



UNIVERSITEIT VAN AMSTERDAM

Instituut voor Biodiversiteit en  
Ecosysteem Dynamica

# Vogeltrek in kaart brengen met weer- & vogelradars

Eindrapport en beschrijving van open dataset

Bart Hoekstra, Stacy Shinneman, Johannes De Groeve,  
Berend Wijers, Bart Kranstauber, Judy Shamoun-Baranes

Juni 2024

In opdracht van

× Gemeente  
× Amsterdam



Provincie  
Noord-Holland

# Colofon



UNIVERSITEIT VAN AMSTERDAM  
Instituut voor Biodiversiteit en  
Ecosysteem Dynamica

## Titel rapport

Vogeltrek in kaart brengen met weer- & vogelradars

## Auteurs

Bart Hoekstra\*, Stacy Shinneman, Johannes De Groeve, Berend Wijers, Bart  
Kranstauber, Judy Shamoun-Baranes\*\*

\* b.d.hoekstra@uva.nl; \*\* j.z.shamoun-baranes@uva.nl

## Extern advies en review

Hans van Gasteren (Koninklijke Luchtmacht)

Hidde Leijnse (Koninklijk Nederlands Meteorologisch Instituut)

## Te citeren als

Hoekstra B., Shinneman S., De Groeve J., Wijers B.C., Kranstauber B. &  
Shamoun-Baranes J. 2024. Vogeltrek in kaart brengen met weer- & vogelradars.  
Instituut voor Biodiversiteit en Ecosysteem Dynamica, Universiteit van  
Amsterdam. doi: 10.21942/uva.25983196

## Correspondentieadres

Instituut voor Biodiversiteit en Ecosysteem Dynamica  
Postbus 94240  
1090GE Amsterdam

## Opdrachtgevers

Gemeente Amsterdam, Gemeente Diemen, Provincie Noord-Holland



Provincie  
Noord-Holland

## Betrokken partners



Ministerie van Landbouw,  
Natuur en Voedselkwaliteit



Koninklijk Nederlands  
Meteorologisch Instituut  
Ministerie van Infrastructuur en Waterstaat



provincie  
 groningen



ARTIS



swiss-birdradar.com



In opdracht van de Gemeente Amsterdam, Gemeente Diemen en Provincie Noord-Holland, hebben onderzoekers van het Instituut voor Biodiversiteit en Ecosysteem Dynamica (IBED) vogeltrek in kaart gebracht met verschillende radartechnieken. Het onderzoek heeft zich toegespitst op twee vragen die relevant zijn voor windenergie.

## 1. Wat is de vlieghoogte van trekvogels?

### De transitie naar duurzame energie

De komende decennia zal Nederland enorme investeringen doen in duurzame energie om te voldoen aan de klimaatdoelstellingen. Dit proces vereist samenwerking tussen belanghebbenden op nationaal, regionaal en gemeentelijk niveau. Ook de wetenschap kan door middel van fundamenteel en toegepast onderzoek een belangrijke bijdrage leveren.

Om in 2030, conform het Klimaatakkoord, zeventig procent van alle

elektriciteit op te wekken uit hernieuwbare bronnen worden windturbines zowel op land als op zee gebouwd. De opgave voor Noord-Holland is om 6,3 TWh duurzame energie te produceren, wat voor een belangrijk deel gedaan zal worden met windenergie. Voor Amsterdam moet nog ruimte gevonden worden voor 27 megawatt aan windenergie, zo'n 4 à 8 windturbines. In Diemen wordt naar ruimte voor 4 turbines gezocht.

## 2. Wat is de ruimtelijke verspreiding van vogeltrek boven Noord-Holland?

### Meewegen van het natuurbelang

Bij de beslissing waar de turbines worden gebouwd, moeten de regionale en gemeentelijke overheden tijdens milieueffectbeoordelingen de gevolgen voor de samenleving en de natuur zorgvuldig afwegen. Daarbij moet ook rekening gehouden worden met vogels die door een landschap navigeren dat steeds voller komt te staan met energie-infrastructuur.

De resultaten van dit onderzoek zijn bedoeld om beleidsmakers te voorzien van informatie over trekvogels in Noord-Holland, wat eventueel kan helpen bij het selectieproces van locaties en de planning van windenergie. De bovengenoemde onderzoeksvragen worden uitgewerkt voor Noord-Holland in het algemeen en de regio's Amsterdam en Diemen in het bijzonder.

# Van radarreflecties van vogels naar hoogteverdelingen en vogeltrekkaarten



Miljoenen vogels boven  
dat hele kleine stukje aarde

## Massale vogeltrek door Nederland

Dit onderzoek richt zich op de grootste verplaatsingen van vogels in Nederland, de seizoenale vogeltrek. Twee keer per jaar vliegen miljoenen vogels over Nederland tussen enerzijds hun broedgebieden in Nederland, Noord- en Oost-Europa en anderzijds hun overwinteringsgebieden in Afrika, Zuid-Europa en het Verenigd Koninkrijk (Boere & Piersma, 2012; Kranstauber et al., 2022). Ze doen dit vooral 's nachts om juist overdag te kunnen foerageren en te profiteren van de rustige nachtelijke atmosfeer, koele temperaturen en afwezigheid van dagactieve roofdieren (Kerlinger & Moore, 1989; Alerstam, 2009). Toch vliegen sommige vogels overdag. Die 'dagtrekkers' maken juist gebruik van een onrustige atmosfeer waarin thermiek (opstijgende lucht) ontstaat waarop ze kunnen zweven, of ze foerageren onderweg op vliegende insecten (Alerstam, 2011; Winkler et al., 2016). De trek spreidt zich 's nachts als het ware over Nederland uit als een 'tapijt' van individuele vogels of kleine groepjes, terwijl dagtrekkers veelal duidelijk geconcentreerd in (grote) groepen vliegen.

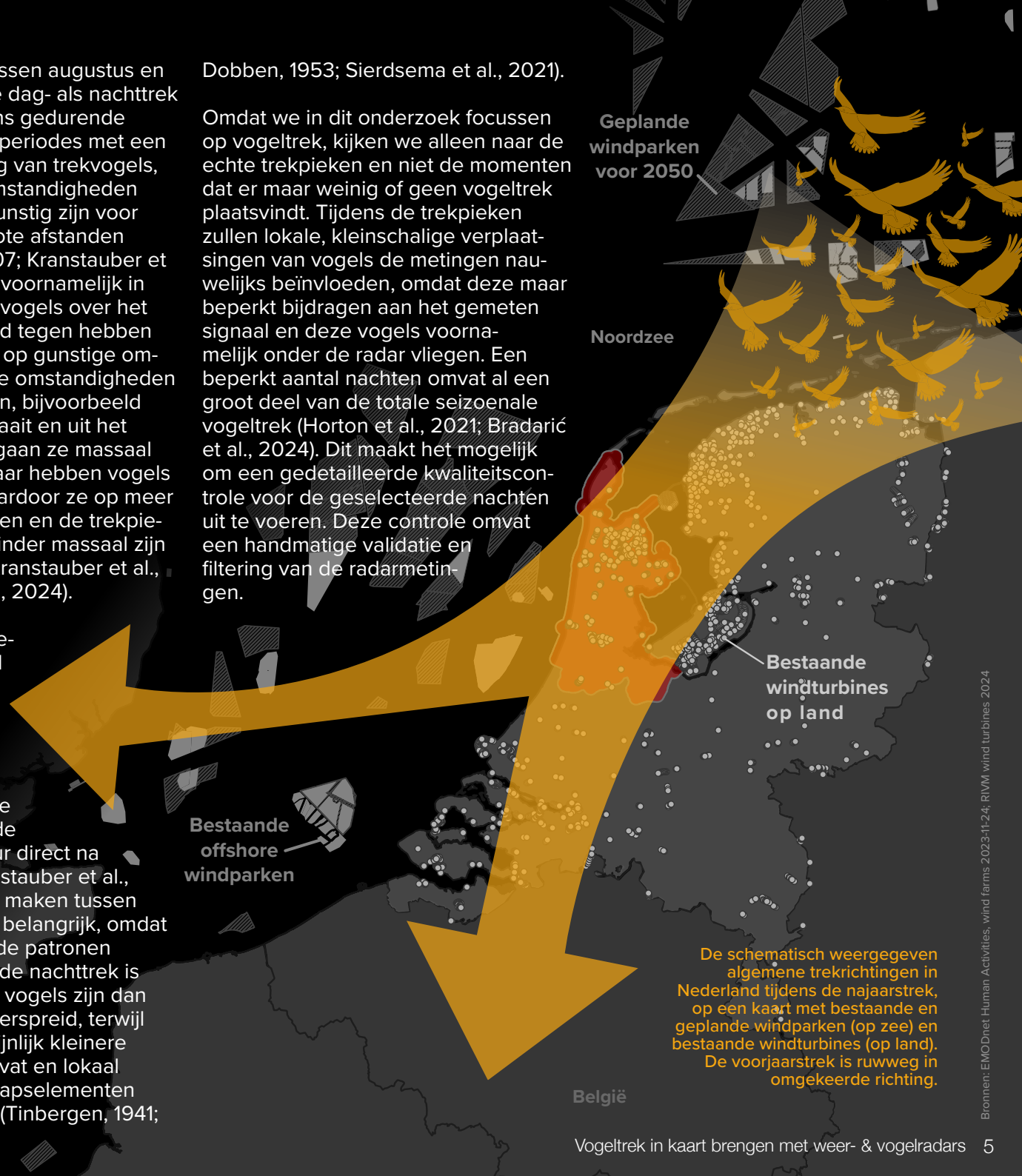
In Nederland vindt de massale voorjaars trek plaats tussen februari en mei

