Hierna volgend artikel is afkomstig uit:

Doelstelling van 'De Levende Natuur'
Het informeren over ontwikkelingen in onderzoek, beheer en beleid op het gebied van natuurbehoud en natuurbeheer, die van belang zijn voor Nederland en België. De artikelen zijn vooral gebaseerd op eigen ecologisch onderzoek, ervaring of waarneming van de auteurs.

De Levende Natuur verschijnt 6x per jaar, waaronder tenminste één themanummer.

U kunt zich abonneren via onze website:

www.delevendenatuur.nl/lezersservice.php

of deze bon opsturen naar:

Abonnementenadministratie
De Levende Natuur
Antwoordnummer 7086
3700 TB Zeist

Tel. 085 0407400
klantenservice@virtumedia.nl

vakblad voor natuurbehoud en -beheer, sinds 1896

De Levende Natuur

JA ik wil graag een abonnement op *De Levende Natuur*

naam: _____

adres: _____

postcode: _____

woonplaats: _____

telefoon: _____

e-mail: _____

Ik machtig *De Levende Natuur* om het abonnementsgeld af te schrijven van rekening:

bank/giro: _____

naam: _____

plaats: _____

datum: _____ handtekening:

Graag aankruisen:

- ☐ **proefabonnement** – € 13,- (drie nummers)
- ☐ **particulier** – € 38,- (NL + B) – overige landen € 45,-
- ☐ **instelling/bedrijf** – € 60,-
- ☐ **student/promovendus** – € 13,50*

** (max. vier jaar; graag kopie college- of PhD kaart bijvoegen)*
Na vier jaar gaat dit abonnement automatisch over in een regulier abonnement.

De prijsontwikkeling kan het stichtingsbestuur dwingen de tarieven aan te passen. Tevens bent u gerechtigd om uw bank opdracht te geven het bedrag binnen 30 dagen terug te boeken.

ARISE: op zoek naar de onzichtbare biodiversiteit

Het grootste deel van de meercellige soorten in Nederland (en de wereld) bestaat uit insecten, schimmels, algen en andere kleine organismen. Deze groepen zijn van groot belang binnen ecosystemen, voor natuurbescherming en voor de maatschappij, maar blijven grotendeels buiten het bereik van de huidige monitoring en kennis. In het ARISE-programma, een combinatie van biodiversiteitskennis en nieuwe technieken, gaan we de uitdaging aan deze groepen in kaart te brengen.

Koos Biesmeijer, Annemarie van Wezel, Pedro Crous & Joost Kok

In het boek *De Nederlandse biodiversiteit* (Noordijk et al., 2010) is een schatting gemaakt van het aantal soorten (exclusief bacteriën, archaea en protisten) dat we in Nederland hebben. Het zijn er meer dan 42.000. Meer dan de helft van de soorten zijn geleedpotigen (onder meer > 4.000 vliegen, > 4.000 kevers en > 5.000 vliesvleugeligen), ongeveer 23 % zijn schimmels en 8 % zijn algen. De vogels, andere gewervelde dieren (< 1 %) en bloemplanten (< 4 %) krijgen de meeste aandacht in media en wetenschap, maar zijn samen goed voor slechts 5 % van alle Nederlandse soorten. Ook de soorten die voor het eerst in Nederland worden gevonden, of nieuw zijn voor de wetenschap, zijn veel vaker ongewervelde dan gewervelde dieren. Zo zijn er vorig jaar tijdens 'expedities' in het Vondelpark in Amsterdam door Menno Schilthuizen en zijn team zowel een nieuwe sluipwesp (*Aphaereta vondelparkensis*) als een nieuwe kever (*Ptomaphagus thebeatles*) ontdekt (Achterberg et al., 2020; Schilthuizen et al., 2020).

