



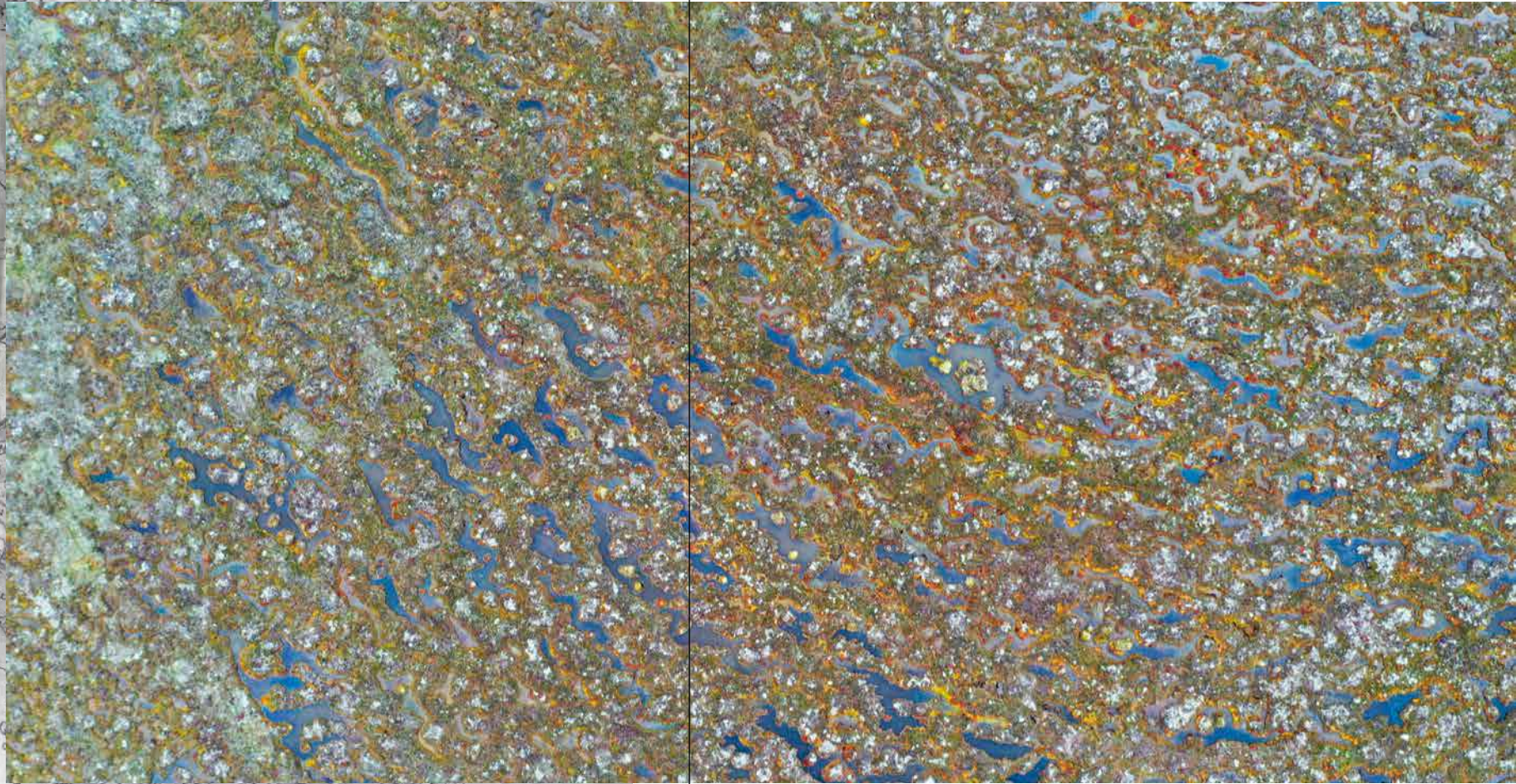
Na honderden jaren grootschalige wereldwijde veenafgavingen worden sinds drie decennia uitgebreide herstelwerkzaamheden aan hoogvenen uitgevoerd. Monitoring om het herstel in beeld te brengen is arbeidsintensief werk. Venen zijn veelal grote, ontoegankelijke, geïsoleerde en gevoelige gebieden. Hoe kunnen drones hierbij helpen? Dat is in een promotieonderzoek in Ierse hoogvenen uitgezocht. Hieruit zijn ook lessen voor de Nederlandse praktijk te halen.

tekst Jasper Steenvoorden (Wageningen Universiteit)

