

# Tussenrapportage onderzoek 'zwarte wiek' Eemshaven

Resultaten van slachtofferonderzoek ten behoeve van  
het eerste jaar effectmeting

E. Klop  
S.K. Jeninga  
E.F. Kappers  
J.C. Kleyheeg-Hartman



**WAARDEN  
BURG**  
Ecology



**Altenburg & Wymenga**  
ECOLOGISCH ONDERZOEK

**we  
consult  
nature.**



## Tussenrapportage onderzoek 'zwarte wiek' Eemshaven

### Resultaten van slachtofferonderzoek ten behoeve van het eerste jaar effectmeting

E. Klop, S.K. Jeninga, E.F. Kappers, J.C. Kleyheeg-Hartman

Status uitgave: definitief

Rapportnummer:	23-455
Projectnummer:	21-0191
Datum uitgave:	23 februari 2024
Foto omslag:	RWE
Projectleiders:	E. Klop (A&W), E.F. Kappers (A&W), J.C. Kleyheeg-Hartman (WE) en S.K. Jeninga (WE)
Tweede lezer:	drs. C. Heunks
Opdrachtgever:	Provincie Groningen A. Brenninkmeijer St. Jansstraat 4 9712 JN Groningen
Referentie opdrachtgever:	Opdrachtbrief no. 2021-088765
Akkoord voor uitgave:	drs. C. Heunks
Datum akkoord:	28 november 2023

Graag citeren als: Klop, E., S.K. Jeninga, E.F. Kappers & J.C. Kleyheeg-Hartman, 2024. Tussenrapportage onderzoek 'zwarte wiek' Eemshaven. Resultaten van slachtofferonderzoek ten behoeve van het eerste jaar effectmeting. Rapport 23-455. Waardenburg Ecology, Culemborg.

Trefwoorden: vogels, windenergie, slachtoffers, zwarte wieden

Waardenburg Ecology is niet aansprakelijk voor gevolgschade, alsmede voor schade welke voortvloeit uit toepassingen van de resultaten van werkzaamheden of andere gegevens verkregen van Waardenburg Ecology. Opdrachtgever hierboven aangegeven vrijwaart Waardenburg Ecology voor aanspraken van derden in verband met deze toepassing.

© Waardenburg Ecology en Altenburg & Wymenga bv/ Provincie Groningen

Dit rapport is vervaardigd op verzoek van opdrachtgever en is zijn eigendom. Niets uit dit rapport mag worden vervaardigd en/of openbaar gemaakt worden d.m.v. druk, fotokopie, digitale kopie of op welke andere wijze dan ook, zonder voorafgaande schriftelijke toestemming van de opdrachtgever hierboven aangegeven en Waardenburg Ecology en Altenburg & Wymenga bv, noch mag het zonder een dergelijke toestemming worden gebruikt voor enig ander werk dan waarvoor het is vervaardigd.

Waardenburg Ecology is een handelsnaam van Bureau Waardenburg BV. Lid van de branchevereniging Netwerk Groene Bureaus. Het kwaliteitsmanagementsysteem is gecertificeerd door EIK Certificering overeenkomstig ISO 9001:2015. Waardenburg Ecology hanteert als algemene voorwaarden de DNR 2011, tenzij schriftelijk anders wordt overeengekomen.



Waardenburg Ecology, Varkensmarkt 9 4101 CK Culemborg, 0345 512710  
[info@waardenburg.eco](mailto:info@waardenburg.eco), [www.waardenburg.eco](http://www.waardenburg.eco)

Altenburg & Wymenga, Suderwei 2 9269 TZ Feanwâlden, 0511 47 47 64, [info@altwym.nl](mailto:info@altwym.nl), <https://www.altwym.nl>



## Voorwoord

In opdracht van Provincie Groningen hebben Waardenburg Ecology en Altenburg & Wymenga vanaf 18 oktober 2022 tot en met 16 oktober 2023 slachtofferonderzoek uitgevoerd in Windpark Eemshaven in het kader van het eerste jaar van de effectmeting van het 'zwarte wiek' onderzoek. Voorliggend rapport doet verslag van de bevindingen tijdens dit jaar van het onderzoek. In de periode 31 augustus 2021 tot en met 2 augustus 2022 is de nulmeting voor dit project uitgevoerd. De resultaten hiervan zijn gerapporteerd in Klop *et al.* (2022). De effectmeting loopt volgens planning nog één jaar verder tot half oktober 2024.

Vanuit Waardenburg Ecology is het project uitgevoerd door:

J.C. Kleyheeg-Hartman	Projectleiding en rapportage
S.K. Jeninga	Projectleiding en rapportage
T. Raats	GIS-werkzaamheden
P. Snoeken	Veldwerk
J.P. Doef	Veldwerk
L. van Bortel	Veldwerk
A. Rienitz	Veldwerk

Vanuit Altenburg & Wymenga is het project uitgevoerd door:

E. Klop	Projectleiding en rapportage
E.F. Kappers	Projectleiding en rapportage
T. Smink	Veldwerk
O. Stoker	Veldwerk
M. Terpstra	Veldwerk

Vanuit de Provincie Groningen wordt het project begeleid door A. Brenninkmeijer. Vanuit RWE zijn P. Harlaar en A. Schultinga betrokken bij het project. Wij bedanken hen voor de plezierige samenwerking.

### *Disclaimer*

*Veldonderzoek is altijd een momentopname. Waardenburg Ecology en Altenburg & Wymenga waarborgen dat het onderzoek is uitgevoerd door deskundige onderzoekers volgens de gangbare standaardmethoden. De bureaus zijn niet aansprakelijk voor waarnemingen van soorten door derden en waarnemingen die na afronding van de studie bekend worden gemaakt.*



## English summary

Following the positive results of painting one blade black to reduce collision rates among birds (including White-tailed eagles) on the Norwegian island of Smøla (May *et al.* 2020), a follow-up study was set up in windfarm Eemshaven. Here, a much broader set of species is present, and collision rates among birds are known to be relatively high. The study consists of 14 turbines in a BACI setup (*Before–After–Control–Impact*). After one year of null monitoring, during which all turbines had white blades, half of the turbines received one black blade. The impact monitoring lasts two years, until the end of 2024. The results of the first year of impact monitoring are described in this report.

The monitoring results show that collision rates are highest among gulls, waders and songbirds (passerines). The number of fatalities is highly variable, however, both in time (seasons) and space (different turbines), but also in terms of species composition. In general, the results do not show a statistically significant effect of the black blade. Diurnal species do show a reduction in collision rates after painting the blades, but the reduction is fairly weak. Curiously, the number of fatalities among nocturnal birds has decreased sharply at the (white) control turbines. The high variability in collision rates makes it difficult (at this point) to draw conclusions about the effectiveness of the black blade for the different species (groups) involved. Hopefully, the results of the second year of monitoring will allow a more solid statistical test of the effectiveness of the black blade.



## Inhoud

<b>Voorwoord</b>	<b>2</b>
<b>English summary</b>	<b>3</b>
<b>1 Inleiding</b>	<b>5</b>
1.1 Achtergrond	5
1.2 Doelstelling onderzoek	5
1.3 Onderzoekslocatie	6
1.4 Opzet onderzoek	6
1.5 Resultaten nulmeting	7
1.6 Selectie windturbines zwarte wiek	7
<b>2 Materiaal en methoden</b>	<b>9</b>
2.1 Slachtofferonderzoek	9
2.2 Berekening totaal aantal aanvaringslachtoffers	10
2.3 Statistische toetsing effectiviteit zwarte wiek	16
<b>3 Resultaten slachtofferonderzoek</b>	<b>17</b>
3.1 Gevonden aanvaringslachtoffers	17
3.2 BACI-analyse effectiviteit zwarte wiek	24
<b>4 Vervolg van het zwarte wiek onderzoek</b>	<b>26</b>
<b>Literatuur</b>	<b>28</b>
<b>Bijlage I Aantal slachtoffers per soort</b>	<b>29</b>
<b>Bijlage II Doorzocht oppervlak per windturbine per ring in de nulmeting</b>	<b>31</b>



# 1 Inleiding

## 1.1 Achtergrond

Nederland werkt hard aan de transitie van fossiele brandstoffen naar duurzame energie. Onderdeel van deze transitie is de realisatie van grote aantallen windturbines op land en in zee. Naast het positieve doel van windturbines (de productie van duurzame energie), kunnen windturbines ook negatieve effecten op de omgeving hebben. Eén van deze negatieve effecten is de sterfte van vogels als gevolg van aanvaringen met de draaiende rotorbladen. In binnen- en buitenland wordt actief gezocht naar manieren om de sterfte van vogels bij windturbines zo veel mogelijk te beperken, tegen zo laag mogelijke kosten en/of met zo weinig mogelijk verlies aan energieproductie. Het reduceren van sterfte van vogels bij windturbines is echter nog niet zo eenvoudig. Een mogelijkheid is om de windturbines stil te zetten op momenten dat grote aantallen vogels of kwetsbare vogelsoorten een groot risico lopen om met de draaiende wieken in aanvaring te komen. De uitwerking van dergelijke stilstandsvoorzieningen op zo'n manier dat het in de praktijk uitvoerbaar is en de exploitatie van de windturbines rendabel blijft, is echter nog een hele puzzel.

Een andere methode om te voorkomen dat vogels slachtoffer worden in windparken is door de zichtbaarheid van de draaiende rotorbladen te verhogen. Dit kan door wat te doen aan de bewegingsonscherpte en/of het contrast van de rotorbladen met de achtergrond. Bewegingsonscherpte (*'motion smear'*) heeft te maken met de manier waarop vogels de bewegende rotor van een windturbine waarnemen. Als de wieken snel genoeg draaien kunnen de drie afzonderlijke wieken als het ware 'samenvloeien' tot een wazige schijf die door de vogels mogelijk als een veilig gebied om doorheen te vliegen wordt geïnterpreteerd. Uit laboratoriumexperimenten is gebleken dat het optreden van *motion smear* beperkt kan worden door één van de wieken een andere kleur te geven (Hodos 2003). Dit zorgt voor een onderbreking in het patroon waardoor het samenvloeien van de wieken tot één beeld minder snel optreedt. Een andere theorie is dat het contrast van de windturbine met de achtergrond van invloed is op de kans dat vogels de wieken zien. Door één wiek zwart te verven zijn de wieken mogelijk tegen een grotere range aan achtergronden en in een groter scala aan (weers)omstandigheden zichtbaar voor vogels.

May *et al.* (2020) hebben op het eiland Smøla in Noorwegen onderzocht of het zwart verven van één wiek van een windturbine een reductie van het aantal aanvaringssslachtoffers oplevert. De uitkomst van dit onderzoek was dat het zwart verven van één wiek een reductie van 70% van het aantal vogelslachtoffers tot gevolg had. Dit betrof alle vogelsoorten tezamen (exclusief het moerassneeuwhoen die vooral tegen de mast van de windturbines aanvliegt).

## 1.2 Doelstelling onderzoek

De positieve resultaten uit het onderzoek van May *et al.* (2020) hebben tot veel interesse geleid voor het toepassen van deze methode in windparken in Nederland en daarbuiten. Maar voordat deze techniek op grote schaal in Nederland ingezet kan worden moet eerst



onderzocht worden hoe effectief een zwarte wiek in de Nederlandse situatie is. In Nederland komen (deels) andere vogelsoorten voor, is het landschap heel anders dan op Smøla en speelt bijvoorbeeld nachtelijke vogeltrek op rotorhoogte een belangrijke rol in de sterfte van vogels bij windturbines, terwijl daar op Smøla niet of nauwelijks sprake van is (pers. med. R. May, april 2020). Een dergelijk onderzoek in Nederland geeft daarom belangrijke inzichten in de effectiviteit van deze methode in ons landschap en voor de in ons land voorkomende soorten. Daarnaast geeft het inzicht in de praktische en financiële uitvoerbaarheid van de zwarte wiek als mitigerende maatregel. Het huidige onderzoek in de Eemshaven is bedoeld om bovenstaande vraagstukken te onderzoeken.

### 1.3 Onderzoekslocatie

Het onderzoek naar de effectiviteit van zwarte wieken vindt plaats in Windpark Eemshaven. Dit windpark is gelegen in het industrie- en havengebied Eemshaven, gesitueerd in het noorden van de Provincie Groningen. Het gebied grenst ten noorden aan de Waddenzee en ten zuiden aan de Groningse polders. Windpark Eemshaven bestaat uit tientallen windturbines die worden geëxploiteerd door verschillende partijen, waaronder RWE, Growind, Engie, Bakker Bierum, Maatschap Berghuis, Bos e.a. Om effecten van andere turbine eigenschappen in het onderzoek uit te kunnen sluiten vindt dit onderzoek naar de effectiviteit van een zwarte wiek uitsluitend plaats bij één type windturbines van RWE met een ashoogte van 98 meter en een rotordiameter van 82 meter.

