

DIOPSIS Automatische insectencamera pilotproject 2021 - 2024



April 2026



DIOPSIS

Colofon

Deze publicatie is tot stand gekomen door een samenwerking tussen Naturalis Biodiversity Center, Radboud Universiteit, Faunabit B.V. en EIS Kenniscentrum Insecten.

Auteurs in alfabetische volgorde

K. Ezzaki-Chokri (Naturalis)
L. Hogeweg (Naturalis)
C. Huijbers (Naturalis)
E. Jongejans (Radboud Universiteit)
S. Peterse (Faunabit BV)
T. de Reus (Naturalis)
M. Schoonman (Naturalis)
T. Zeegers (EIS Kenniscentrum Insecten)

DOI

<https://doi.org/10.5281/zenodo.18612615>

Afbeeldingen en fotografen

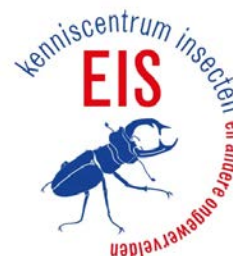
Titelpagina – ANTENNA
Pagina 3 – Marit Moerman + Faunabit
Pagina 18 – Faunabit
Pagina 23 – Faunabit
Pagina 34 – Marit Moerman
Pagina 40 – Marit Moerman

Disclaimer en gebruik

Licentie: Creative Commons Attribution 4.0 International

Dit rapport is met de grootst mogelijke zorgvuldigheid opgesteld. De betrokken partijen aanvaarden geen aansprakelijkheid voor eventuele onjuistheden of onvolledigheden in de inhoud van dit document en ook niet voor schade die direct of indirect het gevolg is van het gebruik van het rapport of toepassing van de adviezen.

De in dit rapport geuite bevindingen, interpretaties en conclusies zijn uitsluitend die van de auteur(s) en vertegenwoordigen niet noodzakelijk de standpunten van de betrokken partijen. Het rapport of delen daarvan mag/mogen worden gebruikt of verveelvoudigd met duidelijke bronvermelding. Dat geldt niet voor delen van het rapport, in het bijzonder niet van beeldmateriaal gebruikt in het rapport, waarvan duidelijk is dat de auteursrechten bij derden liggen en/of zijn voorbehouden.

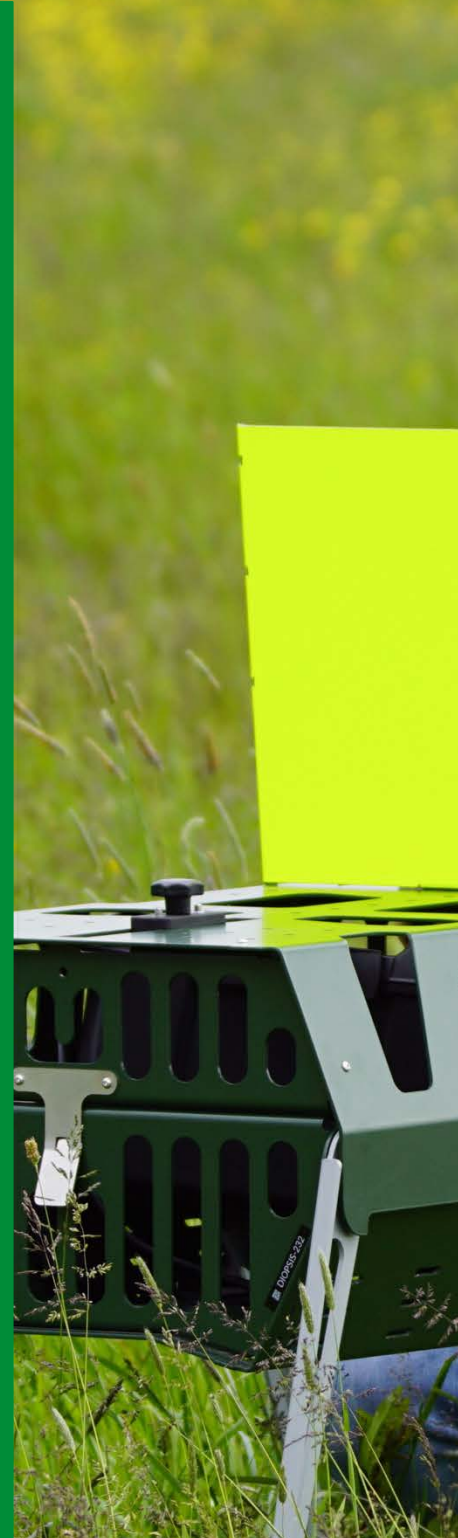


Radboud Universiteit



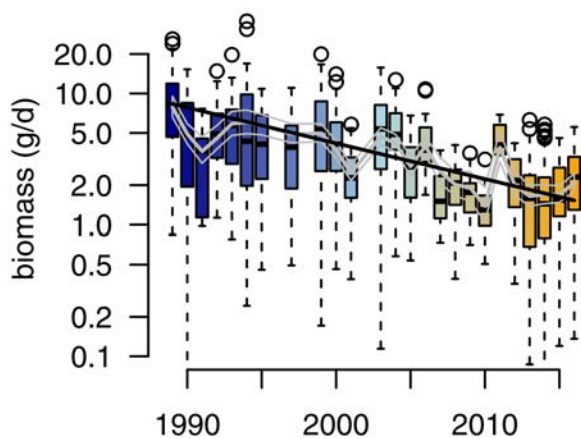
Inhoudsopgave

1. Inleiding	4
2. DIOPSIS Insectencamera	6
3. Beeldherkenning	14
4. Ecologische analyse	19
5. Vergelijking met andere meetmethoden	35
6. Analyse camera opstelling	41
7. Toekomst inzet van de DIOPSIS insectencamera	44
Referenties	49
Bijlage 1 – Media en samenwerking	50
Bijlage 2 – DIOPSIS 2020 Beeldherkenningsmodel lijst van taxa	52
Bijlage 3 – Omgevingsvariabelen	54
Bijlage 4 – Link naar jaarrapportages	55



1. Inleiding

Insectenpopulaties nemen drastisch af (Hallmann et al. 2017; van Strien et al. 2019; Barendregt et al. 2022) en dat is **zeer alarmerend**. Diverse studies tonen een significante achteruitgang in zowel het aantal als de diversiteit aan insecten, wat potentieel verwoestende gevolgen heeft voor onze ecosystemen, voedselproductie en bodemkwaliteit. Terwijl de ernst van de situatie in Nederland duidelijk aan het worden is, vereist het achterhalen van de mate en de exacte oorzaken en gevolgen van die achteruitgang verder onderzoek. Er is actie geboden.



Hallmann et al. (2017) PloS one, 12(10), e0185809.

DIOPSIS is een innovatieve oplossing voor insectenmonitoring. Traditionele methoden voor het monitoren van insectenbiodiversiteit en -biomassa,

zoals het gebruik van vallen (malaise-, pot- en bodemvallen) of handmatige tellingen via transecten, zijn tijdrovend en vaak dodelijk voor de verzamelde insecten. DIOPSIS is een afkorting voor 'Digital Identification Of Photographically Sampled Insect Species'. Het systeem maakt het mogelijk om insecten automatisch te fotograferen, herkennen en monitoren. De dataverzameling is daarnaast niet-invasief en is minstens twee maanden in de zomer op specifieke locaties geplaatst. Voor beeldherkenning is een speciaal algoritme ontwikkeld in samenwerking met entomologen. In dit project zijn diverse opstellingen van de camera en vergelijkingen met andere meetmethoden onderzocht. Omgevingsfactoren zoals het landschap, landgebruik en de weersomstandigheden zijn gebruikt om de meetresultaten over de diverse jaren te interpreteren. De ervaringen, conclusies en doorontwikkeling dragen bij aan de mogelijke inzet van de DIOPSIS insectencamera in lange termijn trendmonitoring middels het Netwerk Ecologische Monitoring (NEM).

De **looptijd van het project** is 2021 - 2024. Na een succesvolle pilotstudie in 2019 en 2020 met een eerste versie van de DIOPSIS camera, is de camera in 2021

herontworpen naar de huidige versie en is Faunabit opgericht om de camera te produceren. Om meer ervaring op te doen, de camera en het gebruik ervan door te ontwikkelen en op termijn bij te dragen aan trendmonitoring in Nederland startte in 2021 een meerjarig pilotproject. In dat project zijn in totaal 124 camera's ingezet. Het project had een looptijd van drie jaar (2021-2023) en metingen zijn in drie van de zes deelnemende provincies, te weten Zeeland, Gelderland en Noord-Holland, ook in 2024 doorgegaan om zo een langere tijdreeks te verkrijgen.

Het **hoofddoel** is om trends in de achteruitgang van insecten in kaart te brengen, te begrijpen en, waar mogelijk, de relatie met mitigerende maatregelen te bepalen.

Een **consortium van partners** aan de ontwikkeling, inzet van en onderzoek aan dit innovatieve monitoringssysteem. Het betreft de volgende partijen en hun rolbeschrijving:

- EIS Kenniscentrum Insecten: annotatie insecten;
- Faunabit BV: camera productie, doorontwikkeling en support;
- Naturalis Biodiversity Center: projectleiding en automatische beeldherkenning;

- Radboud Universiteit: diverse data analyses.

De **deelnemers** aan het project zijn organisaties die gezamenlijk het project hebben gefinancierd en waarbij de camera in hun gebied is ingezet. Het betreft de volgende partijen in alfabetische volgorde:

- Gemeente Amsterdam
- Hoogheemraadschap Noorderkwartier (HHNK)
- Provincie Flevoland
- Provincie Gelderland
- Provincie Noord-Holland
- Provincie Zeeland
- Provincie Zuid-Holland
- Provinsje Fryslân
- PWN

Provincie Zuid-Holland is penvoerder namens de financiers. Ook droeg het Ministerie van LNV financiering bij voor een landelijke analyse van de verzamelde data.

Dit eindrapport biedt een overzicht van de behaalde doelstellingen, de ervaringen en doorontwikkelingen, de analyse van de verzamelde data en biedt aanbevelingen voor de toekomst.

2. DIOPSIS insectencamera

Het DIOPSIS-camerasysteem is ontworpen voor autonome monitoring van insecten in het veld. Het systeem heeft een geel scherm dat insecten aantrekt, die vervolgens continu worden gefotografeerd door een digitale camera met gespecialiseerde software. Dankzij ingebouwde LED-lampen is ook nachtfotografie mogelijk.

De huidige versie (v2) van de camera is uitgerust met zonnepanelen en een 4G-verbinding, waardoor die volledig onafhankelijk functioneert en foto's direct naar een server verstuurt. Het gele scherm kan zowel verticaal als horizontaal worden geplaatst.



Afbeelding 2.1. DIOPSIS-camera (v2) in een bloemenrijk veld (foto: Rotem Zilber).

Cameraplacering

In de zomers van 2021 tot en met 2024 is de DIOPSIS camera ingezet om insecten te monitoren ten behoeve van deze pilot. Op totaal 120 locaties¹ verspreid over de vier jaren in natuur-, agrarische en stedelijke gebieden in heel Nederland zijn camera's geplaatst, op sommige

plekken zelfs twee per locatie. Het doel was om de trend in insectenpopulaties — qua aantallen, biomassa en diversiteit — per landschapstype in kaart te brengen. Dat grootschalige monitoringsproject heeft tijdens de looptijd van dit project meer dan 35 miljoen foto's opgeleverd.



Figuur 2.1. Plaatsingen van de camera's in 2023

¹ In de meeste gevallen zijn de metingen jaarlijks op dezelfde locaties gedaan (binnen een straal van 150 meter). Zie verder in het rapport voor meer details.

Locaties

De camera's zijn zo consistent mogelijk op dezelfde locaties gepositioneerd. Daar is alleen van afgeweken wanneer de omgevingsfactoren dat noodzakelijk maakten, bijvoorbeeld door grootschalige werkzaamheden ter plaatse. De definitieve locaties van een camera zijn vastgesteld in samenspraak tussen EIS en de lokale beheerder. Op locaties waar twee camera's zijn geplaatst, is telkens gekozen voor een configuratie met zowel een verticaal (de standaardopstelling) als een horizontaal scherm.

Protocol voor plaatsing

Voor een maximale lichtinval gedurende de dag zijn alle camera's met het gele scherm richting het zuiden georiënteerd. De bijbehorende zonnepanelen zijn op een afstand van circa drie meter geplaatst om de invloed van warmteafgifte door de panelen op de metingen te minimaliseren. Waar de begroeiing of bebouwing het toeliet, zijn ook de zonnepanelen op het zuiden gericht voor een optimale energieopbrengst.



Afbeelding 2.2. Meetlocatie in agrarische omgeving waarbij verticale en horizontale plaatsing naast elkaar getest worden (Foto: Faunabit).

Dag en nacht fotograferen

Het camerasysteem is ontworpen voor continue (24/7) monitoring, waarbij foto's worden gegenereerd op basis van bewegingsdetectie. Die beweging wordt gemeten door in een constant tempo foto's van een lage resolutie te nemen en die met de vorige foto te vergelijken. Zodra een afwijking wordt geconstateerd van meer dan 0,0005% van het totale beeldvlak (wat overeenkomt met circa 4041 pixels op een totaal van 8.075.360 pixels), met een maximale afwijking van 10%, wordt de opnamecyclus geactiveerd. In dat geval wordt direct een foto in hoge resolutie gemaakt en opgeslagen voor verdere analyse.

Cameraconfiguratie

De camera is geconfigureerd met een minimale frequentie van 10 foto's per uur en een maximale frequentie van één foto per 10 seconden. Die begrenzing is noodzakelijk om de volgende redenen:

1. De technische specificaties van de gebruikte hardware ondersteunen een maximale verwerkingssnelheid van zes opnames per minuut.
2. De gegenereerde data hoeveelheid is aanzienlijk. Bij een maximale opnamefrequentie bedraagt het dagelijkse dataverbruik 8.6 GB (= 1 Mb x 6 (foto's/min) x 60 (min/uur) x 24 (uur/dag)). Dergelijke volumes overstijgen de limieten van de meeste gangbare 4G-abonnementen.

Schermkleur

De kleurstelling van het scherm is gebaseerd op de traditionele gele plakplaten waarmee insecten gevangen worden. Er is gebruikgemaakt van een uv-reflecterende sticker die een sterke

aantrekkingskracht uitoefent op insecten. Deze specifieke kleur van deze sticker komt overeen met de kleurcodering die wordt gehanteerd voor ambulancevoertuigen.

Lamp

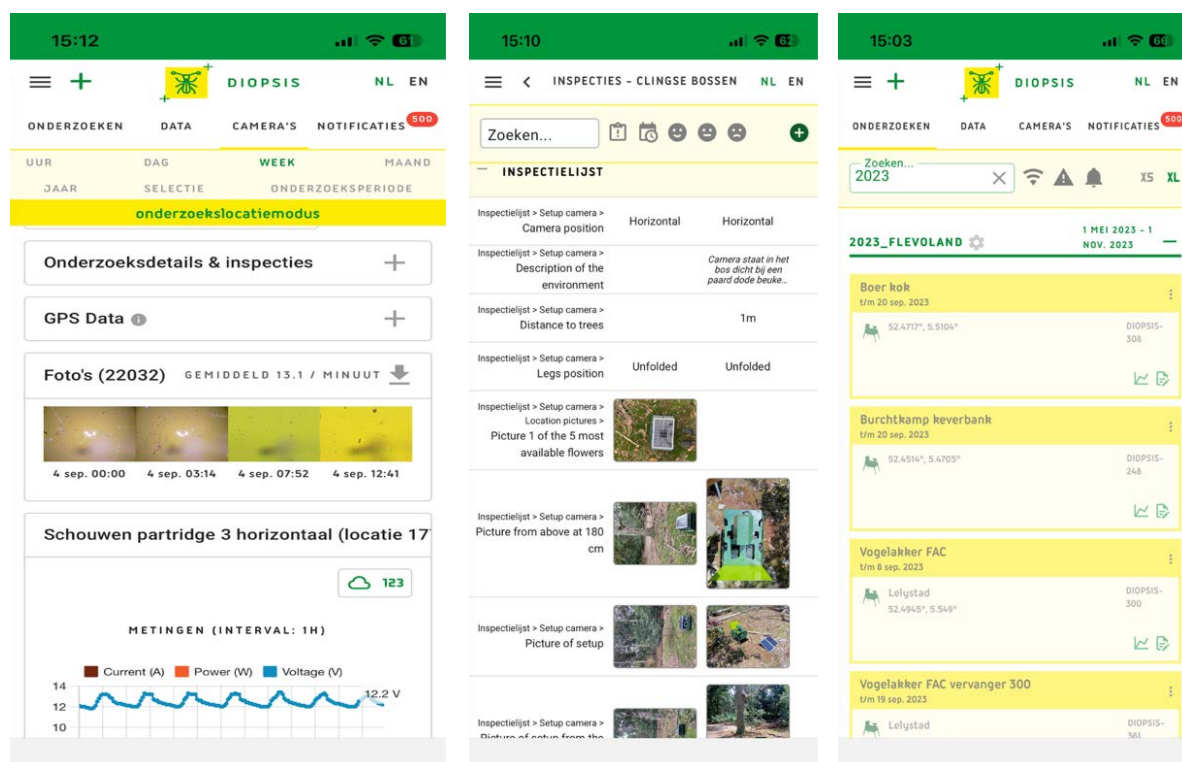
De camera is uitgerust met een GPS-module voor nauwkeurige tijd- en locatiebepaling. Op basis van de lokale zonsondergang wordt automatisch de verlichting geactiveerd om nachtelijke waarnemingen mogelijk te maken en insecten aan te trekken. Daarbij wordt gebruikgemaakt van twee verschillende lichtbronnen:

- 2700 Kelvin: Deze warm-witte lichtkleur is identiek aan de voorgaande DIOPSIS v1-camera, wat de vergelijkbaarheid van de verzamelde data tussen beide systemen waarborgt.
- 395nm UV-licht: Dit licht bevindt zich op de grens van het ultraviolette spectrum. Gezien het golflengtegebied is dit licht geclassificeerd als een mild tot matig risico voor het menselijk oog bij directe blootstelling.