Nederland is een van de best onderzochte landen ter wereld. We bezitten al meer dan twee eeuwen een natuurhistorisch museum en herbarium (nu verenigd in Naturalis Biodiversity Center) en tienduizenden experts (professionals en vrijwilligers) die soorten waarnemen en doorgeven aan de soortenorganisaties en Waarneming.nl. Ondanks dit alles is onze kennis van de 'onzichtbare biodiversiteit' nog steeds mager. Slechts een handvol experts kan de moeilijkere soortgroepen identificeren en steeds vaker worden onder meer DNA-technieken gebruikt voor determinatie. Op wereldschaal is het probleem nog veel groter. Als we uitgaan van ongeveer 20 miljoen soorten eukaryoten op aarde (schattingen lopen nogal uiteen), moet ongeveer 85 % van die soorten nog ontdekt en beschreven worden. Niet echt iets om trots op te zijn als 200 jaar oud natuurhistorisch instituut en reden om dit proces van ontdekken te gaan versnellen.

Kennis over 'onzichtbare' biodiversiteit is te beperkt

Het niet kennen of niet herkennen van soorten is niet alleen een probleem van taxonomen, het belemmert ook het onderzoek naar de ecologie van soorten en het functioneren van ecosystemen, het monitoren van de staat van de natuur, en de beweging naar een natuurinclusieve landbouw en maatschappij.

Neem het voorbeeld van onze nationale vogel: de grutto. Ondanks jaren van onderzoek en miljoenen euro's voor weidevogelbeheer, begrijpen we nog steeds niet helemaal waarom de populaties het soms goed en soms veel minder goed doen. Wel is inmiddels duidelijk dat dit te maken heeft met de insectenpopulaties in onze weilanden, maar van die populaties wisten we tot nu toe nog maar weinig.

Een ander domein waarin de 'onzichtbare biodiversiteit' een belangrijke rol speelt, is de bodem. We begrijpen bijvoorbeeld nog onvoldoende hoe de samenstelling en interactienetwerken van bodemorganismen kunnen zorgen voor hogere bodemvruchtbaarheid of voor een bodem die weerbaar is tegen verdroging of verzuring. Ook kunnen we de ontwikkeling en bloei van algen en blauwalgen nog niet goed voorspellen, mede omdat de kennis van de soorten in het systeem en hun interacties onvoldoende is. In de kennisagenda Nature4Life (Biesmeijer en Knoben, 2015), wordt een betere identificatie van soorten benoemd als één van de prioriteiten voor het biodiversiteitsonderzoek in Nederland. Ook de nieuwe kennis over het verlies aan insectenbiomassa, naar aanleiding van de



Deelnemers aan 'expedities' naar het Vondelpark ontdekten vorig jaar een nieuwe soort kever en sluipwesp. (Foto: Taxon Expeditions)

Kader 1: DNA Waterscan en eDNA

Het meten en tellen van soorten in het water is een enorme uitdaging, vooral door het grote aantal . In Nederland zijn de waterschappen verantwoordelijk voor het meten van de waterkwaliteit in een groot aantal van onze wateren. Het identificeren van de soorten vergt specialistische taxonomische kennis en is erg tijdintensief. Met DNA Waterscan maakt Naturalis analyse van de aquatische biodiversiteit mogelijk op basis van DNA- en eDNA-methodieken. Bij het analyseren van het DNA van organismen in een (in dit geval) watermonster spreken we van meta-barcoding. De volgende stap is het analyseren van het losse DNA, de huidschilfers, schubben en andere resten, dit wordt eDNA genoemd: environmental DNA. Om deze methoden werkend te krijgen is er nog veel onderzoek en ontwikkeling nodig, maar op den duur zal het betrouwbaar en snel inzicht in de lokale waterkwaliteit opleveren en waarschijnlijk voor lagere kosten dan nu het geval is.



(Foto: Naturalis)

studies in Duitse natuurgebieden (Hallman et al., 2017), geeft aan hoe weinig we van deze groep weten. Terwijl veel veldbiologen al jaren wisten dat soorten en groepen achteruitgingen, sloeg deze studie in als een bom. De studie betreft slechts een klein aantal locaties waar dertig jaar geleden enkele fanatieke entomologen op eigen houtje zijn begonnen met regelmatig insecten vangen en op naam brengen. Het aantal experts is bij lange na niet voldoende om op grote schaal inzicht te krijgen in veranderingen in de onzichtbare biodiversiteit.

