



Vogelaanvaringen en de invloed van vliegverkeer op vogelpopulaties

Wereldwijd en specifiek voor Rotterdam The Hague Airport



Universiteit Utrecht



Roxy Sandwijk
Natuur en Milieu Federatie Zuid-Holland
Universiteit Utrecht

Begeleider: Alex Ouwehand
Examinator: Prof. dr. Merel Soons
Augustus 2020

Abstract

Vliegverkeer kan vogelpopulaties negatief beïnvloeden, met name door geluidsoverlast. Ook worden veel vogels aangevaren door vliegtuigen. Dit levert aan beide kanten problemen op. Om vogels en vliegverkeer naast elkaar te laten bestaan kunnen een aantal maatregelen genomen worden. Allereerst moet degradatie van vogelhabitat voorkomen worden, en vogelgebieden (op afstand van het vliegveld) moeten hersteld worden. Laagvliegen over vogelgebieden moet voorkomen worden en vliegroutes moeten hierop worden aangepast. Ook moet een vliegveld door middel van interventiemethoden, zoals lang gras laten groeien en het wegnemen van voedselbronnen voor vogels, onaantrekkelijk gemaakt worden voor vogels. Er zijn verschillende afschrikmiddelen beschikbaar, maar bij deze methodes treed vaak snel gewenning op. De meest effectieve afschrikmiddelen waarbij de minste gewenning op treedt zijn onder meer: getrainde roofvogels, drones, alarmgeluiden, afwisselend gebruik van pyrotechnieken en andere afschrikkende geluiden. Deze middelen zijn het meest effectief wanneer ze gecombineerd worden met een detectie systeem dat vogel aanvaringen kan voorspellen. Op veel vliegvelden worden vogels gedood wanneer de andere methodes niet volstaan, dit is echter altijd een tijdelijke oplossing en werkt niet op de lange termijn.

Op RTHA worden een aantal afschrikkende methodes toegepast en het vliegveld is d.m.v. onder andere lang gras onaantrekkelijk gemaakt. Ook worden er nog redelijk wat vogels gedood. Om vogels beter weg te houden van RTHA en vogelaanvaringen te voorkomen moeten meer voedselbronnen verwijderd worden en bovendien moet het reeds aanwezige radarsysteem in gebruik genomen worden. Geluidsniveaus in omringende vogelgebieden moeten gemonitord worden, evenals trends in de vogelpopulaties om een negatieve invloed op tijd te voorkomen.

Lekensamenvatting

Vliegvelden en vliegtuigen kunnen vogelaantallen in omliggende gebieden verlagen. Deze verlaging in vogelaantallen wordt met name veroorzaakt door geluidsoverlast van opstijgende en dalende vliegtuigen. Ook kunnen vogels overlijden door aanvaringen met vliegtuigen en worden veel vogels op en in de buurt van vliegvelden gedood om aanvaringen te voorkomen. Om vogels en vliegtuigen naast elkaar te laten bestaan kunnen een aantal maatregelen genomen worden. Ten eerste moeten vogelgebieden op afstand van het vliegveld versterkt worden, en moet er voorkomen worden dat er een dat deze gebieden degraderen, bijvoorbeeld door transitie van natuur naar agricultuur. Om geluidsoverlast bij vogels te voorkomen moeten vliegroutes worden aangepast, zo moet laagvliegen over vogelgebieden vermeden worden. Om aanvaringen te voorkomen moet onaantrekkelijk gemaakt worden, dit kan op verschillende manieren. Bijvoorbeeld het laten groeien van lang gras en het wegnemen van voedselbronnen zal vogelaantallen op het vliegveld in de meeste gevallen verminderen. Er zijn ook verschillende manieren om vogels weg te jagen van een vliegveld. De meest effectieve methodes hiervoor zijn: het inzetten van getrainde roofvogels als natuurlijke vijand, het gebruiken van drones om roofvogels te simuleren, het afspelen van alarmgeluiden van vogels, of het af en toe gebruiken van vuurwerk of andere herrie makende voorwerpen/systemen. Deze middelen zijn het meest effectief wanneer ze gecombineerd worden met een systeem dat vogels op het vliegveld detecteert en aanvaringen voorspelt, zodat de methodes op het juiste moment op de juiste plek kunnen worden toegepast. Op veel vliegvelden worden vogels gedood wanneer al deze methodes niet volstaan, dit is echter altijd een tijdelijke oplossing en werkt niet op de lange termijn. Op RTHA worden een aantal methodes om vogels weg te jagen gebruikt, en het vliegveld is enigszins onaantrekkelijk gemaakt voor vogels. Ondanks deze methodes worden er nog redelijk wat vogels gedood. Om vogels beter weg te houden van vliegvelden en vogelaanvaringen te voorkomen moeten meer voedselbronnen verwijderd worden en bovendien moet het reeds aanwezige radarsysteem, wat vogels op het vliegveld detecteert, in gebruik genomen worden. Om er zeker van te zijn dat vogels in de omliggende gebieden geen last hebben van opstijgende en dalende vliegtuigen moeten geluidsniveaus in omliggende vogelgebieden gemeten worden, evenals de aantallen vogels, zo kan een negatieve invloed op tijd voorkomen worden.

Inhoudsopgave

| | |
|--|----|
| 1. Inleiding | 6 |
| 2. Methode | 8 |
| 3. Invloed van vliegverkeer op de natuur | 9 |
| 3.1. Invloed van vliegverkeer op vogels | 9 |
| 3.1.1. Verstoorde communicatie | 9 |
| 3.1.2. Overige verstoringen | 9 |
| 3.1.3. Gevolgen en het voorkomen van de genoemde verstoringen | 11 |
| 3.1.4. Negatieve gevolgen van interventiemethoden voor vogel/vliegtuig aanvaringen | 11 |
| 3.2. Overige negatieve invloeden van vliegverkeer op de natuur | 11 |
| 3.2.1. Klimaatverandering en habitat degradatie | 11 |
| 3.2.2. Natuurontwikkeling rondom vliegvelden | 12 |
| 4. Vogel/vliegtuig aanvaringen (wereldwijd) | 13 |
| 4.1. Vogel/vliegtuig aanvaringen | 13 |
| 4.1.1. Gevolgen voor mensen en vliegverkeer | 13 |
| 4.1.2. Frequentie | 13 |
| 4.1.3. Betrokken vogelsoorten | 13 |
| 4.1.4. Oorzaken en overige omgevingsfactoren | 15 |
| 4.1.5. Internationale regels rondom aanvaringen en interventiemethoden | 18 |
| 4.2. Interventie methodes voor vogel/vliegtuig aanvaringen | 19 |
| 4.2.1. Auditieve afschrikmiddelen | 19 |
| 4.2.2. Visuele afschrikmiddelen | 22 |
| 4.2.3. Getrainde dieren | 24 |
| 4.2.4. Chemische methodes | 25 |
| 4.2.5. Fysieke barrières | 27 |
| 4.2.6. Habitat management | 29 |
| 4.2.7. Vliegtuig aanpassingen | 32 |
| 4.2.8. Detectie systemen | 33 |
| 4.2.9. Populatiecontrole | 33 |
| 4.3. Evaluatie van de interventie methodes | 36 |
| 4.4. Stappenplan toepassen interventies | 38 |

| | |
|--|----|
| 5. Case study: Rotterdam The Hague Airport en vogel conflicten | 40 |
| 5.1. Rotterdam The Hague airport | 40 |
| 5.1.1. Algemeen | 40 |
| 5.1.2. Kenmerken RTHA en omgeving die mogelijk vogels aantrekken | 42 |
| 5.2. Natuurgebieden rondom Rotterdam The Hague Airport | 43 |
| 5.2.1. Beschrijving van de natuurgebieden | 43 |
| 5.2.2. Ecologisch belang van eerder beschreven natuurgebieden | 45 |
| 5.2.3. Mogelijke invloed van RTHA op de eerder beschreven natuurgebieden | 46 |
| 5.3. Vogel/vliegtuig aanvaringen bij Rotterdam The Hague Airport | 49 |
| 5.3.1. Hoeveelheid aanvaringen en vogeltellingen | 49 |
| 5.4. Interventiemethoden | 52 |
| 5.4.1. Interventiemethoden die toegepast worden op RTHA | 52 |
| 5.4.2. Wetgeving rondom (dodelijke) interventiemethoden | 52 |
| 6. Discussie | 54 |
| 7. Conclusie en aanbevelingen | 58 |
| 8. Referentielijst | 59 |

1. Inleiding

1.1. Conflicten tussen vogels en vliegverkeer

Conflicten tussen mens en dier bestaan wereldwijd en kunnen voor substantiële problemen zorgen¹. Dit is onder andere het geval rondom vliegvelden waar wilde dieren, waaronder vogels, gevaarlijke situaties kunnen veroorzaken². Aan het begin van de vorige eeuw zijn de eerste problemen tussen vliegtuigen en vogels ontstaan. Het ging hierbij om aanvaringen tussen vogels en vliegtuigen³. Sindsdien is de hoeveelheid vliegverkeer sterk toegenomen, en zijn ook de populaties gegroeid van sommige vogelsoorten die bekend staan om het veroorzaken van problemen voor vliegverkeer, bijvoorbeeld de Canadese gans (fig. 1)³. Dit heeft als gevolg dat de hoeveelheid aanvaringen tussen vogels en vliegverkeer is toegenomen. Deze aanvaringen vormen een groot risico, aangezien ze een gevaar kunnen zijn voor het leven van de inzittenden van een vliegtuig. Ook brengen dit soort conflicten grote (reparatie) kosten met zich mee⁴.



Figuur 1 Canadese gans ¹³⁵

1.2. Negatieve invloed van luchtvaart op de natuur

Luchtvaart is een van de vele menselijke activiteiten die een grote negatieve invloed uitoefent op de natuur. Het meest bekende aspect hiervan is de uitstoot van broeikasgassen door vliegverkeer, welke bijdragen aan klimaatverandering en luchtvervuiling⁵. In 1999 bleek al dat het wereldwijde vliegverkeer in 2050 kan bijdragen aan meer dan 15% van de totale CO₂ uitstoot⁶. Daarnaast heeft de luchtvaart ook een grote directe invloed op de natuur. Wanneer een vliegtuig laag over de habitat van een vogel vliegt kan dit de vogel verstoren, bijvoorbeeld door verstoring van de zangsignalen⁷. Maar ook het doden van vogels en andere dieren die een gevaar vormen voor de luchtvaart is een direct negatief gevolg voor de natuur en moet waar mogelijk voorkomen zien te worden.