Managementsoftware

Het beheer en de configuratie van de DIOPSIS-camera gebeurt op afstand via het DIOPSIS-portal. Dat portaal is de interface waar de doorgestuurde foto's getoond kunnen worden en de camera-instellingen op afstand real-time aangepast kunnen worden. Het portaal biedt de mogelijkheid om onderzoeken aan te maken met meerdere camera's. Als een camera geplaatst, geïnspecteerd, gerepareerd en opgehaald wordt, kan via inspecties in de software bijgehouden worden wat er gedaan en gezien is. Dat biedt

noodzakelijke contextinformatie zoals de lokale vegetatie, en de exacte locatie voor gebruik van de beelden.

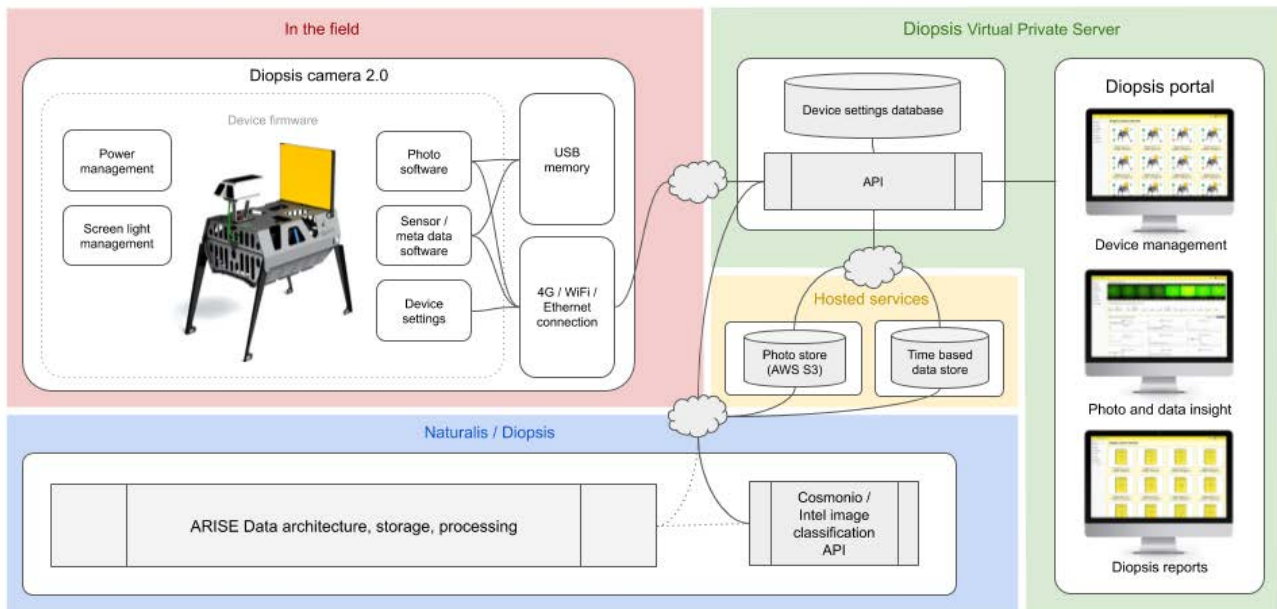


Afbeelding 2.3. Per systeem en locatie kunnen inspecties ingevoerd worden om gegevens vast te leggen die mogelijk essentieel zijn voor dataverwerking zoals de exacte locatie in geval van plaatsing of verplaatsing, groenelementen in de omgeving en aanpassingen aan het systeem.

Architectuur

De architectuur rondom de DIOPSIS camera is zo opgezet dat ze op de lange termijn schaalbaar en flexibel is. Het webportaal en de camera in het veld communiceren beide via een API met de tussenliggende laag (de backend) die de databases en rechten beheert. De backend neemt alle communicatie op zich en zorgt ervoor dat de foto's op de

server van Naturalis op de juiste plek worden neergezet, zodat het beeldherkeningsalgoritme binnen het online ARISE platform direct toegepast kan worden op de data. Ook haalt de backend weerdata op bij derden en zorgt hij voor camera-instructies, voor bijvoorbeeld het veranderen van instellingen en het initiëren van een firmware-update.



Figuur 2.2. Overzicht van de diverse componenten van hard- en softwarecomponenten. Van links naar rechts: het systeem zoals het in het veld geplaatst wordt, de verbinding naar de server en de dataverwerking bij Naturalis. Rechts de portal voor de rapportage.

Cameraprestaties

Tussen 2021 en 2024 varieerde het aantal camera's in het veld van respectievelijk 91, 97, 108 en 22 stuks. De DIOPSIS camera is een innovatief systeem dat gebruikmaakt van de nieuwste technologieën in hard- en software². De ervaring leert dat er in het algemeen diverse technische en niet-technische uitdagingen voorkomen met dergelijke geavanceerde systemen. Niet-technische zaken betroffen bijvoorbeeld weersomstandigheden, spinnenwebben voor de camera, en plantengroei voor het scherm. Voor diverse technische uitdagingen zijn oplossingen ontwikkeld tijdens het project, en die worden hier toegelicht.

Technische verbeteringen vanaf de start

In 2021 nam Faunabit de ontwikkeling en productie van de DIOPSIS insectencamera over. Binnen een

termijn van drie maanden werd de assemblage van de eerste 130 camera's gerealiseerd. Dat proces omvatte het traject van softwareontwikkeling en hardware-assemblage tot de strategische inkoop van onderdelen. Het was een arbeidsintensief traject en maakte het mogelijk om de camera's nog in het seizoen van 2021 in te zetten.

Vanaf de start is gekozen voor de mogelijkheid tot monitoring op afstand en het *over-the-air* (OTA) kunnen uitvoeren van software-updates. Dat speelde een belangrijke rol bij het draadloos uitvoeren van meerdere software verbeteringen en verhoogde de operationele betrouwbaarheid.

2021

In 2021 leidde overmatige plantengroei rondom de zonnepanelen tot een te lage accuspanning en frequente uitval. Om dat te verhelpen, is er in 2022 een

² En firmware, dit is software die op de camera geïnstalleerd staat om deze aan te sturen om aan te

gaan, handelingen te verrichten zoals fotograferen, data op te slaan, te verzenden en weer uit te gaan om energie te besparen.

worteldoek geplaatst onder de zonnepanelen om begroeiing te voorkomen. Tevens is de standaard USB-hub vervangen door een maatwerkoplossing, nadat de oorspronkelijke hub onbetrouwbaar bleek. Dat heeft ervoor gezorgd dat er minder uitval en stroomproblemen zijn geweest in 2022.

2022

Tijdens de vele ontwikkelingen van de software is er in 2022 een fout ingeslopen die de frequentie van fotograferen beperkte tot 2 minuten in plaats van maximaal elke 10 seconden. Dat heeft ervoor gezorgd dat er significant minder foto's zijn gemaakt dan gewenst en dat is ook terug te zien in de resultaten. Het bleek niet mogelijk om alle camera's op hetzelfde moment om te zetten naar weer frequenter foto's maken, dus er is voor gekozen om dat pas aan het einde van het seizoen te doen.

2023

In 2023 is de software vooral verder ontwikkeld om die stabiel te krijgen. Ook zijn er stappen gezet om het team uit te breiden en zo de kennis van de software beter te kunnen waarborgen.

2024 en verder

Tijdens de pilot waren stabiliteitsproblemen met betrekking tot de camera's vastgesteld. Om die structureel te adresseren, is eind 2023 een uitgebreid analysetraject doorlopen. Middels workshops en praktijktests op componentniveau zijn verbeteringen getest. Waar positieve resultaten werden waargenomen, zijn die doorgevoerd om de operationele betrouwbaarheid te verhogen.

Ondersteuning en lokale reparaties

Naast technische verbeteringen is de ondersteuning tijdens het project verbeterd: er is een persoon aangenomen die elke werkdag bereikbaar was om telefonisch service te verlenen en proactief camera's in de gaten te houden, om ongemerkt uitvallen te voorkomen.

Systeemfouten die niet op afstand konden worden verholpen, vereisten fysieke ondersteuning ter plaatse. In veel gevallen kon daarbij beroep worden gedaan op terreinbeheerders en andere lokale ondersteuners. Indien lokale assistentie niet mogelijk was, organiseerde Faunabit herstelrondes (door middel van herstarten of vervangen van camera's).

Software-updates

Er zijn hardware- en software-aanpassingen gedaan aan de hoofdcomputer en de USB-verbinding naar de camera's. Camera's zijn daardoor betrouwbaarder geworden voor langdurig gebruik. De aanpassingen zorgden soms ook voor waardevolle inzichten in nieuwe verbeterpunten. In totaal zijn er meer dan 150 softwareverbeteringen uitgevoerd die voor een betere prestatie zorgden.

Oplossing voor USB-drivers

Een specifiek probleem bleef de DIOPSIS camera achtervolgen, en daarvoor is dan ook specifiek onderzoek uitgevoerd op een aantal facetten. De USB-apparatuur van de camera viel geregeld uit en omdat de GPS- en 4G-modules afhankelijk zijn van de USB-bus, leidde een USB-fout tot het volledig wegvallen van de connectiviteit en tijdsynchronisatie. Er zijn in de hardware metingen gedaan door specialistische bedrijven om te

onderzoeken of het probleem in de hardware zat. Tot op heden lijkt daar niet het probleem te zitten. Daarnaast is er diep in de software onderzoek gedaan. De meeste software die gebruikt wordt is gebaseerd op *open source*, wat ook toegang geeft tot de broncode ervan. Door op heel basaal niveau in de software onderzoek te doen is er een probleem gevonden met een driver van de USB-apparaten. Nadat die driver was vervangen, presteerde de camera veel beter.

Logging

Om de diagnose van storingen te versnellen, is uitgebreide *logging* geïmplementeerd. Dat registreert automatisch alle systeemprocessen en foutmeldingen, wat essentieel is voor effectieve monitoring en probleemoplossing op afstand. Daardoor is er met minder werk een beter overzicht van de problemen met camera's ontstaan, wat snellere oplossingen mogelijk maakt.

Modem voor dataverzending

Er is onderzoek gedaan naar de integratie van een alternatief type modem. In het kader van de USB-problemen is ook onderzoek gedaan of een ander USB-modem zou bijdragen aan de stabiliteit. Dat bleek niet het geval. Er wordt in de toekomst nog bekeken of USB als onderdeel helemaal kan worden vervangen door andere

technieken die beter geschikt zijn om lang zonder onderbrekingen aan te kunnen staan.

Nauwkeurig tijd bijhouden is belangrijk

In gebieden met beperkte netwerkdekking is een autonome digitale klok (RTC) toegevoegd. Daarmee wordt de nauwkeurigheid van de tijdstempels gewaarborgd, zelfs wanneer synchronisatie via internet tijdelijk onmogelijk is. Op de locaties waar dat is doorgevoerd, leidde het in de praktijk niet tot een merkbare verbetering van de stabiliteit. In de toekomst wordt het in nieuwe ontwikkelingen wel als backup klok ingebouwd.

Camerasoftwareverbetering 2026

In 2026 wordt een *firmware* (camerasoftware) uitgebracht. Daarin zitten de reeds gevonden oplossingen en diverse innovatieve oplossingen voor bekende verbeterpunten. Ook is de kennis van de afgelopen jaren hierin verwerkt. Zo is de tijdregistratie verbeterd en is de camera nu in staat om in een hogere resolutie foto's te maken om kleinere insecten te kunnen waarnemen. De camera is tevens nog beter in staat om zichzelf te herstellen bij eventuele fouten en dat te melden. Ook is het nu mogelijk om tijd op te halen uit GPS en zonder internetverbinding de camera te kunnen configureren en scherpstellen.

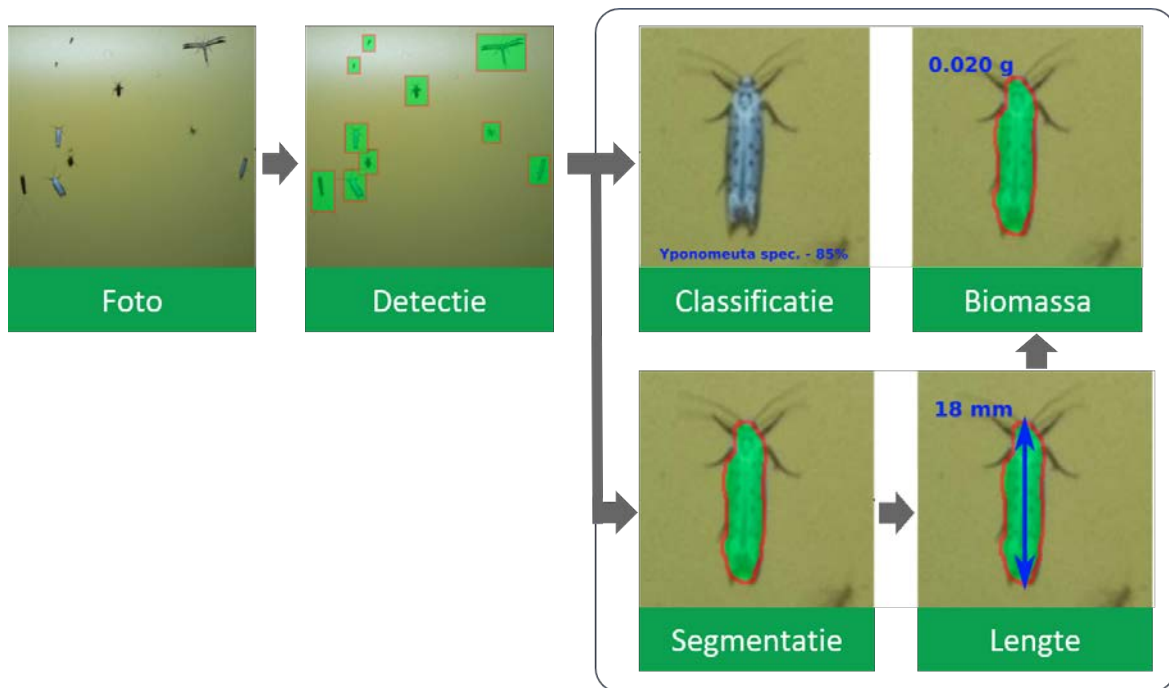
3. Beeldherkenning

De inzet van geautomatiseerde beeldherkenning is essentieel om de enorme stroom aan visuele data - opgelopen tot miljoenen foto's - schaalbaar en objectief te verwerken. Handmatige analyse van dergelijke volumes is een praktische uitdaging en zeer kostbaar. Door AI-gedreven beeldherkenning te gebruiken, borgen we een constante kwaliteit in de identificatie en leggen we de fundering voor een systeem waarbij trends in biodiversiteit steeds sneller en nauwkeuriger inzichtelijk worden gemaakt.

Doel en bereik van de software

Gespecialiseerde *deep-learning* software is ontwikkeld om insecten te detecteren, soorten te identificeren en een schatting van de biomassa te geven. Het Artificial Intelligence (AI) model bestaat uit verschillende opeenvolgende

stappen: 1) detectie, 2) classificatie, 3) segmentatie, 4) lengteschatting, 5) biomassaschatting (figuur 3.1). Daarnaast ontdebellen we de insecten door individuen te volgen op opeenvolgende schermen. Deze ontdebelling helpt bij het betrouwbaarder maken van insecten aantallen. Het DIOPSIS-algoritme is getraind met een dataset bestaande uit 3.965 afbeeldingen met 48.216 gelabelde (kader + taxa) insecten. Het is specifiek getraind voor de identificatie van 67 taxa die in Nederland voorkomen en herkent de meerderheid van de taxa op familie niveau (7 soorten, 4 genera, 41 families, 25 hogere taxonomische niveaus, zie Bijlage 2 voor de volledige lijst van taxa die het algoritme herkent).

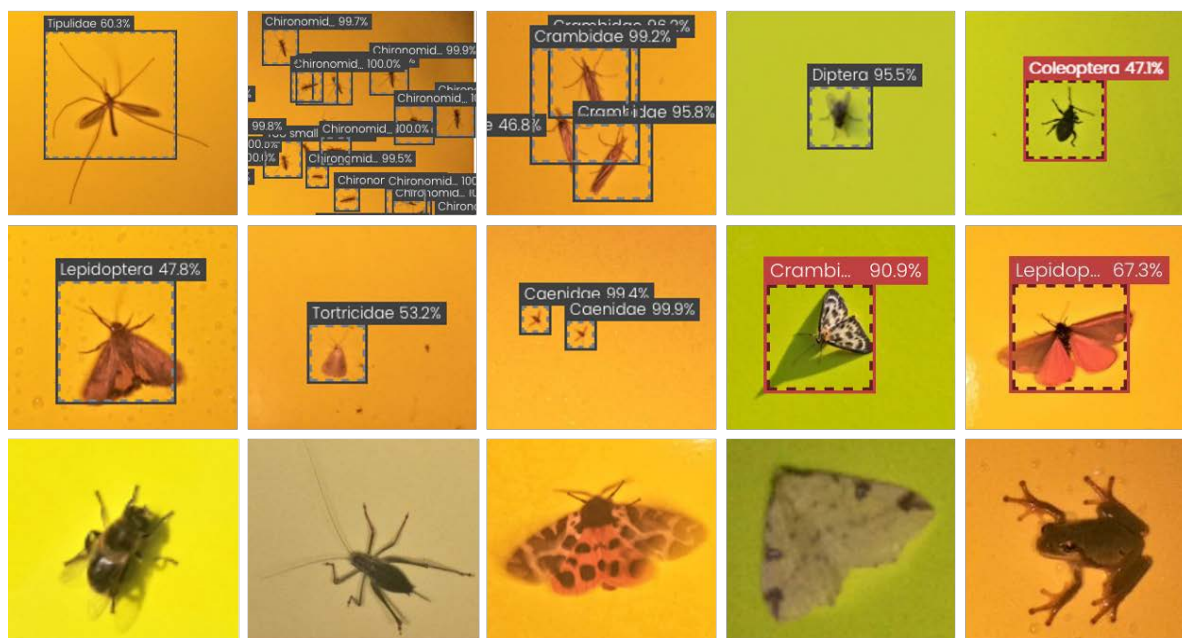


Figuur 3.1. De stappen van het AI-model.