Tenslotte is er ook vanuit maatschappelijk oogpunt steeds meer urgentie om de 'onzichtbare biodiversiteit' te kennen en herkennen. Het succes van de transitie naar kringlooplandbouw, bijvoorbeeld, hangt deels af van hoe snel en precies plagen en ziekten herkend worden, de kennis over natuurlijke vijanden van plagen en het sturen op een vruchtbare, weerbare bodem. Ook hier wordt momenteel de voortgang beperkt door gebrek aan goede detailkennis over de verschillende organismen en de rol die ze spelen (RLI, 2020).

Kader 2: Insectencamera's

Betere methoden om insecten te tellen zijn hard nodig gezien de recente constateringen dat de insectenstand enorm is afgenomen. In het project DIOPSIS wordt beeldherkenning ingezet voor monitoring van insecten. In DIOPSIS werken EIS Kenniscentrum Insecten, Naturalis Biodiversity Center, Radboud Universiteit en COSMONiO samen. Het idee is simpel: insecten worden aangetrokken door een gekleurd en 's nachts verlicht scherm en worden dan automatisch gefotografeerd. Beeldherkenning, de techniek achter de automatische camera's, is getraind met honderdduizenden foto's van insecten, waarmee de nieuwe foto vergeleken kan worden. Op deze manier is het mogelijk langdurig, gestandaardiseerd en kosten-efficiënt te monitoren. De gegevens kunnen geautomatiseerd verwerkt worden tot indices over diversiteit en biomassa. Het systeem werkt al, maar wordt de komende jaren verder ontwikkeld.



(Foto: Naturalis)

Betere, snellere soortenidentificatie

Het ontdekken en identificeren van soorten moet en kan anders en sneller. Moleculaire technieken (onder andere DNA-barcoding) worden al jaren gebruikt (Hebert & Gregory, 2005) en hebben het inzicht in de stamboom van het leven dramatisch verbeterd. Ze maken het mogelijk om waterkwaliteit en het voorkomen van soorten beter en sneller in kaart te brengen (kader 1). Beeldherkenning is de basis van populaire identificatie-apps en wordt nu toegepast voor automatische insectenmonitoring (kader 2).

De tot voor kort grotendeels gescheiden werelden van de natuurvorsers en de data science en kunstmatige intelligentie weten elkaar steeds beter te vinden. Reden te meer om een gezamenlijke infrastructuur hiervoor te bouwen die voor iedereen toegankelijk is. Dat is de rationale van de recent door NWO met € 13,6 miljoen ondersteunde infrastructuur ARISE. Het consortium dat het gaat uitvoeren, Naturalis Biodiversity Center, het Instituut voor Biodiversiteit en Ecosysteemdynamica van de Universiteit van Amsterdam, Het Westerdijk Instituut van de KNAW en de faculteit Elektrotechniek, Wiskunde en Informatica van de Universiteit Twente, legt daar nog eens meer dan € 4 miljoen bij in de komende tien jaar.

Het ARISE-programma

ARISE staat voor *Authoritative and Rapid Identification System for Essential biodiversity information*, oftewel een infrastructuur die het mogelijk maakt om alle soorten (met de focus op meercellige eukaryoten) snel en betrouwbaar te kunnen identificeren (zie kader 3). Hiervoor zetten we in op een combinatie van nieuwe technieken voor detectie van soorten, waaronder DNA-barcoding, meta-barcoding en eDNA (kader 1), maar ook beeld- en geluidherkenning en radar. Op den duur kunnen complete water-, bodem- en andere monsters geanalyseerd worden met behulp van bijvoorbeeld metabarcoding-technieken en kunnen beelden of geluiden van monitoringsites online geïdentificeerd worden.

