over groenbemesters betreft het experimenten waarbij een van de behandelingen het toepassen van een groenbemester is en deze vergeleken wordt met zwarte braak. Voor studies over stoppelvelden wordt de vergelijking gemaakt met zwarte braak (13, 14, 15), permanent grasland (16, 17, 18) of met een groeiend gewas, vaak een graan (19). Het effect op biodiversiteit wordt bepaald door het aantal organismen te tellen, door visuele waarnemingen in proeven of in verschillende velden in het landschap of door het genetisch analyseren van de bodem voor de aanwezigheid van micro-organismen.

Duiding gevonden relaties

De meeste studies naar groenbemesters hebben gekeken naar de hoeveelheid schimmels en bacteriën in de bodem. In tien studies worden meer bacteriën, niet-plant-parasitaire nematoden of schimmels gevonden bij toepassing van groenbemesters (20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 32) (Tabel B1.5). In één studie wordt geen effect gevonden (31). Twee van de studies tonen ook een hogere soortendiversiteit van bacteriën, schimmels en nematoden in de bodem (20; 30). Drie studies tonen positieve effecten van groenbemesters op aantallen en soortendiversiteit van micro-arthropoda en spinnen (33, 34, 35). Er wordt verondersteld dat dit komt door een hogere overlevingskans in de winter. De relatie tussen regenwormen en groenbemesters is in drie studies onderzocht, waarbij in één studie een positief effect gevonden werd en in twee studies geen effect (36, 37, 38). Doordat onkruiden die in het najaar en winter kiemen en groeien moeten concurreren met een groenbemester, wordt een negatief effect gevonden op de soortendiversiteit en aantallen van onkruiden (39, 52). Er zijn twee studies gevonden naar vogels, die positieve effecten van groenbemesters laat zien op de aantallen en diversiteit (59, 60). In het algemeen zijn zaadvormende groenbemesters (bv. Japanse haver) goed voor de meeste overwinterende akkervogels. Maar dichte en hoog opgaande groenbemesters niet, want daar kunnen de vogels zich niet doorheen manoeuvreren om goed te kunnen foerageren. Ook roofvogels, zoals overwinterende bruine en blauwe kiekendieven en buizerds, kunnen moeilijk muizen zoeken in heel hoge groenbemesters (40, 41). Om dit probleem te ondervangen, worden soms groenbemesters met een lage zaaidichtheid gebruikt, waardoor het gewas aantrekkelijker wordt voor vogels.

Tabel B1.5

De richting en de sterkte van het effect van het groenbemesters of stoppelvelden op de diversiteit van verschillende soortgroepen.

Soortgroep	Groenbemesters		Stoppelvelden	
	Effect richting	Effect sterkte	Effect richting	Effect sterkte
Bodembiodiversiteit	+	sterk	+	zwak
Bovengrondse ongewervelden	+	zwak	+	zwak
Floristische diversiteit	-	sterk	+	zwak
Vogels	+	zwak	+	sterk
Zoogdieren	0	n.v.t.	+	zwak

Pijler	1. Functionele agro-biodiversiteit
	Er zijn geen wetenschappelijke studies gevonden naar het effect van groenbemesters op vliegende insecten en zoogdieren. Dit heeft ermee te maken dat bescherming van de bodem en verbetering van de bodemkwaliteit meestal de reden is dat groenbemesters geteeld worden in het kader van niet-kerende grondbewerking en <i>conservation agriculture</i>. Het is te verwachten dat het effect van groenbemesters op vliegende insecten en zoogdieren meer aandacht gaat krijgen in de toekomst. Afhankelijk van de invulling van de bodembedekking, worden effecten verwacht op deze soortgroepen. Eén ervaring is bijvoorbeeld dat de hoeveelheid muizen toeneemt met groenbemesters. De andere vorm van bodembedekking buiten de hoofddeelt, namelijk het overlaten van winterstoppels, heeft wel een bewezen positief effect op vogels. Het verminderde voedselaanbod is in het winterhalfjaar een van de oorzaken van de afname van populaties van boerenlandvogels (47). Dit benadrukt het belang van stoppeltakkers. Voor vogels is een sterk positieve relatie gevonden met stoppeland in de winter. Door het voedsel dat stoppeland in de winter biedt, nemen de aantallen en diversiteit van vogels toe rond deze velden, zowel in de winter als in het volgende broedseizoen (42, 43, 44, 45). Meerdere onderzoeken tonen de positieve effecten aan van stoppeland op de aanwezigheid van de veldleeuwerik (16, 13, 19, 17). Soms is de relatie tussen stoppeland en vogels indirect. Zo laten twee studies zien dat er meer roofvogels rond stoppelvelden zijn, omdat die meer voedsel in de vorm van kleinere vogels en knaagdieren bieden (46, 18). Doordat stoppeland in de herfst niet wordt geploegd, kunnen hier kruidige planten groeien, waaronder specifieke akkerflora, maar ook andere akkeronkruiden (15, 2). Voor specifieke akkerflora gaat dit vaak om planten die in de zomer bloeien en in de herfst zaad zetten. Daarbij is het wel van belang dat de flora de zomer overleeft in het groeiende gewas. Stoppeland onbewerkt laten, heeft ook een positief effect op de aanwezigheid en diversiteit van bodembacteriën en schimmels (48, 49, 50). De studies hierover komen uit China en Australië, maar de mechanismen in de bodem worden verwacht hier ook van toepassing te zijn. Ten slotte is er in één studie een positief effect gevonden van stoppeland op de aanwezigheid en diversiteit van bestuivende insecten. Deze kunnen profiteren van de in stoppeland aanwezige, bloeiende (on)kruiden (51). Geen literatuur werd gevonden over het belang van bodembedekking in zijn algemeenheid ten opzichte van de effecten van een groot aaneengesloten oppervlak van zwarte braak. Op basis van de behoefte van voedsel, habitat en schuilplaats kan wel verwacht worden dat bodembedekking over het algemeen een belangrijke rol speelt voor biodiversiteit.
Duiding van de sterkte van de relatie	Op basis van de gevonden literatuur heeft het toepassen van groenbemesters zeer waarschijnlijk een sterk positief effect op bodem-gebonden biodiversiteit. Over de effecten van bodembedekking op andere soortgroepen is minder literatuur gevonden. Wel is er een zwak positief effect gevonden voor bijvoorbeeld vogels en spinnen. Gebaseerd op het belang van continuïteit in beschikbaarheid van voedsel en schuilplaats, kunnen wel positieve effecten verwacht worden van groenbemesters op bovengrondse biodiversiteit ten opzichte van zwarte braak. Hiertegenover kan gesteld worden dat veel insecten overwinteren in de groenbemester in plaats van omliggende landschapselementen en dat deze vervolgens ondergeploegd worden samen met de groenbemesters. Als deze hypothese waar is, zouden groenbemesters voor sommige soorten als een ecologische val kunnen functioneren. De studies naar het effect van stoppeland in de herfst en winter zijn voornamelijk uitgevoerd bij (akker)vogels, maar ook voor andere soortgroepen is er literatuur te vinden. Voor vogels is de relatie tussen stoppeland in de winter en hun aantal en diversiteit duidelijk positief. In Nederland, waar maar weinig stoppels in de winter blijven staan omdat het land braak wordt gelegd of een wintergraan of groenbemesters worden gezaaid, kan het verhogen van het percentage stoppeland een sterk positief effect op akkervogels hebben, mits het beheer geschikt is (41). Om het stoppeland waardevol te maken voor akkervogels, moeten geen of alleen extensieve beheermaatregelen uitgevoerd worden (3). Voor andere soortgroepen is de relatie ook positief, maar minder sterk onderbouwd.
Integraliteit en overlap met andere KPI's	• KPI 1 en 5 worden verwacht tot een bepaalde hoogte een versterkend effect te hebben op elkaar, een hoger percentage rustgewassen komt dan samen met een hoger percentage bodembedekking. Van rustgewassen zoals granen en vlinderbloemigen kan een stoppel blijven staan, terwijl dit bij rooigewassen niet het geval is. Daarnaast is er na de meeste rustgewassen voldoende tijd om een groenbemester in te zaaien. Ook kunnen rustgewassen in de vorm van een wintergraan juist in de winter gecultiveerd worden in plaats van een stoppel te laten staan.

Pijler	1. Functionele agro-biodiversiteit
Overige opmerkingen	• Een groenbemester draagt ook bij aan de organische stof aanvoer en daarmee aan KPI 2 (52). • De groenbemester heeft een invloed op KPI 3 (N-overschot), door het opnemen van stikstof dat in het volggewas benut kan worden. De mogelijkheid voor het fixeren van stikstof uit de lucht is ook mogelijk voor groenbemesters zoals klaver, maar niet met wikken, omdat deze door vorst afsterven en te snel afbreken om in het volggewas terecht te komen (53). • Er is overlap met KPI 9 (niet-kerende grondbewerking). Door de stoppels niet onder te ploegen in de herfst maar in de winter te laten staan, scheelt dit een moment van grondbewerking. De stoppels moeten alsnog in de lente ondergewerkt worden, maar dat valt samen met andere grondbewerkingen, zoals het zaaibed voorbereiden. • Deze KPI kan lastig zijn voor akkerbouwers die land huren bij veehouders. Het komt vaak voor dat vanwege bijvoorbeeld de mestwetgeving een perceel niet voor 12 maanden gehuurd wordt, maar voor bijvoorbeeld 7-8 maanden. Ook bij andere KPI's (bijvoorbeeld KPI 1) kan dit tot ingewikkelde interpretaties leiden (53). • Niet elk bodemtype is geschikt om gedurende de winter bedekt te houden en in het voorjaar te bewerken in verband met te vochtige bodemcondities. Voor de gronden waar dit niet het geval is, moet de streefwaarde dus anders zijn dan voor gronden waar dit wel mogelijk is (53). • Bij toepassing van niet-kerende grondbewerking (KPI 9) wordt bijna altijd een groenbemester geteeld in de winter om de onkruiddruk te verlagen. • Het is onbekend of stoppeland zonder herbicidegebruik leidt tot hogere onkruiddruk in de hoofdgewassen. • Door de grote potentiële schaal van toepassing van stoppelvelden is de potentie om vogels te bevorderen erg groot, al zijn de vogelaantallen per akker klein vergeleken met een vogelakker (54).
Conclusie	Het toepassen van groenbemesters heeft zeer waarschijnlijk een sterk positief effect op bodem-gebonden biodiversiteit en vogels, al is het effect op vogels nog niet veel onderzocht. Over de effecten van groenbemesters op andere vormen bovengrondse biodiversiteit is te weinig literatuur gevonden om uitspraken te kunnen doen. Op basis van het belang van voedsel en schuilplaats in de winter, is het waarschijnlijk dat bodembedekking een belangrijke rol speelt, ook voor deze soorten. Dit is wel afhankelijk van de invulling van de bodembedekking, beheer en de (groei)duur. De vereiste teeltduur 8 weken vanuit het GLB is te kort voor de groenbemesters om alle diensten te bieden aan biodiversiteit. Het positieve effect van het vergroten van het percentage stoppeland in de winter op de biodiversiteit wordt voornamelijk gevonden voor vogels, maar ook voor andere soortgroepen is een positieve relatie te zien. Groenbemesters en stoppelvelden zijn allebei belangrijk voor biodiversiteit en complementeren elkaar, maar kunnen via andere indicatoren worden gedekt. De KPI Percentage bodembedekking heeft daarmee een gering integraal karakter en is voornamelijk een indicator voor een aantal maatregelen in de akkerbouw. De indicator heeft door een sterke overlap met KPI 1 en KPI 2 beperkte toegevoegde waarde. Ook kunnen de maatregelen die deze indicator versterken (met name percentage stoppeland) als onderdeel worden opgenomen in KPI 7 rond natuur- en landschapsbeheer.
Referenties	1. Van Leeuwen-Haagsma, W. K., Hoek, H., Molendijk, L. P. G., Mommer, L., Ulen, J., Kroonen-Backbier, B. M. A., & de Groot, G. A. (2019). Handboek Groenbemesters 2019. Wageningen University & Research. 2. Siriwardena, G. M., Calbrade, N. A., & Vickery, J. A. (2008). Farmland birds and late winter food: does seed supply fail to meet demand?. <i>Ibis</i>, 150(3), 585-595. 3. Orłowski, G., Czarnecka, J., & Panek, M. (2011). Autumn–winter diet of Grey Partridges <i>Perdix</i> in winter crops, stubble fields and fallows. <i>Bird Study</i>, 58(4), 473-486. 4. Bos, J. F. F. P., & Schröder, J. J. (2009). Akkervogels en landbouw: ecologie, maatregelen en beleid (No. 249). Plant Research International. 5. Floristische diversiteit Pinke, G., & Pál, R. (2009). Floristic composition and conservation value of the stubble-field weed community, dominated by <i>Stachys annua</i> in western Hungary. <i>Biologia</i>, 64(2), 279-291. 6. Alebeek, F. (2019) Factsheets Partridge - Een leidraad voor herstel van boerenland, Vogelbescherming Interreg. 7. Van Dam, A. M. (1996). Understanding the reduction of nitrogen leaching by catch crops. Proefschrift Wageningen University, 1996, 171 p. 8. Finney, D. M., White, C. M., & Kaye, J. P. (2016). Biomass production and carbon/nitrogen ratio influence ecosystem services from cover crop mixtures. <i>Agronomy Journal</i>, 108(1), 39-52. 9. Finney, D. M., & Kaye, J. P. (2017). Functional diversity in cover crop polycultures increases multifunctionality of an agricultural system. <i>Journal of Applied Ecology</i>, 54(2), 509-517