### 1.4 Opzet onderzoek

In dit onderzoek wordt de effectiviteit van een zwarte wiek als maatregel om sterfte te reduceren onderzocht door middel van het BACI-principe (*Before–After–Control–Impact*). Een BACI opzet garandeert dat de effecten van de behandeling op een statistisch verantwoorde wijze gekwantificeerd kunnen worden. Daarbij is sprake van een factor tijd (de nulmeting vs. de effectmeting) en een factor behandeling (de controleturbines vs. turbines met een zwarte wiek). Simpel gezegd wordt in het onderzoek gekeken naar het verschil in mortaliteit tussen de geleverde turbines en de controleturbines tijdens de effectmeting, en dit wordt vergeleken met datzelfde verschil tijdens de nulmeting.

De kern van het onderzoek bestaat uit slachtoffermonitoring bij een vooraf geselecteerde vaste set windturbines waarvan de helft van de windturbines in de loop van het onderzoek wordt voorzien van één zwarte wiek (*Impact*, selectie beschreven in paragraaf 1.6). Bij de start van het onderzoek had geen van de windturbines een zwarte wiek. Dit deel wordt de nulmeting (*Before*) genoemd. De nulmeting heeft plaatsgevonden in 2021/2022 (Klop *et al.* 2022). Na het verven van de wieken in augustus/september 2022 startte de effectmeting (*After*) bij zowel de windturbines mét een zwarte wiek (*Impact*) als bij de windturbines zonder zwarte wiek (*Control*). Omdat in de nulmeting het verschil tussen de *Control* windturbines en de *Impact* windturbines is vastgesteld zonder de aanwezigheid van zwarte wieken, kan tijdens de effectmeting zuiver vastgesteld worden wat het effect van het zwart verven van de wieken (de *Impact*) is. De voorliggende rapportage bevat de resultaten van het eerste jaar van de effectmeting in 2022/2023. De effectmeting loopt in totaal twee jaar, tot in oktober 2024.



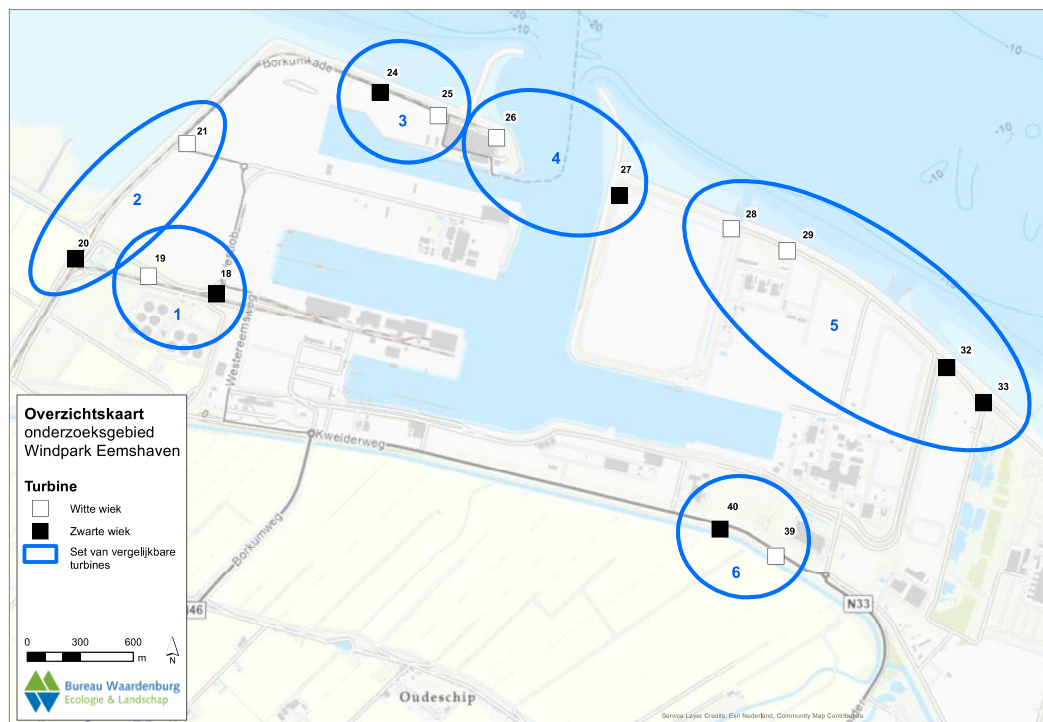
## 1.5 Resultaten nulmeting

De nulmeting heeft plaatsgevonden in de periode van 31 augustus 2021 tot en met 2 augustus 2022. De resultaten van de nulmeting zijn gerapporteerd in oktober 2022 (Klop *et al.* 2022). In 48 zoekrondes (exclusief de zogenaamde 'opruimronde' aan het begin van het onderzoek) werden 177 slachtoffers gevonden die zijn geduid als mogelijk of zeker aanvaringslachtoffer. De totale aantallen slachtoffers bij de impact en controle windturbines waren vergelijkbaar, hoewel onvermijdelijk sprake was van verschillen per turbine en per soortgroep. Met een statistische toets (t-test) is vastgesteld dat deze verschillen niet significant waren.

## 1.6 Selectie windturbines zwarte wijk

Voor de uitvoering van het onderzoek zijn paren dan wel groepen windturbines geselecteerd waarvoor zo veel mogelijk dezelfde condities gelden. In augustus/september 2022 heeft per paar/groep windturbines de helft een zwarte wijk gekregen. Door deze methode worden verschillen tussen de controlegroep en de impactgroep die veroorzaakt worden door andere factoren dan de zwarte wijk zo klein mogelijk gehouden. Ook in een eerder onderzoek naar de effectiviteit van zwarte wieken is deze methode toegepast (May *et al.* 2020). Op basis van factoren als locatie, gemiddeld gevonden aantal slachtoffers per jaar tijdens de eerdere monitoring in windpark Eemshaven (2009-2014; Klop & Brenninkmeijer 2014), doorzoekbaar oppervlak onder de windturbine en aanwezigheid van andere potentieel vogelsterfte veroorzakende factoren (zoals wegen en hoogspanningslijnen) in het gebied, is een selectie gemaakt van 14 windturbines, zoals weergegeven in Figuur 1.1. In deze figuur is ook aangegeven welke windturbines een set vormen en van welke windturbines één wijk zwart is geleverd.





Figuur 1.1 Geselecteerde windturbines voor het zwarte wiek onderzoek. In zwart zijn de windturbines aangegeven welke inmiddels een zwarte wiek hebben. In wit zijn de controle windturbines aangegeven. Blauw omcirkeld zijn de windturbine sets. In set 5 zijn de turbines 28+33 en 29+32 aan elkaar gekoppeld.



## 2 Materiaal en methoden

### 2.1 Slachtofferonderzoek

Het slachtofferonderzoek voor de nulmeting is gestart op 31 augustus 2021, waarna tot 2 augustus 2022 één keer per week alle turbines in het onderzoek zijn doorzocht op vogelslachtoffers. Vervolgens is gestart met het zwart verven van één van de wieken van de helft (7) van de onderzochte windturbines. Na afronding van de verfwerkzaamheden is op 18 oktober 2022 de eerste zoekronde van de effectmeting uitgevoerd. Vervolgens is wederom wekelijks slachtofferonderzoek uitgevoerd onder alle 14 windturbines. De laatste zoekronde van het eerste jaar effectmeting is uitgevoerd op 16 oktober 2023.

In totaal zijn 47 zoekrondes uitgevoerd (exclusief de eerste ronde na het verven, die als een 'opruimronde' wordt beschouwd om weer met een schone lei te kunnen beginnen). Per zoekronde heeft een team van twee zoekers het gebied onder de 14 windturbines doorzocht op slachtoffers. Er is daarbij een zoekcirkel aangehouden rond de mast van de windturbines met een straal van 140 meter, wat gelijk is aan de tiphoogte van de windturbines. De gevonden slachtoffers zijn op soortnaam gebracht en ingevoerd in de ArcGis Field Maps app op een tablet. Daarbij zijn gegevens als datum, tijd, waarnemer, locatie, geslacht, leeftijdscategorie en versheid van het slachtoffer vastgelegd en zijn foto's van het slachtoffer gemaakt. In het geval dat een slachtoffer niet tot op soortniveau geïdentificeerd kon worden, is de identificatie op soortgroepniveau gedaan (bijv. 'kleine zangvogel spec.'). Ook is de doodsoorzaak van het slachtoffer in het veld zo goed mogelijk ingeschat en vastgelegd. Dit is gedaan aan de hand van de verwondingen die de vogel had en de locatie waar het slachtoffer is gevonden. Het is vaak niet mogelijk om de doodsoorzaak met zekerheid vast te stellen. Dit wordt beïnvloed door de versheid van het kadaver, de weersomstandigheden, de mate waarin het is aangevreten door aaseters en de hoeveelheid overblijfselen. Elk slachtoffer dat rondom de turbine is gevonden, is daarom ingedeeld in één van de drie volgende categorieën:

1. *Zeker turbineslachtoffer*: vogels met duidelijke aanvaringswonden, met botbreuken of die aan de voet van een turbine liggen. Kleine zangvogels zijn na een aanvaring aan de buitenkant vaak nog helemaal heel; exemplaren die vers en niet aangevreten zijn, worden ook tot de status 'zeker' gerekend.

2. *Mogelijk of waarschijnlijk aanvaringslachtoffer*: vogels waarbij de doodsoorzaak op basis van locatie en verwondingen op vermoedelijke aanvaring met de turbine wijst, of vogels die mogelijk met een turbine in aanraking zijn gekomen, maar waarbij een andere doodsoorzaak niet kan worden uitgesloten.

3. *Andere doodsoorzaken*: vogels die niet met een turbine in aanraking zijn gekomen, maar door een andere oorzaak zijn gestorven: verkeerslachtoffer, uitmaaien, predatie door niet-aaseters, olieslachtoffers, ziekte, aangespoeld etc. Bij de dataregistratie wordt de betreffende doodsoorzaak in de veldtablet vastgelegd. Vogels die niet door een turbine om



het leven zijn gekomen worden wel geregistreerd, maar in de analyses buiten beschouwing gelaten.

Zowel tijdens de nulmeting als tijdens het eerste jaar van de effectmeting was sprake van veel sterfte van wilde vogels als gevolg van vogelgriep. Tijdens de nulmeting zijn een aantal brandganzen gevonden die vermoedelijk gestorven zijn aan de gevolgen van vogelgriep en in het eerste jaar van de effectmeting een aantal kokmeeuwen. Alleen wanneer dit intacte, duidelijk aangespoelde kadavers betrof kon met voldoende zekerheid vastgesteld worden dat dit geen aanvarings-slachtoffers maar vermoedelijk vogelgriep slachtoffers waren. Deze vondsten zijn niet meegenomen in de analyses.

Als laatste, zijn ook wijzigingen in de doorzoekbaarheid van de zoekcirkels door de zoekers vastgelegd door niet doorzoekbaar oppervlak in te tekenen. Denk hierbij aan de aanwezigheid van hoog opgroeiende vegetatie en/of beperkingen om gebied te betreden als gevolg van bijvoorbeeld werkzaamheden in het gebied of aan de windturbine.

## 2.2 Berekening totaal aantal aanvarings-slachtoffers

Om een eerlijke vergelijking te kunnen maken tussen het aantal aanvarings-slachtoffers onder de windturbines mét en zonder zwarte wiek, moeten de gevonden aanvarings-slachtoffers nog gecorrigeerd worden voor het niet doorzoekbaar oppervlak. Omdat er sprake is van (kleine) verschillen in het doorzoekbaar oppervlak onder de windturbines mét en zonder zwarte wiek is deze correctie van belang voor een correcte bepaling van de effectiviteit van de zwarte wiek.

In reguliere slachtoffermonitoring moeten de gevonden aantallen slachtoffers naast de correctie voor niet doorzoekbaar oppervlak ook gecorrigeerd worden voor de verdwijnsnelheid en de vindkans. Bij veldonderzoek naar mortaliteit door windturbines worden namelijk nooit alle slachtoffers gevonden. Een deel wordt door roofdieren en aaseters verwijderd voordat ze door onderzoekers kunnen worden gevonden (verdwijnsnelheid), en een deel is wel aanwezig maar wordt niet gevonden, bijvoorbeeld doordat de slachtoffers verscholen liggen in de vegetatie (vindkans). Voor de analyse van het zwarte wiek onderzoek *an sich* is correctie van de gevonden aantallen slachtoffers voor de vindkans en de verdwijnskans niet nodig. Er kan namelijk aangenomen worden dat deze factoren voor beide groepen windturbines (met en zonder zwarte wiek) gelijk zijn. In de offerteaanvraag van de provincie Groningen is echter wel om een vindkans- en verdwijnsnelheidsonderzoek gevraagd om de gevonden aantallen om te kunnen rekenen naar daadwerkelijke aantallen en die te kunnen vergelijken met de resultaten van de eerdere slachtoffermonitoring in Windpark Eemshaven (2009-2014; Klop & Brenninkmeijer 2014). De vindkans en verdwijnskans zijn daarom in december 2022 onderzocht. De resultaten hiervan zullen worden gegeven in het eindrapport na afloop van het onderzoek.