> Hoogveen is een type moerasland dat wordt gekarakteriseerd door natte, zure en nutriëntarme omstandigheden. Ze beslaan slechts 2 tot 3 procent van het aardoppervlak, maar hebben buitengewoon belangrijke functies. In venen leven zeldzame soorten die aangepast zijn aan extreme omstandigheden en daarom alleen daar voorkomen. Venen bufferen grote hoeveelheden water, reguleren de waterkwaliteit en bieden recreatiemogelijkheden. Bovendien bevatten venen meer dan twee keer zoveel koolstof als alle bossen op aarde. Maar zodra veen bloot komt te liggen als

gevolg van drainage en/of afgraving voor brandstof of tuinstrooisel, oxideert het veen en wordt de vastgelegde koolstof in rap tempo afgebroken. Het behoud en herstel van venen is hierdoor actueler en urgenter dan ooit.

Oud Nederlands onderzoek in Iers veen
In hoeverre venen hun functies en diensten kunnen vervullen zijn vaak direct af te lezen aan de vegetatie. De aan- of afwezigheid van specifieke plantensoorten zegt namelijk veel over de milieumomstandigheden. Het in kaart brengen van de vegetatiepatronen voor monitoring van veenfuncties is in de jaren 70 en 80 van de vorige eeuw gestart. Toenmalig promovendus Matthijs Schouten (inmiddels emeritushoogleraar Wageningen Uni-



< **Figuur 1. Vegetatie-opname van veldonderzoek door Matthijs Schouten in 1978.**

Dronefoto van de karakteristieke vegetatiepatronen van intacte Ierse hoogvenen met poelen, veenmostapijen, heideplanten en korstmossen.

versiteit) bracht de unieke vegetatiegemeenschappen en -patronen van Ierse hoogvenen in kaart (figuur 1). Dat was een flinke klus. Men ging het veen in met een groot meetlint, overtrekpapier, potloden, plantenkennis, een paar goede laarzen en vooral tijd. Er werden observatie-oppervlaktes (zogenaamde relevés) gemaakt van 10x10 tot zelfs 100x100 meter, waarin de grootte, vorm en fijnmazigheid van de vegetatiegemeenschappen op schaal werden getekend op overtrekpapier. Het gedetailleerde karterwerk kostte twee onderzoekers voor de grootste observatie-oppervlaktes afzonderlijk tot wel een week. Uiteindelijk zijn op deze manier de vegetatiepatronen van 25 Ierse veengebieden in kaart gebracht. Als gevolg van dit onderzoek en activisme van Schouten en anderen werd een proces in gang gezet waardoor uiteindelijk 53 Ierse hoogvenen in de periode 1997-2002 als beschermd gebied werden verklaard (Special Area of Conservation). In een aantal van deze gebieden worden sindsdien actief herstelmaatregelen uitgevoerd.

Nieuw onderzoek
Ruim veertig jaar later keerde Wageningen University & Research terug naar Ierland voor nieuw



Roundstone Bog, een beschermd veengebied in county Galway in het westen van Ierland.

promotieonderzoek. De inzet was om onder andere te bestuderen in welke mate de vegetatiepatronen veranderd waren en in hoeverre de beschermde status van de onderzochte venen heeft geholpen. Onder begeleiding van Schouten zijn in 2021 twaalf observatie-oppervlakten teruggelopen. Die zijn in drie weken met drones in kaart gebracht en vervolgens geïnterpreteerd via machine learning: met handmatig geselecteerde punten met een hoge resolutie GPS werd een computermodel getraind om de unieke vegetatiepatronen van ieder veen te leren herkennen. Hierna zijn de oorspronkelijke gescande observatie-oppervlakten en de dronekaarten over elkaar heen geschoven. Zo konden we niet alleen konden conclusies trekken over de veranderingen van de vegetatiepatronen, maar ook de potentie van drones voor grootschalige monitoring onderzoeken. De analyse leverde interessante bevindingen op. Vrijwel iedere observatie-oppervlakte in de teruggelopen twaalf venen was in de periode 1978-2021 noemenswaardig uitgedroogd. De poelen waren bijna geheel verdwenen, en vegetatiegemeenschappen die bij stabiel natte omstandigheden horen zoals tapijten veenmos, waren vervangen door vegetatiegemeenschappen van drogere milieumomstandigheden, zoals grassen, zegges en struiken. Dit was verrassend, want de vegetatiesuccessie heeft veel sneller plaatsgevonden dan voorheen werd aangenomen voor deze normaliter stabiele ecosystemen. Echter was ook te zien dat verdroging van de vegetatie minder snel was gegaan in de observatie-oppervlaktes die sinds 1978 beschermd zijn en waar actief herstelwerkzaamheden waren uitgevoerd, zoals het blokkeren van drainagegeulen. Het herstellen en vernatten van venen was dus noodzakelijk om verdere verdroging van het systeem te minimaliseren.