Pijler	1. Functionele agro-biodiversiteit
	10. Poll, J. T. K. en C. G. M. Geven (1996). Effecten van bodembedekking op de opbrengst en kwaliteit van groentegewassen. Proefstation voor de Akkerbouw en de Groenteteelt in de Vollegrond, Lelystad, Verslag nr. 212, 93 p. 11. Koopmans, C. & Van der Burgt, G. J. (2001). Mineralenbenutting in de biologische landbouw: een integrale benadering. Louis Bolk Instituut, rapport nr. LB5, Driebergen, 118 p. 12. Thorup-Kristensen, K., Magid, J., Jensen, L.S. 2003. Catch crops and green manures as biological tools in nitrogen management in temperate zones. <i>Adv. Agron.</i> 79: 227-302. 13. Vogels Eraud C., & Corda, E. (2004). Nocturnal field use by wintering skylark <i>Alauda arvensis</i> on intensive farmlands. <i>Revue d'écologie</i>. 59(4), 581-589. 14. Baker, D. J., Stillman, R. A., & Bullock, J. M. (2009). The effect of habitat complexity on the functional response of a seed-eating passerine. <i>Ibis</i>, 151(3), 547-558. 15. Floristische diversiteit Bisang, I., Bergamini, A., & Lienhard, L. (2009). Environmental-friendly farming in Switzerland is not hornwort-friendly. <i>Biological Conservation</i>, 142(10), 2104-2113. 16. Vogels Donald, P. F., Buckingham, D. L., Moorcroft, D., Muirhead, L. B., Evans, A. D., & Kirby, W. B. (2001). Habitat use and diet of skylarks <i>Alauda arvensis</i> wintering on lowland farmland in southern Britain. <i>Journal of Applied Ecology</i>, 38(3), 536-547. 17. Vogels Geiger, F., Hegemann, A., Gleichman, M., Flunks, H., De Snoo, G. R., Prinz, S., ... & Berendse, F. (2014). Habitat use and diet of Skylarks (<i>Alauda arvensis</i>) wintering in an intensive agricultural landscape of the Netherlands. <i>Journal of Ornithology</i>, 155(2), 507-518. 18. Vogels Chang, A. M., & Wiebe, K. L. (2018). Habitat selection by wintering male and female Snowy Owls on the Canadian prairies in relation to prey abundance and a competitor, the Great Horned Owl. <i>Journal of Field Ornithology</i>, 89(1), 64-77. 19. Vogels Robinson, R. A., & Sutherland, W. J. (1999). The winter distribution of seed-eating birds: habitat structure, seed density and seasonal depletion. <i>Ecography</i>, 22(4), 447-454. 20. Bodembiodiversiteit Kim, N., Zabaloy, M. C., Guan, K., & Villamil, M. B. (2020). Do cover crops benefit soil microbiome? A meta-analysis of current research. <i>Soil Biology and Biochemistry</i>, 142, 107701. 21. Bodembiodiversiteit Larkin, R. P., Griffin, T. S., & Honeycutt, C. W. (2010). Rotation and cover crop effects on soilborne potato diseases, tuber yield, and soil microbial communities. <i>Plant Disease</i>, 94(12), 1491-1502. 22. Bodembiodiversiteit Wyland L.J., Jackson L.E. & Schulbach K.F. (1995) Soil-plant nitrogen dynamics following incorporation of a mature rye cover crop in a lettuce production system. <i>Journal of Agricultural Science</i>, 124, 17-25 23. Bodembiodiversiteit Wyland L.J., Jackson L.E., Chaney W.E., Klonsky K., Koike S.T. & Kimple B. (1996) Winter cover crops in a vegetable cropping system: Impacts on nitrate leaching, soil water, crop yield, pests and management costs. <i>Agriculture, Ecosystems & Environment</i>, 59, 1-17 24. Bodembiodiversiteit Jackson, L. E., Ramirez, I., Yokota, R., Fennimore, S. A., Koike, S. T., Henderson, D. M., ... & Klonsky, K. (2004). On-farm assessment of organic matter and tillage management on vegetable yield, soil, weeds, pests, and economics in California. <i>Agriculture, Ecosystems & Environment</i>, 103(3), 443-463. 25. Bodembiodiversiteit Barrios-Masias, F.H., Cantwell, M.I. & Jackson, L.E. (2011) Cultivar mixtures of processing tomato in an organic agroecosystem. <i>Organic Agriculture</i>, 1, 17-30 26. Bodembiodiversiteit Maltais-Landry, G., Scow, K., Brennan, E. & Vitousek, P. (2015) Long-Term Effects of Compost and Cover Crops on Soil Phosphorus in Two California Agroecosystems. <i>Soil Science Society of America Journal</i>, 79, 688-697. 27. Bodembiodiversiteit Muñoz, A., López-Piñeiro, A. & Ramírez, M. (2007) Soil quality attributes of conservation management regimes in a semi-arid region of south western Spain. <i>Soil and Tillage Research</i>, 95, 255-265 28. Bodembiodiversiteit Njeru, E.M., Avio, L., Bocci, G., Sbrana, C., Turrini, A., Bàrberi, P., Giovannetti, M. & Oehl, F. (2015) Contrasting effects of cover crops on 'hot spot' arbuscular mycorrhizal fungal communities in organic tomato. <i>Biology and Fertility of Soils</i>, 51, 151-166 29. Bodembiodiversiteit DuPont, S.T., Ferris, H. & Van Hoorn, M. (2009) Effects of cover crop quality and quantity on nematode-based soil food webs and nutrient cycling. <i>Applied Soil Ecology</i>, 41, 157-167 30. Bodembiodiversiteit Ferris, H., Venette, R.C. & Scow, K.M. (2004) Soil management to enhance bacterivore and fungivore nematode populations and their nitrogen mineralisation function. <i>Applied Soil Ecology</i>, 25, 19-35

Pijler	1. Functionele agro-biodiversiteit
	31. Bodem biodiversiteit Marinari, S., Mancinelli, R., Brunetti, P. & Campiglia, E. (2015) Soil quality, microbial functions and tomato yield under cover crop mulching in the Mediterranean environment. <i>Soil and Tillage Research</i>, 145, 20-28 32. Bodem biodiversiteit Schmidt, R., Mitchell, J., & Scow, K. (2019). Cover cropping and no-till increase diversity and symbiotroph: saprotroph ratios of soil fungal communities. <i>Soil Biology and Biochemistry</i>, 129, 99-109. 33. Bovengrondse ongewervelden Hooks, C. R., Wang, K. H., Meyer, S. L., Lekveishvili, M., Hinds, J., Zobel, E., ... & Lee-Bullock, M. (2011). Impact of no-till cover cropping of Italian ryegrass on above and below ground faunal communities inhabiting a soybean field with emphasis on soybean cyst nematodes. <i>Journal of Nematology</i>, 43(3-4), 172. 34. Bovengrondse ongewervelden Alonso-Ayuso, M., Gabriel, J. L., García-González, I., Del Monte, J. P., & Quemada, M. (2018). Weed density and diversity in a long-term cover crop experiment background. <i>Crop Protection</i>, 112, 103-111 35. Bovengrondse ongewervelden Reeleder, R. D., Miller, J. J., Coelho, B. B., & Roy, R. C. (2006). Impacts of tillage, cover crop, and nitrogen on populations of earthworms, microarthropods, and soil fungi in a cultivated fragile soil. <i>Applied Soil Ecology</i>, 33(3), 243-257. 36. Bodem biodiversiteit Stroud, J. L., Irons, D. E., Watts, C. W., Storkey, J., Morris, N. L., Stobart, R. M., ... & Whitmore, A. P. (2017). Cover cropping with oilseed radish (<i>Raphanus sativus</i>) alone does not enhance deep burrowing earthworm (<i>Lumbricus terrestris</i>) midden counts. <i>Soil and Tillage Research</i>, 165, 11-15. 37. Bodem biodiversiteit Herrero, E.V., Mitchell, J.P., Lanini, W.T., Temple, S.R., Miyao, E.M., Morse, R.D. & Campiglia, E. (2001) Soil properties change in no-till tomato production. <i>California Agriculture</i>, 55, 30-34 38. Bodem biodiversiteit Fonte, S.J., Winsome, T. & Six, J. (2009) Earthworm populations in relation to soil organic matter dynamics and management in California tomato cropping systems. <i>Applied Soil Ecology</i>, 41, 206-214 39. Floristische diversiteit Smith, R. G., Atwood, L. W., Pollnac, F. W., & Warren, N. D. (2015). Cover-crop species as distinct biotic filters in weed community assembly. <i>Weed science</i>, 63(1), 282-295. 40. Williams, D.R., Child, M.F., Dicks, L.V., Ockendon, N., Pople, R.G., Showler, D.A., Walsh, J.C., Zu Ermgassen, E.K.H.J. & Sutherland, W.J. (2019) Bird Conservation. Pages 141-290 in: W.J. Sutherland, L.V. Dicks, N. Ockendon, S.O. Petrovan & R.K. Smith (eds) What Works in Conservation 2019. Open Book Publishers, Cambridge, UK. 41. Goławski, A., Kasprzykowski, Z., Jobda, M., & Duer, I. (2013). The importance of winter catch crops compared with other farmland habitats to birds wintering in Poland. <i>Pol. J. Ecol</i>, 61(2), 357-364. 42. Vogels Baker, D. J., Freeman, S. N., Grice, P. V., & Siriwardena, G. M. (2012). Landscape-scale responses of birds to agri-environment management: a test of the English Environmental Stewardship scheme. <i>Journal of Applied Ecology</i>, 49(4), 871-882. 43. Vogels Buckingham, D. L., Evans, A. D., Morris, A. J., Orsman, C. J., & Yaxley, R. (1999). Use of set-aside land in winter by declining farmland bird species in the UK. <i>Bird Study</i>, 46(2), 157-169. 44. Vogels Gillings, S., Newson, S. E., Noble, D. G., & Vickery, J. A. (2005). Winter availability of cereal stubbles attracts declining farmland birds and positively influences breeding population trends. <i>Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences</i>, 272(1564), 733-739. 45. Vogels Wenzel, P., & Dalbeck, L. (2011). Stoppelbrachen als Lebensraum für überwinternde Vögel in der Zülpicher-Börde. <i>Charadrius</i>, 47, 73-78. 46. Vogels Boxall, P. C., & Lein, M. R. (1982). Territoriality and habitat selection of female Snowy Owls (<i>Nyctea scandiaca</i>) in winter. <i>Canadian Journal of Zoology</i>, 60(10), 2344-2350. 47. Bos, J. (2013). Graanstoppels en akkervogels. <i>Limosa</i>, 86(3), 123-131. 48. Bodem biodiversiteit Wakelin, S. A., Colloff, M. J., Harvey, P. R., Marschner, P., Gregg, A. L., & Rogers, S. L. (2007). The effects of stubble retention and nitrogen application on soil microbial community structure and functional gene abundance under irrigated maize. <i>FEMS microbiology ecology</i>, 59(3), 661-670. 49. Bodem biodiversiteit Essel, E., Xie, J., Deng, C., Peng, Z., Wang, J., Shen, J., ... & Li, L. (2019). Bacterial and fungal diversity in rhizosphere and bulk soil under different long-term tillage and cereal/legume rotation. <i>Soil and Tillage Research</i>, 194, 104302. 50. Bodem biodiversiteit Zhao, H., Jiang, Y., Ning, P., Liu, J., Zheng, W., Tian, X., ... & Shar, A. G. (2019). Effect of different straw return modes on soil bacterial community, enzyme