### **Correctie niet doorzoekbaar oppervlak**

Door meerdere factoren, zoals hoge vegetatie en werkzaamheden, kon niet het gehele jaar het hele onderzoeksgebied onder de windturbines worden onderzocht. Wijzigingen in doorzoekbaarheid zijn per onderzoeksronde genoteerd en verwerkt in de ArcGis Field



Maps app (als beschreven in paragraaf 2.1). Om de correctie voor doorzocht oppervlak zo nauwkeurig mogelijk te doen, is besloten rekening te houden met de afstand van het slachtoffer tot de windturbine. De correctie is vervolgens toegepast in 14 ringen met ieder een breedte van 10 meter, gerekend vanaf het centrum van de zoekcirkel (midden van de mast van de windturbine; Figuren 2.1 t/m 2.6). De binnenste ringen hebben een veel kleiner oppervlak dan de buitenste ringen. Daarnaast kan van de binnenste ringen vaak een veel groter deel doorzocht worden dan van de buitenste ringen (Tabel 2.1 en 2.2). Door alle slachtoffers te corrigeren met een gemiddelde correctiefactor per turbine, wordt mogelijk een fout gemaakt. Voor slachtoffers dicht bij de mast betreft zo'n gemiddelde correctie veelal een overschatting, terwijl het voor slachtoffers aan de rand van de zoekcirkel vaak een onderschatting zal betreffen. Als de slachtoffers niet evenredig over de zoekcirkel zijn verdeeld wordt hiermee dus een (kleine) fout gemaakt. Daarom is in dit onderzoek voor de meer gedetailleerde correctie gekozen, waarbij de vindplaats van de slachtoffers in ogenschouw wordt genomen. Deze meer gedetailleerde correctie voor zoekoppervlak is met terugwerkende kracht ook op de gegevens van de nulmeting toegepast (Bijlage II). In de BACI-analyse in dit rapport is de correctie voor zoekoppervlak dus voor beide jaren (nulmeting en eerste jaar effectmeting) op eenzelfde manier toegepast.

*Tabel 2.1 De 14 ringen waarmee is gewerkt voor de correctie voor doorzocht oppervlak, met in de laatste kolom het totale oppervlak per ring.*

Ringnummer	Afstand tot centrum windturbine (m)	Oppervlak (m <sup>2</sup> )
1	0 – 10	314,2
2	10 – 20	942,5
3	20 – 30	1570,8
4	30 – 40	2199,1
5	40 – 50	2827,4
6	50 – 60	3455,8
7	60 – 70	4084,1
8	70 – 80	4712,4
9	80 – 90	5340,7
10	90 – 100	5969,0
11	100 – 110	6597,3
12	110 – 120	7225,7
13	120 – 130	7854,0
14	130 - 140	8482,3



Tabel 2.2 *Minimaal / maximaal doorzocht percentage per windturbine en per ring tijdens het eerste jaar effectmeting (18 oktober 2022 t/m 16 oktober 2023). Alleen de situatie in de zoekrondes waarin slachtoffers bij de desbetreffende windturbine zijn aangetroffen is in onderstaand overzicht betrokken.*

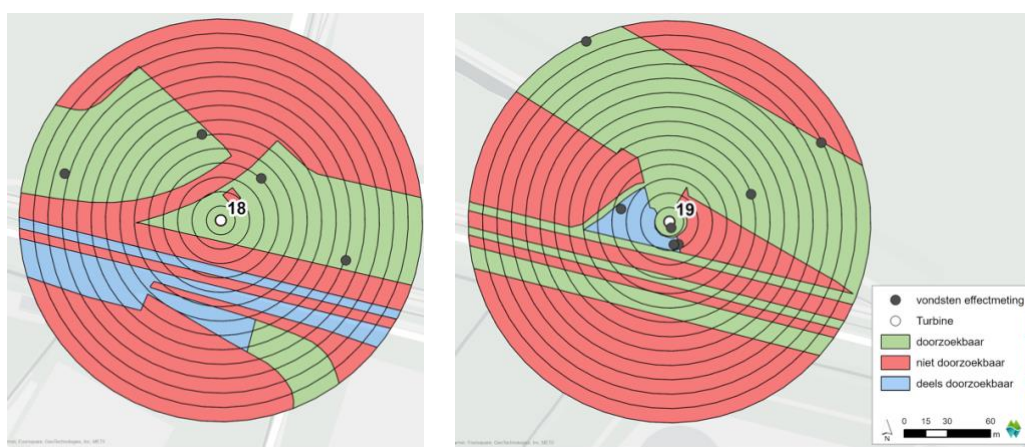
Windturbine								
Ringnr.	WT18	WT19	WT20	WT21	WT24	WT25	WT26	WT27
1	84 / 84	84 / 84	84 / 84	84 / 84	84 / 84	84 / 84	84 / 84	84 / 84
2	81 / 81	29 / 69	77 / 82	52 / 52	80 / 80	95 / 95	36 / 36	95 / 95
3	48 / 48	40 / 65	63 / 73	23 / 23	42 / 42	73 / 73	42 / 42	69 / 69
4	42 / 54	46 / 59	60 / 68	36 / 36	39 / 39	61 / 61	50 / 50	74 / 74
5	48 / 60	51 / 56	53 / 58	36 / 36	46 / 46	54 / 54	43 / 43	80 / 80
6	44 / 62	58 / 60	45 / 50	30 / 30	48 / 48	52 / 52	45 / 45	86 / 86
7	40 / 65	63 / 63	29 / 37	39 / 39	48 / 48	49 / 49	49 / 49	79 / 79
8	33 / 53	56 / 56	21 / 30	41 / 41	45 / 45	47 / 47	44 / 44	67 / 67
9	33 / 49	54 / 54	19 / 27	42 / 42	34 / 34	38 / 38	27 / 27	56 / 56
10	33 / 44	53 / 53	19 / 26	38 / 38	28 / 28	30 / 30	20 / 20	48 / 48
11	31 / 40	45 / 45	19 / 25	29 / 29	25 / 25	25 / 25	17 / 17	44 / 44
12	27 / 36	36 / 36	16 / 22	25 / 25	22 / 22	22 / 22	14 / 14	41 / 41
13	21 / 28	31 / 31	13 / 19	22 / 22	20 / 20	20 / 21	9 / 9	36 / 36
14	19 / 26	28 / 28	10 / 14	20 / 20	18 / 18	19 / 23	6 / 6	26 / 26
Rinagr.	WT28	WT29	WT32	WT33	WT39	WT40		
1	84 / 84	84 / 84	84 / 84	84 / 84	84 / 84	84 / 84		
2	85 / 85	79 / 84	83 / 83	85 / 85	58 / 58	59 / 59		
3	74 / 82	52 / 89	84 / 84	75 / 75	31 / 31	35 / 35		
4	76 / 91	33 / 93	73 / 81	85 / 85	37 / 40	40 / 40		
5	76 / 92	36 / 89	74 / 89	81 / 84	35 / 43	43 / 43		
6	72 / 84	42 / 74	74 / 92	75 / 78	35 / 45	43 / 45		
7	58 / 69	48 / 72	75 / 91	75 / 78	39 / 46	31 / 46		
8	45 / 54	46 / 64	63 / 77	74 / 76	41 / 46	25 / 47		
9	43 / 51	38 / 54	42 / 53	60 / 62	38 / 47	21 / 48		
10	41 / 48	35 / 47	38 / 47	50 / 51	35 / 42	19 / 46		
11	37 / 44	31 / 41	33 / 41	43 / 45	31 / 36	17 / 36		
12	34 / 36	30 / 38	29 / 36	35 / 40	26 / 30	15 / 31		
13	32 / 32	30 / 37	25 / 32	29 / 36	23 / 27	14 / 27		
14	32 / 32	28 / 35	22 / 28	26 / 33	21 / 26	13 / 25		



Het percentage doorzocht oppervlak per windturbine was niet alle zoekrondes gelijk. Er is sprake van gebieden die nooit doorzoekbaar waren, gebieden die iedere ronde doorzocht konden worden én gebieden die soms niet doorzoekbaar waren, bijvoorbeeld als er vlak voor een maaibeurt sprake was van te hoge vegetatie (Figuren 2.1 t/m 2.6). Dit laatste was met name het geval in de periodes: eind oktober / begin november 2022, eind mei / begin juni 2023, eind juli 2023 en begin september tot en met half oktober 2023.

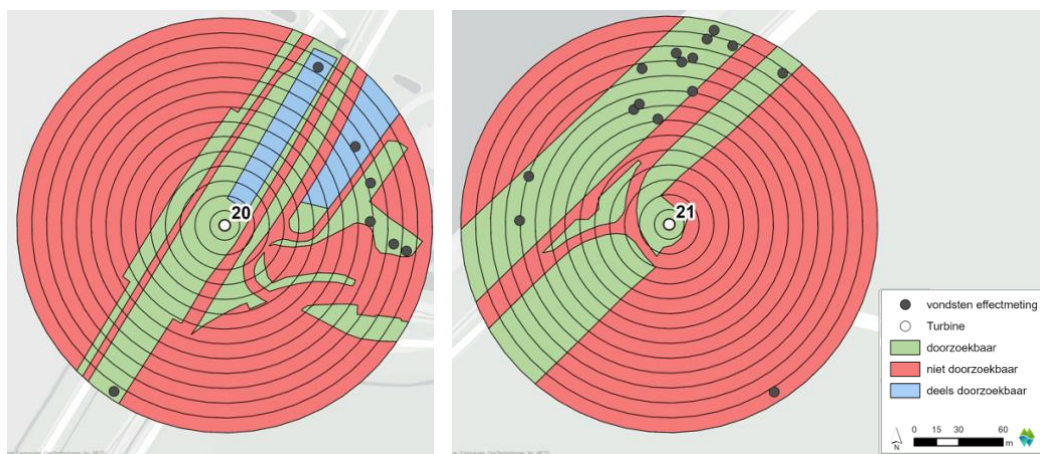
Voor ieder slachtoffer is geanalyseerd in welke 'ring' het slachtoffer lag en welk deel van die ring tijdens de betreffende zoekronde is doorzocht (Figuren 2.1 t/m 2.6). Voor één vondst uit de nulmeting en één vondst uit de effectmeting was geen precieze locatie beschikbaar en kon daardoor de afstand tot de windturbine niet bepaald worden<sup>1</sup>. Deze vondsten zijn gecorrigeerd met de gemiddelde doorzoekbaarheid van de gehele zoekcirkel van de desbetreffende windturbine in de desbetreffende zoekronde. Eén vondst in de nulmeting is precies op de buitengrens van ring 14 gevonden. Deze vondst is in de analyses tot ring 14 gerekend.

Gemiddeld genomen kon van de binnenste ringen een aanzienlijk groter deel doorzocht worden dan van de buitenste ringen (Tabel 2.2). Dit betekent dat een vondst aan de rand van een zoekcirkel over het algemeen sterker gecorrigeerd wordt voor zoekoppervlak dan een vondst in het centrum van een zoekcirkel.

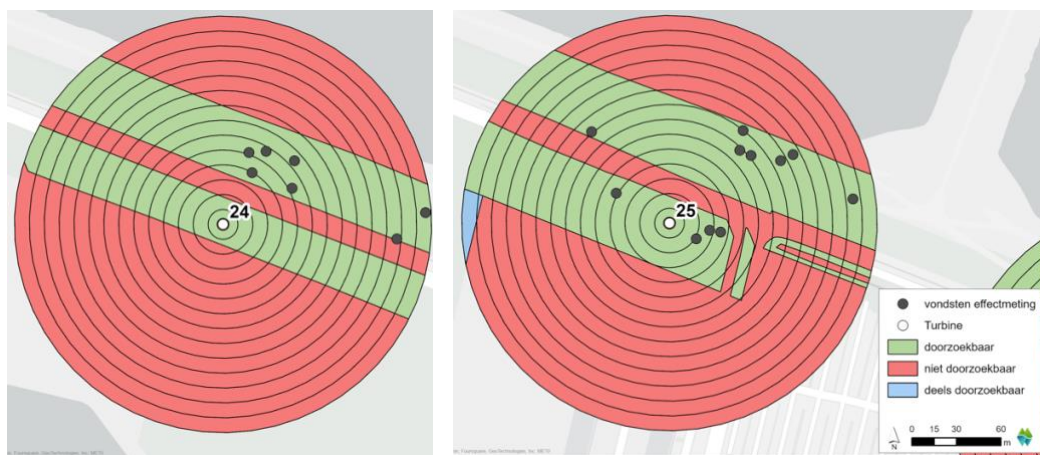


**Figuur 2.1** Doorzocht oppervlak per ring in het eerste jaar effectmeting bij windturbines 18 en 19 (set 1), in de rondes waarin de slachtoffers (punten) bij deze windturbines zijn gevonden.