De reden dat we op dit moment in Nederland met ARISE kunnen beginnen is, naast de goede basis in de biodiversiteit en monitoring, de excellentie in data science en kunstmatige intelligentie. Het realiseren van onze ambitie is dan ook direct afhankelijk van de kennis die de Universiteit Twente inbrengt om in de grote datastromen patronen te vinden en om de onbekende informatie (DNA sequenties, beeld of geluid) te kunnen matchen met de bestaande informatie. Hier speelt onder andere deep learning een grote rol (kader 4). Dit is een methode op basis van neurale netwerken, die computers in staat stelt om patronen te vinden in grote hoeveelheden data, die kunnen bestaan uit getallen, maar ook uit beelden of geluiden. Idealiter krijgen we die patronen ook nog in (bijna) real-time.

ARISE versnelt het ontdekken van nieuwe soorten doordat we alle informatie van bekende soorten bij elkaar brengen. Op deze manier kan een inkomende DNA-barcode snel als nieuw aangemerkt worden. Aan de sequentie is vaak al te zien binnen welke familie of geslacht de nieuwe

sequentie valt en op basis daarvan kunnen we gericht zoeken naar nieuwe soorten binnen die groep.

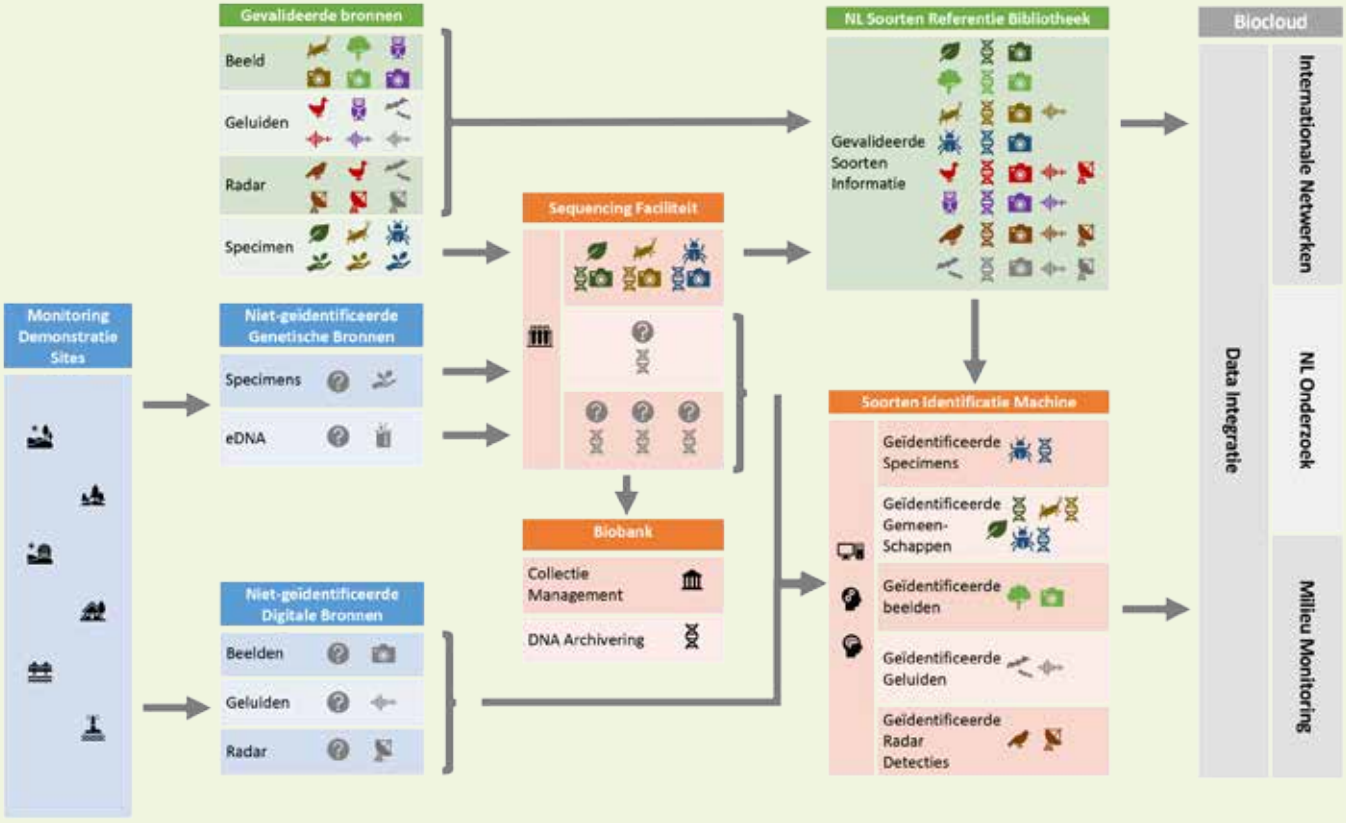
ARISE versnelt het identificeren van soorten doordat we alle bestaande, gevalideerde informatie van een soort bij elkaar brengen. Door bijvoorbeeld DNA-sequenties, foto's en geluiden van sprinkhanen of vleermuizen aan elkaar te koppelen kan het in de toekomst voldoende zijn om op basis van een klein stukje informatie (een enkele sequentie, foto of geluidsfragment) de soort met grote zekerheid en snel te identificeren. Denk hierbij ook aan het snel in kaart brengen van het dieet van een soort op basis van maaginhoud, of het bloembezoek van een bij bepalen aan de hand van metabarcoding van stuifmeelkorrels. Dit kan al in de praktijk, maar ARISE geeft toegang tot alle andere kennis en tot bestaande databanken.