Pijler	1. Functionele agro-biodiversiteit
	activities and organic carbon fractions. <i>Soil Science Society of America Journal</i> , 83(3), 638-648.
51.	Bovengrondse ongewervelden Kuussaari, M., Hyvönen, T., & Härmä, O. (2011). Pollinator insects benefit from rotational fallows. <i>Agriculture, ecosystems & environment</i> , 143(1), 28-36.
52.	Floristische diversiteit Buchanan, A. L., Kolb, L. N., & Hooks, C. R. (2016). Can winter cover crops influence weed density and diversity in a reduced tillage vegetable system?. <i>Crop protection</i> , 90, 9-16.
53.	Koopmans, C., Erisman, J. W., Zanen, M. & Luske, B. (2017) Biodiverse akkerbouw. Verkenning van indicatoren voor agrobiodiversiteit in de akkerbouw. Louis Bolk Instituut publicatie nr. 2017-023 LbP.
54.	Wiersma, P., Ottens, H. J., Kuiper, M. W., Schlaich, A. E., Klaassen, R. H. G., Vlaanderen, O., ... & Koks, B. J. (2014). Analyse effectiviteit van het akkervogelbeheer in Provincie Groningen: Evaluatierapport. Stichting Werkgroep Grauwe Kiekendief
55.	Shackelford, G. E., Kelsey, R., Robertson, R. J., Williams, D. R. & Dicks, L. V. (2017) Sustainable Agriculture in California and Mediterranean Climates: Evidence for the effects of selected interventions. <i>Synopses of Conservation Evidence Series</i> . University of Cambridge, Cambridge, UK.
56.	Holland, J. (2004). The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. <i>Agriculture, Ecosystems & Environment</i> 103, 1-25.
57.	Nilsson, L., Bunnefeld, N., Persson, J., & Månsson, J. (2016). Large grazing birds and agriculture—predicting field use of common cranes and implications for crop damage prevention. <i>Agriculture, Ecosystems & Environment</i> , 219, 163-170.
58.	Peach, W. J., Lovett, L. J., Wotton, S. R., & Jeffs, C. (2001). Countryside stewardship delivers ciril buntings (<i>Emberiza cirilus</i>) in Devon, UK. <i>Biological Conservation</i> , 101(3), 361-373.
59.	Vogels Wilcoxon, C. A., Walk, J. W., & Ward, M. P. (2018). Use of cover crop fields by migratory and resident birds. <i>Agriculture, Ecosystems & Environment</i> , 252, 42-50.
60.	Vogels Stoate, C., Szczur, J., & Aebischer, N. J. (2003). Winter use of wild bird cover crops by passerines on farmland in northeast England. <i>Bird study</i> , 50(1), 15-21.

KPI 6 Carbon footprint

Pijler	Geen
Definitie	De carbon footprint is de som van de broeikasgasemissie die ontstaat bij de activiteit van het akkerbouwbedrijf, verminderd met eventuele CO₂-vastlegging in de bodem en duurzame energieproductie. Voor de vergelijkbaarheid tussen bedrijven van verschillende omvang wordt de totale uitstoot van CO₂-equivalenten gedeeld door een eenheid. Dit kan kg product zijn of totaalareaal in ha. De eenheid per ha maakt het makkelijk om bedrijven te vergelijken. Een akkerbouwer kan dus werken aan: • Vermindering van emissies door bijvoorbeeld verminderde grondbewerking (minder werkgangen), gebruik van duurzame energie en brandstoffen. • Opslag van koolstof in de vorm van organisch stof in de bodem of houtige gewassen/landschapselementen.
Borging	Teelt- en mestgebruikgegevens kunnen deels opgehaald worden via GO (gecombineerde opgave) - Basisregistratie RVO. Het berekenen van een carbon footprint is complex en een reeks van aannames is nodig. Een mogelijke tool is de Cool Farm Tool. Echter is het effect van maatregelen voor koolstofopslag vaak onbekend of nog onvoldoende onderbouwd. Het is niet realistisch i.v.m. kosten om koolstofvastlegging te bepalen per perceel.
Aansluiting met	Sluit (mogelijk) aan bij: SAI SFA- Cool farm tool, Nutriëntenbalans Akkerbouw, VVAK, SMK broeikasgasrekenmodule De CFT berekent de carbon footprint o.b.v.: Gebruik van kunstmest (gebruik), Diesel verbruik, Bodememissies en vastlegging bodem-C (afhankelijk van grondsoort bodembewerking en klimaat), Verbruik van elektriciteit (incl. hernieuwbare bronnen).
Veronderstelde relatie met biodiversiteit	Een directe relatie tussen de carbon footprint van een bedrijf en biodiversiteit is niet te leggen. Er is een indirecte relatie doordat de uitstoot van broeikasgassen het klimaat wereldwijd zodanig beïnvloedt (Pecl et al., 2017) dat klimaatverandering grote gevolgen zal hebben voor biodiversiteit; de flora en fauna en hun samenhang, de ecosystemen. Deze impact varieert over tijd, ruimte en taxonomische groepen, maar de meeste publicaties laten zien dat klimaatverandering ernstige consequenties heeft voor biodiversiteit (Bellard et al., 2012). De jaarlijkse uitstoot van broeikasgassen in de akkerbouw is ongeveer 1% van de totale jaarlijkse uitstoot van broeikasgassen in Nederland (62 Mton CO₂-eq). Een andere indirecte relatie die gelegd kan worden, is via koolstofopslag in de bodem door het behouden en verhogen van de organische stof in de bodem of in de vorm van houtige gewassen of landschapselementen. Er bestaat een specifieke KPI voor organische stof en in KPI 7 (natuur- en landschapsbeheer) komen landschapselementen aan bod. Er zijn geen artikelen gevonden over de relatie carbon footprint en effecten op biodiversiteit. Wel zijn die er voor organische stof in de bodem en effect op bodembiodiversiteit, die zijn ondergebracht bij de desbetreffende KPI. Er is wel literatuur te vinden over de relatie tussen klimaatverandering en biodiversiteit, maar deze wordt hier niet verder besproken, aangezien de impact die de Nederlandse akkerbouw hierop kan maken middels een KPI Carbon Footprint minimaal is.
Indicatoren voor biodiversiteit	N.v.t.
Duiding gevonden relaties	Om de carbon footprint te verlagen, kunnen boeren maatregelen nemen die tevens een positief effect hebben op biodiversiteit. Bijvoorbeeld het verminderen van het gebruik van kunstmest en het stimuleren van koolstofvastlegging. Dit laatste kan door niet-kerende grondbewerking toe te passen, organische meststoffen te gebruiken en door het verbeteren van gewasrotaties. Deze maatregelen zijn gunstig voor (bodem)biodiversiteit, hoewel effecten regio-specifiek zullen zijn en afhangen van het gewas en bodemtype.

Pijler	Geen																				
	Tabel B1.6 <i>De richting en de sterkte van het effect van het verlagen van de Carbon Footprint op de diversiteit van verschillende soortgroepen.</i>																				
	<table><tr><th rowspan="2">Soortgroep</th><th colspan="2">Carbon footprint</th></tr><tr><th>Effect richting</th><th>Effect sterkte</th></tr><tr><td>Bodembiodiversiteit</td><td>0</td><td>n.v.t.</td></tr><tr><td>Bovengrondse ongewervelden</td><td>0</td><td>n.v.t.</td></tr><tr><td>Vogels</td><td>0</td><td>n.v.t.</td></tr><tr><td>Zoogdieren</td><td>0</td><td>n.v.t.</td></tr><tr><td>Floristische diversiteit</td><td>0</td><td>n.v.t.</td></tr></table>	Soortgroep	Carbon footprint		Effect richting	Effect sterkte	Bodembiodiversiteit	0	n.v.t.	Bovengrondse ongewervelden	0	n.v.t.	Vogels	0	n.v.t.	Zoogdieren	0	n.v.t.	Floristische diversiteit	0	n.v.t.
Soortgroep	Carbon footprint																				
	Effect richting	Effect sterkte																			
Bodembiodiversiteit	0	n.v.t.																			
Bovengrondse ongewervelden	0	n.v.t.																			
Vogels	0	n.v.t.																			
Zoogdieren	0	n.v.t.																			
Floristische diversiteit	0	n.v.t.																			
Duiding van de sterkte van de relatie	Alleen indirect. Alhoewel carbon footprint geen direct effect op biodiversiteit heeft, is het tegengaan van klimaatverandering wel van belang voor biodiversiteit in verband met het stabiel houden van ecosystemen. Daarnaast kan C-vastlegging in bodems ook positieve effecten hebben op (bodem)biodiversiteit en bijdragen aan klimaatadaptatie.																				
Integraliteit en overlap met andere KPI's	De maatregelen die gunstig zijn voor koolstofvastlegging (NKG, input van organische meststoffen en het verruimen van het bouwplan met rustgewassen) komen tot uitdrukking in KPI 1 (percentage rustgewassen), KPI 2 (organische stofbalans), KPI 9 (verminderde grondbewerking) en KPI 12 (diversiteit gewassen).																				
Conclusie	Omdat deze KPI geen directe relatie met biodiversiteit heeft, i.c.m. de aanwezigheid van andere KPI's met positieve relatie tot bijvoorbeeld vastleggen van koolstof in de bodem, heeft een KPI Carbon footprint voor de BMA weinig meerwaarde.																				

KPI 7 Natuur- en landschapsbeheer & KPI Groenblauwe dooradering

Pijler	2. Landschappelijke diversiteit en 3. Diversiteit van soorten																						
Definitie	KPI 7 Natuur- en landschapsbeheer Percentage oppervlak met natuur- en landschapsbeheer van het totale bedrijfsoppervlakte. Er zijn verschillende beheerpakketten mogelijk (bijlage) met verschillende wegingsfactoren op basis van de waarde voor biodiversiteit en/of inspanning van de boer. De berekening van de KPI (overgenomen uit de Biodiversiteitsmonitor veehouderij): $B = \sum_i (O_i \times C_i \times 100\%) / T$ B = Bijdrage natuur en landschap (in percentage beheerd land) O = Totaal oppervlakte van natuur- en landschapselementen (voor type i) C = Wegingsfactor* (voor type i) T = Totaalareaal bedrijf** *Wegingsfactor: Aangezien verschillende elementen op verschillende wijze bijdragen aan de biodiversiteit, wordt een wegingsfactor gebruikt voor het bepalen van het oppervlak aan natuur en landschapselementen. Hieronder vallen bijvoorbeeld akkerranden, bomengroepen, oevers en overhoekjes, waarbij een onderscheid gemaakt wordt in natuurbeheer, landschapsbeheer en erfbeheer. Het is belangrijk dat zowel gesubsidieerd en dus geregistreerd beheer (ANLb) alsook ongesubsidieerd beheer dat niet geregistreerd is, wordt meegenomen. Onder andere de volgende pakketten zijn beschikbaar voor akkerland: <table> <tr> <th>Akkerland</th><th>Landschapselementen</th></tr> <tr> <td>BBM 114 Stoppeland (na graan)</td><td>BBM 109 Poel en klein historisch water</td></tr> <tr> <td>BBM 115 Wintervoedselakker</td><td>BBM 120 Hakhoutbeheer</td></tr> <tr> <td>BBM 116 Vogelakker</td><td>BBM 121 Beheer van bomenrijen</td></tr> <tr> <td>BBM 117 Biodivers inheems bouwland</td><td>BBM 122 Knip- en scheerheg</td></tr> <tr> <td>BBM 118 Kruidenrijke akker</td><td>BBM 123 Struweelhaag</td></tr> <tr> <td>BBM 119 Kruidenrijke akkerrand</td><td>BBM 124 Struweelrand</td></tr> <tr> <td></td><td>BBM 126 Half- of hoogstamboomgaard</td></tr> <tr> <td></td><td>BBM 127 Hakhoutbosje</td></tr> <tr> <td></td><td>BBM 128 Griendje</td></tr> <tr> <td></td><td>BBM 129 Bosje</td></tr> </table> **Totaalareaal bedrijf: Areaal grond dat een bedrijf gebruikt of beheert. Data over het areaal grond dat gebruikt of beheerd wordt, staat in de Basisregistratie percelen. KPI Groenblauwe dooradering Deze KPI is later naar voren gekomen en hier is geen aparte literatuurstudie naar gedaan. Het belang van dit aspect wordt in deze factsheet op enkele plekken uitgelegd en onderbouwd met studies. Er is nog geen definitie opgesteld. Opties zijn het aantal meters lijnvormige elementen of een index voor de mate van de verbinding tussen de van de lijnvormige elementen (<i>circuitry</i>).	Akkerland	Landschapselementen	BBM 114 Stoppeland (na graan)	BBM 109 Poel en klein historisch water	BBM 115 Wintervoedselakker	BBM 120 Hakhoutbeheer	BBM 116 Vogelakker	BBM 121 Beheer van bomenrijen	BBM 117 Biodivers inheems bouwland	BBM 122 Knip- en scheerheg	BBM 118 Kruidenrijke akker	BBM 123 Struweelhaag	BBM 119 Kruidenrijke akkerrand	BBM 124 Struweelrand		BBM 126 Half- of hoogstamboomgaard		BBM 127 Hakhoutbosje		BBM 128 Griendje		BBM 129 Bosje
Akkerland	Landschapselementen																						
BBM 114 Stoppeland (na graan)	BBM 109 Poel en klein historisch water																						
BBM 115 Wintervoedselakker	BBM 120 Hakhoutbeheer																						
BBM 116 Vogelakker	BBM 121 Beheer van bomenrijen																						
BBM 117 Biodivers inheems bouwland	BBM 122 Knip- en scheerheg																						
BBM 118 Kruidenrijke akker	BBM 123 Struweelhaag																						
BBM 119 Kruidenrijke akkerrand	BBM 124 Struweelrand																						
	BBM 126 Half- of hoogstamboomgaard																						
	BBM 127 Hakhoutbosje																						
	BBM 128 Griendje																						
	BBM 129 Bosje																						
Borging	Inzet van de agrarische collectieven en SCAN-ICT Gecombineerde opgave (GO)																						
Aansluiting met	ANLb- en BBM-pakketten																						
Veronderstelde relatie met biodiversiteit	Deze KPI omvat alle (semi)natuurlijke elementen op bouwland. Met name op het effect van de aanwezigheid van deze elementen op biodiversiteit wordt gefocust en minder op de effecten van verschillende soorten van beheer, aangezien dat heel divers kan zijn. Een verhoogd aandeel aan natuurlijke elementen, oftewel groenblauwe elementen, zorgt voor voedsel, schuil- en nestgelegenheid voor een verscheidenheid aan soorten en heeft dus een direct effect op biodiversiteit (1). Deze elementen worden minder verstoord vergeleken met bouwland voor akkerbouw, waardoor ze voor veel soorten aantrekkelijk zijn. Vogels gebruiken bouwland bijvoorbeeld voor foerageren, maar ze hebben (semi)natuurlijke stukken nodig voor het nestelen (2). In een landschap met afwisselend natuurlijke elementen en bouwland is de bereikbaarheid van																						