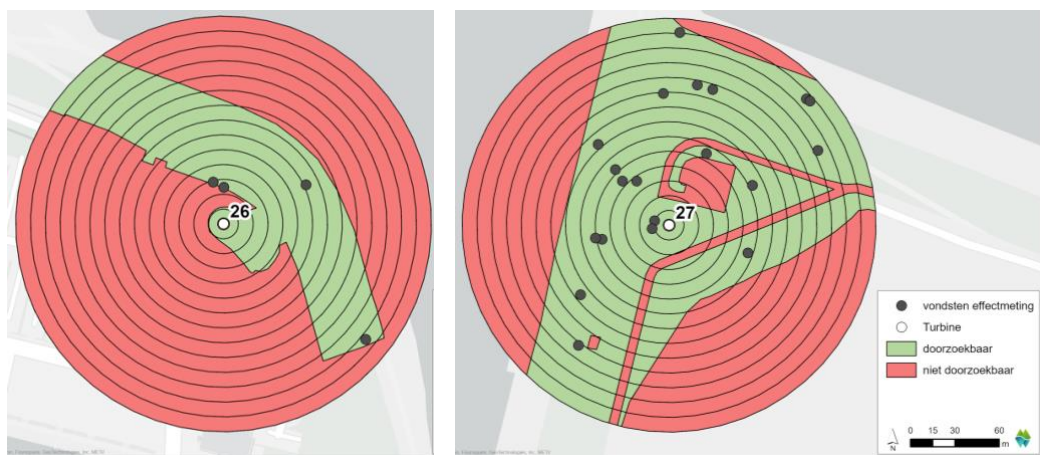
<sup>1</sup> Dit werd veroorzaakt door een fout in de ArcGis Field Maps app waardoor de locatie van de vondsten verloren is gegaan. Dit kon later niet meer achterhaald worden.



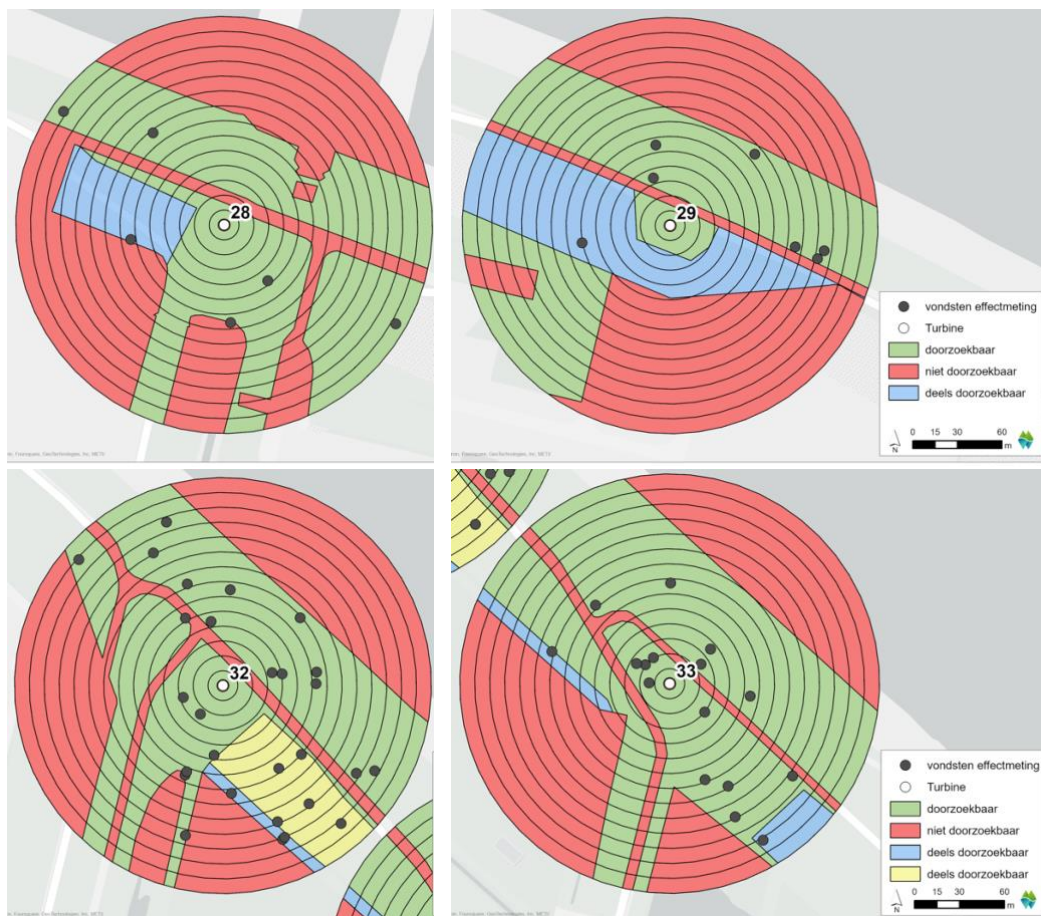
**Figuur 2.2** Doorzicht oppervlak per ring in het eerste jaar effectmeting bij windturbines 20 en 21 (set 2), in de rondes waarin de slachtoffers (punten) bij deze windturbines zijn gevonden.



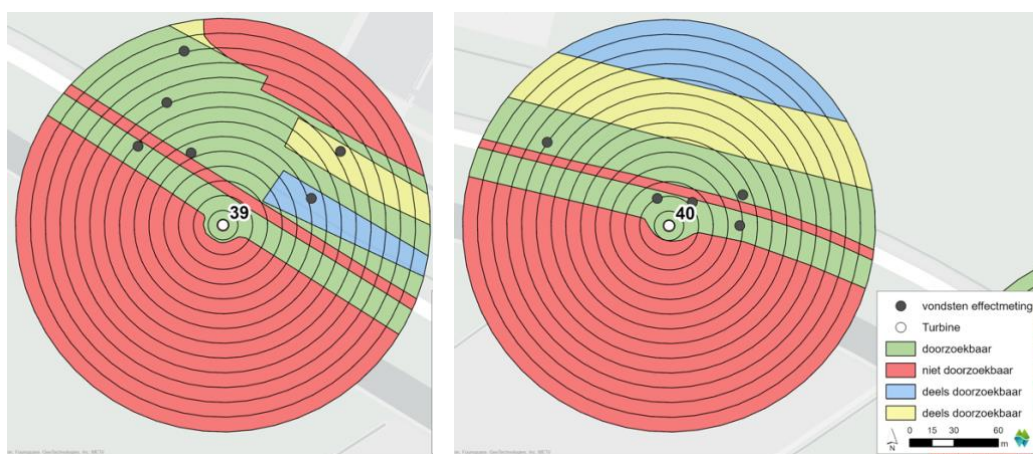
**Figuur 2.3** Doorzicht oppervlak per ring in het eerste jaar effectmeting bij windturbines 24 en 25 (set 3), in de rondes waarin de slachtoffers (punten) bij deze windturbines zijn gevonden.



**Figuur 2.4** Doorzicht oppervlak per ring in het eerste jaar effectmeting bij windturbines 26 en 27 (set 4), in de rondes waarin de slachtoffers (punten) bij deze windturbines zijn gevonden.



**Figuur 2.5** Doorzocht oppervlak per ring in het eerste jaar effectmeting bij windturbines 28, 29, 32 en 33 (set 5), in de rondes waarin de slachtoffers (punten) bij deze windturbines zijn gevonden. De verschillende kleuren 'deels doorzoekbaar oppervlak' geven aan dat delen in een bepaalde periode niet doorzoekbaar waren.



**Figuur 2.6** Doorzocht oppervlak per ring in het eerste jaar effectmeting bij windturbines 39 en 40 (set 6), in de rondes waarin de slachtoffers (punten) bij deze windturbines zijn gevonden. De verschillende kleuren 'deels doorzoekbaar oppervlak' geven aan dat delen in een bepaalde periode niet doorzoekbaar waren.





### 2.3 Statistische toetsing effectiviteit zwarte wiek

Zoals aangegeven in paragraaf 1.4 volgt het onderzoek een BACI (*Before–After–Control–Impact*) opzet, waarbij sprake is van een mogelijk contrast in de tijd (nulmeting *versus* effectmeting, “BA”) en in behandeling (witte *versus* zwarte wieken, “CI”). De combinatie van beide effecten, dus een significant effect van de behandeling in de effectmeting ten opzichte van de nulmeting, duidt op een effect van de zwarte wiek. Met andere woorden, in de analyses is gekeken naar het verschil in het aantal vondsten tussen de behandelde turbines en de controleturbines tijdens de effectmeting, en dit wordt vergeleken met datzelfde verschil tijdens de nulmeting.

Voor elke turbine is het aantal vondsten, gecorrigeerd voor doorzocht oppervlak, per monitoringsjaar opgeteld en tot het dichtstbijzijnde gehele getal afgerond. In de analyses is het aantal opgetelde gecorrigeerde vondsten per monitoringsjaar gebruikt als responsvariabele. In deze analyses was het nog niet mogelijk om het werkelijke aantal vondsten als responsvariabele te gebruiken en daarnaast het doorzochte oppervlak als “offset” in het model op te nemen (om het jaarlijkse sterftecijfer per turbine te verkrijgen)<sup>2</sup>.

Om eventuele effecten van turbine-ID's te controleren, is in de analyse een *random effect* opgenomen. Dit is gedaan door middel van een *Generalized Linear Mixed Model* (GLMM) met een Poisson-verdeling in het statistisch softwareprogramma R. Hierbij wordt een interactieterm voor behandeling x tijd (“BA:CI”) toegepast. Als deze interactieterm significant is, is sprake van een effect van de behandeling. Vanwege de variatie in de data en de nog beperkte steekproefomvang van vondsten per soortgroep was het nog niet mogelijk om de algehele effecten van de zwarte wiek voor afzonderlijke soortgroepen verder statistisch te testen.

---

<sup>2</sup> Volgend jaar zal voor de analyse in het eindrapport gepoogd worden om de analyse wel op deze manier in te steken. Hier is wat meer tijd voor nodig in verband met de gecompliceerde en gedetailleerde wijze waarop voor het doorzochte oppervlak wordt gecorrigeerd.

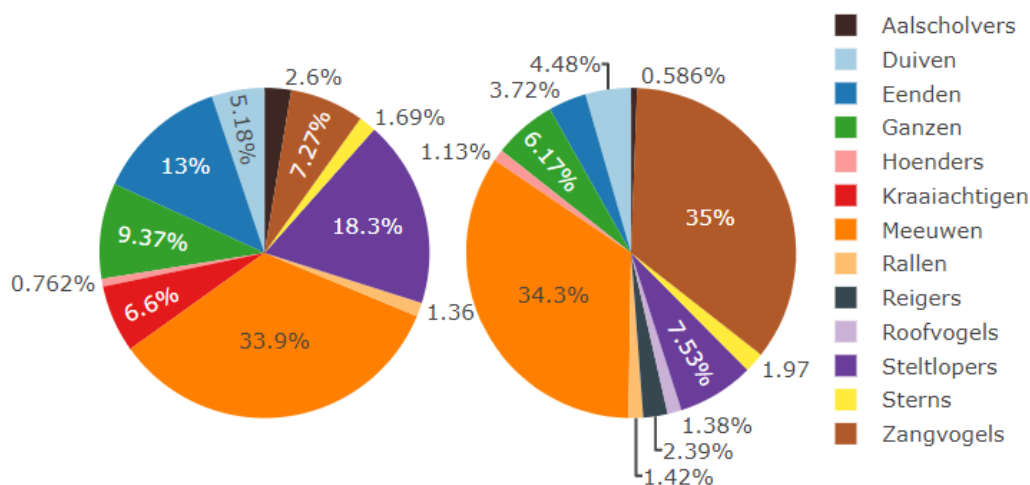


## 3 Resultaten slachtofferonderzoek

### 3.1 Gevonden aanvaringslachtoffers

#### 3.1.1 Slachtoffers per soortgroep

Tijdens de 47 zoekrondes in het eerste jaar van de effectmeting zijn 145 slachtoffers binnen de zoekcirkels gevonden die zijn geduid als mogelijk of zeker turbineslachtoffer. Veruit de meeste slachtoffers zijn gevonden onder meeuwen (zie Tabel 3.1 en Figuur 3.1), gevolgd door zangvogels en steltlopers. Deze drie soortgroepen omvatten samen 68% van het totaal aantal vondsten. Een overzicht van het aantal slachtoffers per soort, inclusief het aantal dat is gecorrigeerd voor het doorzocht oppervlak, is gegeven in Bijlage I<sup>3</sup>. Hieruit blijkt dat met name veel slachtoffers zijn gevonden onder kokmeeuw, zilverbmeeuw en spreeuw (al deze soorten >10 slachtoffers). Van de meeste soorten zijn slechts één of enkele slachtoffers gevonden; dit geeft aan dat sprake is van veel spreiding over de verschillende soorten.



Figuur 3.1 Relatieve verdeling van de slachtoffers (gecorrigeerd voor doorzocht oppervlak) over de soortgroepen voor de controle turbines (links) en de impact turbines (rechts).