Trainingsmethode

De AI-modellen voor detectie, classificatie en segmentatie zijn getraind via *active learning* op het Intel Geti-platform. Door prioriteit te geven aan complexe en afwijkende data, konden insectenexperts de modellen efficiënt trainen met minder handmatige annotaties. Daarbij labelden zij

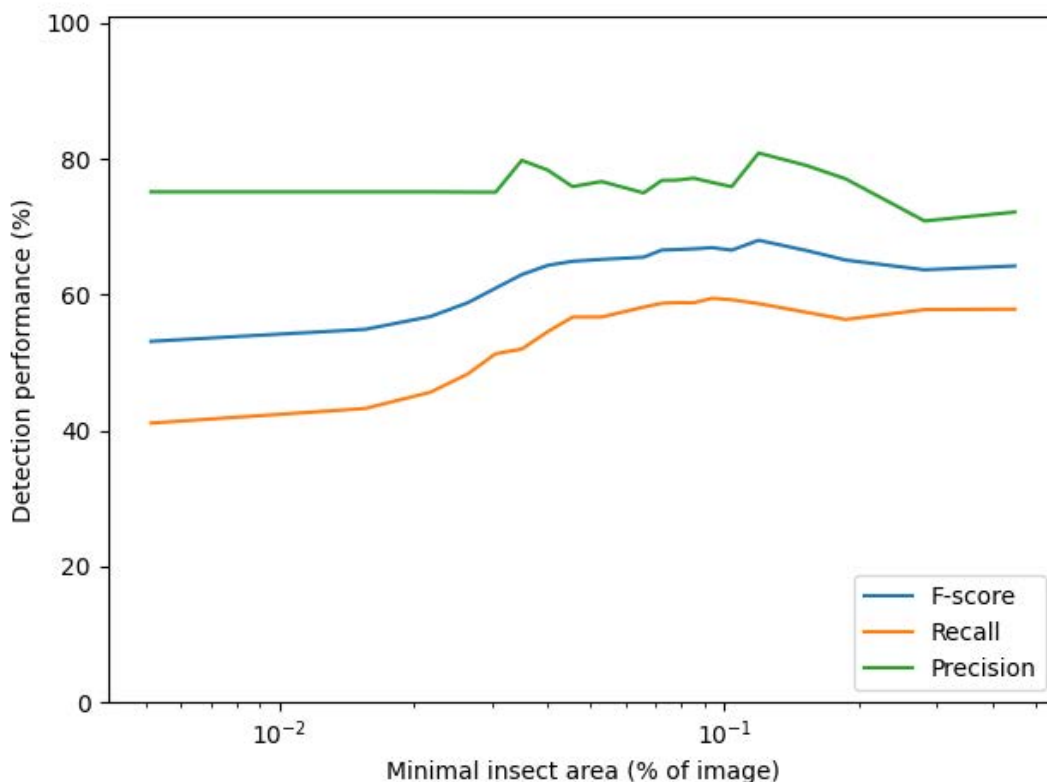
afbeeldingen op het meest specifieke taxonomische niveau (zoals genus of soort) dat met zekerheid vastgesteld kon worden, wat hielp om ook zeldzame taxa sneller in de dataset te vinden. Met het identificatie (classificatie) model kunnen gedetecteerde insecten op een foto geïdentificeerd worden.



Figuur 3.2. Prestaties en leerpunten van het beeldherkenningsalgoritme

De bovenste twee rijen in figuur 3.2. tonen de door het beeldherkenningsalgoritme automatisch uitgeknipte beelden, met daarbij weergegeven de automatische identificatie en een zekerheidspercentage. De uiteindelijke identificatie en zekerheid is gebaseerd op de reeks beschikbare foto's van hetzelfde, gevolgde individu. Tipulidae = langpootmuggen-familie; Chironomidae = dansmuggen-familie; Crambidae = grasmotten-familie; Diptera = vliegen en

muggen-orde; Coleoptera = kevers-orde; Lepidoptera = (nacht)vinders-orde; Tortricidae = bladrollers-familie; Caenidae = slijkhafsten-familie. Onderste rij van figuur 3.2. tonen zeldzame voorbeelden van dieren die nog niet goed door het huidige beeldherkenningsalgoritme opgepikt werden, maar eenmaal voorzien van handmatige identificatie, kunnen bijdragen als trainingsmateriaal voor volgende versies van het beeldherkenningsalgoritme.



Figuur 3.3 Evaluatie van relatie tussen de grootte van een insect en hoe goed ze gedetecteerd worden. Insecten van ca. 0.1% = 1.2 cm² worden het best herkend

Evaluatie

Tijdens de detectie stap worden niet alle insecten gevonden (fout-negatieven) en worden sommige objecten ten onrechte als insect aangemerkt (fout-positieven). De fout-negatieven bestaan vooral uit hele grote insecten en hele kleine (zie Figuur 3.3). De fout-positieven bestaan uit zaken zoals modder, vegetatie of

belichtingsartefacten. Bij de evaluatie van het herkenningmodel werd 85% helemaal goed herkend, 6% was helemaal incorrect en 9% was gedeeltelijk correct. Gedeeltelijk correct kan betekenen dat de herkenning te algemeen was (bv. Alleen maar 'vlinder' in plaats van een specifieke soort; 5%

van de gevallen) of dat de herkenning ten onrechte te specifiek was (bv. Een specifieke soort in plaats van een familie; 4% van de gevallen).

Verbeteringen 2021

Het algoritme heeft in 2021 een update gehad. Voor deze verbetering zijn identificaties van ~50.000 insecten op 4000 foto's gebruikt. Met het nieuwe beeldherkenningsmodel van 2021 worden 8 soorten, 11 genera, 53 families, en 13 (sub)ordes herkend.

Om de consistentie in de data-analyse, en met name de vergelijkingen over de jaren, te waarborgen, is besloten hetzelfde model te gebruiken voor het analyseren van de data van 2022 en 2023 als voor het analyseren van de data van 2021. De verbeteringen uit die update zullen worden meegenomen in de volgende versie van het model.

Doorontwikkeling

Door een insecten-expert, geworven via EIS Kenniscentrum Insecten, zijn in 2025 10.000 tot 15.000 extra insecten geannoteerd op foto's genomen door de insectencamera's. Daarmee kunnen nieuwe klassen en nieuwe soorten insecten geïdentificeerd worden die door het huidige algoritme niet herkend worden. De focus bij deze annotatieronde lag op grotere vlinders en motten. Het levert een directe en significante bijdrage aan de datakwaliteit van de DIOPSIS-beelden

die in een toekomstige update van het beeldherkenningsmodel opgenomen kan worden. Om data-analyse accuraat te houden, zal voor de meerjarige analyse een nieuwe versie van het model gebruikt worden voor beeldherkenning van alle jaren. De nieuwe versie van het model zal ook een verbetering van de ontubbeling (*tracking*) van insecten in de tijd bevatten, waarbij hetzelfde individuele insect op meerdere beelden maar één keer geteld wordt.

DIOPSIS als case study voor ARISE

Naturalis bouwt samen met de Universiteit van Twente, de Universiteit van Amsterdam en het Westerdijk Fungal Biodiversity Institute aan ARISE, een digitale onderzoeksinfrastructuur om alle meercellige soorten in Nederland te identificeren en te monitoren. Binnen ARISE is een data pijplijn (data infrastructuur) gebouwd om foto's van de DIOPSIS camera's naar de Snellius supercomputer te sturen waarop het algoritme draait. Op die manier kunnen de grote aantallen foto's snel geanalyseerd worden. Zie www.arise-biodiversity.nl/ voor meer informatie over ARISE.



4. Ecologische analyse

Het project heeft een schat aan waardevolle data opgeleverd over insectenmonitoring in Nederland. Hoewel vier jaar monitoring nog te kort is om definitieve trends in insectenpopulaties vast te stellen, bieden de gecombineerde resultaten wel een consistent beeld van de factoren die de insectenactiviteit beïnvloeden en een basis voor toekomstige trendanalyses.

Input data voor ecologische analyse

Tijdens dit pilotproject hebben in 2021, 2022 en 2023 in zes provincies DIOPSIS camera's gestaan (zie figuur 2.1 voor een overzicht van de locaties). In de hier gepresenteerde ecologische analyses hebben we ook data uit 2024 meegenomen. Vanwege het afronden van specifieke projecten is het aantal meetlocaties in 2024 jaar gereduceerd; er hebben in drie van de oorspronkelijke zes provincies DIOPSIS camera's gedraaid. Waar in Zeeland de monitoring op nagenoeg dezelfde locaties werd voortgezet, bleef de inzet in Gelderland en Noord-Holland beperkt tot een selectie van de meest actieve gebieden, zoals de Ooijpolder (Living Lab) en de Kennemerduinen en Noordhollands Duinreservaat (PWN). Er kwamen ondertussen ook nieuwe locaties bij, zoals Noordhollandse dijken (HHNK).

De camera is ingesteld op het maken van minimaal tien foto's per uur, ook als er geen bewegende insecten op het scherm zitten en maximaal één elke tien seconden bij beweging. Voor de meeste camera-uren geldt dat de resulterende foto's geüpload zijn naar het ARISE platform, alwaar de beelden doorgenomen zijn (tenminste één foto per week per camera) om te zien of er planten of spinnenwebben in beeld zijn. In die gevallen waar planten of spinnenwebben de beeldherkenning beïnvloeden, zijn alle uren van die datum verwijderd voor de betreffende camera. In een aantal gevallen zijn foto's met een te lage resolutie gemaakt, leidend tot het niet herkennen van aanwezige insecten.

Het beeldherkenningsalgoritme is toegepast op het overgrote deel van de resterende foto's. Tot slot zijn nachtelijke uren verwijderd als de verlichting van de betreffende camera uit stond, hetgeen zowel met opzet als door storing voorkwam. In tabel 4.1 is weergegeven hoeveel camera-uren betrekking hebben op locaties waarvoor in tenminste drie jaren bruikbare data beschikbaar zijn in de periode 2021 - 2024. Het aantal camera-jaren en locaties is eveneens berekend na elke filter. Individuele insecten die met het

beeldherkenningsalgoritme gevolgd (*getracked*) tellen maar één keer per uur mee. De aantallen unieke individuen zijn per uur opgeteld, waarna het totaal over

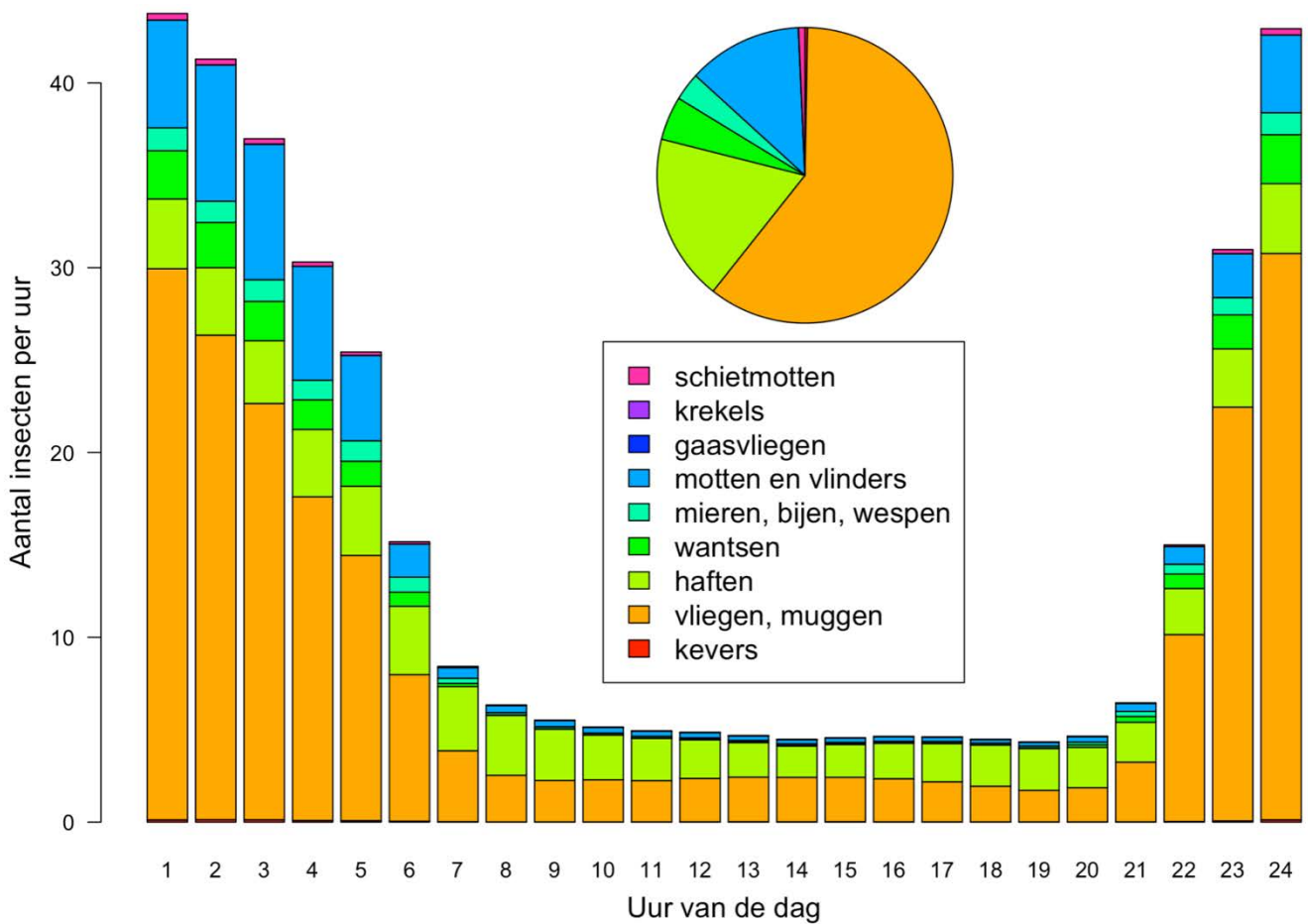
alle uren aan bruikbare data berekend is.

Filters	Camera-uren	Camera-jaren	Locaties	Aantal insecten
Camera's uitgezet en geregistreerd	421.590	370	123	n.v.t.
Tenminste 10 foto's per uur	380.170	369	123	n.v.t.
Juiste resolutie foto's	365.038	367	123	n.v.t.
's Nachts stond verlichting aan	353.839	362	123	n.v.t.
Geen planten of spinnenwebben hinderlijk in beeld	338.587	360	123	n.v.t.
Beeldherkenningsalgoritme toegepast	323.723	342	120	4.399.198
Locaties met bruikbare data van tenminste 3 jaren	238.626	261	67	3.319.620
Locaties met tenminste 100 uur data per jaar in tenminste 3 jaren	194.519	203	51	2.736.432

Tabel 4.1. Overzicht van het selecteren van de onderzoeksdata, te beginnen met de camera-specifieke uren (datum en tijdstip) waarin een camera in het veld stond en waarvoor informatie over het functioneren van het DIOPSIS-systeem beschikbaar is (bovenste rij). Vervolgens is per achtereenvolgend filter (van boven naar beneden) aangegeven hoeveel van die uren overblijven voor de jaren 2021-2024.

Uitgesplitst naar insectenordes, bestonden de 4,3 miljoen waargenomen insecten (Tabel 4.1) in merendeel uit vliegen en muggen (Diptera: 59,9%), gevolgd door haften (Ephemeroptera: 19,6%), motten en dagvlinders (Lepidoptera: 11,9%), wantsen (Hemiptera: 4,6%), mieren, bij en wespen (Hymenoptera: 3,0%),

schietmotten (Trichoptera: 0,7%), kevers (Coleoptera: 0,3%) en in mindere mate gaasvliegen (Neuroptera) en krekels (Orthoptera) (Figuur 4.1). Behalve insecten zijn onder andere ook andere dieren gefotografeerd, waaronder spinnen, hooiwagens, slakken, vogels, katten en boomkickers.



Figuur 4.1. Geaggregeerd 2021-2024, gebaseerd op ca. 300.000 camera-uren.

Uitleg ecologisch basismodel

In onderstaande analyses van de aantallen per uur ligt de nadruk alleen op insecten, en worden de waargenomen slakken, springstaarten en spinachtigen buiten beschouwing gelaten. Om te onderzoeken hoe het aantal insecten per uur verschilde tussen jaren is de data geanalyseerd met een regressiemodel. Hoewel we vooral jaren wilden vergelijken, moest er ook een behoorlijk aantal andere variabelen meegenomen worden om een eerlijke vergelijking tussen jaren te kunnen maken. Omdat data van verschillende uren van dezelfde camera natuurlijk niet onafhankelijk zijn, hebben we locatie als willekeurige factor in het model opgenomen, waarbij alle DIOPSIS camera's binnen een straal van 150 meter tot dezelfde locatie gerekend zijn. Bovendien is er op gelet dat er bij teldata, zoals het aantal insecten per uur, ook redelijk wat uren zitten zonder waarnemingen.

Daarom is een 'hurdle' model gebruikt met zowel een binomiaal deel dat de kans op nul-tellingen modelleert en een negatief-binomiaal deel dat de aantallen modelleert, rekening houdend met de hoge mate van variatie in die tellingen. Voor de analyses hebben we data van tal van factoren opgezocht die in eerdere analyses invloed hadden op het aantal waargenomen insecten op het scherm van een bepaalde camera op een bepaald tijdstip (datum en uur) (Huijbers et al. 2024b). Allereerst is het voorkomen van vliegende en kruipende insecten seizoensgebonden. Daarom hebben we dag-van-het-jaar als verklarende variabele opgenomen in het regressiemodel. Daarnaast hebben temperatuur, wind en neerslag direct effect op de activiteit van insecten en daarmee op de kans dat ze op het DIOPSIS scherm geteld worden. Maar omdat die weersvariabelen (vooral temperatuur) ook seizoenspatronen tonen, zijn ze niet zelf in het model opgenomen, maar de afwijkingen van wat er voor een bepaalde dag-van-het-jaar en uur-van-de-etmaal verwacht wordt. Die verwachte waarden hebben we berekend op basis van uur-specifieke weergegevens van alle beschikbare KNMI weerstations. Per weerstation berekenden we de gemiddelde waarden over de voorafgaande 3 decennia (1991-2020) voor elke combinatie van dag-van-het-jaar en uur-van-het-etmaal.