Pijler	2. Landschappelijke diversiteit en 3. Diversiteit van soorten
	elementen beter en dus verspreiden soorten zich makkelijker (3). Netwerken van lijnvormige landschapselementen kunnen tevens bijdragen aan het verbinden van versnipperde natuurgebieden en verspreid liggende landschapselementen.
Indicatoren voor biodiversiteit	In de literatuur worden hoeveelheden individuen en/of aantal waargenomen soorten van een of meerdere soortgroepen geïnventariseerd rond een punt in het landschap. Dit wordt gedaan in landschappen met verschillende aandelen van (semi)natuurlijke habitat en bouwland. De gekozen schaal voor wat beschouwd wordt als landschap varieert per studie op basis van de onderzochte soort(en) en de grootschaligheid van bedrijven in de regio. Er wordt vervolgens gekeken of er een statistisch significante relatie is tussen het aandeel (semi)natuurlijke landschapselementen en de diversiteit van vogels, ongewervelden, zoogdieren en flora.
Duiding gevonden relaties	Er zijn veel studies die de relatie tussen het aandeel (semi)natuurlijke landschapselementen en biodiversiteit in een landschap hebben onderzocht. Tabel B1.7 laat de relatie zien tussen een hoger percentage (semi)natuurlijke landschapselementen en de diversiteit van verschillende soortgroepen. De relaties zijn positief voor vogels, zoogdieren en floristische diversiteit. Voor bovengrondse ongewervelden zijn ook neutrale relaties gevonden waarbij de aantallen en soortendiversiteit van soortgroepen niet reageren op een hoger aandeel (semi)natuurlijke habitat in de omgeving. In een van de studies worden meer vogels, vlinders en spinnen gevonden in landschappen met een hoger percentage natuurlijke elementen (2). Er wordt geconcludeerd dat in een gebied met intensieve landbouw, elementen zoals graslandjes, struiken en heggen de belangrijkste habitats voor deze soorten zijn. Vooral voor het overwinteren zijn deze elementen van belang. In ander onderzoek wordt ook geconcludeerd dat het aandeel natuurlijke elementen in een agrarisch landschap de grootste bijdrage levert aan biodiversiteit; de bijdrage is groter dan die van bijvoorbeeld gewasdiversiteit, bemestingsgraad of pesticidegebruik (5). Het hoeft hierbij niet eens altijd te gaan om grotere aaneengesloten stukken natuurlijke landschapselementen. Onderzoek naar biodiversiteit rondom losstaande bomen toont een veel hogere soortenrijkheid rond deze bomen vergeleken met een open landschap (6). Verder geldt dat meerjarige vegetatie van hogere waarde is voor biodiversiteit vergeleken met tijdelijke elementen, omdat het continuïteit biedt (7). Er is één studie die de relatie tussen landschapselementen en bodembiodiversiteit (regenwormen) beschrijft (15). Aangezien natuurelementen relatief onverstoorde habitat bieden, is het zeer waarschijnlijk dat ook andere vormen van bodembiodiversiteit hiervan profiteren en dat dit ook bijdraagt aan een hogere bodembiodiversiteit in naastliggende percelen. Hier is geen verdere literatuur voor gezocht.

Tabel B1.7 De richting en de sterkte van het effect van het verlagen van een hoger percentage natuurlijke landschapselementen en de diversiteit van verschillende soortgroepen.

Soortgroep	Effect richting	Onderbouwing
Bodembiodiversiteit	+	sterk
Bovengrondse ongewervelden	+	sterk
Vogels	+	sterk
Zoogdieren	+	sterk
Flora	+	sterk

In Nederland is 47% van beschermde soorten afhankelijk van (semi)natuurlijke landschapselementen, voor broedvogels is dit 54% en voor zoogdieren zelfs 81% (8). Een ander Nederlands onderzoek toont ook een sterke relatie tussen het aandeel natuurlijke elementen en biodiversiteit. Ook laat dit onderzoek zien dat een landschap met een aandeel natuurlijke elementen van 3-7%, gemiddeld al 37-75% van de maximale soortendiversiteit kan bevatten. Binnen deze procentuele range worden ook grote effecten gezien voor soortgroepen als vlinders, vogels en zweefvliegen (9, 10). Een ander onderzoek toont dat in landschappen met minder dan 10% bedekking van groenblauwe dooradering het aantal soorten sterk afneemt (11). Het 'gemiddelde' Nederlandse akkerbouwbedrijf bestaat voor 2,1% van de oppervlakte uit seminatuurlijke elementen (12, 13).

Naast de aanwezigheid van natuurlijke elementen kan ook het beheer van landschapselementen een aanzienlijk effect hebben op biodiversiteit. Het beheer van bijvoorbeeld houtwallen (houtwallen waar onder andere minder wordt gesnoeid en gemaaid en waar geen pesticiden worden gebruikt) heeft een positief effect op biodiversiteit van meerdere soortgroepen (14). Over het algemeen is beheer gericht op biodiversiteit vaak extensief en wordt gefaseerd uitgevoerd, waarbij continuïteit in habitat gerealiseerd wordt.

Pijler	2. Landschappelijke diversiteit en 3. Diversiteit van soorten
Duiding van de sterkte van de relatie	De relatie tussen aandeel seminatuurlijke en natuurlijke elementen en meer biodiversiteit is wetenschappelijk sterk onderbouwd. Door in aanvulling hierop ook het beheer van de elementen mee te nemen, kunnen de positieve effecten versterkt worden.
Integraliteit en overlap met andere KPI's	• Integraal met KPI voor milieubelasting van gewasbeschermingsmiddelen omdat: 1. drift en afspoeling de biodiversiteit in natuurlijke elementen kan reduceren en 2. natuurlijke elementen bijdragen aan plaagbeheersing waardoor minder gewasbeschermingsmiddelen gebruikt kunnen worden. • Overlap met stoppeland en extensief beheerde gewassen die als volveldse maatregel ook als beheerpakket kunnen gelden. • Integraal met N-overschot dat van belang is floristische diversiteit in landschapselementen te waarborgen.
Overige opmerkingen	• In veel van de geïnventariseerde studies wordt het aandeel landschapselementen vergeleken met bouwland. Hoe de natuurlijke landschapselementen zijn ingericht en worden beheerd, verschilt per studie (hier is verder niet naar gekeken). • Uitwerking van deze KPI moet in lijn zijn met de uitwerking voor dezelfde KPI in de Biodiversiteitsmonitor melkveehouderij. • Het bestaande landschap heeft ook invloed op de aanwezige biodiversiteit. Sommige landschappen zijn al meer complex dan andere. Voor de Biodiversiteitsmonitor melkveehouderij wordt dit omschreven met gebiedscomplexiteit. Hierdoor passen sommige beheerpakketten beter in een bepaald gebied, omdat ze daar meer effect hebben en kunnen daar daarom zwaarder meetellen. • Beheerpakketten moeten passen binnen het landschap; geen bomenrijen of bosjes in het open Groningse landschap bijvoorbeeld. Dit moet worden ondervangen in de pakketten (bepaalde dingen alleen regionaal af te sluiten).
Conclusie	Een hoger aandeel natuur- en landschapsbeheer heeft een sterk positief effect op de aanwezigheid en diversiteit van alle soortgroepen, met de grootste effecten wanneer aandacht gegeven wordt aan geschikt beheer van de (semi)natuurlijke elementen. Functionele biodiversiteit wordt gestimuleerd door het bieden van rust en voedings- en nestplaatsen aan bestuivers, plaagbestrijders en door bodemleven. De landschappelijke diversiteit neemt toe door het aanleggen van verschillende landschapselementen. Specifieke soorten kunnen beschermd worden door het afsluiten van specifieke beheerpakketten en regionale diversiteit wordt gegarandeerd door het verbeteren van de connectiviteit tussen landschapselementen en het toepassen van regiospecifieke beheerpakketten. Hiermee bevordert het alle pijlers van biodiversiteit in de akkerbouw en is het een essentiële bouwsteen van de Biodiversiteitsmonitor Akkerbouw.
Referenties	1. Dunning, J. B., Danielson, B. J., Pulliam, H. R. (1992) Ecological processes that affect populations in complex landscapes. <i>Oikos</i> 65:169–175. 2. Bovengrondse ongewervelden, vogels, zoogdieren Šálek, M., Hula, V., Kipson, M., Daňková, R., Niedobová, J. & Gamero, A. (2018). Bringing diversity back to agriculture: Smaller fields and non-crop elements enhance biodiversity in intensively managed arable farmlands. <i>Ecological Indicators</i>, 90, 65-73. 3. Tscharntke, T., Tylianakis, J. M., Rand, T. A., Didham, R. K., Fahrig, L., Batary, P., Bengtsson, J., Clough, Y., Crist, T. O., Dormann, C. F., Ewers, R. M. (2012) Landscape moderation of biodiversity patterns and processes—eight hypotheses. <i>Biol Rev Camb Philos Soc</i> 87:661–685. 4. Steingrover, E.G., Geertsema, W., Van Wingerden, W.K.R.E. (2010). Designing agricultural landscapes for natural pest control. <i>Landscape Ecology</i> 25: 825 - 838. 5. Vogels, floristische diversiteit, bovengrondse ongewervelden Billeter, R., Liira, J., Bailey, D., Bugter, R., Arens, P., Augenstein, I., ... & Cerny, M. (2008). Indicators for biodiversity in agricultural landscapes: a pan-European study. <i>Journal of Applied ecology</i>, 45(1), 141-150. 6. Bovengrondse ongewervelden, floristische diversiteit, zoogdieren Prevedello, J. A., Almeida-Gomes, M., & Lindenmayer, D. B. (2018). The importance of scattered trees for biodiversity conservation: A global meta-analysis. <i>Journal of Applied Ecology</i>, 55(1), 205-214. 7. Carvell, C., Meek, W. R., Pywell, R. F., Goulson, D. & Nowakowski, M. (2007). Comparing the efficacy of agrienvironment schemes to enhance bumble bee abundance and diversity on arable field margins. <i>Journal of Applied Ecology</i> 44: 29-40. 8. Mencken, M. (2014). Waarde(n) van landschapselementen voor de biodiversiteit, Landschapsbeheer Nederland. 9. Cormont, A., Siepel, H., Clement, J., Melman, T. C., Wallis De Vries, M. F., Van Turnhout, C. A. M., ... & De Snoo, G. R. (2016). Landscape complexity and farmland biodiversity: evaluating the CAP target on natural elements. <i>Journal for nature conservation</i>, 30, 19-26.