<sup>3</sup> Net als in de nulmeting was ook tijdens het eerste jaar van de effectmeting sprake van vogelgriep. Waar mogelijk zijn vermoedelijke vogelgriep slachtoffers niet meegenomen in de analyses (zie paragraaf 2.2). Echter, er kan niet worden uitgesloten dat vogelgriep slachtoffers in de dataset zitten, of dieren die na besmetting door een verminderde coördinatie tegen een turbine zijn aangevlogen. De aanname is dat dit geen effect heeft op de resultaten omdat dit voor zowel de impact als de controle turbines geldt en in de opzet van het onderzoek sets van nabijgelegen windturbines zijn geselecteerd, waarmee de invloed van ruimtelijke verschillen op de resultaten zoveel mogelijk wordt beperkt.



**Tabel 3.1** *Aantal slachtoffers per soortgroep tijdens het eerste jaar van de effectmeting voor zowel de controle turbines als de impact turbines (voor totaaloverzicht van zowel de nulmeting als het eerste jaar effectmeting (Before vs. After) zie Bijlage I). De data betreffen zowel de ruwe aantallen als de aantallen gecorrigeerd voor het doorzocht oppervlak.*

Soortgroep	Wit (controle)		Zwart (impact)	
	Aantal	Gecorrigeerd	Aantal	Gecorrigeerd
Aalscholvers	2	4,1	1	1,1
Duiven	4	8,1	5	8,4
Eenden	6	20,3	3	7,0
Ganzen	5	14,7	4	11,6
Hoenders	1	1,2	1	2,1
Kraaiachtigen	4	10,3	0	0,0
Meeuwen	20	53,0	34	64,6
Rallen	1	2,1	2	2,7
Reigers	0	0,0	2	4,5
Roofvogels	0	0,0	2	2,6
Steltlopers	7	28,7	6	14,2
Sterns	1	2,6	2	3,7
Zangvogels	5	11,4	27	65,9
<b>Totaal</b>	<b>56</b>	<b>156,6</b>	<b>89</b>	<b>188,5</b>

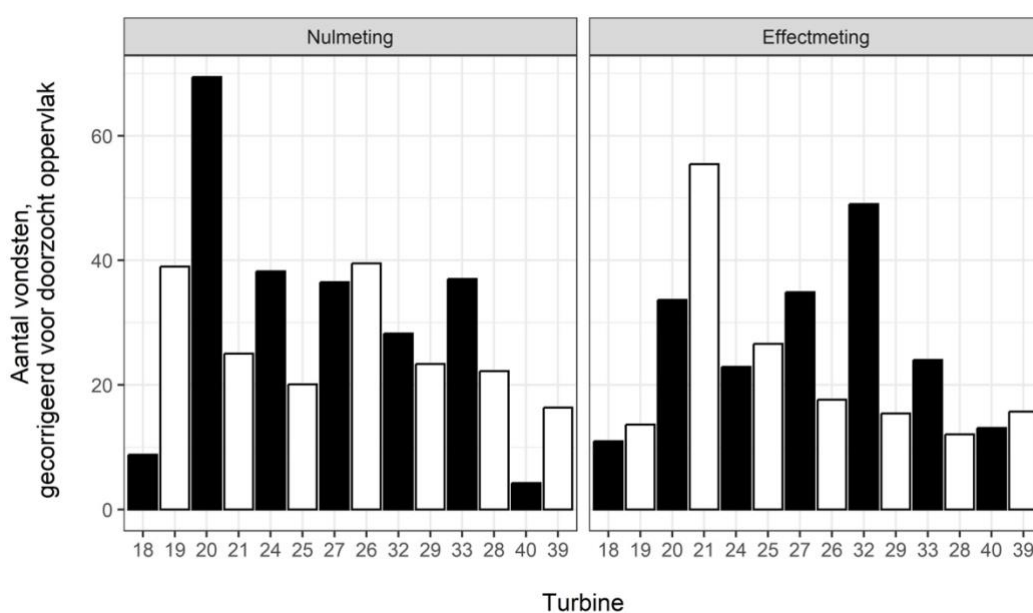
In tegenstelling tot de nulmeting, komen in het eerste jaar van de effectmeting de totale aantallen slachtoffers niet overeen tussen de controle en de impact turbines. Zoals is te zien in Tabel 3.1, is het totaal aantal slachtoffers hoger bij de impact turbines dan bij de controleturbines. Er zijn echter aanzienlijke verschillen tussen soortgroepen en turbines.

Figuur 3.2 laat de verdeling van de slachtoffers (gecorrigeerd voor doorzocht oppervlak) over de turbines zien. Hieruit blijkt dat er over de hele linie geen sprake is van een duidelijke afname van de sterfte bij de impact turbines (met een zwarte wiek). Daarnaast wordt duidelijk dat het verschil tussen de nulmeting en het eerste jaar effectmeting verschilt tussen de afzonderlijke sets windturbines (zie Figuur 1.1):

1. Tijdens de nulmeting was bij turbineset 2 (turbines 20 en 21) het aantal vondsten bij de controleturbine (21) aanzienlijk lager dan bij de impact turbine (20), maar tijdens het eerste jaar van de effectmeting was dit patroon omgedraaid. Hier speelt echter, naast het zwart verven van één van de wieken van windturbine 20 ook nog een lokaal effect wat het verschil tussen de nulmeting en het eerste jaar effectmeting (deels) kan verklaren. Tijdens de nulmeting was namelijk een slaapplaats van spreeuwen aanwezig bij turbine 20 die daar in dat jaar leidde tot



- veel vliegbewegingen en slachtoffers van spreeuwen. In het eerste jaar van de effectmeting sliepen de spreeuwen niet langer op deze locatie, waardoor de vliegactiviteit van spreeuwen bij deze windturbine aanzienlijk lager was en er ook veel minder spreeuwen als slachtoffer onder deze windturbine zijn aangetroffen.
2. Het contrast tussen de witte en zwarte turbines in set 5 (turbines 28, 29, 32 en 33) is sterk toegenomen tijdens het eerste jaar van de effectmeting, met name doordat bij windturbine 32 opvallend meer slachtoffers zijn gevonden (na correctie voor zoekoppervlak). Mogelijk is dit een locatie-effect, maar wat er precies speelt is nog niet duidelijk.
  3. De overige turbinesets laten een wisselend beeld zien. Bij controleturbine 19 is het aantal slachtoffers sterk afgenomen ten opzichte van de nulmeting, terwijl het aantal slachtoffers bij impact turbine 18 vergelijkbaar is tussen de nulmeting en effectmeting. Ook bij de controleturbine 26 is het aantal vondsten sterk afgenomen terwijl dat bij de impact turbine 27 niet het geval is. Bij controleturbine 39 is het aantal vondsten vergelijkbaar, maar bij de impact turbine (40) is het aantal vondsten sterk toegenomen.

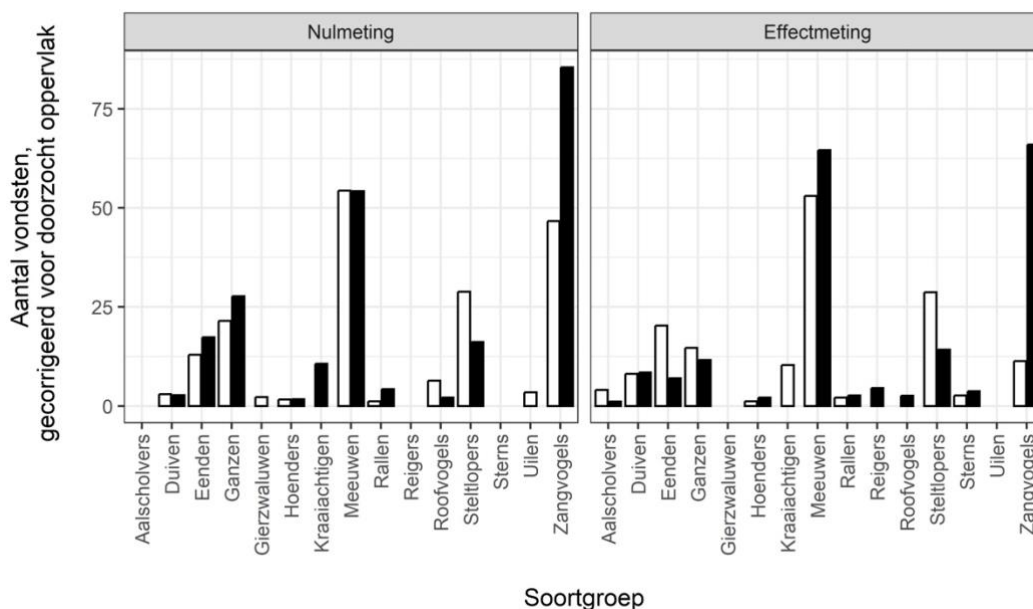


**Figuur 3.2** *Verdeling van de slachtoffers over de turbines in de nulmeting (links) en het eerste jaar effectmeting (rechts). De aantallen zijn gecorrigeerd voor het doorzocht oppervlak, maar niet voor vindkans en verdwijnsnelheid. De zwarte en witte staven geven respectievelijk de impact- en controleturbines weer. Dit is van links naar rechts per setje weergegeven (18 en 19, 20 en 21 enz.).*

Ook tussen soortgroepen is sprake van grote verschillen (Figuur 3.3). Opvallend is dat bij de meeuwen en zangvogels het contrast tussen de controle en impact turbines groter is geworden, met hogere aantallen slachtoffers bij de impact turbines. Bij de zangvogels is dit contrast het grootst, hoewel zowel bij de controle als de impact turbines het aantal zangvogelslachtoffers is afgenomen. Bij de eenden en ganzen lijkt de zwarte wijk een positief effect te hebben, waarbij het aantal slachtoffers bij de impact turbines lager is geworden dan bij de controle turbines. Bij de steltlopers zijn de resultaten van het eerste



jaar effectmeting vergelijkbaar met die van de nulmeting en is zo op het eerste gezicht dus geen effect van de zwarte wijk zichtbaar. Voor de overige soortgroepen zijn vooralsnog niet genoeg slachtoffers gevonden om uitspraak te kunnen doen over de (mogelijke) effectiviteit van de zwarte wijk.

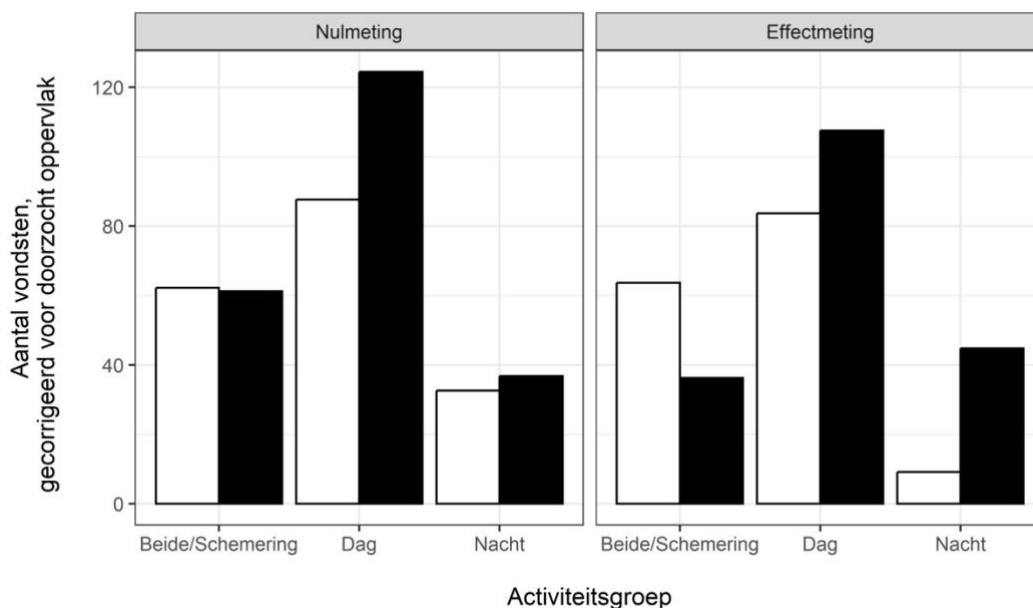


Figuur 3.3 Verdeling van de slachtoffers over de soortgroepen in de nulmeting (links) en in het eerste jaar effectmeting (rechts). De aantallen zijn gecorrigeerd voor het doorzocht oppervlak, maar niet voor vindkans en verdwijnsnelheid. De zwarte en witte staven geven respectievelijk de impact- en controleturbines weer.

Figuur 3.4 laat het gecorrigeerd aantal vondsten zien tijdens de nulmeting en het eerste jaar van de effectmeting voor drie groepen vogelsoorten, geassocieerd naar het moment van de dag waarop ze de meeste vliegactiviteit vertonen. Bij de verdeling van soorten over deze drie groepen is de hoedanigheid van de vogels waarin ze het meest in Windpark Eemshaven verblijven als uitgangspunt genomen (op trek of lokaal).

1. Vogels waarbij de meeste vliegactiviteit overdag plaatsvindt (zoals duiven en meeuwen);
2. Vogels waarbij de meeste vliegactiviteit 's nachts plaatsvindt (veel zangvogels zoals lijsters tijdens de trek), of;
3. Vogels die zowel overdag als 's nachts of vooral in de schemering vliegactiviteit vertonen (zoals ganzen, eenden en steltlopers).