ARISE maakt nieuwe inzichten in ecologie en milieuwetenschappen mogelijk doordat op den duur alle organismen in een onderzoeksysteem op naam gebracht kunnen worden. Hieruit kunnen interacties (bijvoorbeeld in voedselwebben, gastheer-relaties en parasitaire interacties) sneller en eenvoudiger achterhaald worden. Er kan sneller systeembreed inzicht verkregen worden in bijvoorbeeld veranderingen in de bodem tijdens successie of verdroging, of in de samenstelling van het aquatische ecosysteem bij verandering in chemische of fysische omstandigheden. Ook kunnen lastige ecologische processen als bestuiving en verspreiding beter in kaart gebracht worden door pollen of sporen uit de lucht te vissen en te identificeren. Dit is geen toekomstmuziek, maar wordt op dit moment al door Naturalis getest bij de 'pollensniffer', de allergiemeter, op het dak van het LUMC in Leiden.

ARISE legt de basis voor innovatieve monitoring en efficiëntere inzet van vrijwilligers doordat de detectie van alle soorten in bodem, water en lucht eenvoudiger wordt. Niet alleen brengt ARISE het monitoren van waterkwaliteit en bodemgesteldheid dichterbij (en maakt dit op den

Kader 3: Data-flows in de ARISE-infrastructuur

ARISE zorgt ervoor dat binnenkomende informatie over biodiversiteit (blauwe boxen) wordt verwerkt, opgeslagen en vergeleken (oranje boxen) met de bekende informatie uit de referentiebibliotheek (groene boxen). Het resultaat is een betrouwbare identificatie (tot op soort, geslacht of familie) die vergeleken kan worden met de beschikbare informatie elders en beschikbaar gemaakt wordt voor de buitenwereld (grijze box). Op speciale monitoringsites testen we nieuwe methoden en sensoren. Dit levert ofwel digitale gegevens op (bijvoorbeeld beeld, geluid, maar ook DNA-sequenties), ofwel fysieke gegevens die in de sequencing-faciliteit bewerkt kunnen worden. De fysieke monsters worden, indien mogelijk, ook opgeslagen in de Biobank (het meeste bij Naturalis, maar schimmels bij het Westerdijk Instituut) als referentiemateriaal voor de toekomst. De referentiebibliotheek is de kracht van het systeem. Immers, hoe meer soorten hierin vertegenwoordigd zijn, hoe beter de match zal zijn met binnenkomende informatie. Voor het opbouwen van de referentiebibliotheek werken we samen met alle experts in Nederland en maken we gebruik van bestaande referentiesystemen, zoals de Barcoding of Live Database BOLD. Het zal even duren, maar we voorzien dat de referenties voor steeds meer soortgroepen compleet zullen zijn, waardoor er steeds vaker binnenkomende informatie tot op de soort kan worden geïdentificeerd.