Pijler	2. Landschappelijke diversiteit en 3. Diversiteit van soorten
	10. De Snoo, G. R., Melman, T. C. P., Brouwer, F. M., Van der Weijden, W. J. & De Haes, H. A. U. (2016). Synthese en perspectieven voor agrarisch natuurbeheer. Agrarisch natuurbeheer in Nederland, Wageningen Academic Publishers: 311-344 11. Radford, J. Q., Bennett, A. F. & Cheers, G. J. (2005). Landscape-level thresholds of habitat cover for woodland-dependent birds. <i>Biological conservation</i> 124, pp. 317-337. 12. Sanders, M. & Westerink, J. (2015). Op weg naar een natuurinclusieve duurzame landbouw. Wageningen UR(Alterra), Wageningen. 13. Koopmans, C. J., Erisman, J. W., Zanen, M., Luske, B. (2017), Biodiverse akkerbouw – Verkenning van indicatoren voor agrobiodiversiteit in de akkerbouw, Louis Bolk Instituut. 14. Dicks, L. V., Ashpole, J. E., Dänhardt, J., James, K., Jönsson, A., Randall, N., ... & Sutherland, W.J. (2019) Farmland Conservation Pages 291-330 in: W.J. Sutherland, L.V. Dicks, N. Ockendon, S.O. Petrovan & R.K. Smith (eds) What Works in Conservation 2019. Open Book Publishers, Cambridge, UK. 15. Pulleman, M. M., Frazao, J. F. T. A., Faber, J. H., De Goede, R. G. M., Groot, J. C. J., & Brussaard, L. (2016). Aandacht voor de regenworm. <i>Landschap: tijdschrift voor landschapsecologie en milieukunde</i>, 33(1), 23-26. Overige literatuur gebruikt voor de analyse (Tabel B1.7) 16. Vogels, bovengrondse ongewervelden, floristische diversiteit Benton, T. G., Vickery, J. A., & Wilson, J. D. (2003). Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key?. <i>Trends in ecology & evolution</i>, 18(4), 182-188. 17. Bovengrondse ongewervelden Bianchi, F. J., Booij, C. J. H., & Tscharntke, T. (2006). Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. <i>Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences</i>, 273(1595), 1715-1727. 18. Amfibien Boissinot, A., Besnard, A., & Lourdais, O. (2019). Amphibian diversity in farmlands: Combined influences of breeding-site and landscape attributes in western France. <i>Agriculture, ecosystems & environment</i>, 269, 51-61. 19. Bovengrondse ongewervelden Chaplin-Kramer, R., O'Rourke, M. E., Blitzer, E. J., & Kremen, C. (2011). A meta-analysis of crop pest and natural enemy response to landscape complexity. <i>Ecology letters</i>, 14(9), 922-932. 20. Amfibien Collins, S. J., & Fahrig, L. (2017). Responses of anurans to composition and configuration of agricultural landscapes. <i>Agriculture, Ecosystems & Environment</i>, 239, 399-409. 21. Floristische diversiteit, bovengrondse ongewervelden Dufloy, R., Ernoul, A., Aviron, S., Fahrig, L., & Burel, F. (2017). Relative effects of landscape composition and configuration on multi-habitat gamma diversity in agricultural landscapes. <i>Agriculture, Ecosystems & Environment</i>, 241, 62-69. 22. Vogels Endenburg, S., Mitchell, G. W., Kirby, P., Fahrig, L., Pasher, J., & Wilson, S. (2019). The homogenizing influence of agriculture on forest bird communities at landscape scales. <i>Landscape Ecology</i>, 34(10), 2385-2399. 23. Floristische diversiteit, bovengrondse ongewervelden, vogels Fahrig, L., Girard, J., Duro, D., Pasher, J., Smith, A., Javorek, S., ... & Tischendorf, L. (2015). Farmlands with smaller crop fields have higher within-field biodiversity. <i>Agriculture, Ecosystems & Environment</i>, 200, 219-234. 24. Bovengrondse ongewervelden Hass, A. L., Kormann, U. G., Tscharntke, T., Clough, Y., Baillod, A. B., Sirami, C., ... & Bosch, J. (2018). Landscape configurational heterogeneity by small-scale agriculture, not crop diversity, maintains pollinators and plant reproduction in western Europe. <i>Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences</i>, 285(1872), 20172242. 25. Bovengrondse ongewervelden Martin, E. A., Dainese, M., Clough, Y., Báldi, A., Bommarco, R., Gagic, V., ... & Marini, L. (2019). The interplay of landscape composition and configuration: new pathways to manage functional biodiversity and agroecosystem services across Europe. <i>Ecology letters</i>, 22(7), 1083-1094. 26. Zoogdieren Monck-Whipp, L., Martin, A. E., Francis, C. M., & Fahrig, L. (2018). Farmland heterogeneity benefits bats in agricultural landscapes. <i>Agriculture, ecosystems & environment</i>, 253, 131-139. 27. Bovengrondse ongewervelden Steffan-Dewenter, I., Münzenberg, U., Bürger, C., Thies, C., & Tscharntke, T. (2002). Scale-dependent effects of landscape context on three pollinator guilds. <i>Ecology</i>, 83(5), 1421-1432.

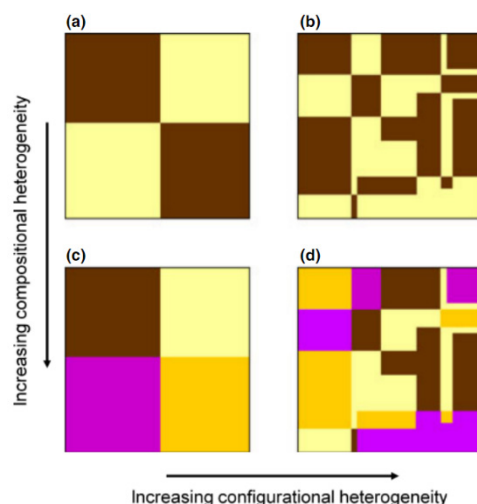
Pijler	2. Landschappelijke diversiteit en 3. Diversiteit van soorten
	28. Vogels Wilson, S., Mitchell, G. W., Pasher, J., McGovern, M., Hudson, M. A. R., & Fahrig, L. (2017). Influence of crop type, heterogeneity and woody structure on avian biodiversity in agricultural landscapes. <i>Ecological Indicators</i>, 83, 218-226. 29. Martinez, S., Ramil, P., & Chuvieco, E. (2010). Monitoring loss of biodiversity in cultural landscapes. New methodology based on satellite data. <i>Landscape and Urban Planning</i>, 94, 127-140.

KPI 8 Regionale kringloop

Pijler	Regionale diversiteit																		
Definitie	Nog niet gedefinieerd, een optie voor definitie is aandeel inputs & outputs afkomstig uit de regio. De akkerbouwer kan bijdragen aan regionale kringlopen via zowel inputs als outputs. Via inputs betreft de akkerbouwer bijvoorbeeld organische stof in de vorm van compost of ruige mest van een (vee)bedrijf uit de buurt. Er zijn ook voorbeelden van het gebruik van regionaal (natuur)maaisel om het organische stofgehalte te verhogen. Via outputs kunnen regionale kringlopen meer gesloten worden, bijvoorbeeld doordat een akkerbouwer zijn (rest)producten afzet bij een nabij gelegen veebedrijf in de vorm van voer of strooisel.																		
Borging	Pm																		
Aansluiting met	Pm																		
Veronderstelde relatie met biodiversiteit	Er is geen directe relatie tussen de KPI Regionale kringlopen met biodiversiteit. Een indirecte relatie zou kunnen verlopen via de aanvoer van organische stof, wat gepaard zou kunnen gaan met een positief effect op biodiversiteit. Echter, KPI 2 (organische stofbalans) dekt dit aspect al af.																		
Aantal artikelen	0																		
Indicatoren voor biodiversiteit	N.v.t.																		
Duiding gevonden relaties	N.v.t. Tabel B1.8 De richting en de sterkte van het effect van het verbeteren van het regionale kringloop op de diversiteit van verschillende soortgroepen. <table><tr><th>Soortgroep</th><th>Effect richting</th><th>Effect sterkte</th></tr><tr><td>Bodembiodiversiteit</td><td>0</td><td>n.v.t.</td></tr><tr><td>Bovengrondse ongewervelden</td><td>0</td><td>n.v.t.</td></tr><tr><td>Vogels</td><td>0</td><td>n.v.t.</td></tr><tr><td>Zoogdieren</td><td>0</td><td>n.v.t.</td></tr><tr><td>Flora</td><td>0</td><td>n.v.t.</td></tr></table>	Soortgroep	Effect richting	Effect sterkte	Bodembiodiversiteit	0	n.v.t.	Bovengrondse ongewervelden	0	n.v.t.	Vogels	0	n.v.t.	Zoogdieren	0	n.v.t.	Flora	0	n.v.t.
Soortgroep	Effect richting	Effect sterkte																	
Bodembiodiversiteit	0	n.v.t.																	
Bovengrondse ongewervelden	0	n.v.t.																	
Vogels	0	n.v.t.																	
Zoogdieren	0	n.v.t.																	
Flora	0	n.v.t.																	
Duiding van de sterkte van de relatie	N.v.t.																		
Overige opmerkingen																			
Conclusie	Deze KPI heeft geen directe relatie met biodiversiteit. Een indirecte relatie bestaat mogelijk via de aanvoer van organische stof, maar daarin is al een KPI benoemd, daarom lijkt er weinig meerwaarde te zijn voor een KPI regionale kringloop.																		

KPI 9 Gewasdiversiteit

Pijler	2. Landschappelijke diversiteit 4. Regionale diversiteit
Definitie	Gewasdiversiteit is de diversiteit van productieve gewassen in tijd en ruimte op een bedrijf. Twee aspecten zijn hierbij belangrijk; de diversiteit in gewassoorten en de diversiteit in de ruimtelijke verdeling van deze (zie verdere uitleg bij <i>Veronderstelde relatie met biodiversiteit</i>). Voor de <u>diversiteit in gewassoorten</u> wordt een index berekend op basis van het aantal geteelde gewassen in een jaar gewogen op basis van de teeltoppervlaktes. Dit is een momentopname van de hoofdteelten. De Shannon index: $HS = - \sum_i^n p_i \ln p_i$ P_i = fractie van gewas van totale beteelbare oppervlak (0-1) De index heeft geen eenheid maar kan vertaald worden naar een aantal gewassen per bedrijf als men aanneemt dat het areaal van de verschillende gewassen gelijk is. Voor de <u>ruimtelijke gewasdiversiteit</u> is een optie om te kijken naar de randdichtheid (EN: Edge density). Deze heeft een positieve relatie met perceelsgrootte. Edge density van percelen: $ED = \frac{1}{n} \sum_i^n \frac{P_i}{A_i}$ n = aantal percelen van bedrijf P_i = omtrek van perceel i A_i = oppervlak van perceel i Deze indicator heeft m per ha als eenheid. De data die nodig zijn om deze twee te berekenen kan verkregen worden via de gecombineerde opgave. Op deze manier kunnen ook huurpercelen worden meegenomen in de berekening.
Borging	Gegevens via GO (gecombineerde opgave)
Aansluiting met	SAI SFA - Cool farm tool - Akkerweb (bouwplan registratie) - Teeltmanagementprogramma's (bv. Cropvision van Agrovision)
Veronderstelde relatie met biodiversiteit	Gewasdiversiteit is een aspect van diversiteit op landschapsniveau en heeft een direct effect op biodiversiteit via een invloed op de kwaliteit van het landschap als habitat. Landschapsdiversiteit- (of heterogeniteit) wordt in de literatuur in twee verschillende dimensies beschreven: compositionele diversiteit en configurationele diversiteit (Figuur B1.1). Compositionele diversiteit betreft de invulling van de elementen in het landschap, dus het aantal gewassen op de akkers. Configurationele diversiteit refereert naar de fijnmazigheid, vormen en patronen van fysieke elementen waarmee het landschap is ingericht; zoals de schaal, de onderlinge verhoudingen en de intensiteit van de dooradering van scheidingen/randten tussen elementen (2).