en de najaars trek tussen augustus en november. Zowel de dag- als nachttrek is meestal zeer intens gedurende enkele 'trekpieken', periodes met een massale verplaatsing van trekvogels, doordat de weersomstandigheden op die momenten gunstig zijn voor het afleggen van grote afstanden (Van Belle et al., 2007; Kranstauber et al., 2022). Dat geldt voornamelijk in het najaar, wanneer vogels over het algemeen vaker wind tegen hebben en moeten wachten op gunstige omstandigheden. Als de omstandigheden dan plots veranderen, bijvoorbeeld wanneer de wind draait en uit het noordoosten komt, gaan ze massaal op trek. In het voorjaar hebben vogels vaker wind mee, waardoor ze op meer dagen kunnen trekken en de trekpieken derhalve ook minder massaal zijn (Kemp et al., 2010; Kranstauber et al., 2022; Bradarić et al., 2024).

De meeste trekbewegingen in Nederland beginnen rond zonsopgang voor de dagtrekkers en zonsondergang voor de nachtrekkers, met de grootste aantallen vogels in de lucht in de 2 tot 3 uur direct na die momenten (Kranstauber et al., 2022). Onderscheid maken tussen dag- en nachttrek is belangrijk, omdat we verwachten dat de patronen anders kunnen zijn: de nachttrek is veel massaler en de vogels zijn dan relatief homogeen verspreid, terwijl de dagtrek waarschijnlijk kleinere aantallen vogels omvat en lokaal veel sterker landschapselementen en -contouren volgt (Tinbergen, 1941;

Dobben, 1953; Sierdsema et al., 2021).

Omdat we in dit onderzoek focussen op vogeltrek, kijken we alleen naar de echte trekpieken en niet de momenten dat er maar weinig of geen vogeltrek plaatsvindt. Tijdens de trekpieken zullen lokale, kleinschalige verplaatsingen van vogels de metingen nauwelijks beïnvloeden, omdat deze maar beperkt bijdragen aan het gemeten signaal en deze vogels voornamelijk onder de radar vliegen. Een beperkt aantal nachten omvat al een groot deel van de totale seizoenale vogeltrek (Horton et al., 2021; Bradarić et al., 2024). Dit maakt het mogelijk om een gedetailleerde kwaliteitscontrole voor de geselecteerde nachten uit te voeren. Deze controle omvat een handmatige validatie en filtering van de radarmetingen.



# Vogeltrek meten met weer- en vogelradars

Radars zenden een ‘puls’ energie uit en luisteren naar de timing en intensiteit van echo’s.

In het kort zegt de tijd die de echo erover doet terug te komen iets over hoe ver vogels van de radar vliegen en de intensiteit iets over de hoeveelheid vogels. Menselijke waarnemers kunnen vogels in de onderste 50 meter atmosfeer goed waarnemen. Radars meten in het algemeen juist daarboven en zijn in staat om dag en nacht vogels te detecteren (Buurma, 1987; Bruderer, 1997). In dit onderzoek worden twee soorten radars gebruikt: weer- en vogelradars.

## Weerradars

De gegevens die zijn verzameld met de weerradars van het KNMI stellen ons in staat om hoogteverdelingen en ruimtelijke kaarten te maken van de vogelbewegingen in Nederland. De weerradars in Herwijnen en Den Helder kunnen vliegende vogels detecteren tot op 100 kilometer afstand en tot 5 kilometer boven de

De weerradar op de bekende toren van het KNMI-gebouw in De Bilt.



De vogelradar in ARTIS-park, pal naast het verblijf van de Aziatische Olifanten.

grond. Ze maken elke 5 minuten een scan van de lucht, dag en nacht. Deze scans worden vervolgens vertaald naar hoogteverdelingen en kaartbeelden van vogelreflecties (Dokter et al., 2019; Kranstauber et al., 2020). De hoogteverdelingen in dit onderzoek beschrijven de verdeling van alle vogels in hoogtelagen van 50 meter.

## Vogelradar

De vogelradar in ARTIS-park ‘kijkt’ recht omhoog en kan vogels, vleermuizen en zelfs insecten detecteren. Hoewel deze radar in staat is soortgroepen vogels te identificeren, zoals ‘zangvogels’ en ‘grote vogels’, maken we in dit onderzoek geen onderscheid en kijken we naar alle vogels. We gebruiken deze radar alleen om vlieghoogtes van overvliegende vogels te meten tussen 50 meter en 1 kilometer hoogte. Vogels worden gedetecteerd binnen een straal van 250 meter van de radar. We vertalen vervolgens ook deze gegevens weer naar hoogteverdelingen tot 1 kilometer hoogte. We doen dit in hoogtelagen van 50 meter hoogte, zodat we de metingen van de vogelradar kunnen vergelijken met de weerradars. De vogelradar is onderdeel van ARISE, een nieuwe technologische infrastructuur voor biodiversiteitsmonitoring.

# Dataselectie & -verwerking

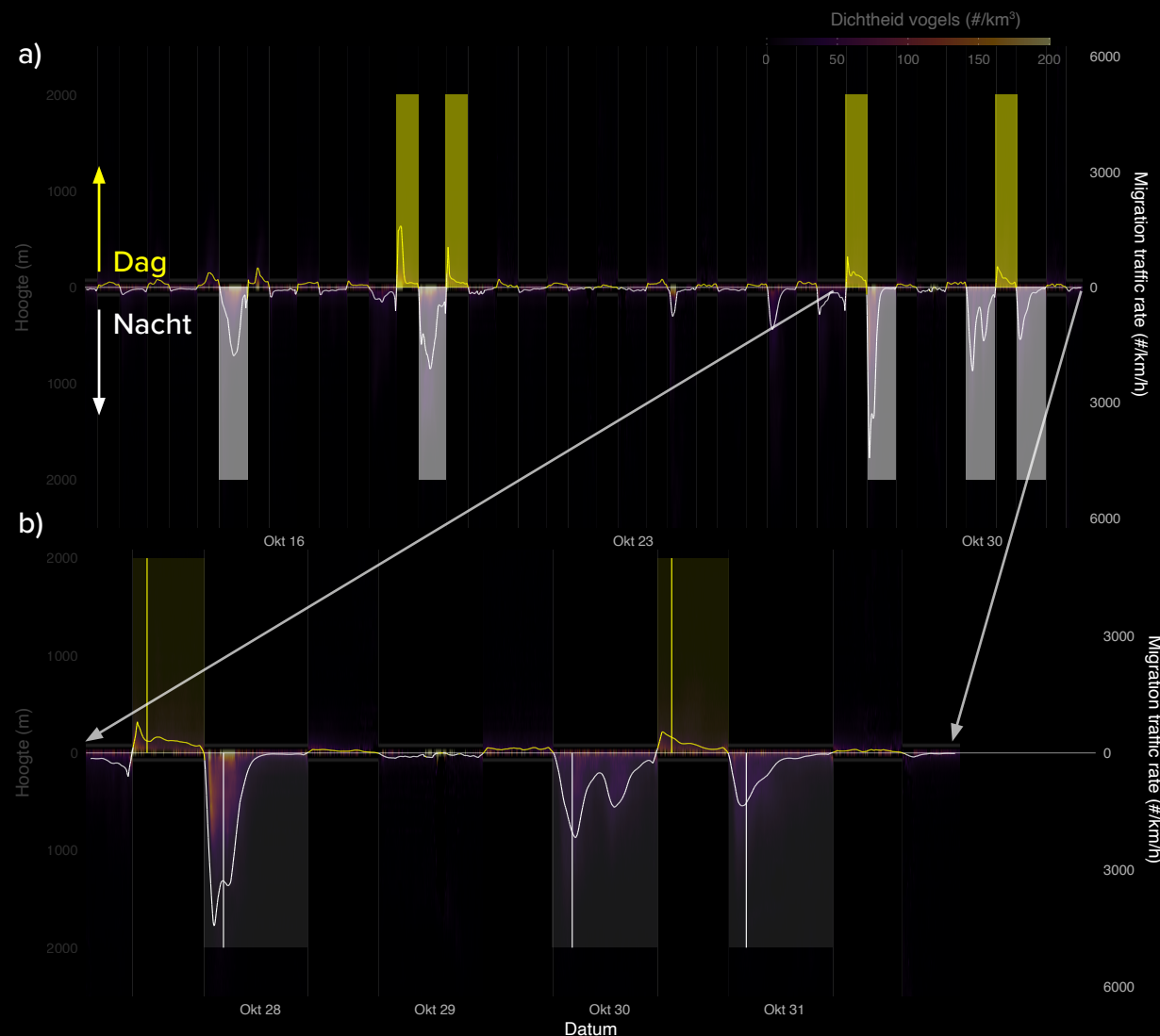
Van trekpieken naar hoogteverdelingen en vogeltrekkaarten. Een beknopte samenvatting van de onderzoeksmethode.