Bij de soorten die overwegend overdag of in de schemering actief zijn, is een reductie te zien bij de impact turbines na het zwart verven. Dit zou een indicatie kunnen zijn van een positief effect van een zwarte wijk, hoewel de afname bij de dagactieve vogels relatief beperkt is. Bij de soorten die vooral 's nachts veel vliegbewegingen vertonen is het aantal vondsten juist bij de controle turbines sterk afgenomen, en bij de impact turbines licht toegenomen. Voor 's nachts actieve vogels wijzen de resultaten van het eerste jaar effectmeting dus niet op een positief effect van de zwarte wijk.

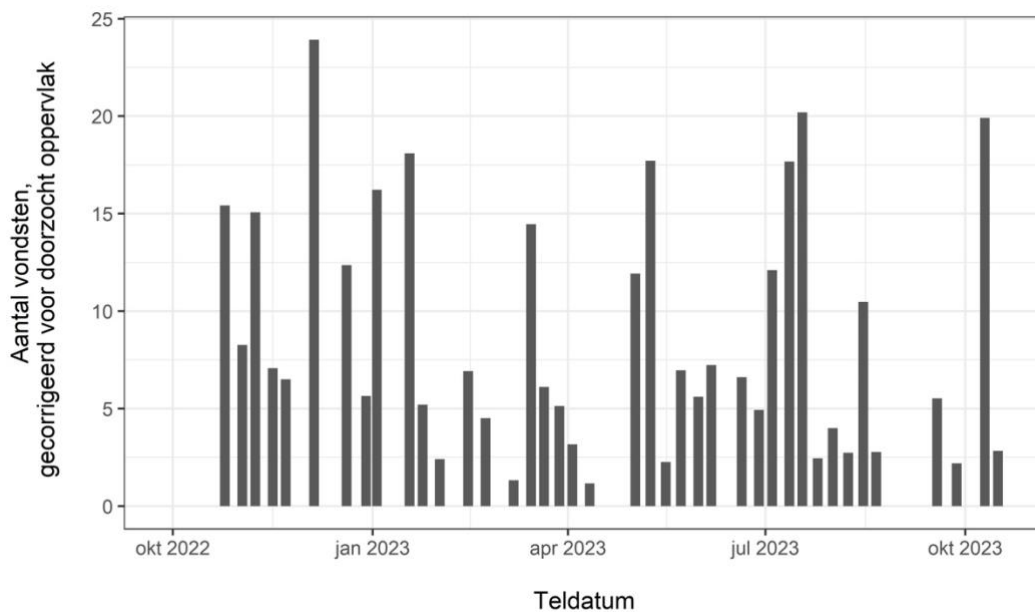


*Figuur 3.4 Gecorrigeerd aantal slachtoffers tijdens de nulmeting (links) en het eerste jaar effectmeting (rechts) voor dagactieve vogels, nachtactieve vogels en vogels die in de schemering of zowel overdag als 's nachts actief zijn. De aantallen zijn gecorrigeerd voor het doorzocht oppervlak, maar niet voor vindkans en verdwijnsnelheid. De zwarte en witte staven geven respectievelijk de impact- en controle-turbines weer.*

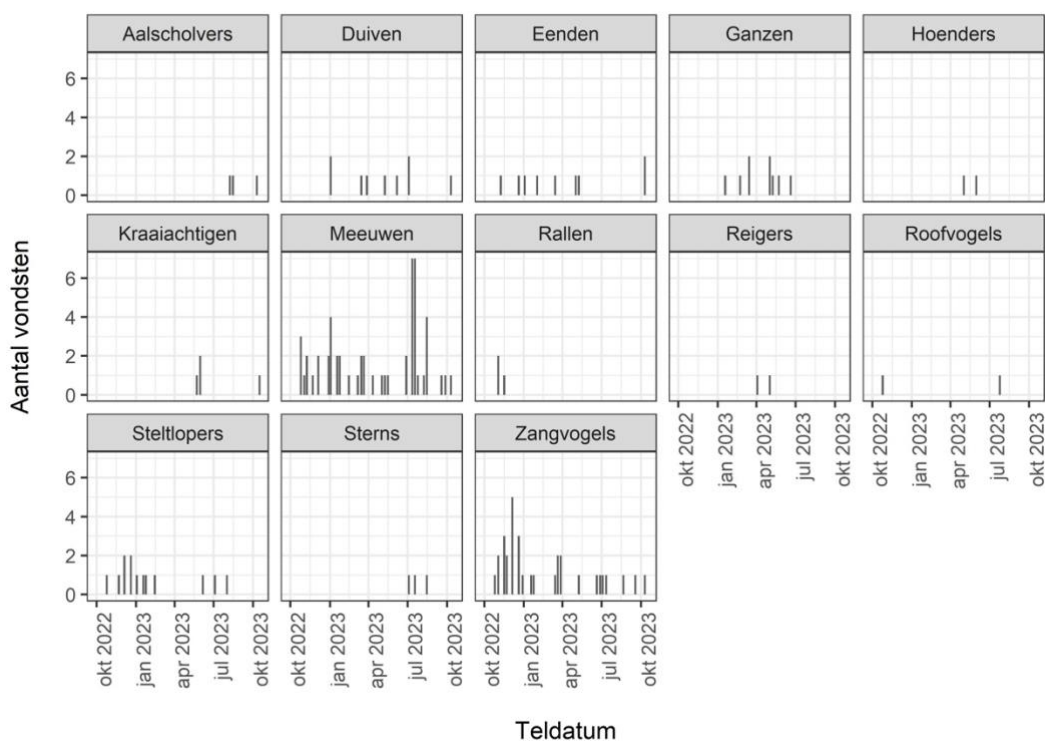
### 3.1.2 Verdeling van slachtoffers (per soortgroep) over het jaar

In tegenstelling tot de nulmeting, waarbij in het najaar een duidelijke piek aan slachtoffers werd waargenomen, is er bij de effectmeting geen moment in het jaar waarop duidelijk meer slachtoffers werden gevonden. De verdeling over het jaar is relatief gelijkmatig, met enkele fluctuaties (Figuur 3.5). Meeuwen zijn gedurende het hele eerste jaar van de effectmeting aangetroffen zonder een duidelijke piek in de tijd (Figuur 3.6). Ook zangvogels zijn jaarrond gevonden, maar voor deze soortgroep was wel een piek in vondsten in het najaar zichtbaar (Figuur 3.6). Deze piek in het najaar was ook in de nulmeting aanwezig. De meeste steltlopers zijn vooral gevonden in het overwinteringsseizoen tussen november en mei, maar ook in de zomer (juni/juli). Het betreft soorten als de bonte strandloper, steenloper, wulp en watersnip.

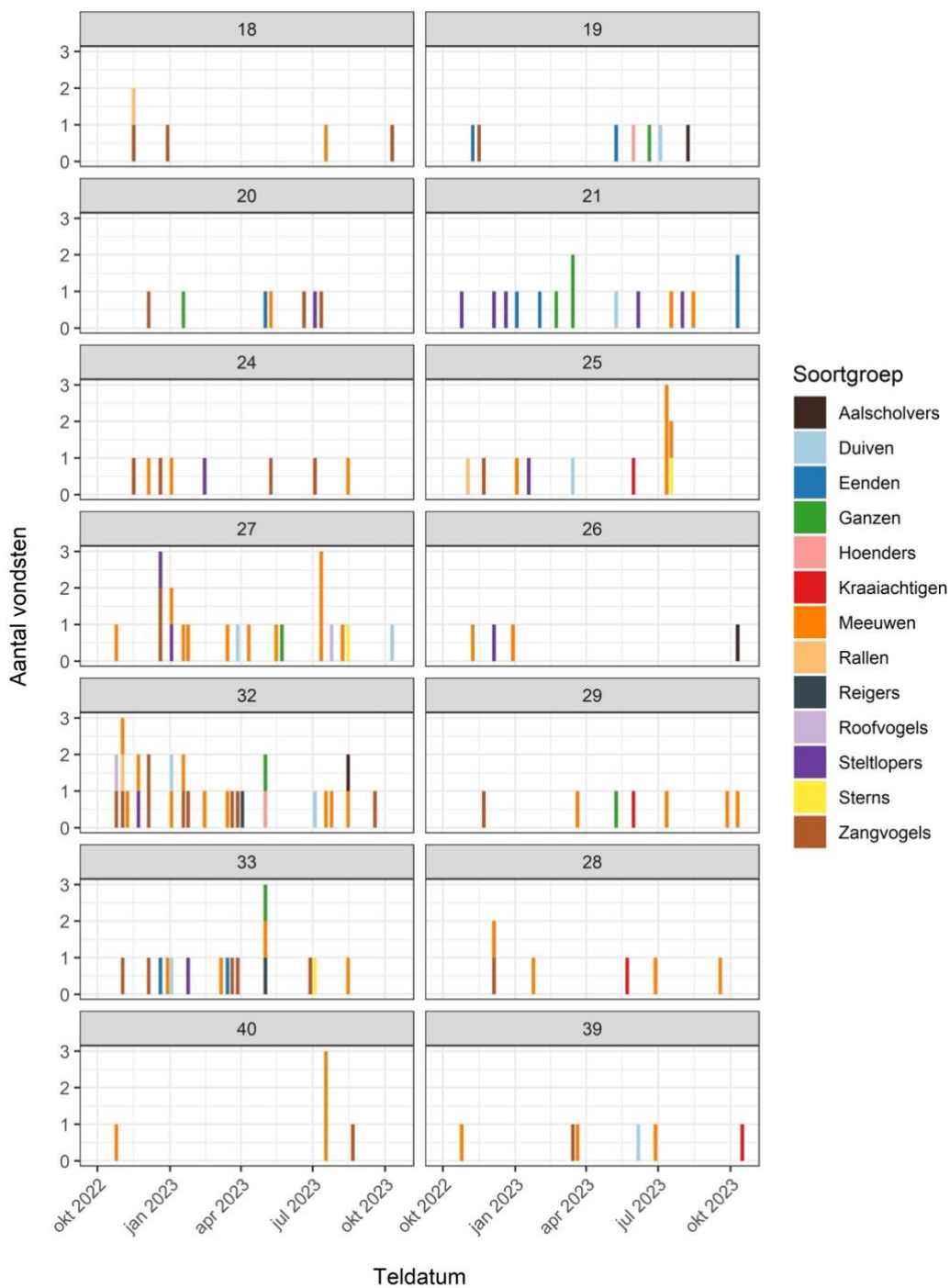
Wanneer we kijken naar de vondsten per soortgroep over de tijd per setje bij elkaar horende windturbines (impact en controle turbine), komt eveneens (vergelijkbaar met het beeld in Paragraaf 3.1.1) naar voren dat er aanzienlijke verschillen zijn tussen de soortgroepen en turbines (Figuur 3.7).



Figuur 3.5 Aantal vondsten per teldatum.



Figuur 3.6 Aantal vondsten per soortgroep per teldatum.



Figuur 3.7 Aantal vondsten per teldatum, turbine en soortgroep. De rijen geven de setjes turbines weer, met de impact turbines aan de linkerkant en de controle turbines aan de rechterkant.



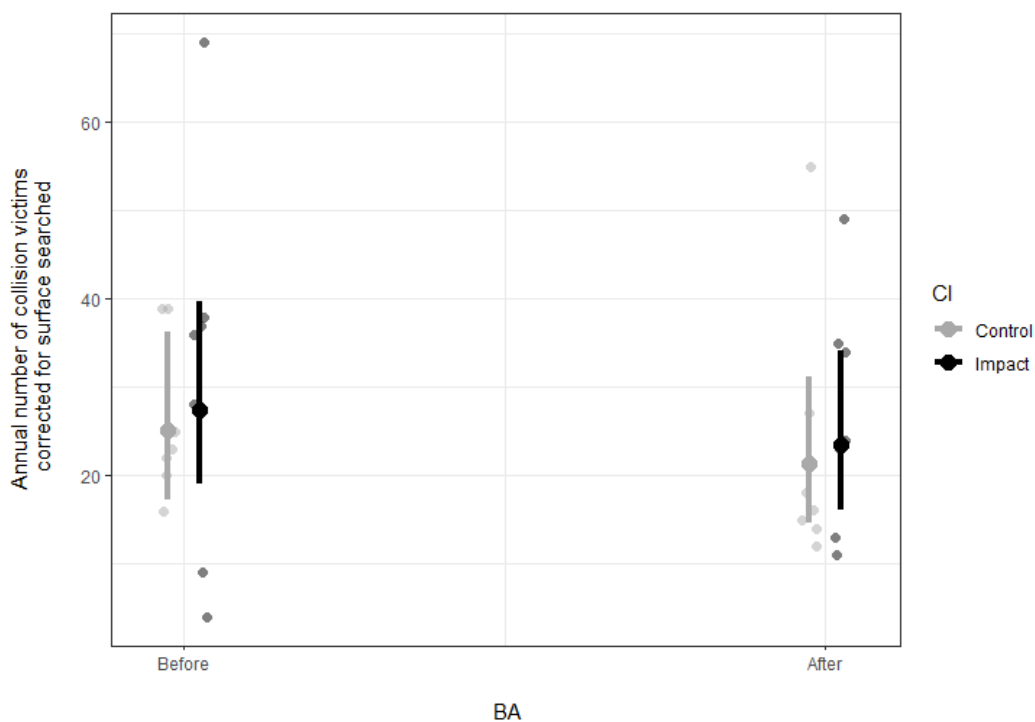


### 3.2 BACI-analyse effectiviteit zwarte wiek

De analyse toont aan dat voor alle vogelsoorten samen geen sprake is van een statistisch significant effect van het zwart verven van de wiek bij de impact turbines (BA [After] x CI [Impact]  $p > 0,05$ ; zie Tabel 3.2 en Figuur 3.8). Uit de analyse komt naar voren dat verschillen tussen individuele turbines een deel van de variatie verklaren ( $\sigma^2$  in Tabel 3.2). Vanwege de variatie in de data en de nog beperkte steekproefomvang van vondsten per soortgroep was het nog niet mogelijk om de algehele effecten van de zwarte wiek voor afzonderlijke soortgroepen verder statistisch te testen.