Kader 4: Kunstmatige intelligentie brengt monitoring dichterbij

Misschien heb je de kunstmatige intelligentie voor soortidentificatie al in je broekzak in de vorm van de app ObsIdentify. Hiermee kun je achterhalen welk organisme er op je foto staat. Voor de identificatie vergelijken algoritmen op basis van neurale netwerken je foto met onze database. In de database zitten per soort tientallen tot honderden foto's die gevalideerd zijn, dat wil zeggen de soort op de foto is door experts bevestigd. De app geeft aan of er een match te vinden is tussen jouw foto en de referentiebibliotheek van 'gevalideerde' foto's. Door de grote referentiedatabase kan de app ook aangeven wat de zekerheid van de identificatie is. Het werkt al voor meer dan 15.000 soorten en voor sommige groepen bijna perfect. Neem een foto van een nachtvlinder of de rups ervan en de kans dat de app je met grote zekerheid kan vertellen welke soort er op de foto staat, is meer dan 90%. Als je wilt, worden de foto en identificatie direct aan Waarneming.nl doorgegeven zodat die waarneming bijdraagt aan de kennis van de Nederlandse natuur. Ook kun je zelf direct meer informatie over de soort vinden.

duur waarschijnlijk ook goedkoper), ook monitoring door vrijwilligers wordt eenvoudiger. Dergelijke hulpmiddelen maken het mogelijk voor niet-experts om actief mee te helpen met monitoring.

ARISE brengt het halen van natuurdoelen en kringlooplandbouw dichterbij doordat het de identificatie en het in kaart brengen van steeds meer soorten mogelijk maakt. De werkelijke reden van het niet halen van de natuurdoelen is complex en het resultaat van een scala aan ecologische, sociale en economische factoren die samen onder andere voor verdroging, versnippering, vermesting en verdringing zorgen. Met andere woorden: het is een systeemprobleem waarvoor een systeemoplossing nodig is op basis van systeemkennis. ARISE helpt de lastige delen van het systeem in beeld te brengen.
Voor kringlooplandbouw geldt iets vergelijkbaars. Het verminderen van het gebruik van chemische bestrijdingsmiddelen brengt met zich mee dat er hard gezocht moet worden naar alternatieve middelen voor het beschermen van onze gewassen en landbouwhuisdieren. Vaker dan tot nu toe zal er behoefte zijn aan het vinden van natuurlijke vijanden voor onze plagen en voor het vroeg detecteren van plagen. Het gaat hier om duizenden (potentieel) belangrijke soorten luizen, mijten, sluipwespen, vliegen en andere groepen.

Ook de partners in het Deltaplan Biodiversiteitherstel (www.samenvoorbiodiversiteit.nl) zullen baat hebben bij ARISE. Daar wordt gezocht naar indicatoren van biodiversiteitsherstel en dan vooral naar indicatoren die gerelateerd zijn aan de agrarische bedrijfsvoering of het groenbeheer in de openbare ruimte. De onderbouwing hiervan vergt in de komende jaren veel onderzoek en ook het monitoren van de brede biodiversiteit in de bodem op het land en in het water. ARISE kan ook bij deze opgave helpen.

ARISE wordt een flinke uitdaging voor iedereen. We weten dat in principe alle onderdelen mogelijk zijn of zouden moeten zijn, maar er liggen natuurlijk nog flinke technische uitdagingen, zowel binnen de onderdelen als in het verbinden van de hele keten van data-input tot identificatie. Het zal nog een heel leerproces worden, deels met vallen en opstaan. We zoeken ook aansluiting bij andere initiatieven, zoals UNLOCK, een infrastructuur die juist de micro-organismen met behulp van DNA-technieken in kaart gaat brengen en de innovatieve marine onderzoekscapaciteit van NIOZ.