1.3. Rotterdam The Hague Airport

De conflicten tussen vliegtuigen en vogels vormen ook een probleem bij Rotterdam The Hague Airport (hierna RTHA), het op twee na grootste vliegveld van Nederland na Schiphol Airport en Eindhoven Airport. Om deze problemen te voorkomen wordt op dit vliegveld gebruik gemaakt van verschillende interventiemethoden, waaronder het doden van vogels. RTHA heeft een ontheffing voor de wet die het vangen of doden van inheemse vogels verbiedt⁸. Sinds 2018 is deze ontheffing na bezwaar van verschillende Nederlandse natuurorganisaties aangepast en mogen soorten die een ongunstige staat van instandhouding hebben niet meer worden gedood⁹. Om de veiligheid van het vliegverkeer te waarborgen moeten er zo veel mogelijk niet dodelijke maatregelen worden toegepast om vogelaanvaringen te voorkomen. In dit rapport worden de maatregelen die bij RTHA worden gebruikt geëvalueerd en worden er aanbevelingen gegeven voor het gebruik van andere mogelijke (innovatieve) maatregelen. Deze informatie kan ook nuttig zijn voor andere vliegvelden met gelijke problemen.

1.4. Inhoud van het rapport

Dit rapport zal ingaan op verschillende aspecten van de conflicten met betrekking tot vogels en vliegtuigen. Allereerst worden de problemen op een algemeen en internationaal niveau besproken. In het tweede deel komt RTHA aan bod, de specifieke problemen die daar plaatsvinden en de mogelijke oplossingen hiervoor. De hoofdvraag; *‘Welke invloed heeft vliegverkeer (wereldwijd en bij RTHA) op vogelpopulaties, en andersom, en welke methoden worden aangeraden om de problemen te verhelpen of voorkomen?’* zal worden beantwoord met behulp van de volgende deelvragen:

1. *Welke problemen bestaan er voor vogels op en rondom vliegvelden (algemeen) en hoe worden deze voorkomen?*

In dit deel wordt uitgebreid over feiten rondom conflicten tussen vogels en vliegtuigen zoals bekend is uit internationale literatuur. Ook zullen verschillende interventie methodes besproken worden, en is er een stappenplan opgesteld voor vliegvelden om op meerdere niveaus aanvaringen te voorkomen.

2. *Welke problemen bestaan er voor vogels rondom RTHA, hoe worden deze momenteel voorkomen en zijn er alternatieve oplossingen die op dit vliegveld kunnen werken?*

In het tweede deel zullen de specifieke problemen rondom RTHA behandeld worden. Daarbij wordt ook gekeken naar de interventie methodes die gebruikt worden en of er nog andere mogelijkheden zijn om deze problemen te verhelpen. Hierbij wordt informatie uit het eerste deel gebruikt dat zich richt op algemene vliegvelden.

2. Methode

Bij het opstellen van dit rapport is met name gebruik gemaakt van reeds bestaande literatuur. Zowel wetenschappelijke literatuur als onderzoeksrapporten zijn gefilterd op relevante informatie. Dit is als basis gebruikt voor het opstellen van dit rapport.

De internationale wetenschappelijke literatuur is voor het grootste deel verkregen via de database 'Google Scholar'. Hier zijn specifieke zoektermen gebruikt (waaronder de zoekterm 'birdstrike' in combinatie met andere termen zoals 'intervention methods', 'causes', 'frequency' etc.), daarnaast zijn ook veel andere specifieke zoektermen gebruikt, of is literatuur verkregen vanuit de bronnen van eerder gevonden wetenschappelijke artikelen. Door middel van het lezen van abstracts zijn de relevante artikelen gekozen. Ook is hierbij gekeken naar de datum van het onderzoek, en de wetenschappelijke integriteit. Vervolgens zijn deze artikels gescand op relevante informatie en is deze toegevoegd aan het rapport. Wanneer nodig is gezocht naar andere bronnen die dezelfde informatie bevestigen of verwerpen.

Er is ook informatie gebruikt die niet strikt wetenschappelijk is, zoals onderzoeksrapporten van bijvoorbeeld de vogelbescherming of het Centraal Bureau voor de statistiek, wanneer dit aanvulling gaf op de wetenschappelijke informatie. RTHA heeft voor dit verslag 'Jaarverslag 2019 Wet natuurbescherming' beschikbaar gesteld.

3. Invloed van vliegverkeer op de natuur

3.1. Invloed van vliegverkeer op vogels

Vliegtuigen kunnen op verschillende manieren vogels verstoren, zo kan het geluid van vliegtuigen vogel communicatie verstoren, maar er kunnen ook andere reacties optreden wanneer een vliegtuig over een vogelgebied heen vliegt.

3.1.1. Verstoorde communicatie

Vogels communiceren net zoals veel andere dieren via het maken van geluid. Met name zangvogels hebben een complexe en subtiële taal ontwikkeld die helpt bij onder andere het aantrekken van een partner, waarschuwingen geven en het territorium verdedigen. Omgevingsgeluiden, zowel natuurlijk als onnatuurlijk, kunnen de signalen van vogels verstoren. Dit kan leiden tot afname in de groei van jongen, het aantal jongen, en het aantal eieren dat uitkomt, wat uiteindelijk de populaties en daardoor zelfs verspreiding van zaden negatief zal beïnvloeden^{7, 10}.

Er zijn meerdere onderzoeken uitgevoerd naar de invloed van vliegtuiggeluid op vogels in de omgeving om uiteindelijk de eventuele schade aan populaties vast te stellen. Uit onderzoek van Gil (2015)⁷ is gebleken dat vogels de tijd waarop ze gaan zingen aanpassen aan de tijd dat de verstoringen door vliegtuigen begint. De vogels zullen eerder gaan zingen zodat er minder overlapping is tussen de zang en het geluid van de eerste opstijgende vliegtuigen. Dominoni vond in zijn onderzoek (2016)¹¹ gelijkwaardige resultaten. Vogels bleken ook hier eerder te gaan zingen om overlapping met geluiden van vliegtuigen te voorkomen. Dit zou gevolgen kunnen hebben voor de vogels. Mogelijk kost dit de vogels meer energie door de toename in metabolisme en waakzaamheid. Ook kunnen de zangtijden van verschillende vogelsoorten meer overlappen in nabijheid van een vliegveld wat het onderscheiden van geluiden moeilijker maakt voor vogels. Het is ook mogelijk dat hoe langer vogels in het donker zingen, hoe meer (nachtelijke) predatoren ze aantrekken. Deze veranderingen kunnen ertoe leiden dat de vogelpopulaties uit balans raken en de diversiteit binnen het ecosysteem verandert⁷.

Vogels die in een omgeving met veel vliegtuiggeluid leven gaan lager gaan zingen, zo blijkt uit een onderzoek bij het vliegveld van Manchester. Dit lijkt veroorzaakt te worden door doofheid bij de vogels als gevolg van de luide geluiden. Dit kan langzaam herstellen maar zal waarschijnlijk resulteren in het minder horen van hoge frequenties. Ook waren de vogels die bij het vliegveld leefden agressiever dan de vogels die verder van het vliegveld leefden, dit is waarschijnlijk veroorzaakt door verhoogde stress en verminderde communicatie als gevolg van het lawaai¹² (tabel 1).

Het geluid van menselijke activiteiten, waaronder het geluid van opstijgende of dalende vliegtuigen, kan ook het vermogen van vogels om waarschuwingssignalen op te pikken verminderen¹³. Dit kan ervoor zorgen dat vogels kwetsbaarder zijn voor predatoren en ander gevaar.

3.1.2. Overige verstoringen

In een onderzoek van Burger (1981)¹⁴ werd er een significante toename in het opvliegen en vechten van meeuwen gezien wanneer een supersonisch transport vliegtuig overvloog. Omdat er in die tijd weinig supersonische vliegtuigen in werking waren trad er geen gewenning op in deze vogels. Als gevolg van de toename in gevechten tussen de vogels verminderde de clusters van nesten, ook had dit

het breken van veel eieren als gevolg¹⁴. Momenteel wordt er geen gebruik meer gemaakt van supersonische transportvliegtuigen, al zou dit in de toekomst wel het geval kunnen zijn¹⁵.

Vogels die verder van een vliegveld leven leken enkel te reageren op overvliegende vliegtuigen door toegenomen alertheid¹⁶. Wel leken vogels nerveus te worden van overvliegende vliegtuigen, dit is gebleken uit een stijging in hartslag^{17, 18}.

Uit een onderzoek dat plaatsvond bij vogels die bij de Waddenzee leven is gebleken dat 50% tot 90% van de vogels reageerde op overvliegende vliegtuigen. Rustende vogels vlogen daarbij vaak weg, terwijl broedende vogels vaker op hun plek bleven. Daarmee vallen vliegtuigen onder één van de meest versturende factoren voor vogels in het waddengebied¹⁷.

Een ander onderzoek dat keek naar overwinterende watervogels in Zwitserland concludeerde dat deze vogels niet reageerde op vliegtuigen die hoger vlogen dan 300 meter boven de grond. Ze merken hierbij op dat deze resultaten zich beperken tot deze specifieke situatie en niet in alle situaties hetzelfde zal zijn¹⁹. Vanuit 'The Bird Protection Directive' en de 'Fauna-Flora-Habitat Directive' is het laagvliegen van vliegtuigen over beschermde vogelgebieden dan ook verboden²⁰. Vooral eendachtige lijken gevoelig te zijn voor laag overvliegende vliegtuigen, maar de reactie op verstoringen kan sterk verschillen tussen soorten en individuen²¹.

Alquezar et al.²² vonden in Brazilië een verlaagde vogelsoortenrijkdom in de omgeving van vliegvelden, in vergelijking tot onverstoorte gebieden. Ook vonden ze dat rondom vliegvelden voornamelijk vogelsoorten leefden die zich voeden op insecten (veelal zangvogels in dit geval) of een generalistische voedselvoorkeur hadden (in dit onderzoek waren dat de Chileense Kievit, fig. 2, en de Cayennebosral). 40% van de vogelpopulatie bestond uit vogels van deze soorten, ondanks dat dit maar een klein aantal van de totale soorten representeerde. Dit duidt er op dat in de omgeving van dit vliegveld de vogelpopulatie homogeniseert en de biodiversiteit dus afneemt²².