Daarna berekenden we voor elk specifiek uur tijdens de onderzoeksperiode (2021-2024) hoeveel warmer, winderiger en natter (of minder) het was ten opzichte van datzelfde uur in de 30 jaren van de periode 1991-2020. Die weerstation- en uur-specifieke afwijkingen interpoleerden we vervolgens naar elke camera-locatie (gewogen naar de inverse van de afstand tussen de locaties van een camera en een weerstation, waarbij alleen weerstations binnen een straal van 50 kilometers meedoen). Om ervoor te zorgen dat variabelen een vergelijkbare orde van grootte hadden, zijn dag-van-het-jaar, temperatuurafwijking, windsnelheidsafwijking en neerslagafwijking afzonderlijk genormaliseerd door eerst het gemiddelde van elke waarde af te trekken en vervolgens te delen door de standaarddeviatie. Daardoor werd het gemiddelde van elk van genormaliseerde variabelen 0, en hun standaarddeviatie 1. Van elke van deze 4 genormaliseerde waarden werd ook hun kwadraat in het regressiemodel opgenomen om behalve lineaire effecten ook kwadratische relaties tussen deze verklarende variabelen en het aantal insecten te kunnen schatten.

Schermoriëntatie

Ook hebben we schermoriëntatie (hoofdzakelijk verticaal, maar in 12% van de camera-uren horizontaal) als verklarende variabele meegenomen. Omdat eerdere analyses (Huijbers et al. 2024b) vooral lagere aantallen insecten in bebouwd gebied toonden (ten opzichte van agrarische of natuurgebieden), is ook de oppervlakte-proportie bebouwd gebied binnen een straal van 100 meter rond de locatie van een camera meegenomen als variabele in deze analyse. Zie hieronder welke top10NL categorieën samengenomen zijn in 'bebouwd gebied'.

Licht

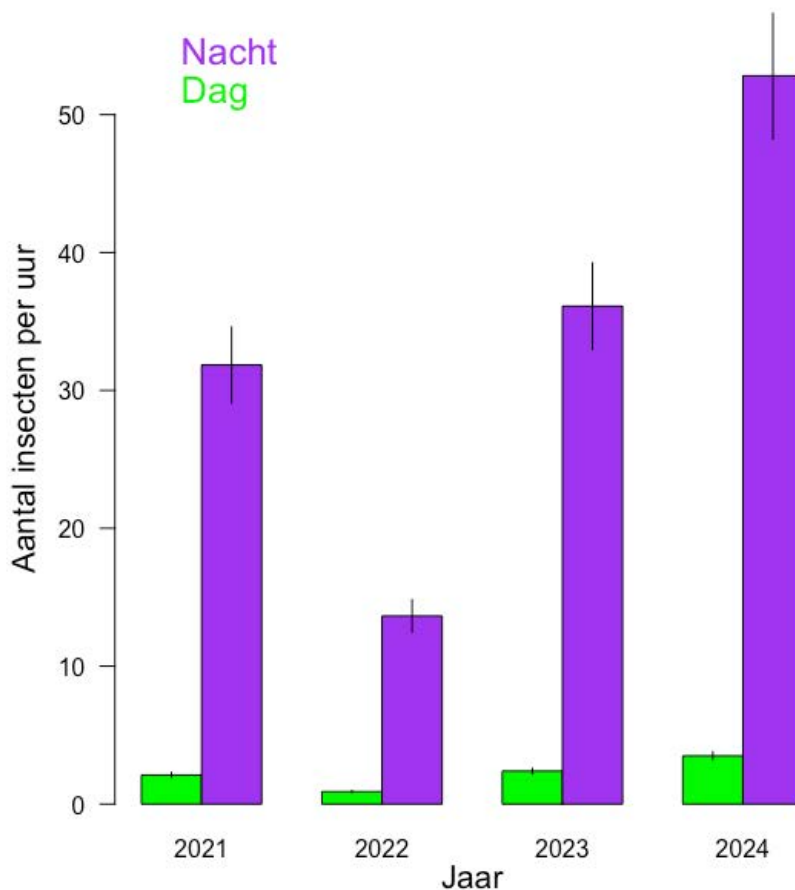
's Nachts waren de DIOPSIS-schermen verlicht, dat insecten aantrok en daardoor waren de aantallen insecten per uur 's nachts hoger dan overdag. Effecten van bijvoorbeeld schermoriëntatie en weer 's nachts kunnen bovendien anders zijn dan overdag. Om die reden is er voor alle eerdergenoemde variabelen ook interacties met 'nacht' opgenomen. De aantrekkingskracht van het verlichte scherm is 's nachts echter kleiner bij veel maanlicht en daarom is ook de zichtbaarheid en volheid van de maan meegenomen als verklarende variabele.



Resultaten

De voorspellingen van het gefitte regressiemodel staan in figuur 4.2. Voor 2021 en 2023 geeft het model vergelijkbare aantallen insecten per nachtelijk uur: respectievelijk 32 en 36, met standaardfouten van respectievelijk 2,7 en 3,1. In 2022 waren de aantallen lager ($14 \pm 1,2$), terwijl het model voor 2024 juist meer ($53 \pm 4,6$) insecten per nachtelijk uur berekende. Daarbij moet gelijk opgemerkt worden dat in 2024 camera's hebben gestaan in drie van de zes provincies waar in de eerdere drie jaren camera's stonden. In Zeeland hebben in 2024 camera's gestaan op grotendeels dezelfde locatie als in de

jaren ervoor, maar in Gelderland en Noord-Holland heeft in 2024 op slechts een deel van de locaties weer een camera gestaan: in de Ooijpolder (Living Lab biodiversiteitsherstel en Kennemerduinen en Noordhollands Duinreservaat (PWN), terwijl ook nieuwe locaties toegevoegd zijn: Noordhollandse dijken (HHNK). Het lagere aantal camera's in 2024 heeft goed gefunctioneerd en veel foto's gemaakt: met dit model hebben we 59.003, 102.196, 109.525 en 52.999 uur aan bruikbare data geanalyseerd afkomstig uit respectievelijk de jaren 2021, 2022, 2023 en 2024.



Figuur 4.2. Berekening van het aantal insecten per uur overdag (groen) en 's nachts (paars) op basis een regressiemodel gefit op 323.723 DIOPSIS-uren. Deze modelvoorspellingen zijn gedaan voor gemiddelde omstandigheden: midden in de onderzoeksperiodes (3 augustus), voor een verticale scherm, zonder bebouwing binnen 100 meter, en dagdeel-specifieke gemiddelde maanlicht en dagdeel-specifieke gemiddelde afwijkingen in temperatuur, windsnelheid en neerslag. Verticale lijnen geven standaardfouten weer.

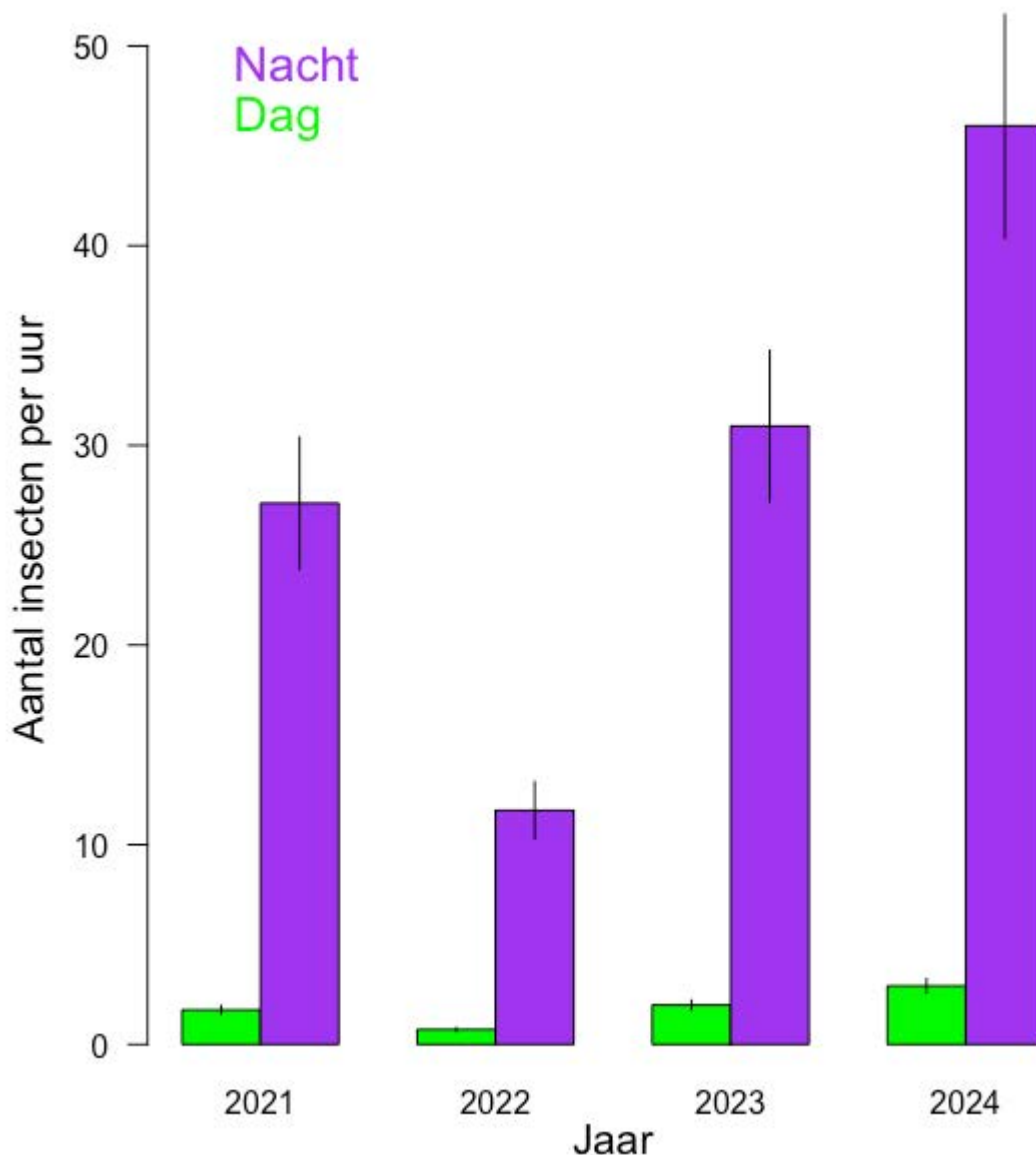
Om nader te onderzoeken of het hoge gemiddelde van 2024 (Figuur 4.2) gedeeltelijk het gevolg was van nieuwe locaties, hebben we de analyse van het aantal insecten per uur herhaald met een deel van de data: alleen data van locaties met in tenminste 2 jaar tenminste 100 uren aan bruikbare data. Het ging daarbij nog steeds om 265.182 uren (i.e. 82% van de 323.723 uur). Het nieuwe regressiemodel voorspelde hetzelfde patroon over de jaren, zij het met lagere aantallen insecten per nachtelijk uur: respectievelijk 27, 12, 31 en 46 onder standaard omstandigheden (Figuur 4.3.). De jaren 2021 en 2023 blijven dus zeer vergelijkbaar in hun gemiddelde aantal insecten. Of het hoge gemiddelde van 2024 veroorzaakt werd door Noord-Hollandse, Zeelandse dan wel Gelderse data onderzoeken we hierna verder met analyses op provincieniveau.

Het lagere gemiddelde in 2022 was reeds opgevallen in eerdere analyse van de data van dat jaar, hoewel het gemiddelde door Huijbers et al. (2024a) ingeschat werd op 24 tot 28 insecten per nachtelijk uur. Het is mogelijk dat het verschil met de huidige analyses deels komt door het strengere filteren van camera-dagen waarop misidentificaties plaatsvonden door spinnenwebben of dode insecten op het scherm.

Op verschillende camera's in 2022 werden grote aantallen slijkhaften (Ephemeroptera: Caenidae) waargenomen. Het kwam daarbij regelmatig voor dat deze eendagsvliegen dood achterbleven, geplakt aan het scherm.

Daarnaast was 2022 weerteknisch een uitzonderlijk jaar met een droge lente en een zeer warme en droge zomer, hetgeen moeilijke omstandigheden zijn voor insecten. Het gefitte regressiemodel houdt expliciet rekening met de temperatuur, wind en neerslag tijdens het uur waarover insecten geteld werden met de DIOPSIS camera's, maar niet met de weersomstandigheden in de weken voorafgaand aan een specifiek uur met tellingen, of met bijvoorbeeld de gemiddelde temperatuur en neerslag gedurende de voorafgaande lente, wat voor de ontwikkeling van insecten populaties van belang kan zijn. Barendregt et al. (2022) vond bijvoorbeeld significante effecten van het weer in april op het aantal zichtwaarnemingen van zweefvliegen op de Veluwe, hoewel dat effect van de vroege lente de negatieve trend over de onderzochte jaren niet kon verklaren.

Tot slot kan niet uitgesloten worden dat er ook een effect is geweest van de afwijkende software-instelling bij veel van de camera's in 2022 (zoals in hoofdstuk 2 hierboven is beschreven) op het gemiddeld aantal insecten per uur in dat jaar. De lagere frequentie (kortste interval tussen 2 foto's was toen 2 minuten in plaats van 10 seconden) van fotograferen kan ertoe geleid hebben dat er insecten gemist zijn die wel met de software-instelling van de andere jaren opgemerkt zouden zijn. De grootte van dit effect gaan we nog onderzoeken, onder andere met simulaties waarin deze afwijkende instelling achteraf toegepast wordt op data die met de normale instelling verzameld zijn.



Figuur 4.3. Dit figuur is hetzelfde als figuur 4.2, maar dan gebaseerd op een deelverzameling van de data: alleen data van locaties met in tenminste 2 jaar tenminste 100 uren aan bruikbare data.

Analyses per provincie

Om de fluctuatie in aantal tussen jaren verder te onderzoeken, hebben we ook regressiemodellen gemaakt voor elk van de zes deelnemende provincies. In alle zes provincies had 2022 het laagste aantal insecten per nachtelijk uur (Figuur 4.4.), wat inderdaad door een generiek effect als landelijke droogte veroorzaakt zou kunnen zijn. Verder is het interessant dat in Zeeland, waar de camera's vier jaar op grotendeels dezelfde locaties stonden, 2024 geen

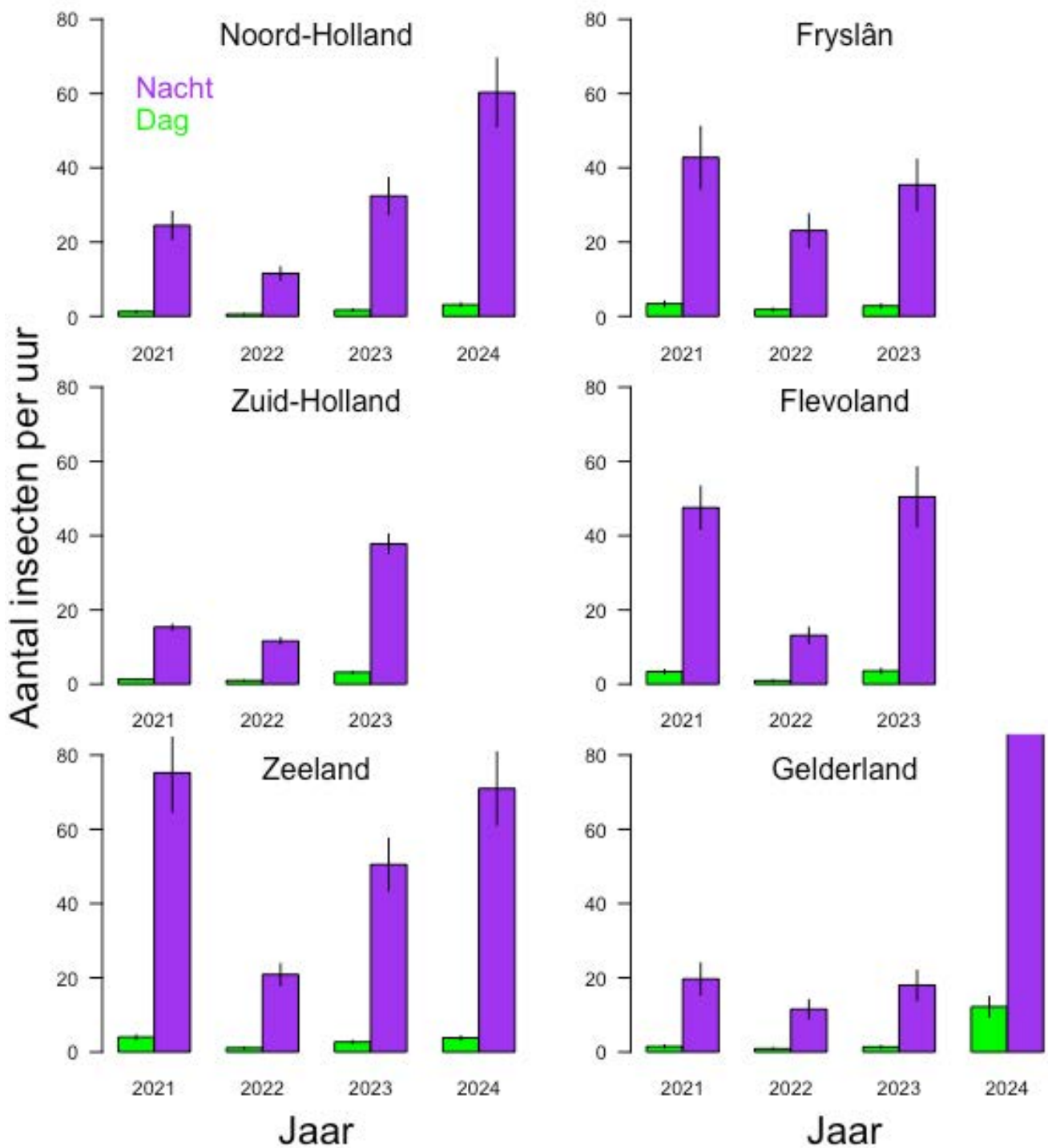
uitzonderlijk jaar was (ten opzichte van 2021 en 2023; Figuur 4.4.). In Noord-Holland stonden in 2024 DIOPSIS camera's op de Hondsbossche Zeewering en de Markermeerdijk (nieuwe locaties) en in de duinen bij Bergen aan Zee, Bakkum, Overveen en Bloemendaal (locaties waar ook in eerdere jaren DIOPSIS camera's stonden). Bij met name de laatste drie van de genoemde locaties werden in 2024 relatief hoge aantallen insecten gefotografeerd. Ook in 2021 hadden deze

locaties een hoog gemiddelde, maar dan gebaseerd op een klein aantal uren (helaas dankzij opstartproblemen door de slechte 4G verbinding in de duinen). Het is daarom niet uit te sluiten dat het afwijkende hoge gemiddelde in 2024 voor Noord-Holland deels door de verandering in de set van locaties die vooral bijgedragen hebben tot de dataset van dat jaar. In de analyses is de locatie van camera's meegenomen als 'willekeurige factor', maar dat kan bij grote verschillen in samenstelling van locaties (hier 2024 ten opzichte van de eerste drie jaren) wellicht niet voorkomen dat het jaar-effect van 2024 in Noord-Holland erdoor beïnvloed is.