Figuur B1.1 Visualisatie van toename in compositie (y-as) en configuratie (x-as) diversiteit (overgenomen uit bron 3).

Gewasdiversiteit binnen het aspect van landschapsdiversiteit heeft alleen betrekking tot het beteelde oppervlak. Het betreft het aantal gewassen met bijbehorend areaal (compositie) in de tijdsdimensie; en de perceelgrootte en ruimtelijke indeling (configuratie) van de gewaspercelen in de ruimtedimensie. De tijdscomponent wordt bepaald doordat elk gewas zijn eigen tijdstip heeft voor zaai, beheer en oogst en door de vruchtwisseling. Hiermee ontstaat een variatie in tijd binnen een bedrijf. De ruimtelijke component wordt bepaald door de intensiteit van ruimtelijke menging en kan van kleine schaal tot grotere schaal lopen, bv. van mengteelt tot strokenteelt tot grote percelen met één gewas.

Gewasdiversiteit heeft door twee verschillende mechanismen effecten op biodiversiteit.

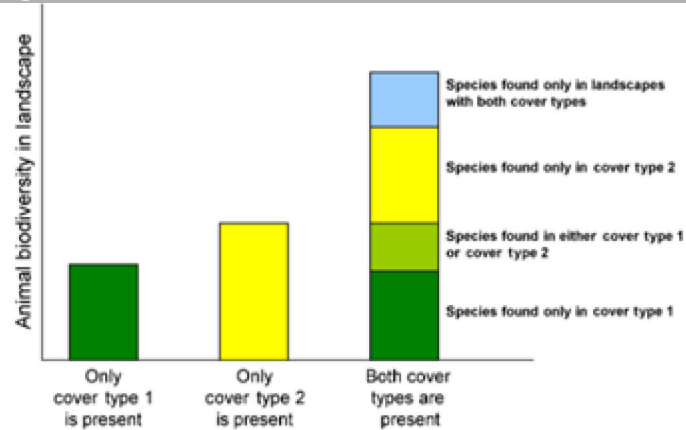
1. Habitat complementariteit

Het ene mechanisme is habitat complementariteit en komt tot effect door de hogere verscheidenheid in habitattypen in de vorm van meer gewassoorten. Dit is een aspect van compositie diversiteit. Meer gewassen bieden meer verschillende habitats met mogelijk geschikte voedsel, schuil- en nestplaats, voor verschillende soorten (2). Een landschap met meer gewassoorten is dus voor veel soorten aantrekkelijker, vergeleken met een homogeen landschap met minder gewassoorten (4). Dit effect is wel afhankelijk van het beheer en de eigenschappen van de gewassoorten. Gewasdiversiteit op een bedrijf of landschap biedt soorten de mogelijkheid om van meerdere habitats gebruik te maken door de verhoogde variatie in de tijd; als bijvoorbeeld het ene gewas geoogst wordt, en dus geen schuilplaats of voeding meer biedt, kan er makkelijker overgegaan worden naar een ander gewas. Het geeft dus een betere continuïteit in habitatsbeschikbaarheid.

2. Habitat verbindingen

Het andere mechanisme is het verbinden van habitat. In de literatuur wordt dit ook wel habitat sampling genoemd. Met kleinere percelen neemt het aantal randen tussen de gewassen toe. Randen zorgen voor betere verbindingen tussen verschillende elementen in het landschap, waardoor migratie en spreiding van soorten tussen verschillende habitat-typen wordt vergemakkelijkt. Met meer randen in het landschap neemt de kans toe dat een soort een geschikt habitat tegenkomt (5). Dit heeft er ook mee te maken dat soorten variatie in mobiliteit hebben en dus niet even makkelijk alle habitatten/gewassen kunnen doorkruisen. Verplaatsing langs randen gaat vaak sneller dan verplaatsing in hetzelfde habitat. Zo gebruiken bijvoorbeeld bestuivers randen in het landschap om zich te oriënteren. Dit kunnen ook randen tussen twee gewassen zijn (6).

Figuur B1.2 illustreert hoe een gebied met twee gewas types niet alleen de som oplevert van gewas type 1 en 2, maar een nieuw type habitat vormt waar specifieke soorten op af kunnen komen.



Figuur B1.2 Illustratie van effect van verhogen van gewasdiversiteit (overgenomen uit bron 3).

Indicatoren voor biodiversiteit

In de literatuur worden hoeveelheden individuen en/of aantal waargenomen soorten van één of meerdere soorten of soortgroepen geïnventariseerd, rond een punt in een landschap. Landschappen met verschillende combinaties van configurationele en compositionele diversiteit worden hiervoor geselecteerd. De gekozen schaal van een landschap varieert per studie, op basis van de onderzochte soort en de grootschaligheid van percelen in de regio. Er wordt vervolgens gekeken of er een statistisch significante relatie is tussen de gemeten indicatoren voor biodiversiteit en de indicatoren voor landschapsheterogeniteit. Voor compositionele diversiteit wordt een indicator of index voor het aantal van en verdeling van verschillende gewassen gebruikt, bv. Shannon Index. Voor configurationele diversiteit wordt perceelgrootte (ha/perceel) en dichtheid van randen (km/ha) als indicatoren gebruikt. Deze twee zijn sterk verbonden met elkaar. Een rand wordt hier gedefinieerd als een scheiding tussen gewassen maar ook tussen gewassen en (semi-)natuurlijke elementen. Veel van de geïnventariseerde studies komen uit Canada en Frankrijk, waar de omstandigheden en bouwplan niet vergelijkbaar zijn met de Nederlandse akkerbouw. De mechanismen met effecten op biodiversiteit zijn echter hetzelfde; dit komt ook naar voren in andere Europese studies waarin vergelijkbare resultaten gevonden zijn.

Duiding gevonden relaties

In een recente toonaangevende internationale meta-analyse wordt een sterke positieve relatie gevonden tussen biodiversiteit en verschillende maatregelen m.b.t. gewasdiversiteit, zoals; vruchtwisseling, groenbemesters en verschillende vormen van intercropping (strokenteelt, agroforestry, companion cropping) (7).

Tabel B1.9 laat onder andere de resultaten van studies zien waarbij gekeken is naar de relatie tussen biodiversiteit en een hoger aantal en betere verdeling van gewassoorten (diversiteit) in het landschap. Voor boven- en ondergrondse ongewervelden zijn sterk positieve relaties gevonden (9; 10; 11; 12). Voor vogels zijn de gevonden relaties erg wisselend, van positief naar neutraal en negatief. Bij een negatieve relatie met vogels gaat het met name over grond-broedende akkervogels. Het type gewas dat aan de vruchtwisseling wordt toegevoegd is hier van belang. Grond-broedende akkervogels hebben vaak specifieke eisen aan een gewas, het type gewas kan belangrijker zijn dan diversiteit op zich (13). Bij hogere gewasdiversiteit worden vaak meer eenjarige- of rooigewassen toegevoegd die minder aantrekkelijk zijn voor deze grond-broedende akkervogels om in te broeden (14; 15).

Tabel B1.9 De richting en de sterkte van het effect van gewasdiversiteit, kleinere percelen en randdichtheid op de diversiteit van verschillende soortgroepen. Gewasdiversiteit staat voor een hoger aantal en meer verspreide verdeling van gewassoorten.

Soortgroep	Gewasdiversiteit		Kleinere percelen	
	Effect richting	Effect sterkte	Effect richting	Effect sterkte
Bodembiodiversiteit	+	sterk	0	zwak
Bovengrondse ongewervelden	+	sterk	+ / 0	sterk
Vogels	~	sterk	+	sterk
Zoogdieren	~	zwak	0	zwak
Flora	~	zwak	+	sterk

Pijler	2. Landschappelijke diversiteit 4. Regionale diversiteit
	Voor planten, vogels en bovengrondse ongewervelden wordt een sterk positieve relatie gevonden met kleinere percelen (Tabel B1.9). Echter, voor bodembiodiversiteit en voor zoogdieren wordt geen relatie tussen biodiversiteit en perceelgrootte gevonden. Negatieve relaties komen niet voor in de geïnventariseerde studies. Verder is aangetoond dat de biodiversiteit van flora hoger is in landschappen met kleinere percelen (16). Een positieve relatie wordt gevonden tussen kleinere percelen en vogels en vlinders omdat landschappen met kleinere percelen meer bereikbare voeding en nest- en schuilplekken bieden (17). Tevens wordt meer vleermuisactiviteit gevonden in landschappen met kleinere percelen (18). Heterogeniteit in een landschap verhogen door middel van kleinere percelen kan belangrijker zijn voor biodiversiteit dan het verhogen van het aandeel (semi)natuurlijk landschap (5). De gevonden relaties tussen randdichtheid en biodiversiteit zijn overheersend positief (Tabel B1.9). Vooral voor bovengrondse ongewervelden is een sterk positieve relatie gevonden. Een positief effect wordt bijvoorbeeld gevonden voor loopkevers (19) en natuurlijke vijanden (20). Negatieve relaties zijn niet gevonden in de geïnventariseerde studies.
Duiding van de sterkte van de relatie	Op basis van het gebruikte literatuuroverzicht mogen we concluderen dat de relatie tussen gewasdiversiteit (aantal gewassoorten en hun ruimtelijke verdeling) en biodiversiteit op landschapsschaal goed onderbouwd is. Elke positieve relatie staat voor een statistisch significante relatie in één regio of in landschappen in meerdere landen. Positieve relaties zijn verreweg het meest gevonden, gevolgd door neutrale relaties (geen statistisch aantoonbare relatie). De conclusie uit de meest recente literatuur van dit onderzoeksveld is dat de meeste studies positieve relaties vinden maar dat configuratiele diversiteit (perceelgrootte) meer consistente en positieve resultaten hebben dan compositieel diversiteit (aantal gewassoorten). Negatieve effecten van hogere compositieel diversiteit zijn vaak te verklaren aan de hand van bouwplannen en onderzochte soortgroep. Een recente studie vergelijkt de effectgrootte van landschapsdiversiteit met andere maatregelen. Hieruit blijkt dat gewasdiversiteit tenminste een net zo groot effect kan hebben op biodiversiteit als grondbewerking, gewasbeschermingsmiddelen of bemesting (15).
Integraliteit en overlap met andere KPI's	• Meer verschillende gewassen kan betekenen dat meer intensieve gewassen geteeld worden waardoor mogelijk meer gewasbeschermingsmiddelen gebruikt worden, waardoor er een relatie is met KPI 4 – milieubelasting gewasbeschermingsmiddelen. Echter, omdat er in Nederland al veel intensive gewassen (zoals rooigewassen) worden geteeld, zou het ook kunnen dat bij hogere gewasdiversiteit minder intensieve gewassen worden toegevoegd aan de rotatie. Een andere relatie met gewasbeschermingsmiddelen zou kunnen zijn dat er door gewasdiversiteit meer biodiversiteit is, waaronder meer natuurlijke vijanden, waar door chemische gewasbescherming minder noodzakelijk is. • Integraal met KPI 1 % rustgewassen, omdat deze KPI een meer divers gebruik van rustgewassen bevordert. • In stroteelt en agroforestry-systemen zijn veel randen aanwezig, de vraag is hoe rekening gehouden wordt met dit soort systemen voor deze KPI. • KPI 7 - % natuur en landschapsbeheer is complementair aan deze KPI. KPI 7 schenkt aandacht aan de niet-productieve elementen, en KPI 12 de productieve elementen. Beide zijn belangrijk om op bedrijfs- en landschapniveau goede voorwaarden te scheppen voor biodiversiteit. • Om de positieve effecten van gewasdiversiteit goed te benutten moet gewerkt worden aan het creëren van verbindingen tussen bedrijven en op landschapniveau.
Conclusie	Gewasdiversiteit, kijkend naar aantal en verdeling van gewassoorten, perceelgrootte en randdichtheid, heeft een overwegend positief effect op biodiversiteit. In samenhang met KPI 1 % rustgewassen worden mogelijke negatieve effecten door het diversifiëren met hak- en rooivuchten opgevangen. Gewasdiversiteit verhoogt de beschikbaarheid en bereikbaarheid van voedsel en schuil- en nestplaats. De effectgrootte van gewasdiversiteit lijkt in ieder geval vergelijkbaar te kunnen zijn met het effect van andere perceel maatregelen zoals grondbewerking en gewasbeschermingsmiddelen.
Referenties	1. Bockstaller, C., Lassere-Joulin, F., Slezack-Deschaumes, S., Piutti, S., Villerd, J., Amiaud, B., & Plantureux, S. (2011). Assessing biodiversity in arable farmland by means of indicators: an overview. <i>Oléagineux Corps Gras Lipides</i>, 18(3), 137–144. https://doi.org/10.1684/ocl.2011.0381 2. Dunning, J. B., Danielson, B. J., Pulliam, H. R. (1992) Ecological processes that affect populations in complex landscapes. <i>Oikos</i> 65:169–175.