Figuur 2 Chileense Kievit¹³⁶

Tabel 1. Invloed van vliegverkeer op verschillende vogelsoorten in verschillende gebieden

| Vogelsoort | Gebied | Invloed van vliegtuigen op vogels |
|-----------------------|-----------------------|---|
| Watervogels | Zwitserland | Geen invloed van overvliegende vliegtuigen (300 hoogte) op vogels ¹⁹ . |
| Rotgans | Alaska | 75% vloog wel bij overvliegend vliegtuig (305-760 meter hoogte) ²¹ . |
| Canadese gans | Alaska | 9% vloog weg bij overvliegend vliegtuig (305-760 meter hoogte) ²¹ . |
| - | Nederland (Waddenzee) | 50 tot 90% reageerde op overvliegende vliegtuigen. Rustende vogels vlogen vaker op dan broedende vogels ¹⁷ . |
| Trappen | Spanje | Toegenomen alertheid wanneer een vliegtuig overvliegt ¹⁶ . |
| Meeuwen | Jamaica | Vaker opvliegen en vechten bij overvliegen van supersonisch transportvliegtuig ¹⁴ . |
| - | - | Herrie van vliegtuigen zorgt voor minder vermogen om waarschuwingssignaal op te pikken, en heeft een negatieve invloed op populaties ¹³ . |
| Tijftjaf | Verenigd Koninkrijk | Vogels in de buurt van vliegveld gaan lager zingen ¹² . |
| Lokale vogelpopulatie | Brazilië | Verlaagde soorten rijkdom in vliegveld gebied in vergelijking met een onverstoord gebied. Vliegveldgebieden zorgden ook voor homogenisering van de vogelpopulatie ²² . |

3.1.3. Gevolgen en het voorkomen van de genoemde verstoringen

In tabel 1 is een overzicht van onderzoeksresultaten te zien. Uit vrijwel alle onderzoeken (meegenomen in deze tabel) blijkt dat een bepaalde vorm van verstoring plaats vindt als gevolg van (overvliegende) vliegtuigen. Dit kan variëren van een niet zichtbare reactie (bijvoorbeeld een verhoogde hartslag) tot het opvliegen van vogels. Deze verstoringen zorgen voor een toename in energie gebruik en kunnen ook zorgen voor een afname in beschikbare tijd om te eten, wat dus netto kan leiden tot een energietekort^{17, 18, 23}. Een energietekort kan de gezondheid van de vogel negatief beïnvloeden, evenals het reproductieve succes^{17, 23}. Uiteindelijk kan dit de populatie negatief beïnvloeden²³. Wanneer dit het geval is kan ook de zaadverspreiding belemmerd worden waardoor uiteindelijk het hele ecosysteem kan veranderen¹⁰. Verstoringen kunnen er ook direct voor zorgen dat vogels territorium verliezen of verlaten¹⁷. Om ervoor te zorgen dat vogels zo min mogelijk verstoord worden moeten vliegroutes worden aangepast met als doel om niet lager dan 300 tot 700 meter over belangrijke vogelgebieden te vliegen^{19, 20}.

3.1.4. Negatieve gevolgen van interventiemethoden voor vogel/vliegtuig aanvaringen

Om vogel/vliegtuig aanvaringen te voorkomen zijn meerdere interventiemethoden mogelijk (zie hoofdstuk 4). Echter berusten sommige van deze methoden op dierenvriendelijke en populatie verlagende middelen, zoals het afschieten of vergassen van vogels. Zo werden bijvoorbeeld 10.000 ganzen vergast rondom vliegveld Schiphol in 2013²⁴. Op de lange termijn kan dit invloed hebben op de vogelpopulaties en zelfs de staat van instandhouding van een soort negatief veranderen. De actuele data over welke, en hoe veel, vogels er gedood zijn t.b.v. interventie methodes is moeilijk te verkrijgen. Desalniettemin moet er voorkomen worden dat vogelpopulaties verkleind worden door interventiemethoden. Ook methoden die niet het doden van vogels omvatten kunnen de populaties negatief beïnvloeden. Verjagingsmethodes kunnen angst opwekken en daarmee zorgen voor bijvoorbeeld een hartslagverhoging, net zoals bij het overvliegen van vliegtuigen. Dit kost vogels energie en kan uiteindelijk ook negatief werken op de populaties^{23, 25}. Daarom moeten de interventiemethoden in eerste instantie gericht worden op het verlagen van vogelaantallen op het vliegveld door de omgeving onaantrekkelijk te maken, hier wordt later over uitgeweid.

3.2. Overige negatieve invloeden van vliegverkeer op de natuur

3.2.1. Klimaatverandering en habitat degradatie

Zoals eerder al beschreven draagt vliegverkeer voor een substantieel deel bij aan klimaatverandering. Om klimaatverandering te reduceren zullen de CO₂ emissies voor een groot gedeelte moeten stoppen. In 2050 zal de bijdrage van de CO₂ uitstoot van vliegverkeer op het opwarmen van de aarde (volgens voorspellingen in lijn met het klimaat akkoord van Parijs) waarschijnlijk oplopen tot tussen de 1.4% en 2% van de opwarming als gevolg van uitstoot van fossiele brandstoffen. De CO₂ uitgestoten door vliegtuigen blijft lang aanwezig in de atmosfeer, daarom zal de CO₂ uitstoot van het vliegverkeer van dit decennium gevolgen hebben voor de volgende decennia²⁶. Er is ook gebleken dat uitstoot van vliegverkeer in totaal heeft bijgedragen aan 5% van de wereldwijde antropogene stralingsforcering (wanneer de stralingsforcering positief is wordt er meer energie van de zon op de aarde opgenomen dan dat er in de ruimte verdwijnt, dit veroorzaakt verwarming)²⁷. Ongeveer twee derde van de stralingsforcering van vliegverkeer wordt getriggerd door andere uitstoot dan CO₂, namelijk aerosolen,

waterdamp en NOx uitstoot²⁸. Vliegverkeer zorgt ook voor luchtvervuiling, dit bleek eerder bij te dragen aan ongeveer 16.000 premature doden²⁷, en kan ook een negatieve invloed hebben op vegetatie, water kwaliteit en wilde dieren²⁹.

Vliegvelden kunnen dus een negatieve invloed hebben op de waterkwaliteit. Verschillende onderzoeken zijn gedaan naar de effecten van regenwater afvoer van vliegvelden en de invloed hiervan op de natuur. Bijvoorbeeld in Pennsylvania werden onder meer invertebrata populaties beïnvloedt, deze ondervonden stress door de vervuiling van het water als gevolg van de aanleg van een vliegveld³⁰.

Over het algemeen wordt bij het kiezen van een geschikte plek om een vliegveld aan te leggen gelet op de economische waarde van de locatie, en of het een groot, plat, oppervlak betreft. Er wordt lang niet altijd rekening gehouden met de ecologische waarde van het gebied. Het aanleggen van een vliegveld heeft dan ook vaak degradatie of destructie van het leefgebied van verschillende soorten tot gevolg. Zo is er bijvoorbeeld minder voedsel beschikbaar voor dieren, wat een negatieve invloed kan hebben op de instandhouding van soorten²⁹.

3.2.2. Natuurontwikkeling rondom vliegvelden

In de meeste landen moeten vliegvelden voldoen aan regulaties met betrekking tot de natuurlijke omgeving. Bijvoorbeeld in Australië zijn er regulaties voor vliegvelden over vervuiling van water, bodem, lucht, geluid en chemicaliën. Ook is het bedrijf dat verantwoordelijk is voor het vliegveld verplicht om aan te geven hoe ze om zullen gaan met de invloed die het vliegveld op de natuur in de omgeving heeft³¹. In Nederland wordt er bij de aanleg van een vliegveld rekening gehouden met omliggende natura2000 gebieden en de mogelijke invloed van het vliegveld op deze gebieden³². Ook wordt er in Nederland bij het aanleggen van een vliegveld een afstand bepaald waarin er geen bestemming of gebruik van nieuwe natuurgebieden is toegestaan. Voor vliegveld Twente bijvoorbeeld geldt hier een radius van 6 kilometer vanaf de start en landbaan, dit geldt niet voor reeds bestaande natuurgebieden binnen dat gebied³³.

4. Vogel/vliegtuig aanvaringen (wereldwijd)

In dit deel worden feiten en oorzaken van vogel/vliegtuig aanvaringen wereldwijd besproken, evenals interventiemethoden om deze conflicten op te lossen.

4.1. Vogel/vliegtuig aanvaringen

Vogels en vliegtuigen vormen een groot risico voor elkaars veiligheid, met name wanneer er bij vliegroutes geen rekening wordt gehouden met vogel populaties en migratie routes³⁴. Wanneer een aanvaring ontstaat tussen vogels en een vliegtuig kan het vliegtuig grote schade oplopen of zelfs neerstorten. De voornaamste oorzaak van het neerstorten van een vliegtuig door een aanvaring met een vogel is het kapot gaan van een van de motoren wanneer een vogel hierin terecht komt³, 44% van de aanvaringen vindt plaats bij een van de motoren. Daarna komen de meeste aanvaringen (31%) voor bij de vleugels van het vliegtuig. In 13% van de gevallen raakt een vogel de voorruit⁴. Deze aanvaringen vormen wereldwijd een probleem, maar verschillen onderling sterk in bijvoorbeeld betrokken vogelsoorten en de hoeveelheid veroorzaakte schade.

4.1.1. Gevolgen voor mensen en vliegverkeer

Minimaal 286 menselijke doden zijn wereldwijd (tot 2017) veroorzaakt door aanvaringen tussen vogels en vliegtuigen³⁴, dit is een relatief klein aantal, vooral wanneer dit vergeleken wordt met het aantal menselijke doden als gevolg van bijvoorbeeld verkeersongevallen met auto's³⁵. Bij 65% van de gevallen was geen sprake van schade aan het vliegtuig na de aanvaring³⁶. Wanneer wel sprake is van schade zijn hier vaak hoge kosten aan verbonden. Bijvoorbeeld in de Verenigde Staten liepen de reparatie en vertragingskosten voor de vliegtuigindustrie op tot US\$1.2-1.5 miljoen per jaar³⁷. De reparatiekosten van een vliegtuigmotor wanneer een vogel hierin terecht is gekomen kunnen variëren van US\$250,000 tot US\$1,000,000³. Wanneer een vliegtuig wordt geraakt door een vogel en daardoor een noodlanding moet maken kan het nodig zijn om brandstof te lozen om het vliegtuig lichter te maken. Gemiddeld is daardoor 43910 liter brandstof (per noodlanding) geloosd⁴, dit staat momenteel ongeveer gelijk aan 30.000 euro³⁸. Aanvaringen met vogels kunnen daardoor voor flinke economische verliezen in de luchtvaart industrie leiden³⁶.