Allereerst identificeren we de vogeltrekpieken op basis van de radargegevens. Om dit te doen gebruiken we standaardtechnieken om 6 jaar aan weerradargegevens (2017 – 2022) en 2 jaar (2021 – 2022) aan vogelradargegevens om te zetten in hoogteverdelingen van vogels (Dokter et al., 2019). Om de verschillende typen radars te kunnen vergelijken, gebruiken we alleen de onderste kilometer van de atmosfeer. Vervolgens berekenen we per seizoen (voor- en najaar) hoeveel vogels er elk dagdeel (dag en nacht) door de radars wordt gemeten. We gebruiken daarvoor de zogenaamde 'migration traffic rate', het aantal vogels dat per uur over een denkbeeldige lijn van een kilometer haaks op de trekrichting vliegt. We sorteren deze trekmomenten op het totaal aantal vogels en kiezen het kleinste aantal van deze momenten waarmee 50% van de totale seizoenstrek tijdens een dagdeel passeert. In andere woorden: we selecteren de 'grootste' piekmomenten van vogeltrek zodat ze de helft van de totale trek omvatten. Dag en nacht worden gedefinieerd door zonsopgang en zonsondergang en voor- en najaar worden respectievelijk gedefinieerd als 15 februari tot 31 mei en 15 augustus tot 30 november.

Er zijn, afhankelijk van het jaar, ongeveer 5 tot 30 trekpieken per seizoen en dagdeel. Vanwege de gemiddelde weersomstandigheden is de trek in Nederland massaler en meer geconcentreerd in het najaar (gemiddeld 16 trekpieken) dan in het voorjaar (gemiddeld 19 trekpieken). Dat komt omdat vogels in het najaar meestal tegenwind hebben en daarom massaal trekken tijdens de spaarzame momenten dat ze wél wind mee hebben.

De gevonden trekpieken gebruiken we vervolgens om de hoogteverdelingen en de kaartbeelden te berekenen. Voor de gemiddelde hoogteverdelingen gebruiken we de gegevens over het gehele dagdeel, dus de hele nacht of de hele dag. Voor de kaartbeelden gebruiken we de tijdstippen waarop het aantal vliegende vogels tijdens die piekmomenten gemiddeld het hoogst is: voor de dagtrek gebruiken we 2 uur na zonsopgang en voor de nachttrek gebruiken we 2,5 uur na zonsondergang. De radargegevens van deze tijdstippen worden omgezet in tweedimensionale kaartbeelden die de hoeveelheid vogels weergeven (Kranstauber et al., 2020).

Tijdsreeks gemeten door de Herwijnen radar tussen 12 oktober en 1 november 2017, ter illustratie van de toegepaste dataselectie. (a) De piekmomenten (gemarkeerd in geel en wit) worden berekend op basis van de totale trek tijdens de betreffende dagen en nachten op basis van de migration traffic rates. (b) Ingezoomd op een deel van de eerdere tijdsreeks. Voor de kaartbeelden gebruiken we de momenten 2 uur na zonsopgang en 2,5 uur na zonsondergang (verticale lijnen) tijdens de geselecteerde piekmomenten.





Regen en statische grondruis, zoals van windturbines, wordt in kaart gebracht en ruis door elektromagnetische interferentie wordt gecorrigeerd (Hoekstra et al., 2024). Na handmatige inspectie, verwijderen we piekmomenten waarop de radarmetingen door ruis niet bruikbaar zijn voor het berekenen van de gecombineerde kaarten, zoals bij regen in grote delen van Noord-Holland of bij omstandigheden waardoor de radarstraal te sterk naar het aardoppervlak afbuigt. Onzekere gebieden, waar de metingen door mogelijk overgebleven ruis beïnvloed kunnen zijn, zijn in kaart gebracht en worden op de kaarten weergegeven.

De kaartbeelden van overgebleven piekmomenten worden gemiddeld per seizoen, dagdeel en radar. Verder worden de vogeltrekkaarten gemaakt door deze samen te voegen

tot een gecombineerde kaart, waarbij de maximale vogeldichtheid wordt genomen in de overlapzone tussen beide radars. Deze kaarten worden berekend met hoogwaardige data op een 500×500m resolutie. Voor de omzetting van reflectiviteit naar vogeldichtheden gebruiken we een gemiddelde radardoorsnede van 11 cm<sup>2</sup>, de doorsnede van een gemiddeld formaat trekvogel (een lijster). Om te voorkomen dat er teveel waarde wordt toegekend aan zeer kleinschalige verschillen in gemeten vogeldichtheden, veroorzaakt door overgebleven ruis of meetkarakteristieken van de radar, zijn deze kleine 'oneffenheden' gladgestreken met een 'smoothing'-procedure. Tot slot hebben we de kaarten toegesneden op Noord-Holland met een buffer van 5 kilometer om de provinciegrens.



# Wat is de vlieghoogte van trekvogels?

We hebben hoogteverdelingen uit vogel- en weerradargegevens geanalyseerd om de vlieghoogte van vogels tijdens trekpieken te bepalen.

De hoogte waarop trekvogels door Nederland vliegen zegt iets over het risico dat ze lopen op een aanvaring met windturbines.

Uit de radardata blijkt dat het grootste deel van de vogeltrek tijdens piekmomenten, in zowel het voor- en najaar, overdag én 's nachts, plaats vindt op lage hoogtes, onder 200m (rood weergegeven). Voor een belangrijk deel zullen trekvogels dus op hoogte van de windturbines vliegen, dóór de rotorzone (zie rechtsboven). Dat geldt voor de hoogteverdelingen boven de weerradars in Herwijnen en Den Helder, én de vogelradar in Amsterdam. Vogels die onder 50m hoogte vliegen zijn niet meegenomen in de analyse, omdat ze onder de radar vliegen. Voor de meeste

moderne windturbines — die steeds hoger worden — vliegen deze vogels sowieso voor een belangrijk deel of helemaal onder de rotorzone, dus beïnvloedt het missen van laagvliegende vogels de resultaten amper.