Pijler	2. Landschappelijke diversiteit 4. Regionale diversiteit
	3. Fahrig, L., Baudry, J., Brotons, L., Burel, F. G., Crist, T. O., Fuller, R. J., ... & Martin, J. L. (2011). Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. <i>Ecology letters</i>, 14(2), 101-112. 4. Tschardtke, T., Tylanakis, J. M., Rand, T. A., Didham, R. K., Fahrig, L., Batary, P., ... & Ewers, R. M. (2012) Landscape moderation of biodiversity patterns and processes—eight hypotheses. <i>Biol Rev Camb Philos Soc</i> 87:661–685. 5. Sirami, C., Gross, N., Baillod, A. B., Bertrand, C., Carrié, R., Hass, A., ... & Girard, J. (2019). Increasing crop heterogeneity enhances multitrophic diversity across agricultural regions. <i>Proceedings of the National Academy of Sciences</i>, 116(33), 16442-16447. 6. Bovengrondse ongewervelden Hass, A. L., Kormann, U. G., Tschardtke, T., Clough, Y., Baillod, A. B., Sirami, C., ... & Bosch, J. (2018). Landscape configurational heterogeneity by small-scale agriculture, not crop diversity, maintains pollinators and plant reproduction in western Europe. <i>Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences</i>, 285(1872), 20172242. 7. Beillouin, D., Ben-Ari, T., & Makowski, D. (2019). Evidence map of crop diversification strategies at the global scale. <i>Environmental Research Letters</i>, 14(12), 123001. 8. Bovengrondse ongewervelden Bertrand, C., Burel, F., & Baudry, J. (2016). Spatial and temporal heterogeneity of the crop mosaic influences carabid beetles in agricultural landscapes. <i>Landscape Ecology</i>, 31(2), 451-466. 9. Bovengrondse ongewervelden Billeter, R., Liira, J., Bailey, D., Bugter, R., Arens, P., Augenstein, I., ... & Cerny, M. (2008). Indicators for biodiversity in agricultural landscapes: a pan-European study. <i>Journal of Applied ecology</i>, 45(1), 141-150. 10. Bovengrondse ongewervelden Palmu, E., Ekroos, J., Hanson, H. I., Smith, H. G., & Hedlund, K. (2014). Landscape-scale crop diversity interacts with local management to determine ground beetle diversity. <i>Basic and Applied Ecology</i>, 15(3), 241-249. 11. Bodemleven McDaniel, M. D., Tiemann, L. K., & Grandy, A. S. (2014). Does agricultural crop diversity enhance soil microbial biomass and organic matter dynamics? A meta-analysis. <i>Ecological Applications</i>, 24(3), 560-570. 12. Vickery, J. A., Feber, R. E., & Fuller, R. J. (2009). Arable field margins managed for biodiversity conservation: a review of food resource provision for farmland birds. <i>Agriculture, ecosystems & environment</i>, 133(1-2), 1-13. 13. Redlich, S., Martin, E. A., Wende, B., & Steffan-Dewenter, I. (2018). Landscape heterogeneity rather than crop diversity mediates bird diversity in agricultural landscapes. <i>PloS one</i>, 13(8). 14. Vogels Wilson, S., Mitchell, G. W., Pasher, J., McGovern, M., Hudson, M. A. R., & Fahrig, L. (2017). Influence of crop type, heterogeneity and woody structure on avian biodiversity in agricultural landscapes. <i>Ecological Indicators</i>, 83, 218-226. 15. Vogels, bovengrondse ongewervelden, floristische diversiteit Martin, A. E., Collins, S. J., Crowe, S., Girard, J., Naujokaitis-Lewis, I., Smith, A. C., ... & Fahrig, L. (2020). Effects of farmland heterogeneity on biodiversity are similar to—or even larger than—the effects of farming practices. <i>Agriculture, Ecosystems & Environment</i>, 288, 106698. 16. Flora Gaba, S., Chauvel, B., Dessaint, F., Bretagnolle, V., & Petit, S. (2010). Weed species richness in winter wheat increases with landscape heterogeneity. <i>Agriculture, ecosystems & environment</i>, 138(3-4), 318-323. 17. Vogels, bovengrondse ongewervelden, zoogdieren Šálek, M., Hula, V., Kipson, M., Daňková, R., Niedobová, J., & Gamero, A. (2018). Bringing diversity back to agriculture: Smaller fields and non-crop elements enhance biodiversity in intensively managed arable farmlands. <i>Ecological Indicators</i>, 90, 65-73. 18. Zoogdieren Monck-Whipp, L., Martin, A. E., Francis, C. M., & Fahrig, L. (2018). Farmland heterogeneity benefits bats in agricultural landscapes. <i>Agriculture, ecosystems & environment</i>, 253, 131-139. 19. Bovengrondse ongewervelden, floristische diversiteit Duflot, R., Ernoult, A., Aviron, S., Fahrig, L., & Burel, F. (2017). Relative effects of landscape composition and configuration on multi-habitat gamma diversity in agricultural landscapes. <i>Agriculture, Ecosystems & Environment</i>, 241, 62-69. 20. Bovengrondse ongewervelden Martin, E. A., Dainese, M., Clough, Y., Báldi, A., Bommarco, R., Gagic, V., ... & Marini, L. (2019). The interplay of landscape composition and configuration: new pathways to manage functional biodiversity and agroecosystem services across Europe. <i>Ecology letters</i>, 22(7), 1083-1094.

Pijler	2. Landschappelijke diversiteit 4. Regionale diversiteit
	Overige literatuur gebruikt voor de analyse (Tabel B1.9) 21. Amfibien Boissinot, A., Besnard, A., & Lourdais, O. (2019). Amphibian diversity in farmlands: Combined influences of breeding-site and landscape attributes in western France. <i>Agriculture, ecosystems & environment</i>, 269, 51-61. 22. Bovengrondse ongewervelden Bøsem Baillod, A., Tschardtke, T., Clough, Y., & Batáry, P. (2017). Landscape-scale interactions of spatial and temporal cropland heterogeneity drive biological control of cereal aphids. <i>Journal of Applied Ecology</i>, 54(6), 1804-1813. 23. Vogels Chiron, F., Chargé, R., Julliard, R., Jiguet, F., & Muratet, A. (2014). Pesticide doses, landscape structure and their relative effects on farmland birds. <i>Agriculture, ecosystems & environment</i>, 185, 153-160. 24. Amfibien Collins, S. J., & Fahrig, L. (2017). Responses of anurans to composition and configuration of agricultural landscapes. <i>Agriculture, Ecosystems & Environment</i>, 239, 399-409. 25. Concepcion, E. D., Díaz, M., Kleijn, D., Baldi, A., Batary, P., Clough, Y., ... & Marshall, E. J. P. (2012). Interactive effects of landscape context constrain the effectiveness of local agri-environmental management. <i>Journal of Applied Ecology</i>, 49(3), 695-705. 26. Vogels, bovengrondse ongewervelden, floristische diversiteit Fahrig, L., Girard, J., Duro, D., Pasher, J., Smith, A., Javorek, S., ... & Tischendorf, L. (2015). Farmlands with smaller crop fields have higher within-field biodiversity. <i>Agriculture, Ecosystems & Environment</i>, 200, 219-234. 27. Bovengrondse ongewervelden Gallé, R., Császár, P., Makra, T., Gallé-Szpisjak, N., Ladányi, Z., Torma, A., ... & Szilassi, P. (2018). Small-scale agricultural landscapes promote spider and ground beetle densities by offering suitable overwintering sites. <i>Landscape Ecology</i>, 33(8), 1435-1446. 28. Vogels Hiron, M., Berg, Å., Eggers, S., Berggren, Å., Josefsson, J., & Pärt, T. (2015). The relationship of bird diversity to crop and non-crop heterogeneity in agricultural landscapes. <i>Landscape Ecology</i>, 30(10), 2001-2013. 29. Holland, J., & Fahrig, L. (2000). Effect of woody borders on insect density and diversity in crop fields: a landscape-scale analysis. <i>Agriculture, ecosystems & environment</i>, 78(2), 115-122. 30. Ma, M., Hietala, R., Kuussaari, M., & Helenius, J. (2013). Impacts of edge density of field patches on plant species richness and community turnover among margin habitats in agricultural landscapes. <i>Ecological indicators</i>, 31, 25-34. 31. Bovengrondse ongewervelden Martel, G., Aviron, S., Joannon, A., Lalechère, E., Roche, B., & Boussard, H. (2019). Impact of farming systems on agricultural landscapes and biodiversity: From plot to farm and landscape scales. <i>European Journal of Agronomy</i>, 107, 53-62. 32. Merckx, T., Marini, L., Feber, R. E., & Macdonald, D. W. (2012). Hedgerow trees and extended-width field margins enhance macro-moth diversity: implications for management. <i>Journal of Applied Ecology</i>, 49(6), 1396-1404. 33. Bodemleven Venter, Z. S., Jacobs, K., & Hawkins, H. J. (2016). The impact of crop rotation on soil microbial diversity: A meta-analysis. <i>Pedobiologia</i>, 59(4), 215-223. 34. Henderson, I. G., Ravenscroft, N., Smith, G., & Holloway, S. (2009). Effects of crop diversification and low pesticide inputs on bird populations on arable land. <i>Agriculture, ecosystems & environment</i>, 129(1-3), 149-156.

KPI 10 Niet-kerende grondbewerking

Pijler	1. Functionele agro-biodiversiteit
Definitie	Er bestaat geen formele definitie van niet-kerende grondbewerking. Vaak wordt de term intensieve grondbewerking globaal voor een diep kerende (ploegen >15 cm) of mengende (spitten of frezen > 15 cm) grondbewerking gebruikt. De te kiezen definitie zal mede afhangen van de verkrijgbaarheid van de data voor de berekening van de KPI. Voorstel definitie <i>intensieve</i> grondbewerking: Bewerkingen dieper dan 15 cm die kerend of mengend zijn. Voorstel definitie <i>niet-kerende grondbewerking</i>: Ploegen, spitten of frezen of andere grondbewerking met een diepte < 15 cm. Voorstel definitie KPI 9 (niet-kerende grondbewerking): het aandeel (ha) met niet-kerende grondbewerking ten opzichte van het totaal aantal ha in het bouwplan van een bedrijf per kalenderjaar.
Borging	De intensiteit van grondbewerking is niet geborgd via de gecombineerde opgave - Basisregistratie RVO. De informatie is mogelijk te vinden in de pakketten voor teeltregistratie. In de meeste gevallen zal de informatie verstrekt moeten worden door de teler zelf. Visuele controle hierop is in principe mogelijk (14).
Aansluiting met	SAI SFA - Cool farm tool - Akkerweb (bouwplan registratie) - Teeltmanagementprogramma's (bv. Cropvision van Agrovision)
Veronderstelde relatie met biodiversiteit	Onder de grond leeft 4 tot 6 ton aan biomassa per ha met een grote diversiteit aan soorten. Daarnaast hebben soorten die bovengronds leven een bepaalde levensfase in de bodem, zoals vele soorten vliegende insecten. Verder leven veel soorten in de strooisellaag of op de bodem, zoals diverse loopkevers en spinnen. Mechanische bewerking van de bodem heeft invloed op de hoeveelheid en samenstelling van de biodiversiteit in de bodem (1, 2). Het directe effect van grondbewerking op biodiversiteit bestaat uit verschillende mechanismen. Grondbewerking beïnvloedt de verhouding tussen water, lucht en vaste delen in de bodem en daarmee de microbiële samenstelling (3, 4). Grondbewerking maakt schimmeldraden kapot en vermindert de hoeveelheid schimmels ten opzichte van de bacteriën (5). Grondbewerking maakt daarnaast de habitat voor regenwormen ongunstiger (6, 7). Het beschadigt bestaande structuren van doorlopende poriën, gangstelsels en aggregaten. Het grootste deel van het bodemleven leeft in de bovenste 12 cm. Specifiek kerende grondbewerking begraaft al het bodemleven op de bodem en in de bovenste 12 cm, waarna dit grotendeels afsterft en moeilijk te bereiken is voor bovengrondse soorten die zich ermee voeden. Tegelijkertijd komt een deel van de soorten uit diepere bodemlagen in bereik voor foerageren, zoals wanneer meeuwen regenwormen en insecten zoeken achter de ploeg. Door het effect van bodembewerking op bodemdiversiteit heeft de keuze van bodembewerking indirecte effecten die doorwerken in de voedselketen. Grondbewerking heeft ook andere effecten op de bovengrondse biodiversiteit. Bewerkte grond, en vooral geploegde grond, levert over het algemeen weinig voedsel en schuilplaatsen voor biodiversiteit op. Vooral op gronden waar in het najaar ploegen gebruikelijk is, is er een lange periode waar nauwelijks voedsel of schuilplaats te vinden is (zie factsheet KPI 5 (percentage bodembedekking)). In feite is dus niet alleen de intensiteit van de grondbewerking van belang, maar ook de timing i.v.m. bodemcondities. Periodieke intensieve grondbewerking selecteert vaak een aantal pionierssoorten waarvan de levenscyclus past bij het ritme van de grondbewerking (8). Intensieve grondbewerking heeft verder invloed op de (onkruid)flora op de akker (13). Of andersom geredeneerd: kerende grondbewerking is deels bedoeld om onkruid te verminderen. Ook de samenstelling van de onkruidpopulatie kan veranderen naar een hoger aandeel meerjarig onkruiden (13). Daarnaast is ook het bewerkte oppervlak een belangrijke factor. Naarmate een groter aaneengesloten oppervlak bewerkt wordt, zijn de gevolgen voor de biodiversiteit meestal negatiever.
Indicatoren voor biodiversiteit	Een veelgebruikte indicator voor de relatie tussen grondbewerking en bodembiodiversiteit is het aantal en de soortensamenstelling van regenwormen. Een nieuw toegepaste indicator voor bodemleven is de samenstelling van de aaltjesgemeenschap (9; 2018. pers. mededeling Gerard Korthals). Deze samenstelling lijkt gevoelig te zijn voor verstoringen. Ten aanzien van