4.1.2. Frequentie

In 2002 bleek dat er gemiddeld wereldwijd 4 tot 6 aanvaringen waren met vogels per 10.000 vluchten³. Volgens data uit het Verenigd Koninkrijk is dit opgelopen tot 5 tot 8 aanvaringen per 10.000 vluchten in 2016³⁹. De U.S. Air Force heeft jaarlijks met ongeveer 2500 aanvaringen te maken³. Tussen 1990 en 2005 zijn ongeveer 64.732 aanvaringen met vogels gerapporteerd, hierbij kwamen ongeveer 65.000 vogels om het leven waaronder 2600 eendachtige vogels en 3500 roofvogels⁴⁰.

4.1.3. Betrokken vogelsoorten

Literatuur is niet eenduidig over welke vogelsoorten de meeste aanvaringen veroorzaken. Dit is waarschijnlijk te wijten aan het feit dat niet van alle aanvaringen een melding wordt gemaakt, en bij niet alle meldingen het soort vogel vermeld is⁴¹. Ook verschillen de vogelsoorten die aanvaringen

veroorzaken sterk per gebied. Wereldwijd lijken de meeste aanvaringen veroorzaakt te worden door meeuwen, watervogels, roofvogels, merels en spreeuwen⁴⁶. Volgens Moreno-Opo (2017)³⁴ wordt van alle aanvaringen wereldwijd ongeveer 47% veroorzaakt door roofvogels. Uit onderzoek van Sodhi (2002)³ lijken de meeste aanvaringen wereldwijd veroorzaakt te worden door meeuwen. In Europa worden de meeste aanvaringen waarschijnlijk veroorzaakt door watervogels en vogels die in zwermen vliegen³⁴, in de Verenigde staten lijken ganzen, gieren, duiven, eenden en meeuwen het grootste gevaar op aanvaringen te vormen⁴⁷. De vogelsoorten die het meest betrokken zijn bij aanvaringen verschillen dus sterk per gebied. In Nederland bijvoorbeeld is er zelfs een verschil tussen de meest risicovolle soorten per vliegveld. De plek waar een vliegveld zich bevindt maakt dan ook veel uit voor de soorten die een risico vormen, aangezien aanvaringen bijna altijd plaatsvinden binnen 3 kilometer van het vliegveld^{4, 48}. Vogelsoorten waarvan het natuurlijke leefgebied uit bos bestaat zullen dan ook veel minder aanvaringen veroorzaken dan vogels die in graslanden leven en waarvoor een vliegveld dus een geschikt leefgebied is⁴⁶. Uit de informatie van tabel 2 zou geconcludeerd kunnen worden dat in Noord Europa meeuwen vaak voorkomend zijn bij vliegtuig aanvaringen, maar ook steltlopers en zwaluwen worden bijvoorbeeld regelmatig genoemd. In west en centraal Europa lijken vooral meeuwen, roofvogels, kraaien en ooievaars voor problemen te zorgen⁴⁵.

Tabel 2. de meest genoemde vogelsoorten voor vliegtuig aanvaringen per gebied, dit omvat enkel gebieden waaruit deze gegevens bekend zijn. Er moet ook opgemerkt worden dat deze gegevens veelal eenzijdig zijn en niet worden ondersteund door meerdere bronnen. Deze tabel kan wel gebruikt worden als leidraad voor verwachtingen van de soorten die betrokken zijn met aanvaringen in een bepaald gebied.

| Gebied | Soorten die vaak betrokken zijn bij aanvaringen met vliegtuigen |
|--------------------------------|---|
| Verenigde Staten | Zwermen Canadese ganzen, meeuwen, duiven, merels, spreeuwen, mussen en roofvogels ⁴ . |
| Australië | Roofvogels, kaketoets, kieviten, eksters, meeuwen, eenden, zwaluwen, duiven, ibissen/lepelaars, en pelikanen (op volgorde van hoeveelheid incidenten) ⁴² . |
| Ghana | Schildraaf, roofvogels (kapgier, geelsnavelwouw, valken), koereiger, lelkievit, duiven ³⁷ . |
| Duitsland | Zwaluwen (30%), spreeuwen en andere zangvogels (3%), valken (13%), buizerds (15%), meeuwen en heel af en toe een grote vogel zoals reigers of ooievaars ⁴³ . |
| Zuid-Afrika | Zwaluwen, kieviten en ibissen/lepelaars, uilen, duiven, meeuwen, parelhoenen, reigers, grielen, valken, en andere roofvogels kwamen ook voor ⁴⁴ . |
| Verenigd Koninkrijk en Ierland | Meeuwen, duiven, zwaluwen, veldleeuweriken en valken ⁴⁵ . |
| Nederland en België | Meeuwen, duiven, steltlopers, spreeuwen, kraaien ⁴⁵ . |
| Scandinavië | Meeuwen, steltlopers, roofvogels, kraaien, zwaluwen ⁴⁵ . |
| Oost centraal Europa | Meeuwen, zwaluwen, buizerds, zwaluwen, duiven, torenvalken, spreeuwen, hoppen, veldleeuweriken, kraaien, kauwen, eenden en uilen ⁴⁵ . |
| Baltische staten | Raven, kraaien, duiven, meeuwen, roofvogels, ganzen, eenden ⁴⁵ . |
| Zuid Europa | Ooievaars, meeuwen, kraaien, duiven, eenden, zwaluwen, fazanten, patrijzen, spreeuwen, haviken, vinken, buizerds, uilen, gieren etc. ⁴⁵ . |

In principe geldt dat hoe groter en zwaarder de vogel is, des te meer gevaar deze oplevert voor het vliegtuig, maar een zwerm met vogels (dit zijn vaak zwermen van spreeuwen of steltlopers, fig. 3) kan meer schade veroorzaken dan een individuele grote vogel³. Vogelsoorten kunnen onderling sterk verschillen in bijvoorbeeld het vermogen om vliegtuigen te zien of horen, maar ook in bijvoorbeeld

voedselbehoeftes, de tijd die nodig is om voor kuikens te zorgen, en voor welke ziektes ze kwetsbaar zijn. Deze factoren kunnen invloed hebben op de kans die een vogel maakt om betrokken te raken bij een vliegtuig aanvaring, maar zijn tot nu toe nog niet goed onderzocht³. Om in te schatten hoe groot de kans op aanvaringen is met vogels in een bepaald gebied is informatie nodig over de aanwezige vogel populaties en de specifieke kenmerken met betrekking tot de kans op aanvaringen van deze soorten.

Aanvaringen op minder dan 152 meter hoogte (ongeveer 67% van de gevallen) lijken vooral te worden veroorzaakt door zangvogels, meeuwen, duiven en roofvogels. Bij aanvaringen die plaats vinden op meer dan 152 hoogte (ongeveer 33%) zijn vooral eendachtige, meeuwen, zangvogels en gieren betrokken⁴⁸. In het volgende stuk (4.1.4) wordt dieper ingegaan op de hoogte waarop aanvaringen plaatsvinden.



Figuur 3 Zwerm steltlopers in Groot Brittannië¹³⁷

4.1.4. Oorzaken en overige omgevingsfactoren

Verschillende factoren dragen bij aan het ontstaan van vogel/vliegtuig aanvaringen. Dit kunnen factoren zijn zoals het weer, migratieroutes, seizoenen, en andere omgevingskenmerken, maar ook het verdwijnen van geschikte foerageer en broedgebieden kan uiteindelijk meer aanvaringen veroorzaken.

Oorzaken van toenames in vogel/vliegtuig aanvaringen

De voornaamste oorzaak van de toegenomen aantallen vogel aanvaringen is de toename in vliegverkeer. Het groter en breder worden van vliegtuigen in de laatste decennia heeft er ook voor gezorgd dat het aantal aanvaringen is toegenomen. Dit komt waarschijnlijk doordat vogels verder moeten vliegen om te ontsnappen wanneer ze een breed vliegtuig zien aankomen in vergelijking met een smaller model. Het stiller worden van vliegtuigen kan gelijksoortige gevolgen hebben, omdat vogels de vliegtuigen later horen aankomen hebben ze namelijk minder tijd om van het geluid weg te vliegen en is de kans op een aanvaring groter³.

Invloed van tijd en seizoenen

De kans op een aanvaring met een bepaalde vogelsoort kan per soort en per tijd verschillen. Zo bleek uit onderzoek dat zwaluwen vaker betrokken zijn bij aanvaringen rond 8 uur in de ochtend, terwijl meeuwen vaker betrokken zijn bij aanvaringen in de middag³. Wanneer een startbaan op een vliegveld een aantal uren niet gebruikt is kan de kans groter zijn dat vogels geen gevaar verwachten en in grotere aantallen aanwezig zijn op de startbaan wanneer er na een aantal uren weer een vliegtuig aanwezig is, dit kan zorgen voor een verhoogd aantal aanvaringen³.

Wanneer vogels migreren in het migratieseizoen (in de lente en in de herfst) is de kans op een aanvaring ongeveer vijf keer zo groot^{3, 49}. Door de huidige klimaatveranderingen kunnen migratiepatronen van vogels echter veranderen, en zo ook de risico's op aanvaringen met vliegtuigen. De periodes waarin vogels vertrekken voor migratie worden het meest beïnvloed door klimaatverandering. Er kunnen ook veranderingen ontstaan in migratieroutes, migratie afstand, overwinterplaatsen en migratie intensiteit, dit kan allemaal invloed hebben op de frequentie van vogel/vliegtuig aanvaringen in bepaalde periodes⁴⁹.