Veldonderzoek in september 2021 in Roundstone Bog.

Nauwkeurigheid van de karteringsmethode

De nauwkeurigheid van de dronekarteringen die we hebben uitgevoerd bepaalt hoe realistisch vegetatiepatronen in het veen door dronefoto's en computermodellen vertaald kunnen worden naar een digitale vegetatiekartering. Dit is complex, want mede doordat drones nog niet zo lang bestaan, zijn er vrijwel geen betrouwbare documentatie, richtlijnen en werkstromen voor deze specifieke vorm van ecosysteemmonitoring voorhanden. Alleen al voor de dronevlucht bestaat een overvloed aan te maken afwegingen die de nauwkeurigheid van een uiteindelijke kaart kunnen beïnvloeden, zoals vlieghoogte, vliegsnelheid, overlap van foto's, de geschoten hoek en de gekozen sensoren (zoals thermische, multispectrale en hyperspectrale camera's met veel kleurdetail). Hierna volgen verwerkingsstappen. In theorie leidt iedere stap tot verlies van relevante informatie, en is het niet vreemd dat er bij verkeerde afwegingen op uiteindelijke kaarten alleen nog ruis overblijft. Als gevolg van dit soort zorgen ontstond bij onderzoekers het motto 'meer is beter', en waren ze

extreem voorzichtig. Er werd laag boven de grond gevlogen (20 tot 40 meter) om zoveel mogelijk details te zien, ze verzamelden veel data en soms werden erg dure en complexe sensoren gebruikt. Dit leidt tot een stortvloed aan informatie. Maar wat is de meest nauwkeurige kaart waard als de financiële middelen toereikend zijn om slechts 1 van de 1.000 hectares in kaart te brengen? Hoe kan met de beschikbare computerkracht, tijd en geld wel een zo nauwkeurig mogelijke kaart gemaakt worden die het hele te karteren gebied bestrijkt en waarbij je de minimale benodigde detailniveau voor de relevante vegetatietypes in venen nog kunt zien? In ons onderzoek hebben we daar met een goedkope consumentendrone zonder extra camera's en sensoren een begin mee gemaakt. De analyses lieten zien dat een goed doordachte methode minstens zo belangrijk is als het verzamelen van veel data.

Lagere resolutie en hoger vliegen

Een cruciale factor is de 'ruimtelijke resolutie' van het beeldmateriaal, oftewel de grootte van de puntjes (pixels) op een foto. Op 20 tot 40 meter

vlieghoogte kunnen drones tegenwoordig foto's maken met een pixelgrootte van 5 millimeter. Dat betekent dat zelfs de blaadjes van een bloem zichtbaar kunnen zijn. Uit ons onderzoek kwam naar voren dat een dataresolutie van 25 tot 50 centimeter voldoende is om de vegetatiepatronen van functionele groepen zoals veenmos, struikgewas, grassen en korstmossen waar te nemen. Dat bespaart tot wel 10.000 keer ruimte in dataopslag en rekenkracht ten opzichte van data met 5 millimeter pixels. Met een verlaging van de minimale resolutie-eisen verandert tegelijkertijd de minimale vlieghoogte. Op de maximale legale vlieghoogte voor drones van 120 meter hebben foto's nog steeds een resolutie van 2,5 tot 5 centimeter. Ondertussen betekent hoger vliegen een hogere vliegsnelheid, exponentieel minder foto's per oppervlak en meer oppervlak per foto. Zo kan het onderzoekswerk sneller plaatsvinden. Ook constateerden we dat de overlap van de dronefoto's lager kan dan in veel gevallen vooraf is gekozen. Met een gekozen voorwaartse en zijwaartse overlap van 75/60 procent werden voor onze doeleinden even nauw-

keurige kaarten gemaakt als met de standaard 80/80 procent overlap. Dat heeft als positief effect dat dronevluchten vier keer sneller verlopen. Zonder in te boeten op nauwkeurigheid werd onze kartering door de aangepaste parameters 25 keer efficiënter in vergelijking met de voorheen gangbare dronemethodiek en parameters.