In Gelderland stonden DIOPSIS camera's in 2024 alleen in de Ooijpolder bij Nijmegen (terwijl in 2021-2023 camera's ook stonden in bijvoorbeeld de Leemputten bij Staverden, Velhorst, Hoge Veluwe, Korenburgerveen, Willinks Weust en de eendenkooi van Herwijnen). In de Ooijpolder ging het in 2024 deels om eerder succesvol bemonsterde locaties (Leuth en Kasteelsche Hof) en deels om locaties waarvoor geen data uit eerdere jaren beschikbaar waren voor deze analyse (Kerkdijk, Brokske,

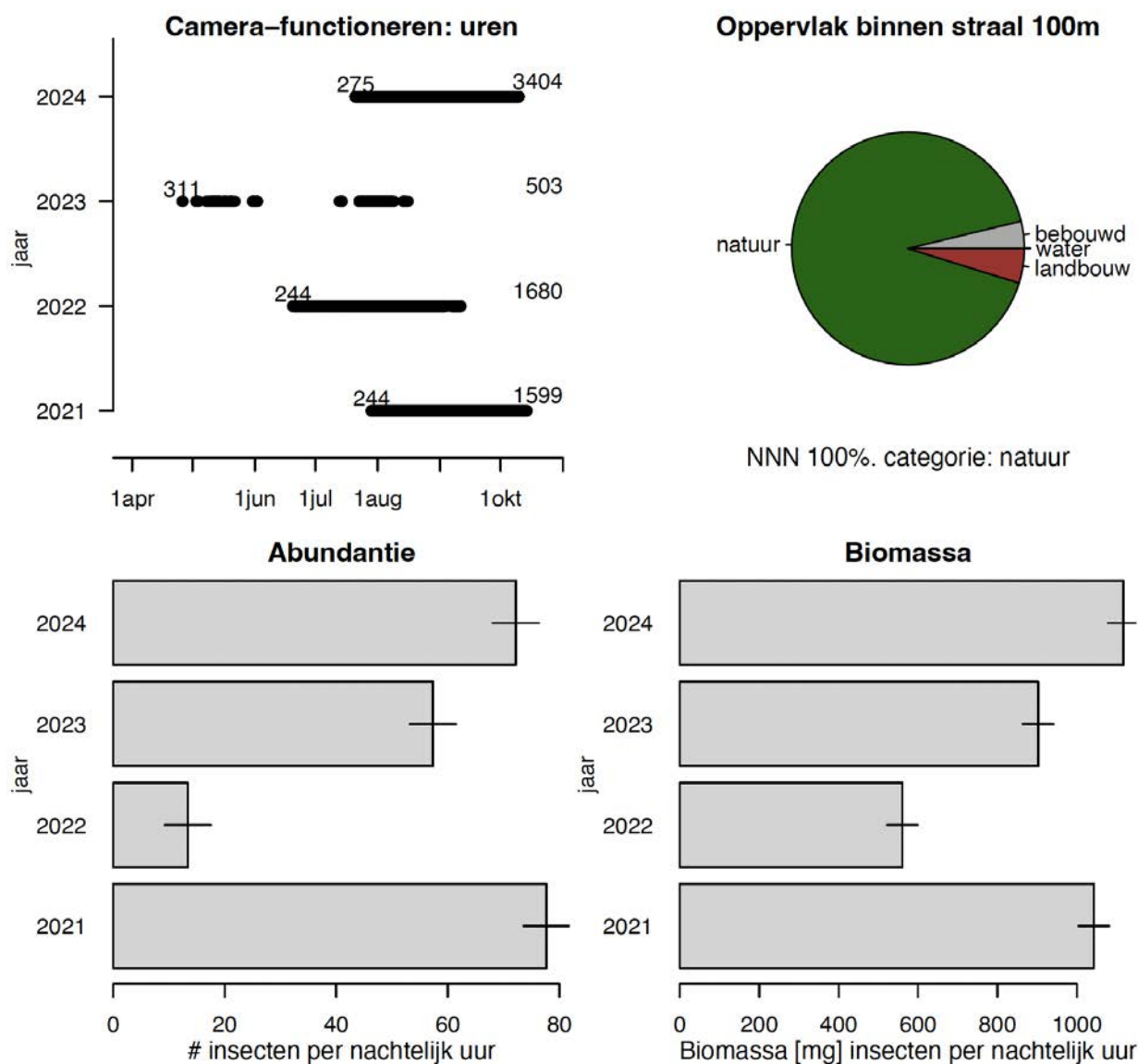
Erlecom). Op alle vijf locaties werden in 2024 hoge aantallen (meer dan 80) insecten per nachtelijk uur gefotografeerd (Figuur 4.4.), terwijl het aantal op die locaties in eerdere jaren behoorlijk lager was (hoewel gebaseerd op een kleiner aantal uren).

De nadruk ligt bij de analyses in dit rapport met name op de verschillen in aantallen insecten tussen jaren, waarbij de gehele set van DIOPSIS camera's gebruikt wordt die in dit project geplaatst is. Het doel daarvan is om een begin te maken aan het bepalen van landelijke trends in aantallen insecten en trends in totale biomassa aan insecten. De overwegingen hierboven geven aan dat het toch ook zinvol is om individuele locaties te bekijken om te zien hoe de hoeveelheid data (aantallen uren verdeeld over het jaar) verschilt tussen jaren en tussen locaties, en of algehele trends ook op afzonderlijke locaties te zien zijn. Hoewel dit rapport dus vooral gaat over de patronen op basis van de gehele dataset, laten we in figuur 4.5. een voorbeeld zien van een analyse van één van de locaties, hier het vogelringstation op Schouwen.



Figuur 4.4. Per provincie en jaar: berekening van het aantal insecten per uur overdag (lage balken links) en 's nachts (hoge balken rechts) op basis van gefitte regressiemodellen. Deze modelvoorspellingen zijn gedaan voor gemiddelde omstandigheden: midden in de onderzoeksperiodes (3 augustus), voor een verticale scherm, zonder bebouwing binnen 100 meter, en dagdeel-specifieke gemiddeld maanlicht en dagdeel-specifieke gemiddelde afwijkingen in temperatuur, windsnelheid en neerslag. Balken geven standaardfouten weer.

Schouwen Vogelringstation



Figuur 4.5. Camera-uren, omgeving en modelresultaten voor 1 locatie, het vogelringstation op Schouwen. Linksboven wordt per jaar weergegeven hoe de bruikbare uren aan data verdeeld zijn over het jaar, en hoeveel uren aan data er elk jaar waren (de getallen aan de rechterkant). Het nummer van de geplaatste DIOPSIS camera's (hier 244, 275 en 311) staat aan de linkerkant. Rechtsboven is de verdeling van de omgeving binnen een straal van 100 meter rond de locatie van een camera weergegeven in een taartdiagram. Daaronder staat vermeld welk percentage van dat oppervlak binnen het Natuurnetwerk Nederland (NNN) valt, en in welke hoofdcategorie de locatie is ingedeeld (hier: natuur). Meer informatie over de 4 categorieën op basis van top10NL kaarten staat in bijlage 3. De staafgrafiek linksonder geeft per jaar de voorspellingen van het aantal insecten per nachtelijk uur onder standaard omstandigheden op basis van een regressiemodel gefit op alleen de data afkomstig van deze locatie. Op zeer vergelijkbare manier wordt rechtsonder modelvoorspellingen getoond voor total insectenbiomassa.

Analyses per landschapstype

De locaties waar de DIOPSIS camera's in 2021 geplaatst werden, waren uitgezocht om stedelijk gebied,

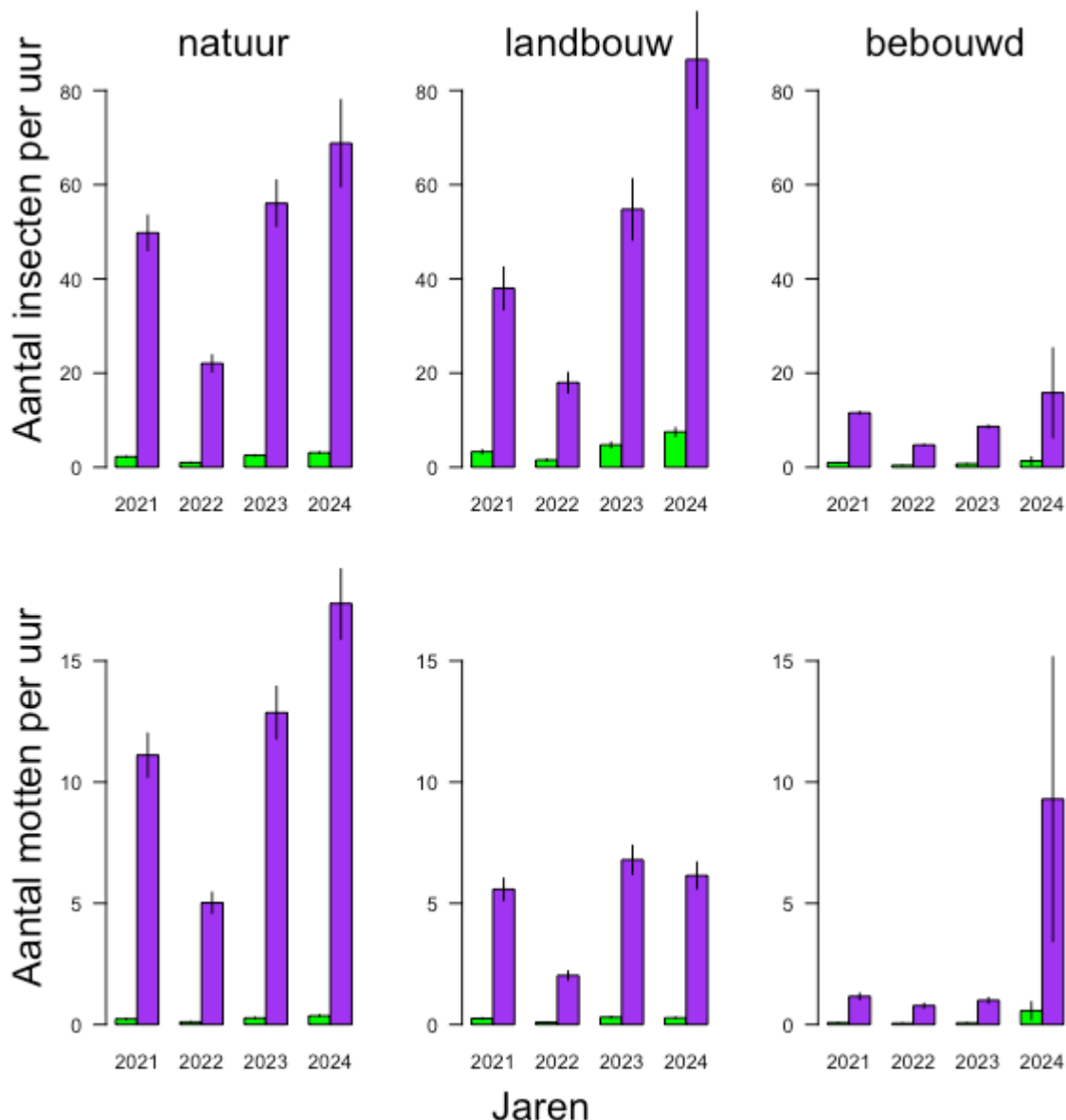
natuurgebieden en agrarisch gebied onderling met elkaar te kunnen vergelijken. De indeling van elke locatie in deze drie hoofdcategorieën is nu

achteraf geformaliseerd op basis van het percentage van het oppervlak binnen een straal van 100 meter rond een camera dat binnen het Natuurnetwerk Nederland valt, en vervolgens op basis van de top10NL-kaartlaag (voor meer informatie over deze indeling: zie bijlage 3). Na de indeling van locaties in de drie hoofdcategorieën, bestond de deelverzameling van data in de categorie 'natuur' uit 119.957 uur, 'landbouw' uit 145.928 uur en 'bebouwd' uit 55.332 uur aan bruikbare data. De overige 2.506 uren kwamen van twee locaties die niet eenduidig binnen een van deze drie hoofdcategorieën vielen, en daarom uit de analyses per landschapstype gehouden zijn.

Per landschapstype is de betreffende subset aan data met vergelijkbare regressiemodellen geanalyseerd zoals al in bovenstaand kader is beschreven. Het model passend op natuurgebieden voorspelt vergelijkbare aantallen insecten per uur als het model passend op data uit landbouwgebieden (Figuur 4.6.). Daarbij valt ook op dat de *ranking* van de jaren hetzelfde is in deze twee onafhankelijke datasets en analyses. Voor bebouwd gebied zijn de aantallen

insecten per uur beduidend lager dan in natuurgebieden en agrarische gebieden. Dat komt ongetwijfeld doordat er minder geschikt habitat is voor insecten in stedelijk gebied. Tegelijkertijd is het goed om te realiseren dat verschillende aspecten van bebouwing een effect kunnen hebben op het aantal gefotografeerde insecten, zoals het hitte-eiland-effect, lichtemissie en hemelhelderheid (Huijbers et al. 2024a). Lichtemissie kan daarnaast ook de effectiviteit van de belichting van het DIOPSIS-scherm 's nachts verminderen.

Dat het totaal aantal insecten per uur in natuur- en agrarische gebieden vergelijkbaar is, vertelt ons niet dat de samenstelling van de insectengemeenschap hetzelfde is in beide type gebieden. Het aantal motten per uur is bijvoorbeeld beduidend hoger in natuurgebieden dan in landbouwgebieden (zie onderste rij in Figuur 4.6.). Ook bij motten werden de laagste aantallen in stedelijk gebied geteld. In 2024 stonden weinig DIOPSIS camera's in stedelijk gebied, wat dan ook resulteerde in een grote standaardfout bij de voorspelling voor 'bebouwd' in 2024.



Figuur 4.6. Bovenste rij: voorspellingen van het totaal aantal insecten per uur onder standaardomstandigheden (conform uitleg bij Figuur 4.2.) door regressiemodellen gefit op verschillende subsets van de data, op basis van de hoofdcategorie waarin elke locatie is ingedeeld: natuur, landbouw of bebouwd (zie bijlage 3 voor meer informatie). Onderste rij: resultaten van vergelijkbare analyses van het aantal motten (*Lepidoptera*).

Overwegingen

De analyses van de aantallen insecten laten interessante verschillen zien tussen de onderzoeksjaren en tussen de verschillende typen gebieden. De verschillen tussen jaren zijn robuust als we de analyse van de gehele dataset (Figuur 4.2) vergelijken met die van een subset met alleen locaties met tenminste 2 jaren met bruikbare data (Figuur 4.3). Ook als we de resultaten

van de analyses per provincie bekijken, (Figuur 4.4) zien we in elke provincie lagere aantallen in 2022 dan in de andere jaren. De jaren 2021 en 2023 laten vaak vergelijkbare gemiddelden zien, al verschilt het tussen de provincies welk van deze twee jaren een net iets hoger gemiddelde had. Deze robuustheid geeft aan dat jaarsfluctuaties goed ingeschat kunnen worden. In 2022 heeft het droge voorjaar

en de hete en droge zomer waarschijnlijk een groot effect gehad op insecten. Ook in 2023 was er een opmerkelijke periode: eind juli was het relatief koud, met veel bewolking en neerslag. Dat had toen groot effect op de activiteit van insecten: door heel Nederland zagen we nauwelijks insecten op de DIOPSIS-schermen, met als enige uitzonderingen een camera in een tuin in Leiden en een agrarische locatie bij Grijskerke op Walcheren (Huijbers et al. 2024b). De passende regressiemodellen kunnen dat soort effecten al ondervangen doordat het seizoensverloop en seizoensspecifieke afwijkingen in temperatuur, wind en neerslag expliciet meegenomen worden in de analyses. Door zo rekening te houden met weersomstandigheden ten tijde van metingen in het veld, kunnen we jaarseffecten, en uiteindelijk trends, beter schatten. Effecten van het weer gedurende langere periodes, zoals het vroege voorjaar, worden nog niet meegenomen in de analyses. Zodra er over meerdere jaren data verzameld zijn, kan het zeker interessant zijn om te onderzoeken of verschillen in aantallen insecten tussen jaren verklaard kunnen worden met jaarspecifieke weersgemiddeldes van bepaalde perioden die belangrijk zijn voor de ontwikkeling van insectenpopulaties. Dat kan met een exploratieve aanpak (Bailey & van de Pol 2016), of gebaseerd worden op hypothesen gebaseerd op biologische kennis van de insectengemeenschappen (e.g. Barendregt et al. 2022).