*Tabel 3.2 Uitkomsten van de GLMM-test voor het effect van het zwart verven van één wiek op het aantal aanvaringsslachtoffers, gecorrigeerd voor doorzocht oppervlak, volgens een BACI aanpak (BA= verschil effectmeting versus nulmeting; CI= zwarte versus witte wieken). / Results of the GLMM testing for the effect of painting one rotor blade black on the number of annual collision victims, corrected for searched area, following a BACI approach (BA= difference of After compared to Before treatment, CI= difference of Impact compared to Control turbines). Incidence Rate Ratio (IRR) less than 1: the incident rate is lower in the treated group compared to the untreated group. IRR greater than 1: the incident rate is greater in the treated group compared to the untreated group. IRR equal to 1: the incident rate is equal among those in the treated and in the untreated group.*

<i>Predictors</i>	<i>Incidence Rate Ratios</i>	<i>CI</i>	<i>p</i>
(Intercept)	25.03	17.27 – 36.28	<0.001
BA [After]	0.85	0.69 – 1.05	0.142
CI [Impact]	1.10	0.65 – 1.85	0.730
BA [After] × CI [Impact]	1.00	0.75 – 1.34	0.988
<b>Random Effects</b>			
$\sigma^2$	0.04		
$\tau_{00}$ Turbine	0.21		
ICC	0.84		
$N_{\text{Turbine}}$	14		
Observations	28		
Marginal $R^2$ / Conditional $R^2$	0.033 / 0.845		



**Figuur 3.8** *Visuele weergave van de uitkomsten van de GLMM-test voor het effect van het zwart verven van één wiek op het aantal slachtoffers, gecorrigeerd voor doorzocht oppervlak, volgens een BACI aanpak. De door het model voorspelde waarden worden weergegeven met een 95% betrouwbaarheidsinterval. De punten op de achtergrond geven de data weer. / Visual representation of the results of the GLMM testing for the effect of painting one rotor blade black on the number of annual collision victims, corrected for searched area, following a BACI approach. The values predicted by the model are shown with a 95% confidence interval. The points in the background represent the data.*



## 4 Vervolg van het zwarte wiek onderzoek

De resultaten in dit rapport hebben betrekking op het eerste jaar effectmeting, in relatie tot de nulmeting. **Uit de resultaten blijkt dat voor alle soorten en windturbines samen voorsnog geen sprake is van een significant effect van de zwarte wiek.** Voor slechts één van de zes 'sets' windturbines lijkt na één jaar effectmeting een duidelijke reductie van de sterfte bij de windturbine met de zwarte wiek zichtbaar te zijn (windturbines 20 en 21), maar het is niet zeker dat dit effect door de zwarte wiek is veroorzaakt. De tijdelijke aanwezigheid van een spreekwenslaapplaats onder windturbine 20 in de nulmeting zou hier ook een rol in kunnen spelen. Op soortgroepniveau is het nog niet mogelijk om een effect van de zwarte wiek statistisch te testen. Voor vogels die overdag en/of hoofdzakelijk in de schemer actief zijn, lijkt er een trend te zijn in de richting van een positief effect van de zwarte wiek.

**De effectmeting loopt in ieder geval nog één jaar door.** De zoekrondes zijn half oktober 2023 gestart en lopen door tot half oktober 2024. De aanpak blijft ongewijzigd. Dit tweede jaar effectmeting gaat meer gegevens opleveren, waardoor volgend jaar naar verwachting met meer zekerheid conclusies getrokken kunnen worden over de effectiviteit van de zwarte wiek. Ook kunnen meer gegevens ertoe leiden dat het effect van de zwarte wiek voor afzonderlijke soortgroepen onderzocht kan worden. Voor soortgroepen die erg weinig worden gevonden (aalscholvers, gierzwaluwen, hoenders, kraaiachtigen, rallen, reigers, roofvogels, sterns en uilen) zullen naar verwachting ook na het tweede jaar effectmeting niet voldoende gegevens beschikbaar zijn om op soortgroepniveau conclusies te trekken over de effectiviteit van de zwarte wiek. Tenslotte zal het tweede jaar effectmeting ook belangrijke inzichten opleveren ten aanzien van de variatie tussen jaren. Uit de verschillen tussen de nulmeting en het eerste jaar effectmeting blijkt dat de variatie tussen jaren aanzienlijk kan zijn.

In het tweede jaar effectmeting wordt het **zwarte wiek onderzoek door TNO uitgebreid met twee WT-Bird systemen**, één in een windturbine mét (20) en één in een windturbine zonder zwarte wiek (21). Deze systemen registreren met behulp van trillingssensoren in de wieken automatisch de aanvaringen van vogels met de wieken. Met deze systemen wordt informatie verzameld over de momenten waarop en omstandigheden waaronder vogels tegen de wieken vliegen. Ook kan onderzocht worden of daarin sprake is van duidelijke verschillen tussen de windturbine mét en de windturbine zonder zwarte wiek. Daarnaast zullen de resultaten van het slachtofferonderzoek én de registraties van de WT-Bird systemen met elkaar vergeleken worden om zo beide methoden voor het meten van aanvaringen te valideren.

De uitbreiding van het zwarte wiek onderzoek omvat daarnaast ook de **plaatsing van een Max 3D vogelradar**. Deze 3D vogelradar is aanwezig in de periode september 2023 tot en met (minimaal) mei 2024 en heeft zicht op windturbines 18, 19, 20 en 21. Met de gegevens van de 3D vogelradar zal onderzocht worden of sprake is van duidelijke verschillen in de vliegintensiteit en/of het vlieggedrag van vogels rond windturbines mét en zonder zwarte wiek.



*Figuur 4.1 Het zwart verven van een wijk in september 2022. Foto: Alex Wiersma, provincie Groningen.*



## Literatuur

- Hodos, W., 2003. Minimization of Motion Smear: Reducing Avian Collisions with Wind Turbines. Period of performance: July 12, 1999-August 31, 2002. Report No. NREL/SR-500-33249. University of Maryland. College Park, Maryland. <https://www.nrel.gov/docs/fy03osti/33249.pdf>
- Klop, E., S.K. Jeninga, E.F. Kappers & J.C. Kleyheeg-Hartman, 2022. Tussenrapportage onderzoek zwarte wiek Eemshaven. Resultaten van slachtofferonderzoek ten behoeve van nulmeting. Rapport 22-206. Bureau Waardenburg, Culemborg.
- Klop, E. & A. Brenninkmeijer, 2014. Monitoring aanvaringslachtoffers Windpark Eemshaven 2009-2014. Eindrapportage vijf jaar monitoring. A&W-rapport 1975. Altenburg & Wymenga ecologisch onderzoek, Feanwâlden. <https://www.altwym.nl/wp-content/uploads/2019/03/Monitoring-aanvaringslachtoffers-Windpark-Eemshaven-2009-2014.-Eindrapportage-vijf-jaar-monitoring.pdf>
- May, R., T. Nygård, U. Falkdalen, J. Åström, Ø. Hamre & B.G. Stokke, 2020. Paint it black: Efficacy of increased wind-turbine rotor blade visibility to reduce avian fatalities. Ecology and Evolution 00:1-9. <https://doi.org/10.1002/ece3.6592>



## Bijlage I Aantal slachtoffers per soort

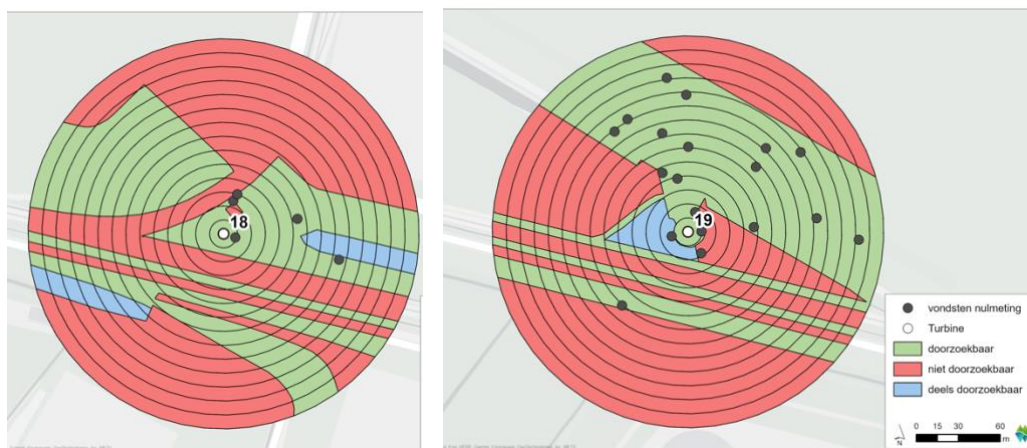
Tabel Bl.1 Onderstaande tabel geeft per meting en per behandeling (C=controle, I=impact) het aantal vondsten (n) per soort weer (indien geassocieerd als mogelijk of zeker turbineslachtoffer), en het aantal gecorrigeerd voor het doorzocht oppervlak (gec).

Nr.	Soort	Nulmeting				Effectmeting			
		C_n	C_gec	I_n	I_gec	C_n	C_gec	I_n	I_gec
1	Aalscholver	0	0	0	0	2	4,07	1	1,1
2	Bergeend	5	5,81	2	6,86	5	16,77	1	1,28
3	Blauwe reiger	0	0	0	0	0	0	1	3,16
4	Bonte strandloper	5	9,46	0	0	1	3,99	1	1,05
5	Bonte vliegenvanger	0	0	0	0	0	0	1	3,84
6	Brandgans	9	18,34	6	16,22	2	5,2	2	5,2
7	Bruine kiekendief	1	3,23	0	0	0	0	0	0
8	Drieteenstrandloper	1	1,28	2	6,38	0	0	0	0
9	Duif spec.	1	1,9	1	1,49	0	0	1	1,78
10	Eend spec.	0	0	0	0	0	0	1	1,18
11	Fazant	1	1,69	1	1,71	0	0	1	2,12
12	Gans spec.	2	3,17	2	7,41	0	0	0	0
13	Gierzwaluw	1	2,29	0	0	0	0	0	0
14	Goudhaan	1	1,55	0	0	0	0	0	0
15	Graspieper	0	0	0	0	1	3,67	2	4,85
16	Grauwe gans	0	0	1	1,09	2	6,87	0	0
17	Grote lijster	1	1,9	0	0	0	0	0	0
18	Grote mantelmeeuw	2	2,7	1	1,09	0	0	0	0
19	Grote meeuw spec.	2	12,79	1	1,49	2	3,83	3	3,76
20	Holenduif	1	1,11	0	0	1	1,45	1	1,12
21	Houtduif	0	0	0	0	1	2,24	2	3,59
22	Houtsnip	1	1,13	0	0	0	0	1	1,1
23	Kanoet	1	2,05	0	0	0	0	0	0
24	Kauw	0	0	3	7,19	3	7,24	0	0
25	Keep	0	0	1	4,96	0	0	0	0
26	Kerkuil	1	3,45	0	0	0	0	0	0
27	Kleine mantelmeeuw	2	3,81	1	2,26	2	5,6	0	0
28	Kleine meeuw spec.	1	1,55	1	1,24	0	0	0	0
29	Kneu	1	2,79	0	0	0	0	0	0
30	Koereiger	0	0	0	0	0	0	1	1,34
31	Kokmeeuw	5	7,41	9	21,81	8	22,79	19	35,48
32	Kolgans	0	0	1	1,24	0	0	0	0
33	Koperwiek	3	10,98	4	9,65	0	0	2	4,18