Invloed van het weer

Het weer kan ook invloed hebben op het aantal aanvaringen. Eenenzestig procent van de aanvaringen komt voor bij goede weersomstandigheden (geen zware regenval en wind), omdat er dan meer vliegverkeer is. De hoeveelheid aanvaringen neemt wel gelijkmatig toe wanneer de maandelijkse hoeveelheid regen toe neemt^{3, 50}. Dit kan bijvoorbeeld worden veroorzaakt door verhoogde graan productie in graanvelden langs vliegvelden, wat vogels aan kan trekken³, maar kan ook ontstaan wanneer wormen en andere bodemdieren die een voedselbron vormen voor bijvoorbeeld meeuwen naar de oppervlakte komen als gevolg van regenval⁵⁰. Daarbij komt ook dat het asfalt van een vliegveld aantrekkelijker wordt voor vogels na regenval, aangezien hun vleugels droger blijven op het asfalt dan wanneer zij zich in het gras bevinden⁵⁰. Na hevige regenval kan water blijven staan, wat vaak ook meer vogels aan trekt^{50, 51}.

Omgevingsfactoren

Vliegvelden zijn vaak aantrekkelijk voor meerdere vogelsoorten. Er zijn een aantal kenmerken van vliegvelden en hun omgeving die dit veroorzaken. Omgevingskenmerken die vogels aantrekken en vaak worden geassocieerd met vliegvelden houden onder andere het volgende in:

- Landbouwwelden rondom vliegvelden staan er om bekend om vogels aan te trekken. Mais en graanvelden trekken meer zwermende vogels aan dan andere landbouw en vormen daardoor een iets groter risico voor aanvaringen wanneer deze zich bevinden binnen 13 km van het vliegveld⁵².
- Vliegvelden en hun omgeving zijn door de semi-natuurlijke graslanden aantrekkelijk voor geleedpotigen, die op hun beurt weer vogels aantrekken⁵³.
- Voedselbronnen zoals konijnen trekken roofvogels aan³⁴. Met name lang gras is aantrekkelijk voor kleine zoogdieren⁵⁴.
- (voedsel)afval op het vliegveld kan duiven aantrekken wanneer het niet goed beheerd wordt⁵⁴.
- Een divers landschap met zowel stedelijke als rurale kenmerken trekt roofvogels, watervogels en stadsvogels aan en verhoogt de kans op aanvaringen binnen 3 km van een vliegveld⁵².
- Een grote hoeveelheid watergebieden met een grote diameter trekken eendachtige soorten aan, dit verhoogt de kans op aanvaringen binnen 13 km van het vliegveld. Dit wordt

gestimuleerd wanneer deze gebieden dicht bij elkaar liggen⁵². Ook waterlichamen die bestemd zijn voor drainage kunnen vogels aantrekken⁴⁰.

- De hoeveelheid bomen bepaalt ook hoeveel vogels aangetrokken worden tot het vliegveld aangezien ze hier nesten kunnen maken⁵⁴.
- Hangars en parkeergarages kunnen door onder andere duiven en spreeuwen gebruikt worden om te nestelen⁵⁴.

Locatie van aanvaringen

Bijna alle aanvaringen (99%) komen voor op een hoogte van minder dan 3 kilometer⁵⁵. Meer dan 70% van de conflicten komen voor op de grond of in de lucht op een hoogte van minder dan 152 meter van de grond^{4, 48}, dit zou corresponderen met een straal van ongeveer 2.5km van het opstijgpunt, de meeste interventiemethoden zullen dan ook gericht moeten worden op dit gebied. Er kunnen echter ook aanvaringen plaatsvinden op grotere hoogte buiten het gebied (minimaal 3 kilometer van het vliegveld, ofwel op een hoogte van meer dan 180 meter)⁴⁸. Een van de meest hoge aanvaringen werd veroorzaakt door een grijze vleermuis op 2.4 km hoogte⁵⁶. Er van uitgaande dat een vliegtuig 62.5 meter stijgt per kilometer zou dit op een afstand zijn van 38 km van het vliegveld. Het is daarom ook van belang om de wijde omgeving van een vliegveld te betrekken in het oplossen van dit conflict. Dit is vaak een probleem omdat omringende gebieden van een vliegveld door andere eigenaren en instanties beheerd worden, dit kan voor conflicten zorgen⁵².

Vermindering in foerageer en broed gebieden

Wereldwijde verstedelijking draagt bij aan het verlies van biodiversiteit en heeft het fragmenteren van leefgebieden van dieren en planten als gevolg. Dit heeft onder andere negatieve gevolgen voor vele vogelsoorten. In stedelijke gebieden leven minder vogelsoorten dan in een vergelijkbaar niet stedelijk gebied⁵⁷. Hieruit kan men concluderen dat door de toename in stedelijke gebieden, natuurlijke habitat voor vogels afneemt.

Naast verstedelijking is ontbossing ook een oorzaak van habitat fragmentatie in verschillende delen van de wereld. Ontbossing zorgt voor een vermindering aan geschikte leefgebieden voor vogelsoorten die afhankelijk zijn van bossen⁵⁸.

Ook heeft een toename aan gebied bestemd voor agricultuur, vogel habitat fragmentatie tot gevolg. In de Verenigde Staten bijvoorbeeld was het verlies aan graslanden groter dan het verlies aan bosachtige gebieden in een groot gedeelte van het land. Dit had een afname van vogelpopulaties in grasachtige gebieden als resultaat⁵⁹. Ook in Nederland daalt het aantal graslanden plaatselijk door bijvoorbeeld het converteren van graslanden naar velden voor agricultuur⁶⁰.

Sinds 1966 is het aantal vogels in Noord-Amerika afgenomen met ongeveer 18 procent. Dit is een gevolg van veranderingen in het landschap, zoals de conversie van bos naar agricultuur. Vogelpopulaties met als habitat open gebied, grensgebieden of wetlands zijn met name afgenomen. Dit zijn dan ook de gebieden die het meest zijn aangetast door menselijke activiteiten⁶¹.

Vliegvelden hebben, zoals eerder beschreven, kenmerken die voor veel vogels voldoen om het een geschikt leefgebied te maken. Onder meer de grote open vlaktes die kenmerkend zijn voor een vliegveld, evenals de aanwezigheid van zoet water maakt het een geschikt terrein voor veel vogelsoorten^{52, 53}. Met het oog op de eerder genoemde afname in leefgebieden van vogels kunnen vliegvelden vogels aantrekken, zeker wanneer er weinig andere geschikte leefgebieden voor vogels

zijn in de omgeving. Het afnemen van broed en foerageergebieden is daarmee een indirecte veroorzaker van aanvaringen.

4.1.5. Internationale regels rondom aanvaringen en interventiemethoden

De ICAO (internationale burger luchtvaart organisatie) heeft een “Wildlife Management and Control Regulatory Framework & Guidance Material” rapport opgesteld met internationale regels waar vliegvelden zich aan dienen te houden om aanvaringen te voorkomen. Hierin staat onder andere hoe de aanvaringen en ander informatie rondom aanwezige wilde dieren geregistreerd moet worden, hoe het vliegveld moet worden aangepast om aanvaringen te voorkomen en hoe landschappen in de omgeving zich moeten ontwikkelen. Een paar voorbeelden van richtlijnen om een vliegveld en de omgeving in te richten zijn als volgt beschreven⁶²:

- Afval dat dieren aantrekt moet zo veel mogelijk onbereikbaar gemaakt worden.
- Bij ontwikkelingen in de omgeving van het vliegveld moet er voor gezorgd worden dat deze geen vogels aantrekken.
- Voor iedere diersoort in de omgeving die een mogelijk gevaar vormt moet worden vastgesteld waartoe deze soort wordt aangetrokken (bijvoorbeeld voorkeuren in beschikbaar water, voedsel of landschap).
- Om aanvaringen te voorkomen moeten factoren die dieren aantrekken geminimaliseerd worden (bijvoorbeeld stilstaand water en voedselbronnen verminderen).
- Wanneer mogelijk moeten de dieren op afstand gehouden worden door verjagingstechnieken of door dodelijke middelen.
- Vliegroutes kunnen worden aangepast om aanvaringen te voorkomen.

4.2. Interventie methodes voor vogel/vliegtuig aanvaringen

Een van de manieren om aanvaringen te voorkomen is het weghouden van vogels bij vliegvelden en vliegtuigen. Dit kan op verschillende manieren gedaan worden. Zo zijn er talloze afschrikmiddelen tegen vogels beschikbaar, maar ook andere maatregelen zoals het aanpassen van de omgeving van het vliegveld kunnen nuttig zijn. Op de meeste vliegvelden wordt actieve controle uitgevoerd door medewerkers van het vliegveld die hier in gespecialiseerd zijn, of door medewerkers van andere departementen³⁶. Tijdens de actieve controle kunnen verschillende methodes worden gebruikt om de vogels af te schrikken. Het gaat hierbij vooral om auditieve en visuele afschrikmiddelen, of bijvoorbeeld het inzetten van natuurlijke vijanden²⁵. In dit hoofdstuk worden verschillende interventie methodes besproken die onderzocht zijn of toegepast worden op vliegvelden.

4.2.1. Auditieve afschrikmiddelen

Auditieve afschrikmiddelen zorgen voor afschrikking van vogels door het creëren van verontrustende geluiden. In sommige gevallen werken deze auditieve afschrikmiddelen ook visueel, zoals bij het gebruik van lichtgevend vuurwerk. In tabel 3 is een overzicht van de behandelde auditieve afschrikmiddelen te zien.

Pyrotechnieken

Om vogels af te schrikken kunnen pyrotechnieken gebruikt worden die een hard geluid maken en/of lichten afgeven. Voorbeelden hiervan zijn geweren met exploderende patronen (shellcrackers) die een luide knal veroorzaken die de vogels moet afschrikken. Er kan ook vuurwerk worden afgevuurd, met name vuurwerk dat een krijsend geluid maakt kan helpen in het afweren van vogels. Vuurpijlen die minder geluid maken maar wel goed zichtbaar zijn kunnen nuttig zijn om vogels weg te jagen wanneer het donker is. Het nadeel van deze technieken is dat vogels snel gewend raken aan de geluiden²⁵. Om effectief te zijn zullen pyrotechnieken op een geschikte manier gebruikt moeten worden. Hierbij moet de gewenning van vogels in de gaten gehouden worden, er moet daarom niet te vaak vuurwerk worden afgestoken maar alleen wanneer nodig en wanneer mogelijk op willekeurige tijdstippen en plaatsen^{25, 63}. Dit vereist veel moeite en deze techniek is dan ook erg arbeidsintensief.