De vergelijking tussen figuren 4.2 en 4.3 laat ook zien dat een strenge selectie van locaties (bijvoorbeeld alleen locaties die elk jaar geresulteerd hebben in bruikbare data) niet nodig is om robuuste jaarseffecten (en uiteindelijk

trends) te schatten. Door seizoensweers- en landschapsvariabelen mee te nemen in de analyses kan al voor de invloed van die zaken op de aantallen insecten per uur in verschillende jaren afdoende gecorrigeerd worden. De afwijkend hoge gemiddeldes voor Noord-Holland en Gelderland in 2024 (Figuur 4.4) lijken echter mede het gevolg te zijn van een kleine overlap in de set van locaties met data voor dat jaar ten opzichte van de locaties waar in eerdere jaren het gros van de data vandaan kwam. Voor het verder ontwikkelen van een monitoringsnetwerk met DIOPSIS camera's is het daarom van belang dat tenminste een behoorlijk deel van de locaties overeen blijft komen tussen de jaren.

Voor het schatten van trends in aantallen en totale biomassa insecten zijn natuurlijk meerdere jaren nodig, zoals gebruikelijk voor trend-bepalingen. Maar de hier gepresenteerde analyses laten robuuste jaarseffecten zien, hetgeen zeker positief is voor het gaan schatten van trends over meerdere jaren. Daar kan er afgevraagd worden hoeveel DIOPSIS camera's er minimaal nodig zijn om een landelijke aantalstrend (en biomassastrend) te kunnen schatten. Waarschijnlijk kan dat al vanaf 30 camera's, al zal vervolgonderzoek uit moeten wijzen hoe gevoelig de geschatte jaarseffecten en trendschattingen zijn voor het aantal camera's dat meegenomen wordt in de analyses. Dit zou bijvoorbeeld onderzocht kunnen worden in herhaalde simulaties waarin het aantal camera's in de geanalyseerde dataset stapsgewijs verlaagd wordt.

Voor het inschatten van areaalstrend, of meer algemeen, het meten van effecten

van verschillen in landschapscompositie (bijvoorbeeld natuur versus landbouw versus stad) of beheersmaatregelen, zijn natuurlijk meer locaties nodig. Ook daarbij is positief dat we met de DIOPSIS camera's duidelijke verschillen in de

pupulatiedichtheid en compositie van insectengemeenschappen kunnen aantonen, bijvoorbeeld tussen gangbaar en dun ingezaaide gewassen, op basis van 6 camera's (Huijbers et al. 2024c).



5. Vergelijking met andere meetmethoden

De meest voorkomende manieren voor het monitoren van insecten omvat methoden als:

- BIMAG (Boeren Insecten Monitoring Agrarisch Gebied)
- Malaisevallen
- Pan traps
- Potvallen
- NEM-meetnetten

De BIMAG-methode en de NEM-meetnetten worden, evenals de DIOPSIS-methode, op grote schaal toegepast op talrijke locaties in Nederland. Hoewel die methoden allemaal bijdragen aan de monitoring

van de insectenbiodiversiteit op specifieke locaties, en elk hun eigen methodologische sterke en zwakke punten hebben, bestaan er significante verschillen in hun benadering en efficiëntie. Het onderzoeken van vangsten uit vallen en het uitvoeren van transecttellingen, zoals gebruikelijk bij de NEM-meetnetten, resulteren in gedetailleerde en nauwkeurige data. Die werkzaamheden zijn echter doorgaans arbeidsintensief en afhankelijk van de beschikbaarheid van vrijwilligers.

Methode	Soortgroepen	Aantal locaties in Nederland	Aantal observaties	Opmerkingen
DIOPSIS	Vliegende insecten	~200	>1 miljoen over 2 jaar	Non lethaal
BIMAG	Vlinders (dag en nacht)	~115	~40.000 over 4 jaar	Focus op agrarisch gebied
Malaiseval	Vliegende insecten	Slechts enkele voor langdurige monitoring	Niet bekend	Lethaal, arbeidsintensief
Panval	Vliegende insecten	Enkele projecten	Niet bekend	Lethaal, arbeidsintensief
Potval	Lopende insecten	Case study: Wijster, Drenthe: 79 vallen	~360.000 over 27 jaar	Lethaal, arbeidsintensief
NEM meetnetten	Vlinders (dag en nacht), libellen, hommels	Dagvlinders: 1500 (2022) Hommels: 379 (2021) Libellen: honderden	Niet bekend	Gebaseerd op inzet en beschikbaarheid vrijwilligers

Tabel 5.1. Vergelijking van Insectenmonitoringsmethodieken in Nederland

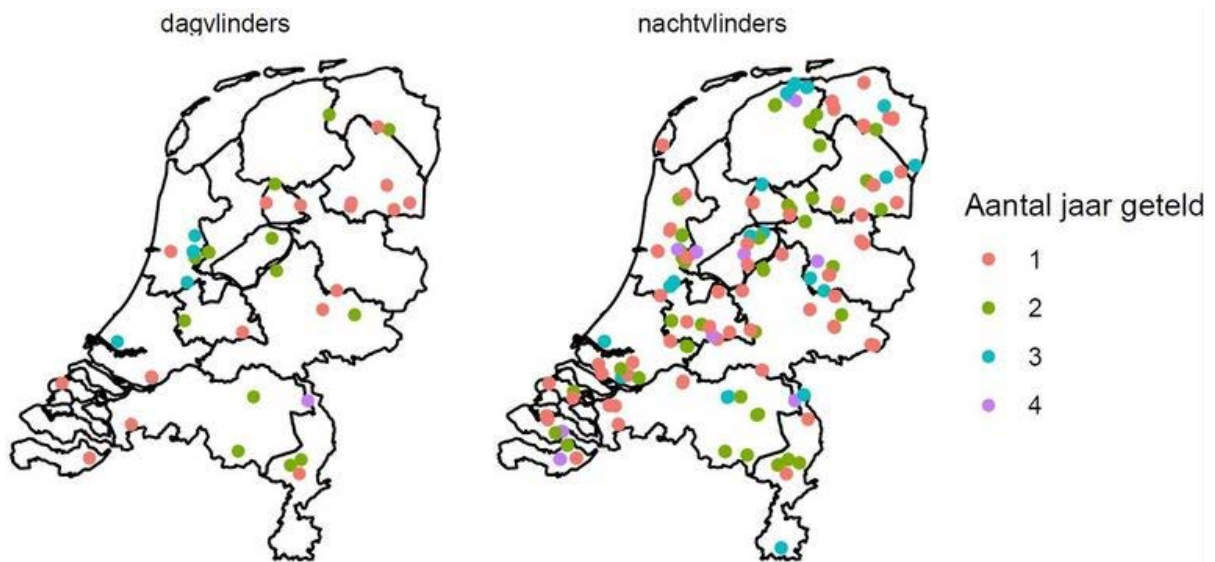


Figuur 5.1. Foto van respectievelijk LED-emmer, malaiseval, panval, en potval

BIMAG

De methode Boeren Insecten Monitoring Agrarisch Gebied (BIMAG), een initiatief van LTO Noord, BoerenNatuur en De Vlinderstichting, is ontwikkeld voor de gestandaardiseerde inventarisatie van dag- en nachtvlinders (De Vlinderstichting, 2023). Sinds 2019 wordt deze methode toegepast op meer dan 100 agrarische bedrijven in heel Nederland.

Een eerste analyse van de data verzameld in de eerste vier jaar van het BIMAG-programma concludeert dat deze periode onvoldoende is om conclusies te trekken over de dynamiek van populaties van nacht- en dagvlinders in agrarische gebieden. Die beperking wordt toegeschreven aan de aanzienlijke interannuele fluctuaties in de waargenomen aantallen (De Vlinderstichting, 2023).



Figuur 5.2. Deelnemende bedrijven aan het BIMAG-project (Bron: BIMAG)

Malaisevallen

Malaisevallen worden voornamelijk ingezet voor het bemonsteren van vliegende insecten, in het bijzonder soorten van de orden Diptera (tweevleugeligen) en Hymenoptera (vliesvleugeligen). Een malaiseval is geconstrueerd als een tentstructuur waar insecten binnenvliegen en zich,

door hun natuurlijke neiging om omhoog te bewegen, verzamelen in een geïnstalleerde pot op het hoogste punt. Malaisevallen bestaan in verschillende maaswijdtes, die de selectiviteit voor bepaalde soortgroepen beïnvloeden.

De gevangen insecten worden gedroogd en gewogen om een indicatie te krijgen

van de totale biomassa. Deze methode biedt echter geen kwantitatieve of kwalitatieve gegevens over de individuele soorten en hun aantallen. Het sorteren en identificeren van individuele insecten uit malaisevallen is een arbeidsintensieve en tijdrovende taak.

Panvallen

Een panval is een passieve vangmethode voor het bemonsteren van met name kleine vliesvleugeligen (Hymenoptera). Een panval bestaat uit een ondiepe schaal, veelal geel van kleur, die gevuld is met zeepwater. Aanvullende conserveringsmiddelen worden toegevoegd om verdamping tegen te gaan en de gevangen insecten in goede staat te bewaren. Wanneer insecten in de vloeistof belanden, kunnen zij door de verminderde oppervlaktetenspanning niet meer ontsnappen, waardoor ze voor onderzoek kunnen worden verzameld.

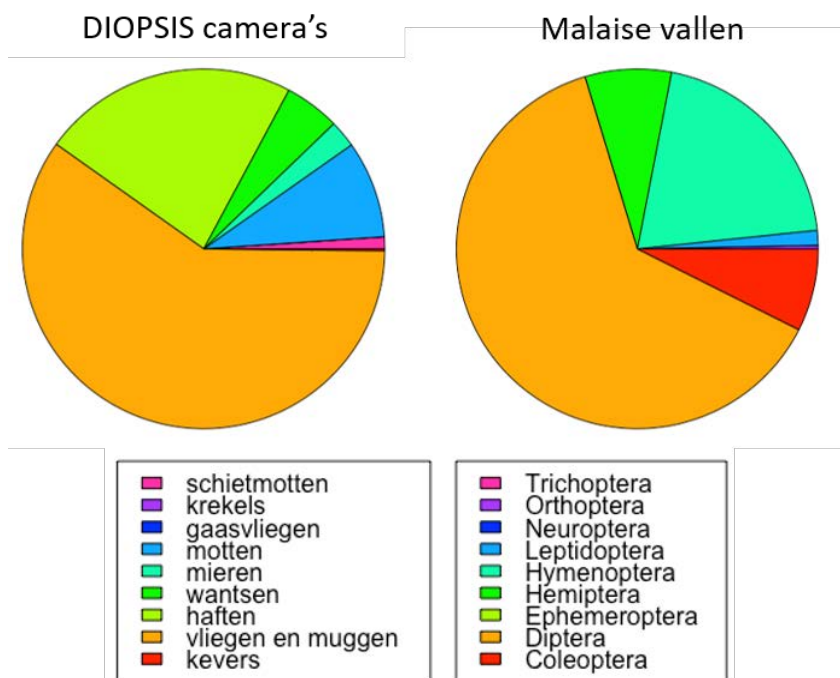
Potvallen

Een potval, ook wel *pitfall trap* genoemd, is ook een passieve vangmethode, waarbij een lege pot of beker wordt ingegraven in de bodem, met de rand gelijk aan het bodemoppervlak. Dieren die zich over de grond voortbewegen, zoals loopkevers, spinnen, mieren en duizendpoten, komen in de val terecht en kunnen zo verzameld worden voor analyse. Ook aan potvallen worden regelmatig aanvullende conserveringsmiddelen en/of fixatievloeistoffen toegevoegd.

Vergelijking meetmethoden

Voor een gedegen methodologische vergelijking is het essentieel dat de onderzoeksmethoden gelijktijdig en op dezelfde locaties worden toegepast. In de afgelopen jaren zijn daarom op verschillende plekken, parallel aan de DIOPSIS-camera's, ook andere meetinstrumenten ingezet. De resultaten van deze methoden zijn echter nog niet volledig beschikbaar, mede door de arbeidsintensieve handmatige verwerking van valvangsten.

Desalniettemin hebben we een vergelijking uitgevoerd van de waarnemingen van de DIOPSIS-camera's en malaisevallen op een aantal locaties in de Ooijpolder (Gelderland) gedurende de zomer van 2021 (figuur 5.3). Die vergelijking toont een hoge mate van overeenstemming in de waargenomen insectengroepen. Hoewel de identificatie tot op soortniveau met malaisevallen — zij het met aanzienlijke inspanning en de mogelijke inzet van DNA-analyse — nauwkeuriger is, zijn deze vallen letaal voor de gevangen insecten. Wanneer het primair doel is om een macrobeeld van de insectenpopulatie te verkrijgen, en identificatie op familieniveau volstaat, bieden de DIOPSIS-camera's een gestandaardiseerde, schaalbare en niet-letale methode die efficiënt kan worden toegepast op een groot aantal locaties.



Figuur 5.3. Verdeling over insectenordes op basis van (links) getelde insecten op beelden van insectencamera's en (rechts) vangsten met malaisevallen, in de Ooijpolder nabij Nijmegen.

Meeste insectengroepen ontbreken nog in het NEM

In het Netwerk Ecologische Monitoring (NEM) worden verschillende soortgroepen gemeten om een vinger aan de pols van de Nederlandse natuur te houden. De meeste in het NEM opgenomen meetnetprogramma's leunen zwaar op de inzet van burgerwetenschappers. Zo worden vogels, vlinder, libellen en hommels vooral geteld door vrijwilligers. Dankzij goed ontwikkelde protocollen en training levert dit een schat aan tellingen op, waarmee landelijke en lokale trends van deze soortgroepen berekend kunnen worden, in samenwerking met het CBS. Echter, de meeste insectengroepen, waaronder de meerderheid wat betreft aantallen en totale biomassa, vallen niet onder het huidige NEM.

Voor de meeste soorten in deze grote groep vliegende en kruipende insecten (vliegen, muggen, motten, schietmotten, haften, wantsen, mieren, etcetera) kan

niet gerekend worden op de benodigde aantallen vrijwilligers om vergelijkbare meetnetprogramma's op te zetten als voor de populairdere vlinders, libellen en hommels. Die grote groep insecten vervult echter een groot scala aan rollen in ecosystemen; vogels, vleermuizen en andere insectivoren zijn afhankelijk van hun (talrijke) aanwezigheid.

Om de bulk aan insecten toch te kunnen meten zien we twee opties: malaisevallen en geautomatiseerde insectencamera's. Zoals de taartdiagrammen in figuur 5.3 toont, bemonsteren deze twee methoden beide vliegende en kruipende insecten, met als meest talrijke insectenorde vliegen en muggen. Beide vereisen goede logistiek voor het installeren en onderhouden van de meetsystemen in het veld.

Ten opzichte van malaisevallen zijn de DIOPSIS camerasystemen:

- Niet-lethaal voor insecten (Een diervriendelijke benadering die

- ethische bezwaren bij grootschalige monitoring wegneemt.);
- Overzichtelijk wat betreft opslag monsters (Digitale foto's worden direct geïntegreerd in de bestaande ARISE-infrastructuur, wat fysieke opslag van ethanolmonsters en complexe logistiek overbodig maakt);
 - Snel wat betreft het taxonomisch en aantalsmatig uitzoeken van insecten (het beeldherkenningsalgoritme is als onderdeel van de ARISE pijplijn direct toepasbaar, terwijl het handmatig in het lab uitzoeken van malaisevalmonsters een heidens karwei is);
 - Misschien minder taxonomisch gedetailleerd, maar alle DIOPSIS foto's worden bewaard en kunnen later met nieuwe versies van het beeldherkenningsalgoritme opnieuw geanalyseerd worden waarbij de verwachting is dat steeds meer taxa herkend kunnen

- worden (en hoewel handmatig uitzoeken tot op soort haalbaar is voor sommige insectengroepen, dit veel tijd kost en daardoor bijna nooit haalbaar is voor de meeste taxa, terwijl metabarcoding (i.e. DNA analyse van malaisevalmonsters) weliswaar een interessante soortenlijst op kan leveren (mits goede referentie-DNA-dataset beschikbaar is), maar vooralsnog geen goede schattingen oplevert van de aantallen/biomassa per taxon), en
- Wellicht niet duurder dan monitoring met malaisevallen (die arbeidsintensief is in het veld en lab, experts vereist voor de gestandaardiseerde bepaling van biomassa en identificeren van insectentaxa, en waarvoor ook aanschafkosten gemaakt moeten worden voor de vallen, vele potten en ethanol en brandveilige opslag geregeld moet worden).



DIOPsis



DIOPsis-237

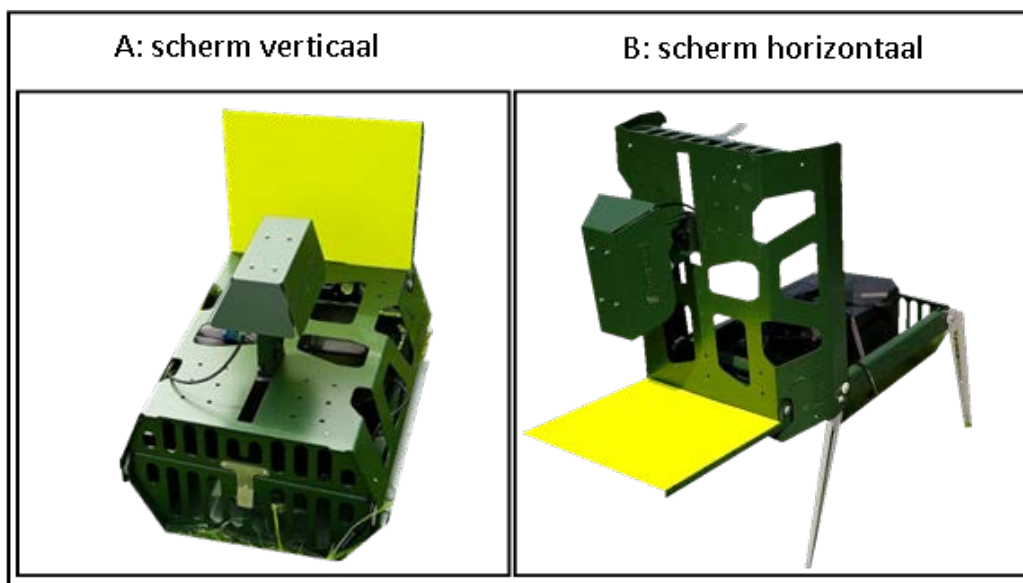
DIOPsis



6. Analyse camera opstelling

De standaardopstelling van het DIOPSIS camerasysteem is die met de camera horizontaal gericht op een verticaal scherm (Figuur 5.4A). Maar het DIOPSIS frame is zo ontworpen dat het ook 90

graden gekanteld kan worden, waardoor het gele scherm horizontaal komt te hangen, met de camera er van bovenaf gericht (Figuur 5.4B).