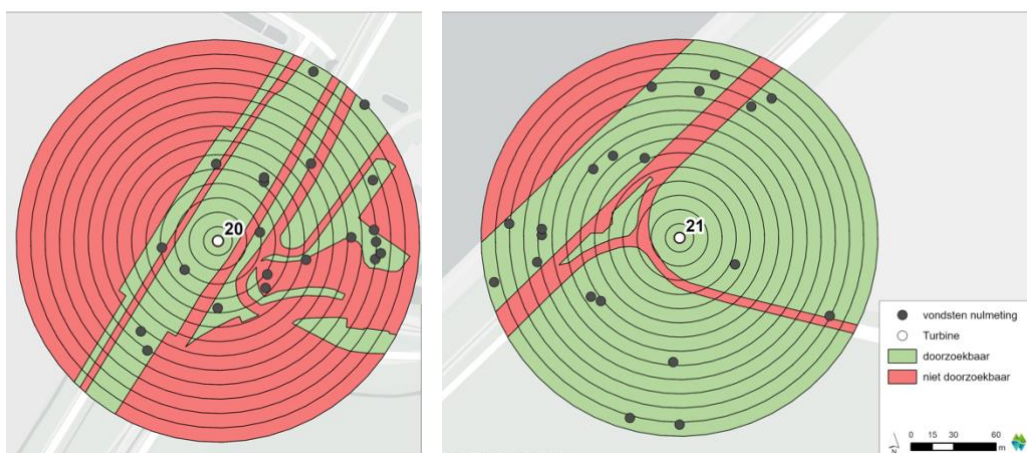


Nr.	Soort	Nulmeting				Effectmeting			
		C_n	C_gec	I_n	I_gec	C_n	C_gec	I_n	I_gec
34	Krakeend	1	1,45	0	0	0	0	0	0
35	Kramsvogel	2	2,73	0	0	0	0	2	8,15
36	Kuifeend	0	0	0	0	0	0	1	4,55
37	Meeuw <i>spec.</i>	3	7,39	1	3,75	0	0	0	0
38	Merel	2	3,91	3	11,81	2	4,27	2	3,88
39	Nijlgans	0	0	0	0	0	0	1	1,24
40	Patrijs	0	0	0	0	1	1,19	0	0
41	Roofvogel <i>spec.</i>	1	1,28	0	0	0	0	0	0
42	Rotgans	0	0	0	0	1	2,6	0	0
43	Scholekster	1	1,1	2	6,31	0	0	0	0
44	Smient	2	2,55	1	2,07	0	0	0	0
45	Sperwer	1	1,9	0	0	0	0	0	0
46	Spreeuw	6	17,09	13	39	1	1,86	10	20,11
47	Stadsduif	0	0	1	1,25	2	4,42	1	1,95
48	Steenloper	2	5,57	1	2,24	2	9,86	2	5,66
49	Steltloper <i>spec.</i>	1	4,86	0	0	1	4,51	0	0
50	Stormmeeuw	1	3,1	1	1,62	1	3,39	4	7,72
51	Tapuit	0	0	1	1,46	0	0	0	0
52	Toendrarietgans	0	0	1	1,71	0	0	1	5,2
53	Torenvalk	0	0	2	2,13	0	0	2	2,6
54	Vink	0	0	4	9,01	0	0	0	0
55	Visdief	0	0	0	0	1	2,65	2	3,72
56	Vogel <i>spec.</i>	2	3,22	0	0	0	0	0	0
57	Vuurgoudhaan	0	0	1	3,54	0	0	0	0
58	Waterhoen	1	1,19	0	0	0	0	0	0
59	Waterral	0	0	2	4,29	1	2,13	2	2,68
60	Watersnip	0	0	0	0	1	2,38	0	0
61	Wilde eend	2	3,14	1	6,96	1	3,53	0	0
62	Wintertaling	0	0	1	1,47	0	0	0	0
63	Wulp	2	3,41	1	1,25	2	7,98	2	6,38
64	Zanglijster	2	3,04	1	2,14	1	1,58	5	10,4
65	Zangvogel <i>spec.</i>	1	2,7	1	3,89	0	0	1	2,28
66	Zilvermeeuw	7	15,59	11	20,94	7	17,4	8	17,63
67	Zwarte kraai	0	0	2	3,51	1	3,1	0	0
68	Zwarte roodstaart	0	0	0	0	0	0	1	2,79
69	Zwartkop	0	0	0	0	0	0	1	5,45

## Bijlage II Doorzocht oppervlak per windturbine per ring in de nulmeting

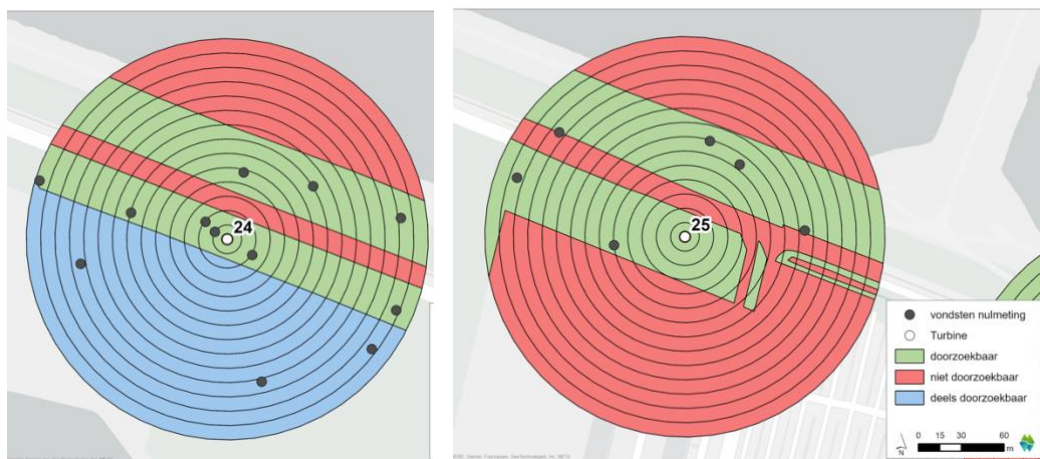


**Figuur BII.1** Doorzocht oppervlak per ring in de nulmeting bij windturbines 18 en 19 (set 1), in de rondes waarin de slachtoffers (punten) bij deze windturbines zijn gevonden.

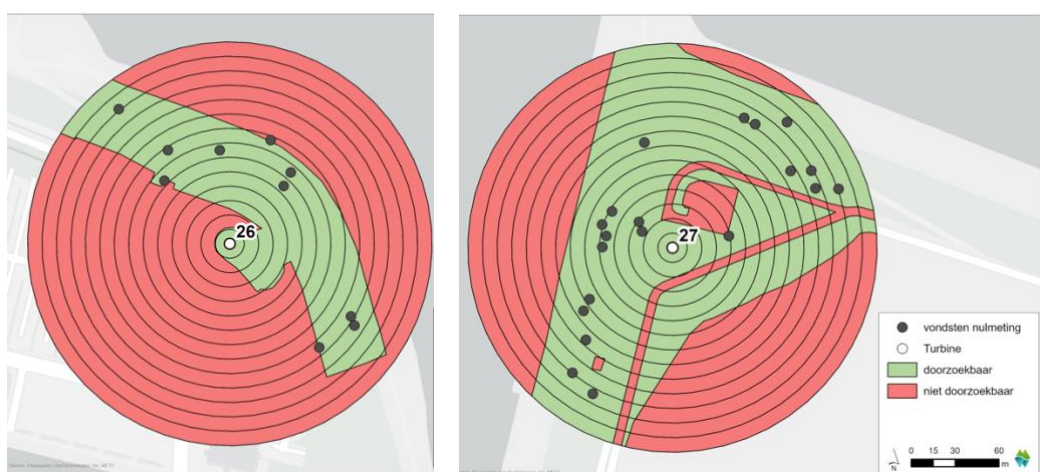


**Figuur BII.2** Doorzocht oppervlak per ring in de nulmeting bij windturbines 20 en 21 (set 2), in de rondes waarin de slachtoffers (punten) bij deze windturbines zijn gevonden.

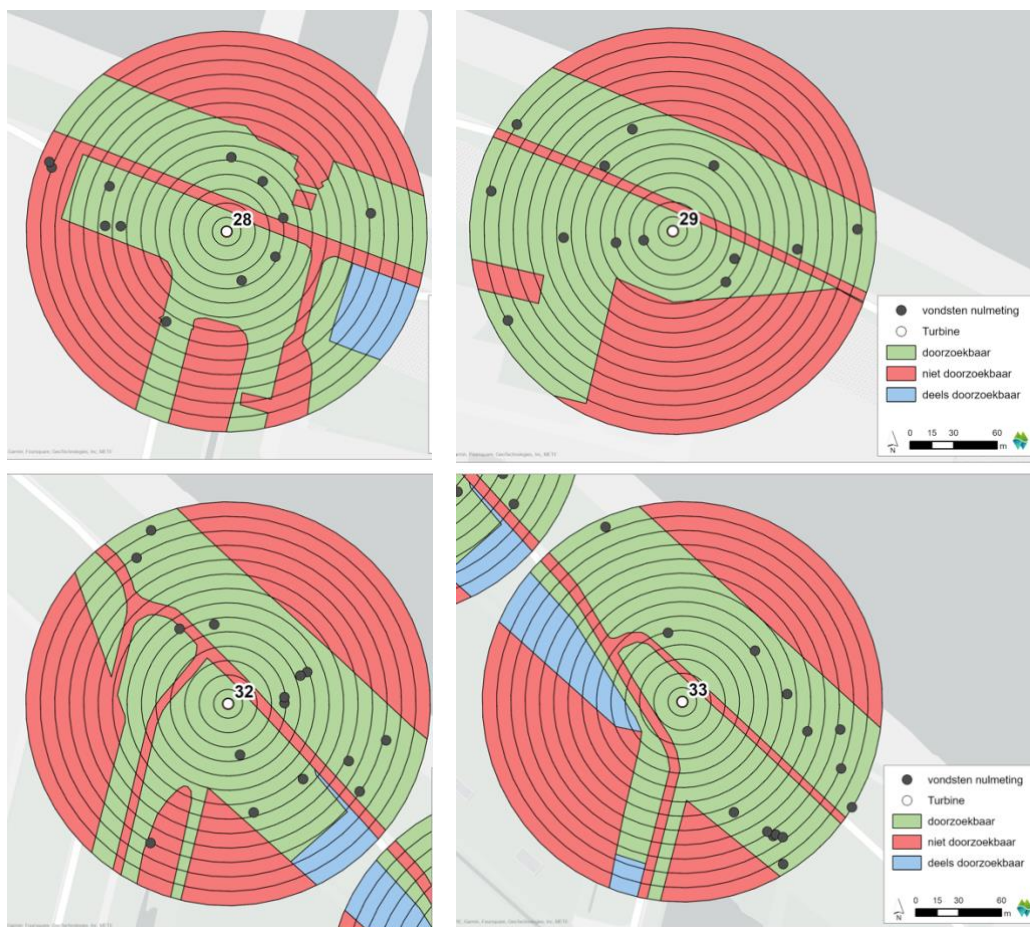




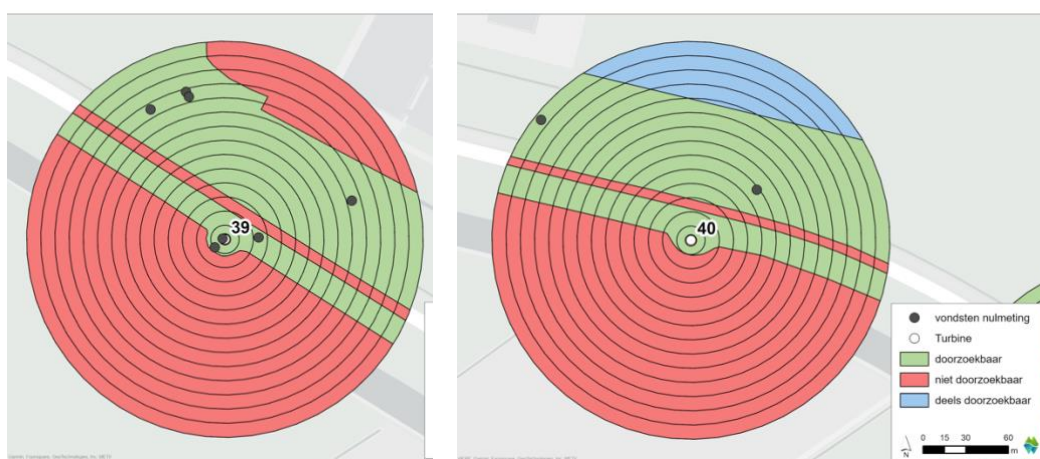
**Figuur BII.3** Doorzocht oppervlak per ring in de nulmeting bij windturbines 24 en 25 (set 3), in de rondes waarin de slachtoffers (punten) bij deze windturbines zijn gevonden.



**Figuur BII.4** Doorzocht oppervlak per ring in de nulmeting bij windturbines 26 en 27 (set 4), in de rondes waarin de slachtoffers (punten) bij deze windturbines zijn gevonden.



**Figuur BII.5** Doorzocht oppervlak per ring in de nulmeting bij windturbines 28, 29, 32 en 33 (set 5), in de rondes waarin de slachtoffers (punten) bij deze windturbines zijn gevonden.



**Figuur BII.6** Doorzocht oppervlak per ring in de nulmeting bij windturbines 39 en 40 (set 6), in de rondes waarin de slachtoffers (punten) bij deze windturbines zijn gevonden.