Eerste stap naar standaardisatie

De grote verscheidenheid aan venen maakt het praktisch onmogelijk om alle venen wereldwijd op dezelfde manier te classificeren. Toch is het noodzakelijk om zoveel mogelijk toe te werken naar eenduidige en identieke methodes (best practices) om de resultaten van verschillende herstelwerkzaamheden en veenbescherming zo goed mogelijk met elkaar te kunnen vergelijken. Het gaat daarbij om alle facetten van een karteringsmethode, zoals afspraken over een minimale dataset die in een aantal vluchten wordt verzameld, verificatiemetingen, het aantal pixels per foto en het al dan niet gebruiken van extra gevoelige sensoren. Daarna gaat het over het voorbereiden van de data, het specificeren van classificatiemethodes en algoritmes, en de schaalgrootte van de te karteren vegetatietypes. Tot slot gaat het over statistische evaluatie en presentatie: welke nauwkeurigheid en/of foutmarges worden toegelaten bij interpretatie van de kaarten en hoe wordt dit gecommuniceerd?

Hoe nu verder?

Dit promotieonderzoek was niet alleen gefocust op het maken van een zo goed mogelijke karteringskaart, maar onderzocht ook hoe je met een drone een zo efficiënt mogelijke karteringsmethode kan maken zonder in te boeten

op nauwkeurigheid. Dit bespaart niet alleen financiële middelen, maar zorgt er ook voor dat karteringsmethoden toegankelijk blijven voor een brede groep gebruikers zoals onderzoekers, natuurbeheerders en landeigenaren. Dit promotieonderzoek bewijst dat het niet per se nodig is om een stortvloed aan data te verzamelen of om dure middelen te gebruiken voor de monitoring van hoogvenen. Een kritische houding en vergelijken de tests laten zien dat een gemiddelde consumentendrone veelzijdig genoeg is voor grootschalige vegetatiekarteringen. De tijd van trial and error voor drone-gebaseerde ecosysteemmonitoring is voorbij. Daarbij zal de dronetechnologie zich de komende decennia snel doorontwikkelen. Desalniettemin zijn venen extreem complexe en diverse ecosystemen, en blijft het nauwkeurig in kaart brengen hiervan vragen om kritische overwegingen bij alle stappen van de karteringsmethode. Alleen hierdoor kunnen betrouwbare methodes ontwikkeld worden voor ecosysteembrede monitoring.

Drone-monitoring in Nederland

Het gebruik van drones voor ecosysteemmonitoring wint ook in Nederland aan populariteit als aanvulling op bestaande monitoringsprotocollen. De karteringsmethode uit dit proefschrift is niet gelimiteerd tot grootschalige venen in het buitenland, maar tot op zekere hoogte ook in Nederland toepasbaar in gelijksoortige ecosystemen met korte vegetatiestructuren zoals laagvenen, heide, kwelders en duinen. Deze ecosystemen lenen zich bijzonder goed voor dronemonitoring omdat ze fijnmazige vegetatiepatronen bevatten op grote ruimtelijk schaal die vaak niet zichtbaar zijn op lagere resolutie satelliet-data.

Kartering met drones vragen wel vaak om ecosystemespecifieke methodes; de 'best practices' voor het ene ecosysteem biedt geen garantie voor betrouwbare karteringen in andere ecosystemen. Ieder ecosysteem heeft nu eenmaal andere vegetatiepatronen en periodes in het jaar waarin de vegetatie het best te monitoren is. Ook staat de ontwikkeling van monitoring met drones nog relatief in de kinderschoenen. Tegelijkertijd laat dit proefschrift zien welke mogelijkheden er zijn, en roept het op tot een nieuw tijdperk voor dronemonitoring in Nederlandse natuurgebieden. Wat nodig is zijn meer praktijkervaringen en een systematische aanpak voor nauwkeurigheid, efficiëntie, standaardisatie en toegankelijkheid. Zo kunnen natuurbeheerders gezamenlijk toewerken naar breed toepasbare methodes die Nederlandse ecosystemen steeds betrouwbaarder in kaart kunnen brengen.<

jaspersteenvoorden@hotmail.com

Het proefschrift From form to functions: drone-based mapping of peatland vegetation patterns as ecological indicators is te downloaden van <https://edepot.wur.nl/670352> De achtergronden van het oorspronkelijke onderzoek van Matthijs Schouten in Ierland zijn onder andere terug te vinden op: <https://www.ipcc.ie/a-to-z-peatlands/campaigns/dutch-irish-bog-conservation/>



Diepteprofiel van hoogveen Clara Bog in county Offaly.