Uit de metingen blijkt dat vogels tijdens nachtelijke trekpieken hoger vliegen dan overdag. 's Nachts varieert het deel van de vogeltrek dat plaatsvindt op rotorhoogte (onder 200m) tussen de 39% en 65%, terwijl overdag vrij consistent 70% tot 79% van alle trek op rotorhoogte plaatsvindt. In het voorjaar vindt er iets minder vogeltrek

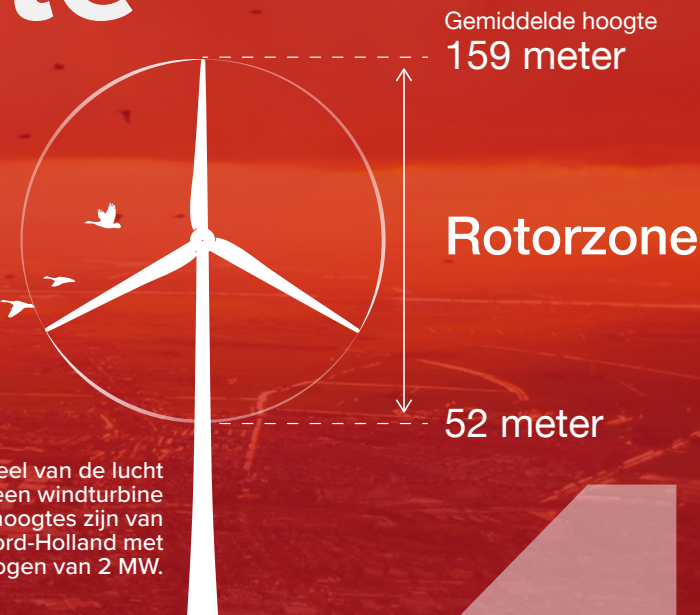
plaats op rotorhoogte dan in het najaar, maar in alle gevallen gaat het om een verschil tussen de seizoenen van minder dan 10%. Hoewel de hoogteverdelingen iets variëren tussen de verschillende radars en radartypen, is er geen reden om aan te nemen dat de hoogteverdeling van vogels boven Amsterdam noemenswaardig verschilt van andere locaties voor zowel dag- als nachttrek.

De hoogte waarop trekvogels vliegen is sterk afhankelijk van weersomstandigheden, omdat vogels ervoor kiezen te vliegen op hoogtes met gunstige

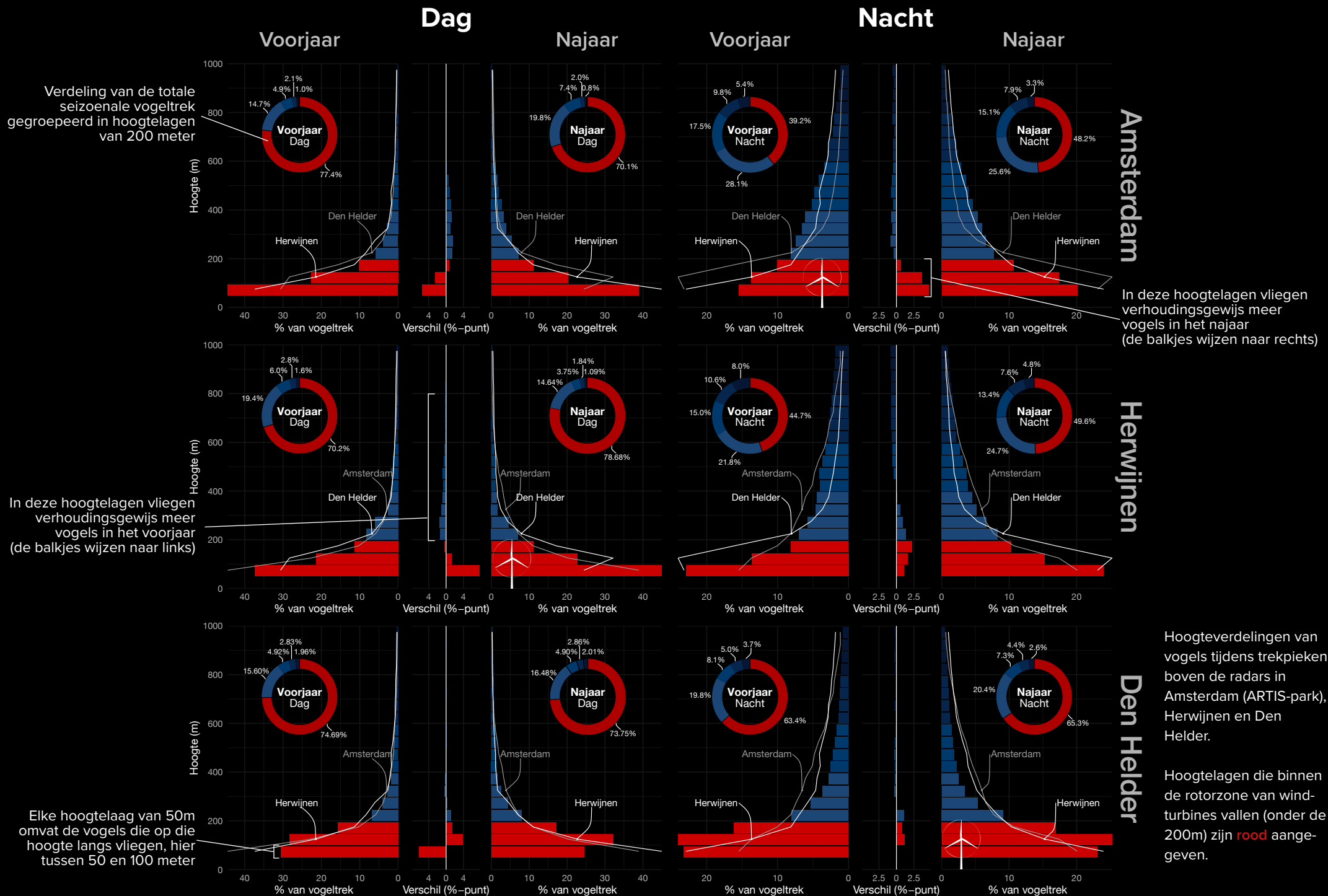
... maar deze vliegen te hoog om geraakt te worden.

Vogels op deze hoogte lopen gevaar doordat ze tussen de wieken terecht kunnen komen...

De rotorzone is het deel van de lucht waarin de wieken van een windturbine draaien. De gemiddelde hoogtes zijn van de huidige turbines in Noord-Holland met een minimaal vermogen van 2 MW.









# Wat is de ruimtelijke verspreiding van **vogeltrek** boven Noord-Holland?

---

We hebben de metingen van de weerradars omgezet in tweedimensionale kaartbeelden van vogeltrek door Noord-Holland.

De kaartbeelden laten zien waar de meeste trekvogels vliegen. Deze informatie kan gebruikt worden voor ruimtelijke inpassing van *meer natuur-inclusieve windenergie*.