Figuur 5.4. A. Het DIOPSIS v2 camerasysteem met het gele scherm verticaal (en de poten ingeklapt), B. hetzelfde systeem, maar dan met de klep opengeklapt, waardoor het scherm horizontaal is en de camera er van bovenaf foto's van maakt. In B zijn de poten uitgeklapt, waarvoor gekozen kan worden in zowel de horizontale als de verticale opstelling van het scherm.

In 2023 stond 83% van de DIOPSIS camera's in de standaardopstelling, dus met een verticaal scherm. De gekantelde camera's (dus met een horizontaal scherm) stonden vaak in de buurt van een camera met een verticaal scherm. In een eerdere analyse van de DIOPSIS data van dat jaar hebben we alleen naar die gepaarde camera's gekeken, en alleen die uren geanalyseerd gedurende

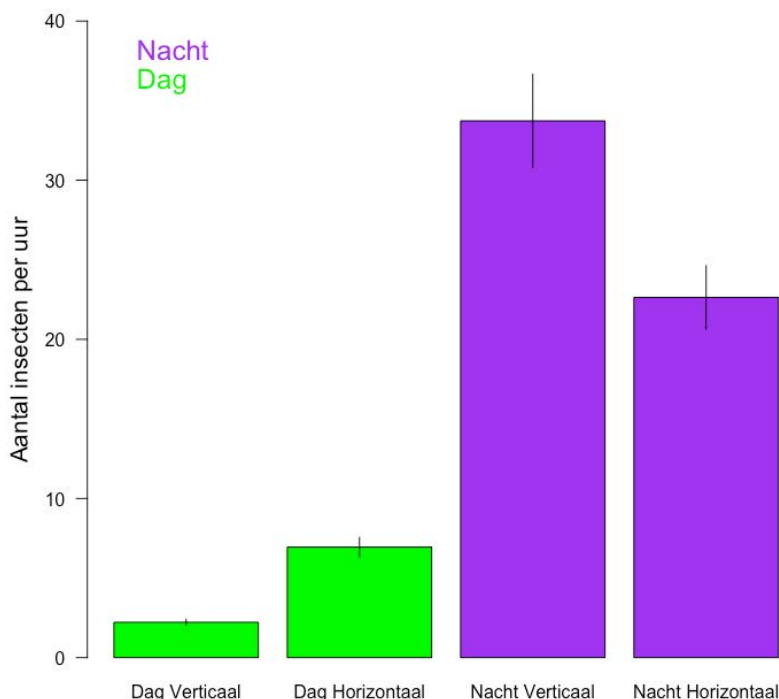
welke beide camera's van een paar bruikbare data opgeleverd hadden (Huijbers et al. 2024b). Dat resulteerde in een totaal van 11.342 uur aan data, gebaseerd op 12 paren camera's. Ook in deze dataset werden 's nachts hogere aantallen insecten per uur gefotografeerd dan overdag. Het effect van een horizontaal scherm (ten opzichte van een verticaal scherm)

verschilde tussen nachtelijke uren en overdag: Overdag was het aantal insecten per uur hoger op het horizontale scherm dan op het verticale scherm, 's nachts precies andersom. Een oorzaak kan zijn dat het verlichte scherm 's nachts over een grotere afstand insecten aantrekt als het scherm rechtop staat. Overdag landden of liepen kennelijk meer insecten over het horizontale scherm.

Ook is gekeken naar de samenstelling van de gefotografeerde gemeenschap van ongewervelden op de schermen (voor taartdiagrammen en meer details zie Huijbers et al. 2024b). Horizontale schermen trokken gemiddeld meer haften (Ephemeroptera: Caendiaae) en bladrollers (Lepidoptera: Tortricidae) aan, op verticale schermen werden relatief meer spinnen (Araneae), grasmotten (Lepidoptera: Crambidae) en steltmuggen (Diptera: Limoniidae) gefotografeerd. Hierbij waren wel grote

verschillen tussen de 12 paren camera's, die in zeer verschillende landschappen opgesteld stonden.

Voor dit rapport hebben we daarom in de analyse van de gehele dataset (zie ook figuur 4.2), een interactie tussen dagdeel (dag vs nacht) en schermoriëntatie (verticaal vs horizontaal) in het regressiemodel opgenomen. Van de 323.723 geanalyseerde uren aan data betrof 88% camera-opstelling met de verticaal scherm, en 12% met een horizontaal scherm. Waar in figuur 4.2 alleen modelvoorspellingen getoond zijn voor het standaard verticale scherm, kan hetzelfde model ook gebruikt worden om het effect van schermorientatie 's nachts en overdag op het gemiddeld aantal insecten per uur te illustreren (Figuur 5.5). Net als bij de gepaarde camera's in 2023 voorspelt dit model een positief effect van een horizontaal scherm overdag, en een negatief effect 's nachts.



Figuur 5.5. Gemiddeld aantal insecten per uur, waarbij scherm-oriëntatie en dagdeel (groen = dag, paars = nacht) vergeleken worden. Deze modelvoorspellingen zijn gebaseerd op de analyse van de gehele dataset (323.723 uur aan bruikbare data) waarbij de voorspellingen voor de jaren 2021 t/m 2024 gemiddeld zijn.

In september 2022 zijn op twee locaties nabij Nijmegen ook gepaarde camera's opgesteld om verticale en horizontale schermen direct te kunnen vergelijken. Op basis van een bescheiden aantal uren overdag gedurende welke de camera's opgesteld stonden en beide camera's van een paar goed functioneerden (21 uur in het geval van het ene paar, 26 uur bij het andere paar), zijn door een student alle insecten op de 10.353 foto's geteld (dus zonder gebruik te maken van het beeldherkenningsalgoritme) en zover mogelijk gedetermineerd. Met name de zweefvliegen (Diptera: Syrphidae) toonden een groot verschil: slechts 2 werden geteld op een verticaal scherm, tegen 153 individuen op de horizontale schermen. Het betrof hier tenminste 15 verschillende soorten zweefvliegen: *Cheilosia* sp., *Episyrphus balteatus*, *Eristalinus sepulchralis*, *Eristalis arbustorum*, *Eristalis horticola*, *Eristalis intricaria*, *Eristalis tenax*, *Eumerus* sp.,

Eupeodes sp., *Helophilus pendulus*, *Helophilus trivittatus*, *Melanostoma* sp., *Myathropa florea*, *Rhingia* sp. en *Sphaerophoria scripta*.

Samenvattend kunnen we stellen dat de gepaarde camera's interessante verschillen laten zien tussen opstellingen met verticale en horizontale schermen. Die kennis kan gebruikt worden bij onderzoek gericht op specifieke groepen insecten, zoals zweefvliegen. Daarnaast geeft het aan dat de schermoriëntatie meegenomen moet worden in analyses van datasets die gebaseerd zijn op beide type opstellingen. Verder onderzoek naar verschillen in waargenomen insectengemeenschappen als functie van schermoriëntatie zal ook uit moeten wijzen of er mogelijk een klein effect is doordat op een horizontaal scherm vuil makkelijker ophoopt en mogelijk kan leiden tot foutieve identificaties.

7. Toekomstige inzet van de DIOPSIS insectencamera

In dit hoofdstuk blikken we vooruit en bespreken we de verdere ontwikkeling van de hardware en software van de DIOPSIS camera en de automatische beeldherkenning, maar vooral ook hoe de huidige versie nu al ingezet kan worden voor grootschalige ecologische monitoring en hoe we verwachten dat nog verder te verbeteren.

De maatschappelijke relevantie van dit project is tevens terug te zien in de brede media-aandacht die de camera de afgelopen periode heeft gegenereerd; een overzicht van die publicaties is opgenomen in bijlage 1.

Ontwikkelmogelijkheden

De DIOPSIS camera is sinds 2021 in zijn huidige vorm in gebruik en wordt continu verbeterd en verfijnd. Door deze pilot is de camera inmiddels door verschillende organisaties ingezet in sectoren, wat hen in staat heeft gesteld aan te haken op die ontwikkeling.

De samenwerking tussen private en publieke partijen stimuleert de verdere ontwikkeling van DIOPSIS. Met het oog op het klimaatbeleid en de zichtbare veranderingen daarin, speelt de publieke sector een sturende rol bij de keuze voor meetmethodes en technologieën ter

monitoring van de biodiversiteit. DIOPSIS kan daar een belangrijke bijdrage aan leveren.

De camera die voor dit traject is gebruikt, beschikt over een 8 megapixel camera en kan insecten tot drie mm identificeren. Het doel van de nieuwe ontwikkeling is om ook insecten van één mm te kunnen identificeren, waardoor het toepassingsgebied van de camera wordt vergroot. Denk bijvoorbeeld aan plaagmonitoring in de agrosector en voederplaatsen voor vleermuizen in de natuur en rond bebouwing.

Die ontwikkeling is al ingezet, wordt in 2026 voor het eerst getest en de eerste resultaten worden in de loop van het jaar verwacht.

Technology readiness level DIOPSIS camera

Het Technology Readiness Level (TRL³) is een internationaal gestandaardiseerde methodiek, oorspronkelijk ontwikkeld door NASA en nu ook gebruikt door onder meer de Europese Commissie (bijvoorbeeld in Horizon Europe-programma's). De schaal loopt van TRL 1 (fundamentele wetenschappelijke principes) tot TRL 9 (bewezen systeem in

³ <https://horizoneuropencpportal.eu/sites/default/files/2022-12/trl-assessment-tool-guide-final.pdf>

operationele omgeving). Hieronder staat de volledige schaal weergegeven, met

aanduiding van de huidige positie van DIOPSIS (★)

TRL	Niveau	Omschrijving
1	Basisprincipes	Fundamentele wetenschappelijke principes geobserveerd
2	Concept geformuleerd	Technologieconcept en/of toepassing geformuleerd
3	Proof of concept	Experimenteel bewijs van concept aangetoond
4	Lab-validatie	Technologie gevalideerd in laboratoriumomgeving
5	Relevante omgeving	Technologie gevalideerd in relevante omgeving
6	Demo relevante omgeving	Technologie gedemonstreerd in relevante omgeving
7 ★	Operationele demo	Systeemprototype gedemonstreerd in operationele omgeving
8	Systeem gekwalificeerd	Compleet en gekwalificeerd systeem
9	Bewezen systeem	Daadwerkelijk systeem bewezen in operationele omgeving

TRL 7 is de drempelwaarde voor systemen en producten die actief in de markt worden ingezet ('demonstreerbaar in operationele omgeving'). TRL 8 en TRL 9 vertegenwoordigen volledige kwalificatie en bewezen schaalbaarheid in de eindmarkt.

Doorontwikkeling en inzet

De ambitie is om de DIOPSIS-camera in de komende twee jaar naar een Technology Readiness Level (TRL) van 8 te brengen. Dit is cruciaal voor de lange termijn inzet en opent de deur naar de Europese en mogelijk wereldwijde markt.

De ontwikkeling wordt strategisch ondersteund doordat DIOPSIS deel is van het Automatic Biodiversity Monitoring (ABM) project; een samenwerkingsverband met meerdere instituten waarin Naturalis een van de trekkende partijen is. Dat nieuwe project creëert een biodiversiteitsmeetstation door diverse sensoren te koppelen; naast DIOPSIS worden bijvoorbeeld DNA

uit de lucht en geluid opgenomen. Binnen ABM is ook het voornemen om horizontale en verticale DIOPSIS schermen gelijktijdig in te zetten om zo meer van de insectenbiodiversiteit te dekken.

ABM is onderdeel van de Naturalis Research Infrastructuur (NRI). De NRI, waartoe ook projecten zoals ARISE en eDentity behoren, is een cruciaal onderdeel van de meerjarenstrategie van Naturalis en waarborgt daarmee de analyse van de DIOPSIS-camera's en andere sensoren binnen de organisatie.

Een ander belangrijk aspect is het realiseren van (bijna) realtime data-analyse, waarbij de resultaten binnen enkele uren na opname beschikbaar zijn voor eindgebruikers. Dat biedt kansen voor educatie en het betrekken van publiek, door bijvoorbeeld op schermen in bezoekerscentra te tonen wat de nacht ervoor is waargenomen. Het biedt ook mogelijkheden om DIOPSIS camera's beter in te zetten in bijvoorbeeld de

(glas)tuinbouw, waarbij het constateren van een plaaginsect directe actie behoeft en mogelijkheid geeft in het gedrag van het lokale ecosysteem. Ook kan de DIOPSIS worden toegepast in de bouw bij het monitoren van impact op de omgeving voor, tijdens en na de bouw.

Naast real-time analyse zullen de data van de DIOPSIS-camera's openbaar worden gepubliceerd op geschikte platformen, zoals GBIF (Global Biodiversity Information Facility). DIOPSIS wordt momenteel al in meerdere landen toegepast. Gezien de grote behoefte en interesse voor systemen die continu insectenbiodiversiteit kunnen meten, zet die internationale ontwikkeling zich naar verwachting door.

Automatische beeldherkenning

De doorontwikkeling van het algoritme is essentieel om de nauwkeurigheid van de monitoring te vergroten en meer insectengroep (taxa) op een gedetailleerd niveau te kunnen identificeren. Door de beeldherkenning continue te verfijnen, wordt het systeem niet alleen nauwkeuriger en worden er meer insecten gevonden op de beelden, maar wordt ook de taxonomische reikwijdte van de verzamelde data vergroot. We verwachten ook dat het ontdebelen (tracken) van individuele insecten verbetert, waarmee de ecologische relevantie van de analyses wordt vergroot.

Om de kwaliteit te waarborgen, streven we ernaar om jaarlijkse updates uit te voeren waarbij de nieuwste geannoteerde data worden geïntegreerd. Door het vastleggen van een standaardprocedure voor die updates en de bijbehorende evaluaties, tillen we de

automatische beeldherkenning naar een niveau van TRL 8 en 9. Hiermee groeit het systeem uit tot een robuuste, operationele standaard voor insectenmonitoring.

Hoewel de techniek snel vordert, blijft de automatische identificatie op soortniveau voor bepaalde kleine insecten een uitdaging. Sommige fysieke kenmerken zijn simpelweg te subtiel om door een camera te worden vastgelegd. Voor die groepen blijft aanvullend, handmatig onderzoek vooralsnog noodzakelijk, en kan de DIOPSIS-camera het beste worden ingezet voor monitoring op een hoger taxonomisch niveau (bijvoorbeeld familie of orde). De introductie van de 12 MP-camera markeert hierin een belangrijke stap: de verwachting is dat deze hogere informatiedichtheid — na de benodigde trainingsfasen — de nodige details gaat opleveren om een groter aandeel van de insecten met meer precisie en op een specifiek taxonomisch niveau te kunnen identificeren.

Ecologische Monitoring

Wildcamera's worden al gebruikt in het Netwerk Ecologische Monitoring (NEM) voor monitoring van bunzing, boomarter, wasbeer, wasbeerhond en muntjak. Mede dankzij dit pilotproject is het DIOPSIS camerasysteem nu klaar voor integratie in het NEM om een grote, talrijke en belangrijke groep aan vliegende en kruipende insecten die ecosysteemdiensten leveren te monitoren.

In de meetdoelen van het NEM staat het monitoren van insectenbiomassa expliciet genoemd (NEM 2025). Bovendien draagt het monitoren van een brede groep vliegende insecten direct bij

aan het NEM-hoofddoel 'Bouwstenen voor beleidsvorming en evaluatie'. Daarmee kunnen trends in aantallen en biodiversiteit worden bepaald in agrarisch gebied, binnen het Natuurnetwerk Nederland en in stedelijk gebied. Of DIOPSIS in het NEM opgenomen kan worden, hangt natuurlijk mede af van het beschikbare budget voor systematische natuurmonitoring. Uit dit rapport blijkt dat een netwerk van circa 30 strategisch geplaatste camera's al een goed beeld geeft van de insectenstand, en we zijn er daarom van overtuigd dat met dat aantal landelijke aantal- en biomassatrends bepaald kunnen worden. Om een vliegende start te maken, heeft het de voorkeur om verder te gaan op locaties waar sinds 2021 metingen zijn verricht. Langetermijnmonitoring (tenminste 10 jaar) is belangrijk om trends goed te kwantificeren en om wetenschappelijke verbanden te leggen tussen veranderingen in insectengemeenschappen (biomassa, aantallen, biodiversiteit) en andere veranderingen in het ecosysteem, in stressoren en in het beheer (Seibold et al. 2019; Didham et al. 2020).

Tegelijkertijd kan DIOPSIS ook buiten het NEM grootschalig ingezet worden voor biomassa, aantals- en biodiversiteitsmonitoring. In dit project hebben in zes provincies een goed aantal camera's gestaan, waardoor we de jaren op provincieniveau konden vergelijken (Figuur 4.4). De gegenereerde foto's, identificaties en tellingen vormen dus eveneens een goede basis voor het monitoren van totale biomassa en insectendiversiteit op regionaal niveau.

Naast grootschalige monitoring is DIOPSIS bij uitstek geschikt voor het

evalueren van specifieke beleidsmaatregelen. Op basis van DIOPSIS data van meerdere locaties kunnen de effecten van omgevingsfactoren geschat worden, zoals het effect van het aandeel natuur in de directe omgeving van de camera's. Naarmate meer locaties toegevoegd worden aan het netwerk van DIOPSIS camera's, kunnen meer van dergelijke variabelen meegenomen worden in de statistische analyses. Voor meer gedetailleerde onderzoeks- en beleidsvragen, zoals hoe effectief specifieke zaadmengsels zijn voor het aanleggen van insectvriendelijke bloemstroken en kruidenrijk grasland, of wat het effect is van verlaagd maaibeheer in een specifiek type grasland, is het belangrijk om de locaties van DIOPSIS camera's zo te kiezen dat directe vergelijkingen gemaakt kunnen worden tussen contrasterende situaties. Een voorbeeld van een dergelijke vergelijking zou kunnen zijn de duinen van Zeeland en de duinen van PWN.