Allereerst zal het succes van ARISE sterk afhangen van het betrekken van de experts bij het opzetten van de referentiedatabase. In een eerder project hebben we reeds van vele soorten DNA-barcodes kunnen verkrijgen doordat de experts, onder andere van EIS Kenniscentrum Insecten en andere soortenorganisaties, in het veld de soorten konden vinden. Dit is ook voor ARISE van groot belang en we zullen actief op zoek gaan naar experts voor soortgroepen die nog incompleet zijn in onze referenties. Maar meld u gerust ook hiervoor aan!
Ten tweede wordt de onderzoekinfrastructuur ARISE pas een succes als die gebruikt gaat worden voor onderzoek en monitoring. We zijn al in gesprek met onderzoekers en soortenorganisaties om hen nog meer bij ARISE te betrekken en zullen dat blijven doen. Op deze manier kan ARISE bijdragen aan het onderzoek, maar kan onderzoek ook bijdragen aan de kennisopbouw in ARISE. Heb je hier ideeën over, laat het ons dan weten.

Literatuur

Achterberg, C. van, M. Schilthuizen, M. van der Meer, R. Delval, C. Dias, M. Hoynck, H. Köster, R. Maarschall, N. Peeters, P. Venema, R. Zaremba, C. Beltrami, F. Nieuwenhuis, N. de Rop, I. Njunjić & J. Koene, 2020. A new parasitoid wasp, *Aphaereta vondelparkensis* sp. n. (Braconidae, Alysiinae), from a city park in the centre of Amsterdam. Biodiversity Data Journal, 8, e49017.
Biesmeijer, J.C. & N. Knoben, 2016. Nature-4Life - Nature4Life: Nationale kennisagenda voor onderzoek naar biodiversiteit, ecologie en evolutie. Naturalis Biodiversity Center & NERN.
Hallmann C. A., M. Sorg, E. Jongejans, H. Siepel, N. Hofland, H. Schwan, W. Stenmans, A. Müller, H. Sumser, T. Hörren, D. Goulson & H. de Kroon, 2017. More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. PLOS ONE 12(10): e0185809.
Hebert, P.D.N. & T. R. Gregory, 2005. The Promise of DNA Barcoding for Taxonomy. Systematic Biology 54:852–859.
Noordijk, J., R. M. J. C. Kleukers, E. J. van Nieukerken & A. J. van Loon (red.), 2010. De Nederlandse biodiversiteit. Nederlandse Fauna 10: 1-512.
RLI, 2020. De bodem bereikt?! Raad voor de leefomgeving en infrastructuur.
Schilthuizen, M., W. van Oostenbrugge, S. Visser, M. van der Meer, R. Delval, C. Dias, H. Köster, R. Maarschall, N. Peeters, P. Venema, R. Zaremba, C. Beltrami, M. Rossato, L. Latella, F. Nieuwenhuis, N. de Rop, I. Njunjic, M. Perreau & J. M. Koene, 2020. *Ptomaphagus thebeatles* n. sp., a previously unrecognized beetle from Europe, with remarks on urban taxonomy and recent range expansion (Coleoptera: Leiodidae). Contributions to Zoology 1:1-20.

Dankwoord

Dit project wordt gefinancierd door NWO als onderdeel van de Nationale Roadmap Grootschalige Wetenschappelijke Infrastructuur.

Koos Biesmeijer
Naturalis Biodiversity Center
koos.biesmeijer@naturalis.nl

Annemarie van Wezel
Institute for Biodiversity and Ecosystem Dynamics (IBED), Universiteit van Amsterdam
a.p.vanwezel@uva.nl

Pedro Crous
KNAW Westerdijk Fungal Biodiversity Institute
p.crous@wi.knaw.nl

Joost Kok
Electrical Engineering, Mathematics and Computer Science, Universiteit Twente
joost.n.kok@gmail.com