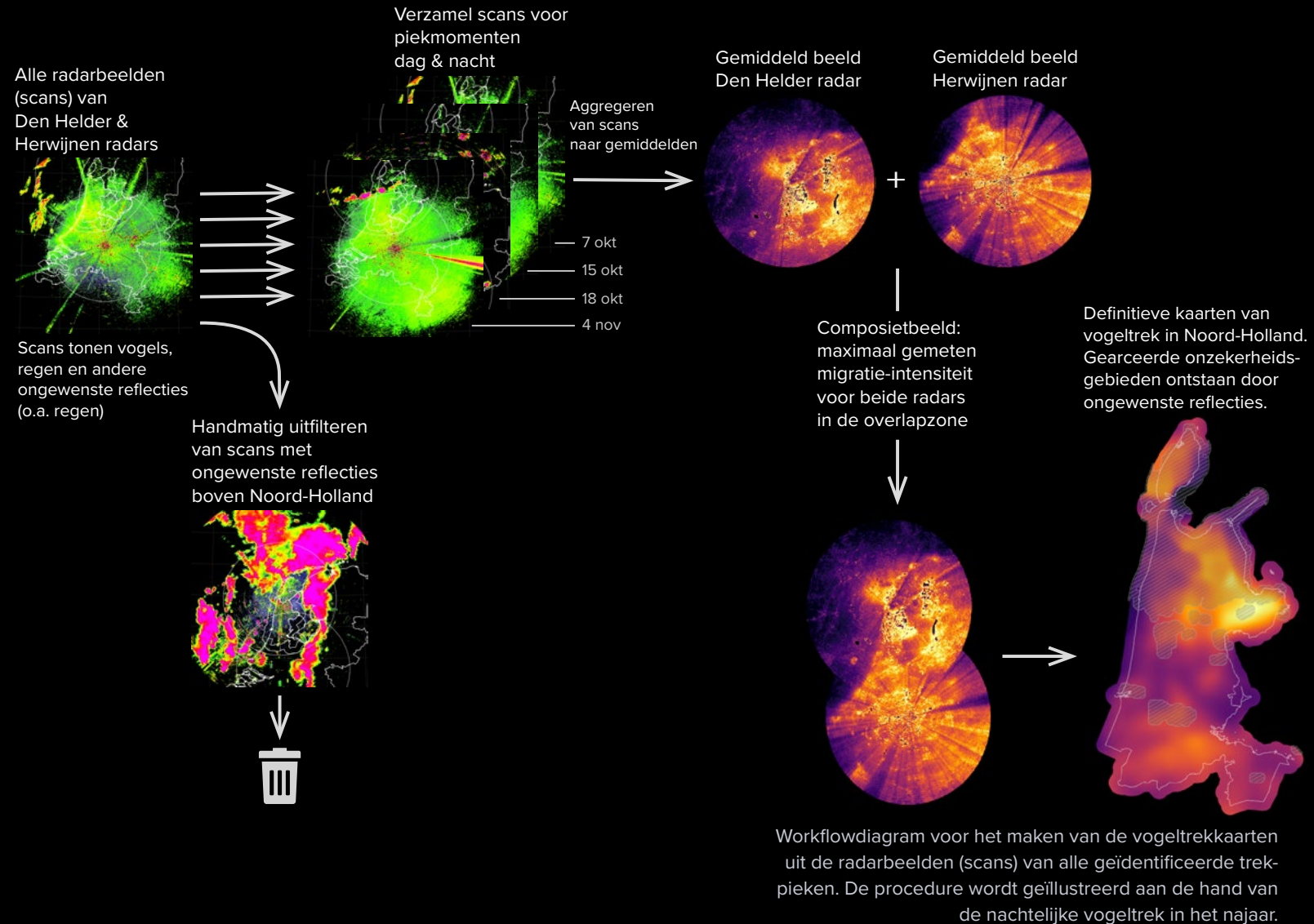
---

# Vogeltrekkaarten uit radargegevens

We hebben gebruikgemaakt van 716.701 radarscans uit 2536 radarmeetdagen verzameld door de radars van het KNMI over 6 jaar, tussen 2017 en 2022. We hebben 884 trekpieken geïdentificeerd, waarvan er na een handmatige screening op regen en aanwezigheid van andere ruis 322 zijn overgebleven voor het berekenen van de vogeltrekkaarten. Deze kaarten zijn gemaakt met overgebleven trekpieken die samen gemiddeld tussen de 17% en 27% van alle seizoenstrek omvatten. Er zijn geen redenen om aan te nemen dat het ruimtelijke beeld van vogeltrek ontstaan uit deze selectie van trekpieken substantieel afwijkt van andere mogelijke selecties.

We hebben alle scans van de 2 weerradars gemiddeld en samengevoegd tot een gecombineerde kaart voor Noord-Holland, waarbij we de maximale trekintensiteit gebruiken voor locaties in de overlapzone van de twee radars.

De 4 berekende kaarten (voorjaar, najaar en overdag en 's nachts) laten de gemiddelde verspreiding van vogels zien tijdens trekpieken, de momenten dat de grootste aantallen vogels zich door Nederland verplaatsen en risico lopen op aanvaring met windturbines. Het workflowdiagram rechts laat schematisch zien hoe één kaart (najaar nacht in dit geval) gemaakt is.



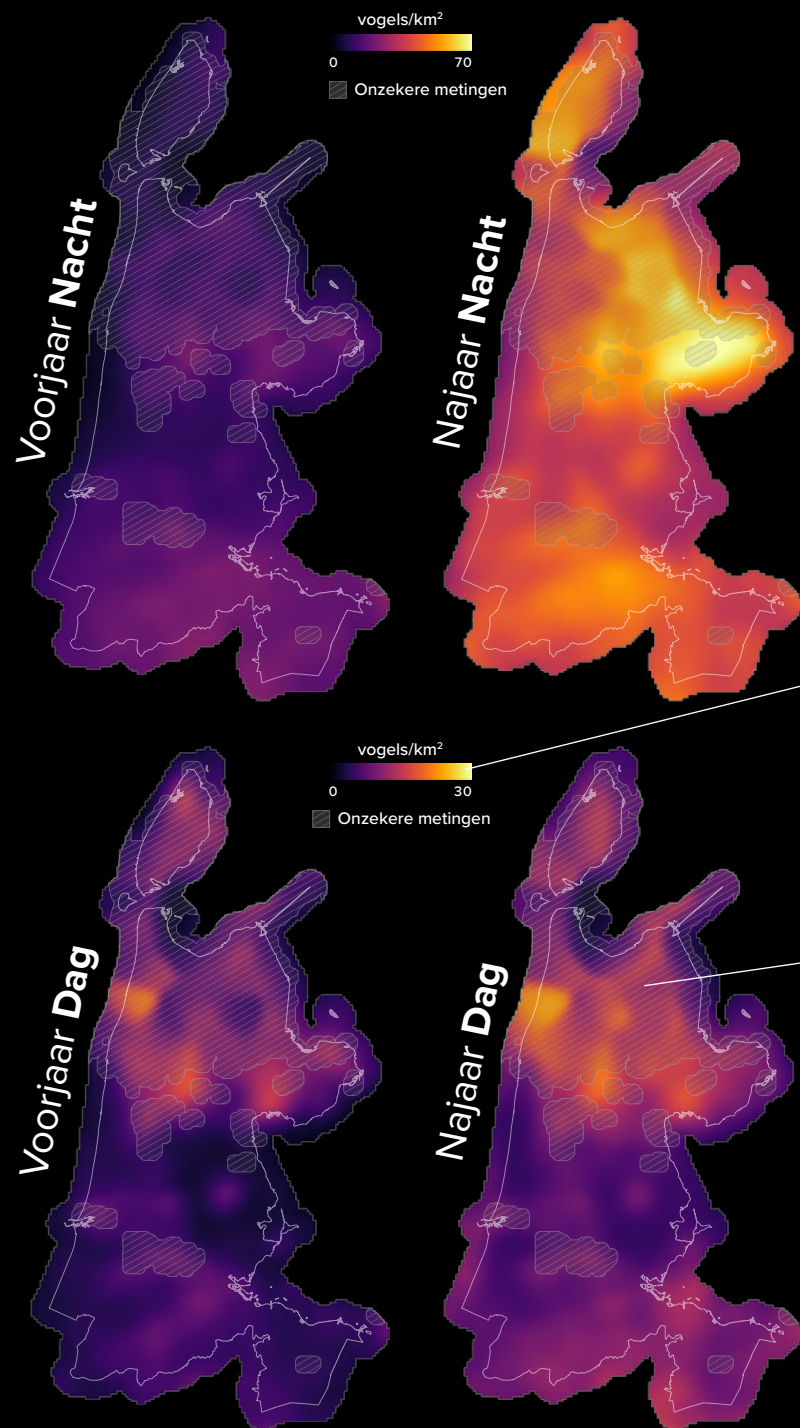


# Vogeltrekkaarten van Noord-Holland

De vogeltrekkaarten laten de gemiddelde vogeldichtheid zien tijdens trekpieken in het voor- en najaar, zowel overdag (2 uur na zonsopgang) als 's nachts (2,5 uur na zonsondergang). Deze vogeldichtheid (in vogels/km<sup>2</sup>) is de gemiddelde gemeten radarreflectiviteit omgezet naar het aantal vogels dat ten minste 50 meter boven een vierkante kilometer aardoppervlak vliegt. Lager kan de radar maar beperkt vogels meten, maar de rotorzone van windturbines begint gemiddeld pas daarboven.

Gemiddeld over alle kaarten vliegen er tijdens trekpieken 18 vogels/km<sup>2</sup> door Noord-Holland, buiten de onzekere gebieden. Tijdens de dagtrek in het voorjaar vliegen gemiddeld de minste vogels (5 vogels/km<sup>2</sup>) door Noord-Holland, gevolgd door de dagtrek in het najaar (9 vogels/km<sup>2</sup>) en de nachttrek in het voorjaar (15 vogels/km<sup>2</sup>). De nachttrek in het najaar is verreweg het meest massaal, met gemiddeld maar liefst 43 vogels/km<sup>2</sup>, bijna 3x zoveel als tijdens de voorjaarsnachten. Ook de ruimtelijk spreiding in dichtheden varieert substantieel tussen de verschillende kaarten. Tijdens de dagtrek in het voorjaar is het verschil tussen de gebieden met de hoogste dichtheden vogels en de laagste dichtheden slechts 16 vogels/km<sup>2</sup>, terwijl het verschil tijdens najaarsnachten maar liefst 49 vogels/km<sup>2</sup> is.