Pijler	1. Functionele agro-biodiversiteit																		
	bodemkruipers wordt veel gekeken naar aantallen en samenstelling van loopkevers en spinnen (8, 10).																		
Duiding gevonden relaties	De onderbouwing komt uit een aantal meta-analyses met enige of volledige focus op gematigde klimaatzones en akkerbouw. Daarnaast worden niet-wetenschappelijk gepubliceerde Nederlandse resultaten gebruikt (11). De best onderbouwde directe relatie is die met het voorkomen van regenwormen. Meer en intensievere grondbewerking resulteert in minder regenwormen (6, 7). Ook blijkt uit de literatuur dat er een hogere bacteriële en schimmelbiomassa (1, 3, 4, 5, 11) en schimmel-bacterieverhouding (11) is bij niet-kerende grondbewerking. Afhankelijk van de intensiteit van de grondbewerking zijn er ook effecten op andere trofische niveaus waargenomen, zoals in de samenstelling van de aaltjespopulatie (9). Er is een relatie gevonden tussen aantallen bodemkruipers en grondbewerking en tussen aantallen lieveheersbeestjes en zweefvliegen en grondbewerking (10). Niet-kerende grondbewerking heeft meer loopkevers, spinnen en lieveheersbeestjes dan kerende grondbewerking. Niet-kerende grondbewerking samen met het achterlaten van gewasresten bleek ook een positief effect te hebben op akkervogels (12). Er is ook een relatief goed onderbouwde relatie tussen de intensiteit van de grondbewerking en de onkruiddruk of samenstelling van de onkruidpopulatie (13). Doordat in de akkerbouw de onkruiden intensief bestreden worden, is het niet duidelijk of de hogere onkruiddruk leidt tot een hogere of lagere biodiversiteit. Tabel B1.10 De richting en de sterkte van het effect van niet-kerende grondbewerking en de diversiteit van verschillende soortgroepen. <table><tr><th>Soortgroep</th><th>Effect richting</th><th>Effect sterkte</th></tr><tr><td>Bodembiodiversiteit</td><td>+</td><td>sterk</td></tr><tr><td>Flora (akkeronkruiden)</td><td>+</td><td>matig</td></tr><tr><td>Bovengrondse ongewervelden</td><td>+</td><td>zwak</td></tr><tr><td>Vogels</td><td>+</td><td>zwak</td></tr><tr><td>Zoogdieren</td><td>?</td><td>n.v.t.</td></tr></table> Het achterwege laten van grondbewerking kan ook het aantal muizen en slakken verhogen en wel dusdanig dat er schade kan gaan optreden aan de gewassen (1).	Soortgroep	Effect richting	Effect sterkte	Bodembiodiversiteit	+	sterk	Flora (akkeronkruiden)	+	matig	Bovengrondse ongewervelden	+	zwak	Vogels	+	zwak	Zoogdieren	?	n.v.t.
Soortgroep	Effect richting	Effect sterkte																	
Bodembiodiversiteit	+	sterk																	
Flora (akkeronkruiden)	+	matig																	
Bovengrondse ongewervelden	+	zwak																	
Vogels	+	zwak																	
Zoogdieren	?	n.v.t.																	
Duiding van de sterkte van de relatie	De relatie tussen (intensiteit van) grondbewerking en biodiversiteit in en op de bodem is relatief goed onderbouwd. Specifiek voor regenwormen en micro-organismen is die onderbouwing zeer sterk. Voor akkeronkruiden matig. Voor de bodemfauna soms variabel en voor de geleedpotigen redelijk sterk. Ook is er een tendens naar een positieve relatie met bovengrondse biodiversiteit zoals vogels. Vaak gaat het in de literatuur over een pakket aan maatregelen die nauw aan elkaar gerelateerd is, zoals bij <i>conservation agriculture</i>. Niet-kerende grondbewerking gaat vaak samen met meer gewasresten op de bodem en meer groenbemesters. Effecten op biodiversiteit van de verschillende pakketonderdelen zijn vaak verstrengd in de beschikbare literatuur. Het duidelijkst is het contrast in biodiversiteit tussen een kerende of mengende grondbewerking van meer dan 20 cm diep versus een ondiepe, niet-kerende en weinig mengende grondbewerking.																		
Integraliteit en relatie met andere KPI's	- Afwenteleffect met KPI 4 (gewasbescherming) omdat niet-kerende grondbewerking in gangbare systemen kan leiden tot een hogere afhankelijkheid van herbiciden. In biologische systemen leidt het tot een intensievere mechanische onkruidbestrijding. - KPI 9 kan mogelijk een aanvulling zijn op KPI 2 (organische stofbalans). Beide KPI's richten zich vrij specifiek op bodembiodiversiteit, waarbij KPI 2 zich vooral richt op het voedsel voor bodemleven, terwijl grondbewerking zich op de fysische omstandigheden voor bodemleven richt. - Niet-kerende grondbewerking is voor een deel gekoppeld aan KPI 1 (percentage rustgewassen). Bij rustgewassen (maaigewassen) is de grondbewerking minder intensief dan de rooigewassen (poten, rugopbouw, rooien) en bij maaigewassen is het meestal gemakkelijker om het ploegen achterwege te laten dan bij rooigewassen of fijnzadige gewassen als ui. - Niet-kerende grondbewerking heeft een relatie met KPI 5 (percentage bodembedekking en het percentage stoppeland), omdat het in de praktijk vaak samen met groenbemesters toegepast																		

Pijler	1. Functionele agro-biodiversiteit
	wordt en mogelijkheden geeft om stoppelland onbewerkt of licht bewerkt te laten overwinteren. Dit omdat er in het najaar niet meer geploegd wordt.
Overige opmerkingen	Er zijn vele vormen van intensieve en niet-kerende grondbewerkingen. Verschillen komen door variatie in intensiteit, bewerkingsdiepte, kerend of niet-kerend, mengend of niet-mengend, hoofdgrondbewerking en secundaire bewerking. Deze verschillende vormen van niet-kerende grondbewerking hebben andere effecten op de biodiversiteit en effecten kunnen ook verschillen per soortgroep.
Conclusie	Minder intensieve grondbewerking heeft een duidelijke relatie met (bodem)biodiversiteit. Niet-kerende grondbewerking geeft in zijn algemeenheid meer biodiversiteit. Verder is de positieve correlatie van verminderde grondbewerking met bovengrondse biodiversiteit een logische, beredeneerbare relatie, maar hierover is in de literatuur relatief weinig te vinden. Gezien het belang van bodembiodiversiteit in absolute omvang, functionaliteit voor de landbouw zelf en als basis van de voedselpiramide, is een KPI die zich richt op grondbewerking, naast één die zich richt op organischestof-beheer, complementair.
Literatuur	1. Bodembiodiversiteit De Graaff, M. A., Hornslein, N., Throop, H. L., Kardol, P., & Van Diepen, L. T. (2019). Effects of agricultural intensification on soil biodiversity and implications for ecosystem functioning: a meta-analysis. In <i>Advances in Agronomy</i> (Vol. 155, pp. 1-44). Academic Press. 2. Van Capelle, C., Schrader, S., & Brunotte, J. (2012). Tillage-induced changes in the functional diversity of soil biota—A review with a focus on German data. <i>European Journal of Soil Biology</i>, 50, 165-181 3. Bodembiodiversiteit Zuber, S. M., & Villamil, M. B. (2016). Meta-analysis approach to assess effect of tillage on microbial biomass and enzyme activities. <i>Soil Biology and Biochemistry</i>, 97, 176-187. 4. Bodembiodiversiteit Li, Y., Chang, S. X., Tian, L., & Zhang, Q. (2018). Conservation agriculture practices increase soil microbial biomass carbon and nitrogen in agricultural soils: A global meta-analysis. <i>Soil Biology and Biochemistry</i>, 121, 50-58. 5. Bodembiodiversiteit Bowles, T. M., Jackson, L. E., Loeher, M., & Cavagnaro, T. R. (2017). Ecological intensification and arbuscular mycorrhizas: a meta-analysis of tillage and cover crop effects. <i>Journal of Applied Ecology</i>, 54(6), 1785-1793. 6. Bodembiodiversiteit Briones, M. J. I., & Schmidt, O. (2017). Conventional tillage decreases the abundance and biomass of earthworms and alters their community structure in a global meta-analysis. <i>Global Change Biology</i>, 23(10), 4396-4419. 7. Bodembiodiversiteit Moos, J. H., Schrader, S., & Paulsen, H. M. (2017). Reduced tillage enhances earthworm abundance and biomass in organic farming: A meta-analysis. <i>Appl Agric For Res</i>, 67, 123-128. 8. Thorbek, P. & Bilde, T. (2004) Reduced numbers of generalist arthropod predators after crop management. <i>Journal of Applied Ecology</i>, 41, 526-538 9. Bodembiodiversiteit Treonis, A. M., Unangst, S. K., Kepler, R. M., Buyer, J. S., Cavigelli, M. A., Mirsky, S. B., & Maul, J. E. (2018). Characterization of soil nematode communities in three cropping systems through morphological and DNA metabarcoding approaches. <i>Scientific reports</i>, 8(1), 1-12. 10. Tamburini, G., De Simone, S., Sigura, M., Boscutti, F., & Marini, L. (2016). Conservation tillage mitigates the negative effect of landscape simplification on biological control. <i>Journal of Applied Ecology</i>, 53(1), 233-241. 11. Bodembiodiversiteit Van Balen D., Haagsma, W., Sukkel, W., Bloem, J., Ongepubliceerd. Basis resultaten 10 jaar niet-kerende grondbewerking in akkerbouw op zavelgrond, to be published 2021. Rapport WR Open teelten 12. Vogels Bos, J. F. F. P., & Schröder, J. J. (2009). Akkervogels en landbouw: ecologie, maatregelen en beleid (No. 249). Plant Research International. 13. Flora Cooper, J. et al, (2016). Shallow non-inversion tillage in organic farming maintains crop yields and increases soil C stocks: a meta-analysis <i>Agron. Sustain. Dev.</i> (2016) 36: 22 DOI 10.1007/s13593-016-0354-1 14. Van Balen, D., Kroonen, B. (2019) Meetprotocol vaststellen ploegdiepte; In kader van ondiep ploegen opnemen in Uitvoeringsregeling GLB, Niet openbaar gepubliceerd.

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

Wageningen Environmental Research
Rapport 3121
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, 6.800 medewerkers (6.000 fte) en 12.900 studenten 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 317 48 07 00
www.wur.nl/environmental-research

Rapport 3121
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, 6.800 medewerkers (6.000 fte) en 12.900 studenten 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.