Geweren met munitie

Geweren met munitie kunnen op dezelfde manier gebruikt worden als pyrotechnieken, met het verschil dat munitie wordt gebruikt. Dit zorgt voor een knal die vogels kan afschrikken, en kan mogelijk ook vogels doden. Dit heeft niet als doel om de vogelpopulatie omlaag te brengen, maar om de effectiviteit van andere interventiemethoden te verhogen²⁵. Af en toe een vogel doden laat de vogel zien dat er een reëel gevaar is. Wanneer dit niet gedaan wordt weten vogels vaak snel dat er geen echt gevaar is en ontstaat er gewenning. Echter is in een onderzoek bij visserijen gebleken dat dit aalscholvers (fig. 4) en reigers slechts tijdelijk verjaagt²⁵. Bij een onderzoek waar langs vogels geschoten werd en af en toe vogels gedood werden bleek dat het dood schieten van enkele vogels gewenning wist te voorkomen bij meeuwen, maar niet bij kraaien⁶⁴. Hierbij moet wel in acht worden genomen dat het doden van vogels uiteindelijk een negatieve invloed kan hebben op de vogelpopulaties, met name bij soorten die een slechte staat van instandhouding hebben⁶⁴.

Kanonnen en andere explosieven

Ook kanonnen en andere explosieven kunnen vogels afschrikken door middel van geluid. Er zijn verschillende mogelijkheden om hier gebruik van te maken, bijvoorbeeld door de explosieven op

afstand te besturen of kanonnen verschillende richtingen op te laten schieten. Omdat de kanonnen geen gevaar zijn voor de vogels zijn ze na een korte tijd gewend aan het geluid, en zal deze methode minder goed werken. Deze methode werkt daarom alleen in combinatie met een andere interventie methode of wanneer vogels slechts voor een korte periode verjaagd moeten worden²⁵. In landbouwgebieden bleek een willekeurige tijdsinterval van het afschieten van de kanonnen tussen de 7 en 20 minuten het meest effectief te zijn. Ook moeten de kanonnen dan wekelijks verplaatst worden⁶⁵.

Alarmgeluiden van vogels

Wanneer vogels in gevaar zijn maken ze specifieke geluiden die andere vogels kunnen waarschuwen. Deze geluiden zijn voor iedere soort anders, en kunnen vogels van specifieke soorten afschrikken. Omdat reageren op deze geluiden in de natuur sterk verbonden is met de kans op overleving van de vogels, duurt het langer voor de vogels gewend raken aan de geluiden, vergeleken met andere geluiden zoals knallen van kanonnen²⁵. Deze methode is effectief gebleken in meerdere onderzoeken²⁵, zo ook bijvoorbeeld bij het verjagen van papegaaiachtigen uit boomgaarden⁶⁵. Deze methode lijkt vooral effectief te zijn als hij wordt gecombineerd met andere methoden, zoals pyrotechnieken^{66, 25}. De alarmgeluiden van vogels kunnen ook gecombineerd worden met geluiden van roofvogels, dit zou eventueel de effectiviteit van deze methode kunnen vergroten^{67, 25}. In een onderzoek naar het afschrikken van vogels op stortplaatsen is gebleken dat alarmgeluiden van vogels een significante verlaging in de hoeveelheid meeuwen en kraaien op de stortplaats teweeg bracht. De effectiviteit nam gradueel af door gewenning van de vogels⁶⁴. De geluiden kunnen het best worden afgespeeld vanaf een bewegend voertuig zodat ze op het juiste moment op de juiste plek gebruikt kunnen worden, dit is dicht bij de vogels en wanneer mogelijk voordat deze gesetteld zijn op een plek²⁵. Een mogelijk nadeel van deze methode is dat deze geluiden voor roofvogels een signaal zijn dat hun prooi in de buurt is. Dit kan roofvogels naar het vliegveld trekken en zorgen voor meer conflicten⁶⁵. Ook is deze methode afhankelijk van de reactie van de specifieke vogelsoorten. Zo is bij meeuwen gebleken dat zij eerst om het geluid heen cirkelen om het gevaar te ontdekken, dit is gevaarlijk op een vliegveld gezien dit de kans op een aanvaring met een vliegtuig kan verhogen. Om effectief te zijn voor meeuwen zullen deze geluiden daarom op relatief grote afstand van de startbaan afgespeeld moeten worden. Voor vogelsoorten die geen alarmgeluiden maken, bijvoorbeeld de houtduif, is deze methode niet geschikt, en over het algemeen reageren zwermen vogels sterker op de geluiden dan solitaire vogels²⁵. Aangezien zwermende vogels een groter gevaar vormen voor vliegtuigen dan solitaire vogels zou dit dus een goede methode kunnen zijn.

Infrasone geluiden

Vogels zijn over het algemeen niet heel goed in het horen van ultrasone geluiden maar kunnen daarentegen wel infrasone geluiden oppikken. In onderzoek is gebleken dat wanneer vogels worden blootgesteld aan infrasone geluiden zij op zoek gaan naar de bron van het geluid. Wanneer deze geluiden rond de startbaan van een vliegveld worden afgespeeld zou dit vogels alerter kunnen maken waardoor ze een vliegtuig eerder kunnen opmerken. Dit werkte goed in een test met een truck en wilde vogels, de vogels begonnen eerder aan hun ontsnapping van de truck wanneer infrasone geluiden werden afgespeeld. Om gewenning aan de geluiden te voorkomen kunnen deze het beste alleen worden gebruikt wanneer vogels die mogelijk een probleem kunnen vormen gedetecteerd worden, bijvoorbeeld met een radar⁶⁸.

Tabel 3. Schematisch overzicht van de behandelde auditieve afschrikmiddelen. In de eerste kolom is de desbetreffende methode aangegeven. In de tweede kolom, waar van toepassing, is de specifieke toepassing van deze methode weergegeven. De derde kolom betreft specifieke vogelsoorten wanneer het om een onderzoek gaat. De volgende kolom geeft de omgeving aan waar het onderzoek plaats heeft gevonden. In de vijfde kolom wordt kort beschreven of deze methode effectief is, in de zesde kolom wordt, waar van toepassing, beschreven of er gewinning op treedt bij deze methode. Eventuele voor- (+) en nadelen (-) worden in de een na laatste kolom besproken. De laatste kolom weergeeft de bronnen. In de eerste rij van iedere methode worden de algemene kenmerken van deze methode besproken, in plaats van één specifiek onderzoek zoals in de rijen daaronder gebeurt.

| Methode | Toepassing | Vogelsoort | Omgeving | Effectief? | Gewinning? | + en - | Bron |
|--------------------------|---|-------------------------|---|--|---|--|--|
| Pyrotechnieken | Algemeen | - | - | Variabel en wanneer gewinning voorkomen kan worden | Snel | + Geschikt voor in de nacht + Goed te gebruiken in combinatie met andere maatregelen - Arbeidsintensief - Gewinning moet voorkomen worden - Kan gevaarlijk zijn - Geluidsoverlast | Harris, 1998; Matyjasiak, 2008; Bishop, 2003 |
| | Algemeen | Aalscholvers | Visserij | Ja | Geen informatie | | Harris, 1998 |
| | Exploding shells | - | Vliegvelden, stortplaatsen, fruit bomen, granen | Ja | Snel | + grote afstand | Harris, 1998 |
| | Pistol based | Meeuwen | Stortplaats | Ja | Snel, te voorkomen door goed gebruik | - Kortere range dan shells | Harris, 1998 |
| | | Reiger | Visserij | Ja | Snel, te voorkomen door goed gebruik | - Kortere range dan shells | Harris, 1998 |
| | | Canadese gans | Stadparken | Ja | Snel, te voorkomen door goed gebruik | - Kortere range dan shells | Harris, 1998 |
| | Raketten (max 4 per uur) | - | Stortplaatsen | Ja | Geen informatie | | Bishop, 2003 |
| Geweren met ammunitie | Algemeen | - | - | Alleen als gewinning voorkomen kan worden | Gewinning treed vaak snel op | - Arbeidsintensief - Om effectief te zijn moeten enkele vogels gedood worden - Duur | Harris, 1998 |
| | Af en toe een vogel doden | Aalscholvers en reigers | Visserij | Nee (snelle gewinning) | Snel | + Gewinning kan verminderd worden - Vogelpopulaties kunnen afnemen | Harris, 1998 |
| | Af en toe een vogel doden | Meeuwen en kraaien | Stortveld | Wel bij meeuwen, niet voor kraaien | Gewinning nam af bij meeuwen (in vergelijking tot schieten zonder doden), maar niet bij kraaien | + Gewinning kan verminderd worden - Vogelpopulaties kunnen afnemen | Baxter, 2010 |
| Kanonnen | Algemeen | - | - | Alleen als gewinning voorkomen kan worden | Gewinning treed vaak snel op | + Kunnen op afstand bestuurd worden of vooraf ingesteld worden + Kunnen ook in de nacht gebruikt worden - Heeft effect op een klein gebied - Gewinning moet voorkomen worden door te combineren met andere technieken en het moment en de locatie van de knal onvoorspelbaar te maken | Harris, 1998; Rivadeneira, 2018 |
| | Eén kanon op elke 50 meter langs de startbaan | Meeuwen | Vliegveld | Ja | Snel | | Harris, 1998 |
| | Kanonnen | Aalscholvers | Scheepswerf | Ja | Geen informatie | | Harris, 1998 |
| | 30 seconden interval | Merels en spreeuwen | Nest plekken | Ja | Geen informatie | | Harris, 1998 |
| | Willekeurig tussen de 7 en 10 minuten | - | Landbouwvelden | Ja | Geen informatie | | Rivadeneira, 2018 |
| Alarmgeluiden van vogels | Algemeen | - | - | Wanneer gewinning voorkomen wordt | Treedt op, maar langzamer dan bij andere auditieve technieken | + Gewinning treedt langzamer op + Kan ook 's nachts gebruikt worden - Uiteindelijk treedt gewinning wel op, deze methode moet dus gecombineerd worden met andere methodes - Kan roofvogels aantrekken - Niet geschikt voor vogels die geen alarmgeluid maken (bijvoorbeeld houtduiven) | Harris, 1998; Rivadeneira, 2018 |
| | Algemeen | Papegaaiachtige | Boomgaard | Ja | Ja maar langzamer dan bij andere auditieve technieken | | Rivadeneira, 2018 |
| | Gecombineerd met pyrotechnieken | - | - | Ja | Langzaam | | Berge, 2007 |
| | Algemeen | Meeuwen en kraaien | Stortplaatsen | Ja | Gradueel | | Harris, 1998 |
| Infrasone geluiden | Algemeen | - | - | Kan vogels alerter maken op gevaar | Ja | - Gewinning kan optreden dus moet met mate gebruikt worden | Short, 2000 |

4.2.2. Visuele afschrikmiddelen

Naast auditieve afschrikmiddelen kunnen ook visuele middelen gebruikt worden om vogels af te schrikken. Hieronder worden een aantal mogelijkheden besproken. In tabel 4 is een overzicht van de behandelde visuele afschrikmiddelen te zien.