In overeenstemming met eerder onderzoek (Kranstauber et al., 2022) vindt ook in Noord-Holland de meest



massale vogeltrek vooral 's nachts in het najaar plaats. Zoals al eerder aangegeven, komt dat deels door de weersomstandigheden die trekpieken in het najaar groter maken. Door in het algemeen minder goede weersomstandigheden, in het bijzonder vaker tegenwind, vliegen vogels tegelijkertijd op de spaarzame momenten dat ze wind mee hebben. Anderzijds zijn er in het najaar ook simpelweg méér vogels, door de aanwas van jonge vogels die voor het eerst de trek naar de overwinteringsgebieden maken. De massale najaarstrek overdag laag door de duinen, zoals te zien op de risicokaarten van Sovon (figuur 4.7 in Sierdsema et al., 2021), is niet zichtbaar op de radar, omdat deze vooral onder de 50 meter plaatsvindt.

## Vogeldichtheden

De waarden in deze kaarten geven het aantal vogels weer in het luchtruim boven elke vierkante kilometer van 50-5000 meter boven de grond. De kleurschalen voor dag- en nachttrek verschillen, omdat de vogeldichtheden sterk verschillen.

## Onzekere gebieden

Gebieden met onzekere metingen zijn gearceerd. In deze gebieden hebben we aangegeven waar op enig moment in de verwerkingsstappen ruis, bijvoorbeeld van windturbines en verkeer, is weggefilterd. Ondanks die filtering zou het kunnen dat er in de gearceerde gebieden iets aan ruis is overgebleven, wat het ontstane ruimtelijke patroon beïnvloedt. Daarom worden deze gebieden gemarkeerd als 'onzekeer' en binnen deze gebieden is extra terughoudendheid voor ruimtelijke vergelijkingen gewenst.



# Ruimtelijke verschillen binnen Noord-Holland

Kijkend naar de vogeltrekkaarten in Noord-Holland vallen er een aantal dingen op. In **vet** de feitelijke observaties, in *cursief* de mogelijke verklaringen en interpretaties:

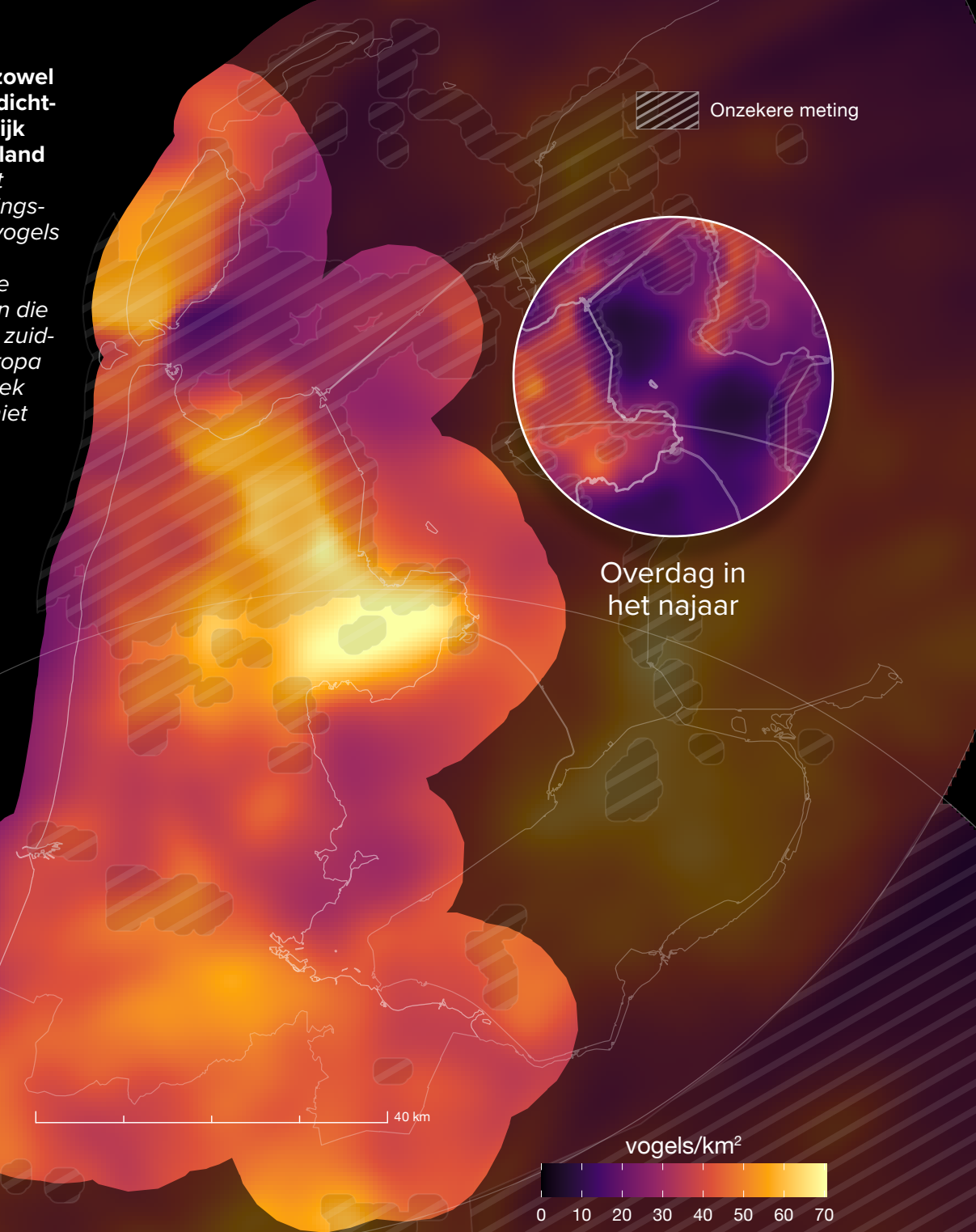
**1. West-Friesland is een opvallende hotspot voor vogeltrek in najaarsnachten.** Dit komt waarschijnlijk doordat trekvogels die over IJsselmeergebied vliegen, dat het liefst langs de kortste route doen. Daardoor zullen vogels langs de oostelijke IJsselmeerkust, tussen ruwweg Lelystad en Stavoren, de oversteek maken richting West-Friesland. Ook overdag lijken vogels de kortste oversteek te maken met hogere vogeldichtheden tussen Stavoren en Andijk.

**2. Ondanks de meetonzekerheid, suggereren de kaarten wel dat de kop van Noord-Holland en Texel echte vogeltrek-hotspots zijn voor de nachttrek.** Er is namelijk geen reden om aan te nemen dat de hogere vogeldichtheden tijdens najaarsnachten zijn ontstaan door een toename van ruis alleen in die periode. Bovendien worden alle kaarten op dezelfde wijze berekend, dus het effect van eventuele overgebleven ruis in deze gebieden mag als constant gezien worden.

**3. Zowel in het voor- en najaar, zowel overdag als 's nachts, zijn vogeldichtheden relatief laag in het westelijk deel van het Markermeer, Waterland en delen van de Zaanstreek.** Dat komt mogelijk door de 'aantrekkingskracht' van West-Friesland voor vogels met een westelijke koers richting het Verenigd Koninkrijk, omdat de oversteek over het Markermeer in die richting korter is. Vogels met een zuidwestelijke koers richting Zuid-Europa daarentegen, hoeven de oversteek van het Markermeer überhaupt niet te maken dus zullen niet snel ten noorden van Amsterdam terecht komen.

**4. Ten zuiden van Amsterdam zijn vogeldichtheden relatief hoog.** Ook dit heeft mogelijk weer te maken met de 'lacune' van lagere dichtheden ten noorden van Amsterdam. Tevens kan men ten zuiden van Amsterdam ook hogere dichtheden verwachten van vogels die langs de Flevokust zuidwestwaarts zijn gevlogen en deze richting min of meer aanhouden na de oversteek van het IJmeer.