Succesvolle toepassingen uit recente projecten tonen aan dat DIOPSIS concrete antwoorden biedt op dergelijke vragen. In de Living Lab Biodiversiteitsherstel-projecten hebben we positieve ervaringen opgedaan. Ook in het Grenspark Groot Saeftinghe zijn contrasterende behandelingen direct met elkaar vergeleken: op de akkers van de drie boerenbedrijven stonden in totaal zes DIOPSIS camera's: steeds één in gangbaar gezaaid tarwe en één in verdund gezaaid tarwe. Vliegen, mieren, wantsen en haften werden in grotere aantallen geteld in verdund gezaaid tarwe, terwijl juist een hogere dichtheid aan motten in de gangbare tarwe gemeten werd (Huijbers et al. 2024c). Een andere directe vergelijking met

behulp van DIOPSIS camera's is gedaan op Noordhollandse dijken: zowel op de Markermeerdijk als op de Hondsbossche Zeewering stonden camera's in bloemvakken als in gekoppelde referentie-dijkvakken. Op de Markermeerdijk waren er, totdat er gemaaid werd, van verschillende groepen meer insecten in het bloemvak dan in het referentievak. Op de Hondsbossche Zeewering waren er in het referentievak initieel meer insecten, maar na de eerste maaibeurt juist meer in het bloemrijkere stuk (Huijbers et al. 2025). Die voorbeelden laten zien dat de DIOPSIS camera's niet alleen geschikt zijn voor grootschalige, langetermijnmonitoring, maar ook voor

het vergelijken van de talrijkheid en samenstelling van insectengemeenschappen in proefvakken met verschillende experimentele behandelingen.

Conclusie

De DIOPSIS-camera heeft de potentie om een relevante rol te spelen in de moderne en grootschalige insectenmonitoring. Vooral de combinatie van digitale beeldvastlegging en de mogelijkheid om analyses achteraf te verfijnen met nieuwe software-updates, biedt kansen voor een efficiënte en schaalbare bijdrage aan de nationale natuurdoelen.

Referenties

Bailey LD, van de Pol M (2016): An R Toolbox for Climate Window Analysis. PLoS ONE 11:e0167980.

Barendregt A, Zeegers T, van Steenis W, Jongejans E (2022) Forest hoverfly community collapse: abundance and species richness drop over four decades. *Insect Conservation and Diversity* 15:510-521.

De Vlinderstichting (2023) Vier jaar BIMAG: 'Boeren Insecten Monitoring Agrarisch Gebied'. *Nature Today*, 2 Feb 2023.
<https://www.naturetoday.com/nl/nl/nature-reports/message/?msg=30336>

Didham RK, Basset Y, Collins CM, Leather SR, Littlewood NA, Menz MHM et al. (2020) Interpreting insect declines: seven challenges and a way forward. *Insect Conservation and Diversity* 13:103-114.

Huijbers C, Peterse S, Jongejans E, Hoogeweg L, Zeegers T (2024a) DIOPSIS automatische insectencamera. Rapport 2022.

Huijbers C, Peterse S, Jongejans E, Hoogeweg L, Zeegers T (2024b) DIOPSIS automatische insectencamera. Rapport 2023.

Huijbers C, Peterse S, Jongejans E, Hoogeweg L (2024c) DIOPSIS rapport Grenspark Groot Saeftinghe.

Huijbers C, Peterse S, Jongejans E, Hoogeweg L, de Reus T (2025) DIOPSIS

automatische insectencamera. Rapport Hoogheemraadschap Hollands Noorderkwartier 2024.

NEM (2025) Meetprogramma's voor flora en fauna Kwaliteitsrapportage NEM over 2024. CBS.

Olivier L (2022) DIOPSIS: Testing a new smart insect camera system. The effect of screen orientation and equipment presence on arthropod observation rate. MSc report, Radboud University, Nijmegen.

Seibold S, Gossner MM, Simons NK, Blüthgen N, Müller J, Ambarlı D et al. (2019) Arthropod decline in grasslands and forests is associated with landscape-level drivers. *Nature* 574:671-674.

van Klink R, August T, Bas Y, Bodesheim P, Bonn A, Fossøy F, Høye TT, Jongejans E, Menz MHM, Miraldo A, Roslin T, Roy HE, Ruczyński I, Schigel D, Schäffler L, Sheard JK, Svinningesen C, Tschan GF, Wäldchen J, Zizka VMA, Åström J, Bowler DE (2022) Emerging technologies revolutionise insect ecology and monitoring. *Trends in Ecology and Evolution* 37:872-885.

van Strien AJ, van Swaay CAM, van Strien-van Liempt WTFH, Poot MJM, WallisDeVries MF (2019) Over a century of data reveal more than 80% decline in butterflies in the Netherlands. *Biological Conservation* 234:115-12

Bijlage 1 - Media en samenwerking

Hieronder een overzicht van de media uitingen over de DIOPSIS insectencamera

- Op de nieuwssectie op de DIOPSIS-website zijn doorlopend berichten geplaatst.
- 2021: nieuwsberichten inclusief video's gepubliceerd op NatureToday.com
- 2022: EIS Kenniscentrum Insecten organiseerde in samenwerking met IVN Natuureducatie digitale thema-avonden over insecten, waarvan één specifiek over DIOPSIS. Het project kreeg landelijke media-aandacht met een item in Het Klokhuis en meerdere rapportages van Omrop Fryslân, die ook werden uitgezonden in het NOS regio- en Jeugdjournaal. Er was een persmoment in de provincie Fryslân met de aanwezigheid van gedeputeerde Douwe Hoogland, wat resulteerde in verschillende regionale nieuwsartikelen. Daarnaast verschenen er berichten over DIOPSIS op websites zoals Grenspark Groot Saeftinghe en Hotspot Groene Leefbare Stad.
- Internationaal was DIOPSIS onderdeel van het EasyRIDER consortium, gericht op het opbouwen van netwerken voor insectenmonitoring, waarbij de projectleider deelnam aan een internationale bijeenkomst in Montreal. Een hoogtepunt was de publicatie van de DIOPSIS-camera op de cover van het gerenommeerde wetenschappelijke tijdschrift 'Trends in Ecology & Evolution' (van Klink et al. 2022).
- 2023: Onder voortzetting van de coördinatie door Chantal Huijbers verbreedde het project zijn horizon naar internationale conferenties. De communicatie in 2023 kenmerkte zich door een breed scala aan presentaties op zowel nationale als internationale bijeenkomsten, waaronder een bezoek van het Ministerie van LNV, de ARISE Dag, de NWO Life conferentie, een presentatie in Canada, en sessies tijdens de GEOBON Global Conference over AI voor insectenmonitoring. Ook waren er presentaties voor het Interprovinciaal Overleg en diverse symposia in 2024.
- In 2023 een item gemaakt door Omroep Flevoland tijdens het plaatsen van camera's. In januari 2024 publiceerde De Volkskrant een artikel over het vergelijkende onderzoek van ARISE met DIOPSIS camera's en malaisevallen. Diverse andere artikelen verschenen op websites zoals Water, Land & Dijken en ARTIS Amsterdam.
- De internationale samenwerking werd voortgezet en versterkt in de loop van 2023. Een kleine delegatie testte DIOPSIS camera's in een tropische omgeving in Panama, waar de camera goed presteerde op hittebestendigheid en foto's maakte, hoewel het algoritme nog niet getraind is voor Panamese insectensoorten. De consortiumsamenwerking werd door de Europese Unie gehonoreerd met een financiering voor een COST Action project (InsectAI), wat de internationale aandacht voor DIOPSIS verder vergroot.
- In 2024 werden stappen gezet om het algoritme te verbeteren middels financiering van NLBIF voor annotatiewerkshops en een AI Challenge voor

studenten. Ook is er een studentengroep van Fontys Hogeschool bezig gegaan met het analyseren van foto's van camera's met bloemenschermen.

- In april 2024 beschrijft het NLBIF: project met 'Data mobilisatie van insecten waarnemingen door DIOPSIS-camera's' hoe meer dan 100 miljoen DIOPSIS-foto's via een geautomatiseerde koppeling beschikbaar worden gesteld aan NLBIF/GBIF. (nlbif.nl)
- In juli 2024 is er via Pro² Network+ Summer School een wetenschappelijk paper dat DIOPSIS beschrijft als een van de toonaangevende 'large research-grade devices' voor geautomatiseerde insectenmonitoring, naast Mothbox en het AMI-systeem van UKCEH. (prosquared.org (PDF))
- Scientific Reports (Nature): Venverloo & Duarte, "Towards real-time monitoring of insect species populations" haalt DIOPSIS in augustus 2024 aan als referentieproduct door onderzoekers van het MIT Senseable City Laboratory en AMS Amsterdam. DOI: 10.1038/s41598-024-68502-8
- In september 2024 is DIOPSIS opgenomen in de ARISE-testopstelling bij ARTIS Zoo Amsterdam, met een bezoekersinfobord bij de camera. De opstelling wordt ook meegenomen in rondleidingen en activiteiten in de dierentuin.
- Zenodo: Geissmann publiceerde in oktober 2024 een geannoteerde DIOPSIS-beeldendataset van 63 veldopnames in COCO-formaat, semi-automatisch geannoteerd met Segment Anything. (zenodo.org)
- In december 2024 is er een artikel van Information (MDPI), Special Issue 2024–2025: 'Image Augmentation Using Both Background Extraction and the SAHI Approach...' Het artikel gebruikt de Diopsis-dataset van het ARISE Challenges-platform (3.965 beelden, 48.216 gelabelde insecten) voor AI-onderzoek met YOLO10nano (mAP50: 72,7%). (mdpi.com)
- [Diopsis.eu](https://diopsis.eu) plaatst nieuwsbericht over de plaatsing van een DIOPSIS-camera in de historische Kasteeltuin van Slot Assumburg (Heemskerk) op 24 oktober 2024, onder belangstelling van vrijwilligers van de Stichting Vrijwilligers Kasteeltuin Assumburg.
- NLBIF werkt in februari 2025 de projectpagina over de geautomatiseerde koppeling van DIOPSIS-waarnemingen aan GBIF, als vervolg op het in 2024 gestarte mobilisatieproject. (nlbif.nl)
- Kasteeltuin Assumburg publiceert in maart 2025 eigen webpagina over het insectenonderzoek — de DIOPSIS-camera is vanaf de lente van 2025 structureel aanwezig als onderdeel van ARISE en het Noord-Hollandse monitoringnetwerk. (kasteeltuinassumburg.nl)
- WILDLABS – The Inventory: DIOPSIS is opgenomen als product in het wereldwijde WILDLABS Technology Inventory voor natuur- en biodiversiteitstech. (wildlabs.net)
- RB-IBDM / InsectSAM: open-source machine learning project specifiek gebouwd rondom DIOPSIS-cameradata en ARISE-algoritmen, voor insectendetectie en -segmentatie op basis van PyTorch en Hugging Face Transformers. (insectsam.live)
- In 2026 komt de DIOPSIS-camera voor in [Oer-Hollands van de EO \(NPO\)](#) vanaf minuut 16.

Bijlage 2 - DIOPSIS 2020

beeldherkenningsmodel

lijst van taxa

Niveau	Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam
Soort	<i>Agapeta hamana</i>	Distelbladroller
Soort	<i>Cabera exanthemata</i>	Bruine grijsbandspanner
Soort	<i>Chrysoteuchia culmella</i>	Gewone grasmot
Soort	<i>Lomaspilis marginata</i>	Gerande spanner
Soort	<i>Spilosoma urticae</i>	Sneeuwbeer
Soort	<i>Synaphe punctalis</i>	Pinokkiomot
Soort	<i>Triodia sylvina</i>	Oranje wortelboorder
Geslacht	<i>Fannia</i>	
Geslacht	<i>Idaea</i>	
Geslacht	<i>Pyrausta</i>	
Geslacht	<i>Spilosoma</i>	
Familie	Acrididae	Echte veldsprinkhanen
Familie	Anisopodidae	Venstermuggen
Familie	Aphididae	Bladluizen
Familie	Arctiidae	
Familie	Baetidae	
Familie	Caenidae	
Familie	Cecidomyiidae	Galmuggen
Familie	Ceratopogonidae	Knutjes
Familie	Chironomidae	Dansmuggen
Familie	Chrysomelidae	Bladkevers
Familie	Chrysopidae	Gaasvliegen
Familie	Cicadellidae	
Familie	Coleophoridae	Kokermotten
Familie	Corixidae	Duikerwantsen

Niveau	Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam
Familie	Crambidae	Grasmotten
Familie	Culicidae	Steekmuggen
Familie	Curculionidae	Snuitkevers
Familie	Empididae	Dansvliegen
Familie	Fanniidae	Latrinevliegen
Familie	Formicidae	Mieren
Familie	Gelechiidae	Palpmotten / Tastermotten
Familie	Geometridae	Spanners
Familie	Hydroptilidae	
Familie	Ichneumonidae	Gewone sluipwespen
Familie	Leptoceridae	
Familie	Limoniidae	Steltmuggen
Familie	Miridae	Blindwantsen
Familie	Mycetophilidae	Paddenstoelmuggen
Familie	Nepticulidae	Dwergmineermotten
Familie	Noctuidae	Uilen
Familie	Notonectidae	Bootsmannetjes
Familie	Plutellidae	Springmotten
Familie	Psychodidae	Motmuggen
Familie	Pterophoridae	Vedermotten
Familie	Sciaridae	Rouwmuggen
Familie	Staphylinidae	Kortschildkevers
Familie	Stratiomyidae	Wapenvliegen
Familie	Syrphidae	Zweefvliegen
Familie	Tipulidae	Langpootmuggen
Familie	Tortricidae	Bladrollers
Familie	Yponomeutidae	Spinselmotten
Suborde	Auchenorrhyncha indet.	Cicaden
Orde	Araneae	Spinnen
Orde	Coleoptera	Kevers
Orde	Collembola	Springstaarten
Orde	Diptera	Vliegen en muggen

Niveau	Wetenschappelijke naam	Nederlandse naam
Orde	Ephemeroptera	Eendagsvliegen
Orde	Hemiptera	Snavelinsecten
Orde	Hymenoptera	Vliesvleugeligen
Orde	Lepidoptera	Vlinders
Orde	Opiliones	Hooiwagens
Orde	Trichoptera	Schietmotten
Klasse	Arachnida	Spinachtigen
Klasse	Gastropoda	Slakken
Klasse	Insecta	Insecten
Kingdom	Animalia	Dieren

Bijlage 3 - Omgevingsvariabelen

De omgeving van de locaties karakteriseren we aan de hand van de top10NL kaarten van het Nederlandse landschap. We hebben de vele categorieën waarin land- en wateroppervlak wordt ingedeeld op de top10NL kaarten versimpeld naar vier hoofdcategorieën: water, natuur, bebouwd, landbouw. Hieronder staat de indeling die we gemaakt hebben:

- Water: "meer, plas overig", "meer, plas waterzuivering", "meer, plas zwembad", "waterloop haven", "waterloop overig"
- Natuur: "bos: gemengd bos", "bos: gemengd bos NA", "bos: gemengd boskwaliteitsverbetering", "bos: gemengd boswerkelijke verandering", "bos: naaldboswerkelijke verandering", "bos: griend", "bos: loofbos", "bos: loofbosdras, moerassig", "bos: loofbos NA", "bos: naaldbos", "bos: naaldbos NA", "duin", "duinmodelwijziging", "duindras, moerassig", "duinkwaliteitsverbetering", "duin NA", "duinwerkelijke verandering", "graslanddras, moerassig", "grasland met riet", "grasland met riet; dras, moerassig", "heide", "heidedoras, moerassig", "heide met riet", "heide met riet; dras, moerassig", "heide NA", "heidewerkelijke verandering", "populieren", "populieren NA", "zand", "zand NA", "zandwerkelijke verandering"
- Bebouwd: "aanlegsteiger NA", "basaltblokken, steenglooiing", "basaltblokken, steenglooiing NA", "bebouwd gebied", "bebouwd gebied NA", "dodenakker", "dodenakker NA", "dodenakker met bos NA", "grasland op vast deel van brug", "overig", "overig NA", "overig op vast deel van brug", "overig overkluisd", "overig kwaliteitsverbetering", "spoorbaanlichaam", "spoorbaanlichaam in tunnel",

"spoorbaanlichaam NA", "spoorbaanlichaam op vast deel van brug", "spoorbaanlichaam overluisd", "weg half verhard", "weg onbekend", "weg onverhard", "weg verhard"

- **Landbouw:** "akkerland", "akkerland NA", "boomgaard", "boomgaard NA", "boomkwekerij", "boomkwekerij NA", "braakliggend NA", "fruitkwekerij", "fruitkwekerij NA", "grasland", "grasland NA", "grasland kwaliteitsverbetering", "grasland werkelijke verandering", "greppel, droge sloot overig"

Om locaties niet alleen te karakteriseren aan de hand van de verdeling van het oppervlak binnen een straal van 100 meter rond de locatie van een camera (zie bijvoorbeeld figuur Z), maar ook in te delen in één van de drie hoofdcategorieën (Natuur, Landbouw, Bebouwd), hebben we de volgende, geordende regels voor het toewijzen van een hoofdcategorie toegepast:

1. Als meer dan 50% van het oppervlak binnen 100 meter binnen het Natuurnetwerk Nederland (NNN) valt: 'Natuur' (dit staat dus los van de hierboven beschreven top10NL-kaartlaag).
2. Zoniet:
 - a. Als meer dan 50% van het oppervlak binnen 100 meter valt in de verzamelcategorie 'landbouw': 'Landbouw';
 - b. Als meer dan 50% van het oppervlak binnen 100 meter valt in de verzamelcategorie 'bebouwd': 'Bebouwd';
 - c. In de gevallen waar geen van de verzamelcategorieën meer dan 50% van het oppervlak had, werden locaties handmatig ingedeeld:
 - i. Den Haag Koekamp en Amsterdam Osdorp Schooltuin: 'Bebouwd'
 - ii. Hoge Veluwe en Saeftinge: 'Natuur'
 - iii. Schipluiden en Hondsbossche Zeewering: onduidelijk, dus 'Mix'

Bijlage 4 - Link naar jaarrapportages

<https://diopsis.eu/resultaten-pilotproject/>



DIOPSIS