Vogelverschrikkers en modellen van roofvogels

Om vogels op een visuele manier af te schrikken kunnen modellen van natuurlijke vijanden zoals roofvogels, maar ook mensen, worden gebruikt. Dit houdt onder andere menselijke vogelverschrikkers in. Ook kunnen hiervoor vliegers en drones gebruikt worden, maar deze zullen minder effectief zijn dan realistischere modellen, aangezien hoe realistischer het model is, hoe groter de effectiviteit om vogels af te schrikken. Echter kunnen vogels, net zoals bij auditieve afschrikmiddelen, gewend raken aan de stimulus. Daarom zijn bijvoorbeeld vogelverschrikkers effectiever als ze regelmatig verplaatst worden, en worden gebruikt in combinatie met andere middelen. In onderzoek is bijvoorbeeld gebleken dat een menselijke vogelverschrikker die zichtbaar wordt wanneer een kanon wordt afgevuurd effectief was in het verjagen van lijsters. Er zijn veel verschillende vogelverschrikkers beschikbaar die op specifieke manieren vogels proberen te verjagen. Over het algemeen raken vogels snel gewend aan vogelverschrikkers, en ook bewegende vogelverschrikkers hebben maar een tijdelijk effect²⁵. Daarom is het niet aan te raden om vogelverschrikkers te gebruiken wanneer vogels voor een langere tijd weg gejaagd moeten worden. Hetzelfde geldt voor andere afschrikkende modellen, zoals modellen van roofvogels, al dan niet bewegend, en modellen van dode meeuwen op de grond^{25, 67, 69}.

Lichten en reflectoren op het vliegveld

Vogels kunnen lichten ervaren als een onbekende stimulus en daardoor afgeschrikt worden. Ook kunnen lichten effectief zijn tegen vogels die in de nacht actief zijn, omdat ze door het licht verblind of gedesoriënteerd kunnen worden. Ze kunnen echter ook juist vogels aantrekken in het donker, vooral als het mistig of bewolkt is. Met name flitsende lichten zouden vogels kunnen afschrikken, maar de resultaten hiervan zijn niet eenduidig. In de meeste onderzoeken reageren de vogels wel op lichtflitsen (een verhoging in hartslag kan een gevolg zijn van blootstelling), maar ze lijken geen vlucht reacties te vertonen. Wellicht kan dit veranderen wanneer de lichten worden gecombineerd met een andere methode die afschrikkend werkt²⁵. De aankomstlichten langs de landingsbaan die oplichten wanneer een vliegtuig gaat landen kunnen aanvaringen mogelijk voorkomen of verminderen, deze zijn vaak al aanwezig op vliegvelden⁷⁰. Vogels die actief zijn in de nacht reageren wel op lichten maar tonen ook snel gewenningsverschijnselen. Wanneer lampen gebruikt worden om vogels af te schrikken kunnen het best flitsende lampen gebruikt worden, gecombineerd met andere afschrikkende methodes, zoals kanonnen. Op een vliegveld moet worden opgepast met lampen aangezien er voorkomen moet worden dat piloten of luchtverkeersleiders minder goed kunnen zien. Reflecterende oppervlakten, zoals reflecterend tape, zouden ook vogels kunnen verjagen door het flitsende effect wat gecreëerd wordt. Ook hierbij zijn gemengde resultaten gevonden. Tape kan in de wind geluid maken wat het verstorende effect op vogels kan verhogen. Op zichzelf zullen reflecterende oppervlakten geen effectieve methode zijn, maar het kan wel effectiviteit van andere methoden verhogen²⁵. Voor zowel flitsende lampen als reflecterende oppervlakte geldt dat vogels hier snel gewend aan raken en het effect verdwijnt, dit proces kan vertraagd worden door deze methodes te combineren met andere methodes, en de tijd en plaats onvoorspelbaar te houden voor vogels^{65, 71}. Het is van belang om deze methodes toe te passen als er nog geen vliegtuig in de buurt is, vanwege het mogelijk desoriënterende effect van het licht. Ook worden sommige vogelsoorten juist aangetrokken tot onbekende objecten wat deze methode ineffectief maakt⁷².

Model vliegtuigen/drones

Op afstand bestuurbare modelvliegtuigen of drones, met voorkeur lijkend op een roofvogel, kunnen vogels verjagen. Deze modelvliegtuigen of drones moeten manueel vanaf de grond bestuurd worden, wat erg arbeidsintensief is. Ook is het besturen van een model vliegtuig op een zodanige manier dat vogels worden afgeschrikt vrij moeilijk, het weer speelt hier een grote rol bij^{70,25}. In meerdere tests is gebleken dat deze methode vogels succesvol wegjaagt door het simuleren van een roofvogel²⁵ bij tests in Vancouver werden meeuwen, eenden en ganzen verjaagd⁷³. Een test met drones die lijken op een roofvogel en een bijpassend geluid maken zijn pestvogels succesvol van een wijngaard verjaagd voor langere tijd⁶⁹. Er moet wel rekening gehouden worden met mogelijke gevaren die komen kijken bij deze methode, zo kunnen vogels geraakt worden en zou het gevaar op kunnen leveren voor vliegtuigen. Deze methode kan dan ook niet te dicht bij een start of landingsbaan gebruikt worden. De gewenning van vogels aan deze methode lijkt langer te duren in vergelijking met de meeste andere methodes²⁵.

Tabel 4. Schematisch overzicht van de behandelde visuele afschrikmiddelen. In de eerste kolom is de desbetreffende methode aangegeven. In de tweede kolom, waar van toepassing, is de specifieke toepassing van deze methode weergegeven. De derde kolom betreft specifieke vogelsoorten wanneer het om een onderzoek gaat. De volgende kolom geeft de omgeving aan waar het onderzoek plaats heeft gevonden. In de vijfde kolom wordt kort beschreven of deze methode effectief is, in de zesde kolom wordt, waar van toepassing, beschreven of er gewenning op treedt bij deze methode. Eventuele voor- (+) en nadelen (-) worden in de een na laatste kolom besproken. De laatste kolom weergeeft de bronnen. In de eerste rij van iedere methode worden de algemene kenmerken van deze methode besproken, in plaats van één specifiek onderzoek zoals in de rijen daaronder gebeurt.

| Methode | Toepassing | Vogelsoort | Omgeving | Effectief? | Gewenning? | + en - | Bron |
|---|--|--|----------------------------|--|---|--|-----------------------------------|
| Vogelverschrikkers en modellen van roofvogels | Algemeen | - | - | Tijdelijk, gewenning treedt vaak snel op | Snel | + Makkelijk te gebruiken - Werkt niet 's nachts - Gewenning treedt snel op | Harris, 1998; Rivadeneira 2018 |
| | Ballonnen met getekende ogen | - | Wijngaard in Nieuw Zeeland | Nee | Snel | | Rivadeneira, 2018 |
| | Opblaasbare menselijk ogende zak, blaast iedere 5 minuten op | Aalscholvers en reigers | Visserij | Ja | Met name de reigers vertoonden snel gewenning | + Gewenning treedt mogelijk langzamer op door de afwisselende werking | Harris, 1998 |
| | Vogelverschrikker | Waadvogels | Visvijvers | Nee | Zeer snel | | Harris, 1998 |
| Lichten en reflectoren op het vliegveld | Algemeen | - | - | Wisselend, gewenning treedt snel op | Snel | + Ook 's nachts te gebruiken + Reflectorend tape is makkelijk te (ver)plaatsen - Gewenning treedt snel op - Sommige lampen kunnen desoriënterend werken en moeten dus niet gebruikt worden wanneer een vliegtuig in de buurt is | Harris, 1998 |
| | Fluorescerend tape | Rotgans | Graanveld | Ja | Geen informatie | | Harris, 1998 |
| | Reflectorend tape | - | Bosbessen plantage | Nee | Geen informatie | | Harris, 1998 |
| | Flitsende lichten | Nachtvogels | Watergebied | Ja | Gewenning of aanpassing treedt snel op | | Harris, 1998 |
| Modelvliegtuigen/drones | Algemeen | - | - | Ja | Langzamer | + Gewenning treedt mogelijk langzamer op dan bij andere visuele afschrikmiddelen + kan goed gecombineerd worden met bijvoorbeeld alarmgeluiden van vogels - Kan niet dicht bij start of landingsbaan gebruikt worden - Besturen is arbeidsintensief | Harris, 1998; Wang, 2019 |
| | Drone met vogel alarmgeluiden | - | Wijngaard (Australië) | Ja, in een 50m radius. Grote pestvogels blijven langer weg dan kleine vogels | Langzaam, sneller bij kleine vogels | + Minder arbeidsintensief door programmering | Wang, 2019 |
| | Vliegtuigje met gelijkenissen van een valk | Eenden, ganzen, spreeuwen en plevieren | Vliegveld (Vancouver) | Ja | Geen informatie | - Moeilijk te besturen | Harris, 1998 |
| | Modelvliegtuig | Aalscholvers, reigers | Viskwekerij | Ja | Geen informatie | | Harris, 1998 |

4.2.3. Getrainde dieren

Om vogels te verjagen kunnen getrainde dieren worden ingezet, hiervoor worden veelal roofvogels gebruikt, en in sommige gevallen honden. In tabel 5 is een overzicht van de behandelde methodes met getrainde dieren te zien