Najaar Nacht

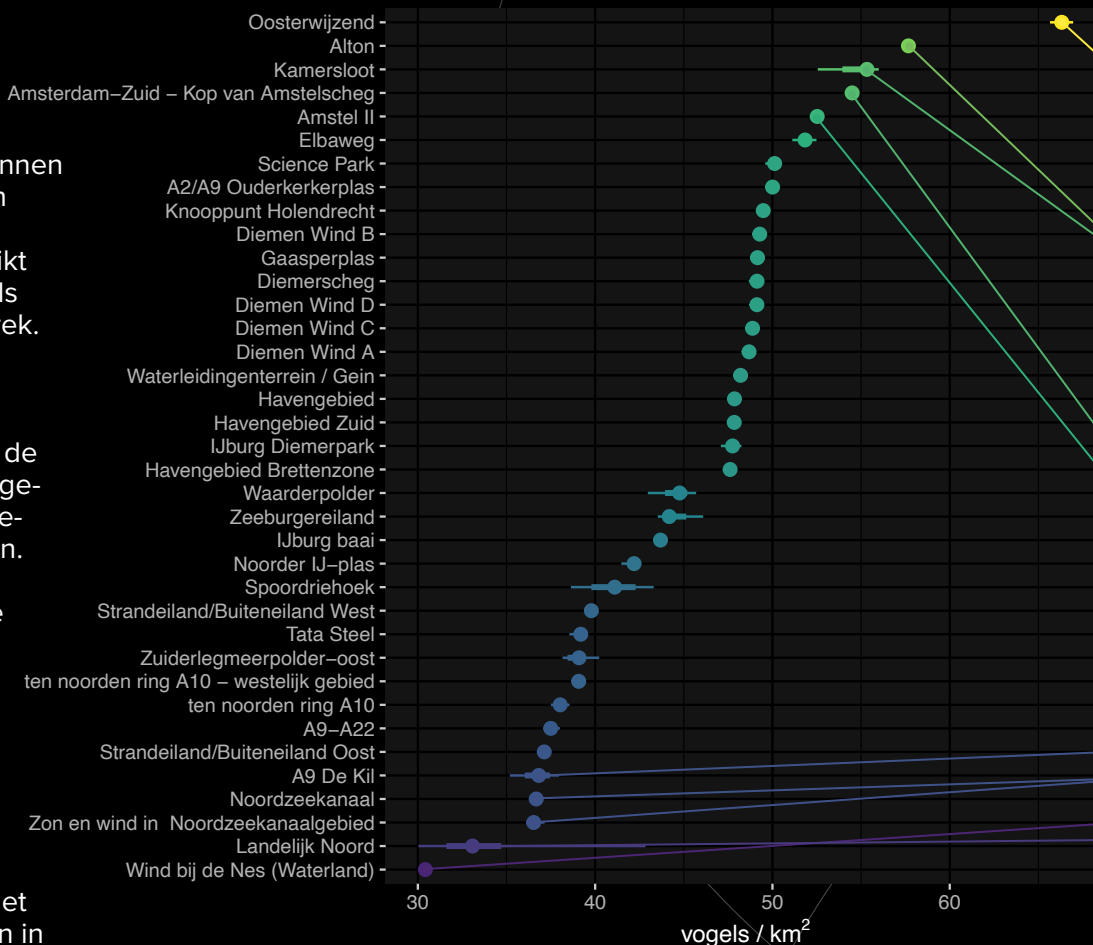


# Vogeltrek in de zoekgebieden voor windenergie

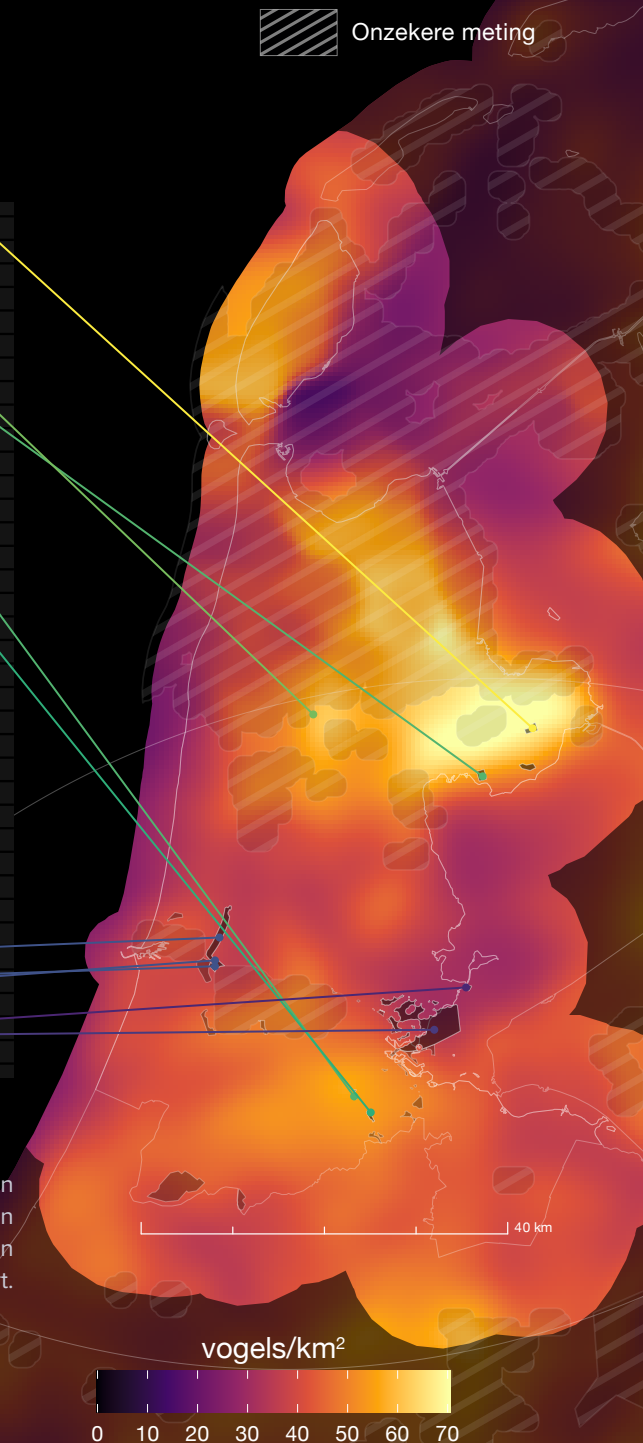
Via het proces van de Regionale Energiestrategie (RES) hebben de betrokken partijen zoekgebieden aangewezen waar windturbines geplaatst zouden kunnen worden. Door de vogeltrekkaarten over de zoekgebieden te leggen, kunnen zoekgebieden gerangschikt worden op de dichtheid aan vogels tijdens piekmomenten van vogeltrek. We illustreren dit opnieuw aan de hand van de nachtelijke vogeltrek in het najaar, omdat de ruimtelijke verschillen dan het grootst zijn en de aantallen vogels het hoogst. Zoekgebieden binnen het onzekerheidsgebied hebben we niet meegenomen.

De zoekgebieden met de hoogste vogeldichtheden tijdens nachtafsnachten bevinden zich in West-Friesland en in de buurt van de kop van Noord-Holland en aan de zuidkant van Amsterdam. De zoekgebieden met de laagste dichtheden nachttrekters bevinden zich in het najaar in en aan de rand van het havengebied, in landelijk Noord en in Waterland.

Vogeldichtheid per zoekgebied tijdens pieknachten in het najaar



Vogeldichtheden in de RES zoekgebieden. Punten geven mediane waarden aan en de balkjes de middelste 50% en 100% van de waarden. Zoekgebieden met de 5 hoogste en laagste vogeldichtheden zijn verbonden met de kaart.





# Samenvatting & betekenis voor windenergie

**Voor de algemene inspanningen die gedaan worden om aanvaringen tussen trekkende vogels en windturbines tegen te gaan, waarbij geen onderscheid gemaakt wordt tussen verschillende soorten of soortgroepen, is een focus op de nachtelijk trek in het najaar het meest efficiënt.**

Allereerst gaat het tijdens najaarsnachten om de meest massale vogeltrek, met de hoogste aantallen vogels die door Nederland vliegen. Tegelijkertijd zijn de ruimtelijke verschillen in vogeldichtheden tijdens najaarsnachten relatief groot, waardoor ruimtelijke inpassing van windenergie rekening houdend met vogeltrek dan een groter effect zal bewerkstelligen. Tijdens de andere trekmomenten (voor- en najaar overdag, en voorjaar 's nachts) zijn de absolute ruimtelijke verschillen tijdens trekpieken minder groot, wat betekent dat het effect van het vrijwaren of juist benutten van bepaalde gebieden voor windenergie minder groot zal zijn. Wanneer deze ruimtelijke inpassing niet mogelijk is, kunnen de kaarten benut worden om maatregelen ter voorkoming van aanvaringen of vervolgonderzoek te sturen. In sommige gebieden zijn deze maatregelen nuttiger dan in andere en zou men strengere eisen kunnen stellen aan de maatregelen. Hoewel de verschillen klein zijn, vindt vogeltrek tijdens het najaar op lagere hoogte plaats dan in het voorjaar, waardoor een groter deel van de vogeltrek in de rotorzone plaatsvindt. Ook al is het zo dat vogels tijdens trekpieken overdag nóg lager vliegen dan 's nachts, gaat het overdag ook om aanmerkelijk kleinere aantallen vogels. Tot slot is de vogeltrek in het najaar sterker

gepiekt dan in het voorjaar, met meer vogeltrek gedurende een kleiner aantal momenten. Daardoor kunnen eventuele mitigerende maatregelen ná plaatsing van windturbines, zoals een stilstandvoorziening bij intense nachtelijke vogeltrek, een grotere impact hebben tijdens de momenten dat ze actief zijn en hoeven windturbines minder vaak stil te staan.

Wij verwachten dat de hoogteverdelingen en kaarten van vogeltrek kunnen bijdragen aan een beter begrip van vogeltrek en betere inpassing in het landschap om aanvaringen tussen vogels en windturbines te voorkomen. In het bijzonder verwachten we dat deze gegevens een nieuw licht schijnen op de tot voor kort min of meer 'onzichtbare' maar massale vogeltrek die 's nachts plaatsvindt. Ondanks de enorme schaal van de radarmetingen, blijft locatiegebonden onderzoek uiteindelijk noodzakelijk, om ook rekening te kunnen houden met de lokale verplaatsingen van broed- en trekvogels, die niet zijn meegenomen in dit onderzoek. Echter, de hoogteverdelingen en in het bijzonder de kaarten kunnen wel richting en context geven aan dergelijk locatiegebonden en vaak kortdurend onderzoek. Gebruikmakend van langdurige meetreeksen verzameld door verschillende radars, schetsen we uiteindelijk vooral een uniek beeld van de 'gemiddelde vogeltrek' in en door Noord-Holland, en daarmee het startpunt en de context voor ruimtelijke inpassing en locatiespecifiek vervolgonderzoek van trekvogel-inclusieve windenergie.



## Open Data

We hebben 4 rasterbestanden gemaakt: voor dag- en nachttrek in het voor- en najaar. De GeoTIFF rasterbestanden hebben een resolutie van 500×500 meter en zijn te openen in alle GIS software.

De polygonen van gebieden met onzekere metingen zijn opgeslagen in een bijbehorende shapefile die altijd samen met de rasterbestanden gebruikt dient te worden.

Deze bestanden kunnen hier worden gedownload: <http://doi.org/10.21942/uva.25983196>

### Licentie

De data is gelicenseerd onder een Creative Commons CC BY 4.0 licentie: <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>

## Bronnenlijst

- Alerstam, T. (2009). Flight by night or day? Optimal daily timing of bird migration. *Journal of Theoretical Biology*, 258(4), 530–536. <https://doi.org/10.1016/j.jtbi.2009.01.020>
- Alerstam, T. (2011). Optimal bird migration revisited. *Journal of Ornithology*, 152(S1), 5–23. <https://doi.org/10.1007/s10336-011-0694-1>
- Boere, G. C., & Piersma, T. (2012). Flyway protection and the predicament of our migrant birds: A critical look at international conservation policies and the Dutch Wadden Sea. *Ocean & Coastal Management*, 68, 157–168. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2012.05.019>
- Bradarić, M., Kranstauber, B., Bouten, W., & Shamoun-Baranes, J. (2024). Forecasting nocturnal bird migration for dynamic aeroconservation: The value of short-term datasets. *Journal of Applied Ecology*, 61(6), 1147–1158. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.14651>
- Bruderer, B. (1997). The Study of Bird Migration by Radar. *Naturwissenschaften*, 84(1).
- Buurma, L. (1987). Patronen van hoge vogeltrek boven het Noordzeegebied in oktober. *Limosa*, 60(2), 63–74.
- Dobben, W. H. V. (1953). Bird migration in the Netherlands. *Ibis*, 95(2), 212–234. <https://doi.org/10.1111/j.1474-919X.1953.tb00686.x>
- Dokter, A. M., Desmet, P., Spaaks, J. H., van Hoey, S., Veen, L., Verlinden, L., Nilsson, C., Haase, G., Leijnse, H., Farnsworth, A., Bouten, W., & Shamoun-Baranes, J. (2019). bioRad: Biological analysis and visualization of weather radar data. *Ecography*, 42(5), 852–860. <https://doi.org/10.1111/ecog.04028>
- Dokter, A. M., Shamoun-Baranes, J., Kemp, M. U., Tijm, S., & Holleman, I. (2013). High Altitude Bird Migration at Temperate Latitudes: A Synoptic Perspective on Wind Assistance. *PLOS ONE*, 8(1), e52300. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0052300>
- Hoekstra, B., Bouten, W., Dokter, A., van Gasteren, H., van Turnhout, C., Kranstauber, B., van Loon, E., Leijnse, H., & Shamoun-Baranes, J. (2024). Fireworks disturbance across bird communities. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 22(1), e2694. <https://doi.org/10.1002/fee.2694>
- Horton, K. G., Van Doren, B. M., Albers, H. J., Farnsworth, A., & Sheldon, D. (2021). Near-term ecological forecasting for dynamic aeroconservation of migratory birds. *Conservation Biology*, 35(6), 1777–1786. <https://doi.org/10.1111/cobi.13740>
- Kemp, M. U., Shamoun-Baranes, J., Dokter, A. M., van Loon, E., & Bouten, W. (2013). The influence of weather on the flight altitude of nocturnal migrants in mid-latitudes. *Ibis*, 155(4), 734–749. <https://doi.org/10.1111/ibi.12064>
- Kemp, M. U., Shamoun-Baranes, J., Van Gasteren, H., Bouten, W., & Van Loon, E. E. (2010). Can wind help explain seasonal differences in avian migration speed? *Journal of Avian Biology*, 41(6), 672–677. <https://doi.org/10.1111/j.1600-048X.2010.05053.x>
- Kerlinger, P., & Moore, F. R. (1989). Atmospheric Structure and Avian Migration. In D. M. Power (Ed.), *Current Ornithology* (pp. 109–142). Springer US. [https://doi.org/10.1007/978-1-4757-9918-7\\_3](https://doi.org/10.1007/978-1-4757-9918-7_3)
- Kranstauber, B., Bouten, W., Leijnse, H., Wijers, B.-C., Verlinden, L., Shamoun-Baranes, J., & Dokter, A. M. (2020). High-Resolution Spatial Distribution of Bird Movements Estimated from a Weather Radar Network. *Remote Sensing*, 12(4), 635. <https://doi.org/10.3390/rs12040635>
- Kranstauber, B., Bouten, W., van Gasteren, H., & Shamoun-Baranes, J. (2022). Ensemble predictions are essential for accurate bird migration forecasts for conservation and flight safety. *Ecological Solutions and Evidence*, 3(3), e12158. <https://doi.org/10.1002/2688-8319.12158>
- Sierdsema, H., Foppen, R., van Els, P., Kampichler, C., & Stahl, J. (2021). Achtergrond document windenergie gevoeligheidskaart vogels. (Sovon-Rapport 2021/09). Sovon Vogelonderzoek Nederland.
- Tinbergen, L. (1941). Over de rol van de Hollandse duinrij bij de orientatie van trekkende vinken en spreeuwen. *Limosa*, 14(1).
- Van Belle, J., Shamoun-Baranes, J., Van Loon, E., & Bouten, W. (2007). An operational model predicting autumn bird migration intensities for flight safety: Predicting bird migration for flight safety. *Journal of Applied Ecology*, 44(4), 864–874. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2664.2007.01322.x>
- Winkler, D. W., Shamoun, J., & Piersma, T. (2016). Avian Migration and Dispersal. In J. Lovette & J. W. Fitzpatrick (Eds.), *Handbook of Bird Biology* (3rd ed.). Cornell University.