Roofvogels

Roofvogels (fig. 4) kunnen ingezet worden door valkeniers en kunnen vogels achter nazitten en eventueel doden. Omdat veel vogels roofvogels als natuurlijke vijand hebben zijn ze zo geëvolueerd dat ze roofvogels snel herkennen en zullen proberen te ontsnappen. Op die manier kunnen vogels weggejaagd worden van een vliegveld. Omdat de roofvogels een daadwerkelijk gevaar vormen voor de vogels, zeker wanneer ze af en toe een vogel doden, treedt er geen of bijna geen gewenning op bij deze methode. Echter is hierbij moeilijk controle te houden over de soort vogel die gedood wordt, waardoor mogelijk vogels van een soort die in een ongunstige staat van instandhouding hebben ook gedood kunnen worden. Bijna alle vliegvelden waar deze methode is getest (meestal in combinatie met andere methodes zoals pyrotechnieken) beschouwen deze methode als succesvol. Het gebruiken van roofvogels vereist veel tijd en expertise van een professionele valkenier, en is duur. De vogels kunnen niet worden ingezet bij slecht weer (harde wind, mist en zware regenval)^{25, 73, 74}. Valken waren effectief in het verjagen van kraaien en meeuwen van een stortplaats, maar hadden geen effect op grote ganzen⁶⁵. Roofvogels kunnen zowel dicht bij de grond als op grote hoogte vogels verjagen⁷⁰. De soort roofvogel die gebruikt moet worden voor de meeste effectiviteit hangt af van de vogelsoorten die verjaagd moeten worden. Deze techniek werkt net zoals veel andere methodes het beste wanneer meerdere interventie methodes gecombineerd worden⁷⁵.



Figuur 4 Getrainde valken (verschillende soorten)¹³⁸



Figuur 5 Border collie¹³¹

Honden

Buiten roofvogels kunnen ook honden gebruikt worden om op vogels te jagen. De meest geschikte hondensoort hiervoor is de border collie (fig. 5), één border collie kan 50 vierkante kilometer vrijhouden van vogels. Verjaging met honden is vooral effectief voor vogels die zich veel op de grond bevinden, zoals steltlopers, en minder effectief voor vogels die veel in de lucht zijn, zoals zwaluwen⁷³. Ook jagen de honden effectiever op zwermende vogels dan individuen⁷⁴. Durban International Airport heeft een border collie programma ingesteld om vogels te verjagen, dit is effectief gebleken in het verjagen van vogels, maar werd wel gebruikt in combinatie met andere methodes (patrouilleren, habitat management etc.)⁷⁶. Evenals bij het inzetten van roofvogels heeft deze methode minimale gewenning tot gevolg, vooral wanneer er af en toe een vogel gevangen wordt door een van de honden⁷⁴. Omdat de honden verzorgd, getraind en constant aangestuurd moeten worden is dit een dure methode, die veel tijd in beslag neemt⁷³.

Tabel 5. Schematisch overzicht van de behandelde methodes met getrainde dieren. In de eerste kolom is de desbetreffende methode aangegeven. In de tweede kolom, waar van toepassing, is de specifieke toepassing van deze methode weergegeven. De derde kolom betreft specifieke vogelsoorten wanneer het om een onderzoek gaat. De volgende kolom geeft de omgeving aan waar het onderzoek plaats heeft gevonden. In de vijfde kolom wordt kort beschreven of deze methode effectief is, in de zesde kolom wordt, waar van toepassing, beschreven of er gewenning op treedt bij deze methode. Eventuele voor- (+) en nadelen (-) worden in de een na laatste kolom besproken. De laatste kolom weergeeft de bronnen. In de eerste rij van iedere methode worden de algemene kenmerken van deze methode besproken, in plaats van één specifiek onderzoek zoals in de rijen daaronder gebeurt.

| Methode | Toepassing | Vogelsoort | Omgeving | Effectief? | Gewenning? | + en - | Bron |
|-----------------------|---|----------------------------|---------------------------------|---|---|---|--|
| (getrainde)Roofvogels | Algemeen | - | - | Ja | Langzaam | + Langzame/geen gewenning + Kan in combinatie met andere technieken + Werkt zowel dicht bij de grond als op (grote) hoogte - Arbeidsintensief - Duur - Kan niet gebruikt worden in slecht weer - Er kunnen vogels gedood worden | Harris, 1998; Bishop, 2003; Matyjasiak, 2008 |
| | Getrainde valken | Kraaien, meeuwen en ganzen | Stortplaats | Voor de kraaien en meeuwen wel, niet voor de ganzen | Geen informatie | | Rivadeneira, 2018 |
| | Getrainde valken | Meeuwen | Vliegveld (Verenigd Koninkrijk) | Ja, de valken moesten wel minimaal 1 keer per dag vliegen | Geen informatie | | Harris, 1998 |
| | Getrainde slechtvalk, gecombineerd met pyrotechnieken en kanonnen | Meeuwen | Vliegveld (Verenigd Koninkrijk) | Ja, maar het duurde twee jaar om de meeuwen onder controle te krijgen | Geen informatie | | Harris, 1998 |
| | Getrainde haviken gecombineerd met pyrotechnieken | - | Vliegveld (Nederland) | Ja | Niet gedurende de twee jaar van gebruik | | Harris, 1998 |
| Honden | Algemeen | - | - | Ja voor zwermen vogels aan de grond | Weinig | + Weinig of geen gewenning - Met name geschikt voor zwermen vogels aan de grond, niet zo zeer voor individuen of vliegende vogels - Duur - Arbeidsintensief | Bishop, 2003 |
| | Bordercollies in combinatie met andere interventiemethodes | - | Vliegveld (Zuid Afrika) | Ja | Geen informatie | | Froneman, 2004 |

4.2.4. Chemische methodes

Vogels en andere diersoorten kunnen verjaagd worden met behulp van chemische middelen. Dit kan bijvoorbeeld door middel van smaak aversie, maar ook met middelen die angst induceren in vogels, of chemische stoffen die werken op het tastvermogen. Hieronder worden de belangrijkste toepassingen van chemische afweermiddelen voor vliegvelden besproken. In tabel 6 is een overzicht van de behandelde chemische methodes te zien.

Smaak aversie

Smaak aversie kan geïnduceerd worden door een chemische stof zoals methylantranilaat, dit is een natuurlijke stof afkomstig van planten die als onsmakelijk wordt ervaren door vogels, maar niet gevaarlijk is. Deze stof kan verspreid worden (in vloeibare of poedervorm) over mogelijk voedsel of habitat van vogels, en kan ook worden opgelost in sloten of ander natuurlijk water²⁵. Het is daarom het meest geschikt voor watervogels of vogels die foerageren op gras. Onderzoeken geven verschillende resultaten met betrekking tot effectiviteit van deze methode^{25, 65}. Voor vliegvelden lijkt het verspreiden van de werkzame stof met een vernevelaar het beste te werken, en dit is effectief gebleken in het verjagen van vogels bij Homestead Air Reserve Station (Florida)⁷⁷. Ook bij een eerdere test op twee hangars en een warenhuis is de methode effectief gebleken⁷⁸. In landen waar relatief veel regen valt kan deze methode minder succesvol zijn omdat de chemicaliën sneller weggespoeld

worden. Ook kunnen de stoffen dan in andere gebieden terecht komen en vogels weggagen waar dit niet de bedoeling is. Andere stoffen die gebruikt kunnen worden om smaak aversie op te wekken zijn onder andere Ziram, Dpulegone, Mangone en Aluminium ammonium sulfaat en geven evenals gemengde resultaten. Ook is deze methode vaak arbeidsintensief, vooral wanneer het een groot gebied betreft en er nog geen geautomatiseerd systeem is⁷⁰. Dit soort chemische stoffen zijn vaak enigszins schadelijk voor het milieu of voor de vogel, en zijn daarom ook vaak verboden voor gebruik⁷⁹. Smaak aversie kan ook worden opgewekt door het eten van grassen die geïnfecteerd zijn met specifieke endofyten. Wanneer vogels dit gras eten zullen ze ziek worden en dit gras vervolgens vermijden⁸⁰. Ook is later aangetoond dat muizen ook ziek worden van dit gras en dus dit gebied zullen vermijden. Dit heeft als gevolg dat er minder voedsel is voor roofvogels, zodat ook zij hun voedsel ergens anders moeten zoeken⁸¹. Bij deze methode moet de specifieke soort gras gezaaid worden, het oude gras moet dus volledig verwijderd worden⁸⁰. In een onderzoek bij drie vliegvelden in Nieuw-Zeeland waren er na het aanbrengen van endofytisch gras 87% minder vogels aanwezig gedurende de twaalf maanden van het onderzoek⁸². In andere onderzoeken leken ganzen en vinken het gras tot op 70% te vermijden⁸⁰. Deze methode is dan ook veelbelovend in het weghouden van meerdere soorten vogels van vliegvelden.

Angst inducerende middelen

Er bestaan verschillende chemische substanties die het gedrag van dieren kunnen veranderen. Bijvoorbeeld Avitrol en Methiocarb kunnen desoriëntatie en paniek veroorzaken bij vogels. Dit resulteert in het maken van alarmgeluiden door vogels en het vertonen van ongewoon gedrag. Andere vogels kunnen hierdoor afgeschrikt worden en vluchten. Bij een te hoge dosis kan de vogel die de substantie heeft binnengekregen dood gaan. Het is daarom noodzakelijk dat het binnenkrijgen van de substantie wordt beperkt tot enkele vogels en een kleine hoeveelheid. Vogels kunnen de stof binnenkrijgen wanneer deze toe wordt gevoegd aan een voedselbron, bijvoorbeeld mais of graan. De kans is groot dat vogels niet permanent weggejaagd worden van de locatie, maar veranderen van voedselbron. Dit zorgt ervoor dat de substantie steeds in ander voedsel zou moeten worden toegebracht, terwijl niet al het voedsel geschikt is voor de toepassing^{25, 73}. Het gebruiken van deze methode is daarom moeilijk en brengt meerdere problemen met zich mee. Bovendien kan dit middel zorgen voor schade en stress bij vogels, ook vogels die geen gevaar vormen voor aanvaringen, daardoor is het een dierenvriendelijke methode. Ook kunnen stoffen zoals methiocarb nadelige effecten hebben op bijen en andere insecten, en zijn ze niet overal toegestaan⁸³.

Tastbare middelen

Vogels kunnen gedemotiveerd worden om te settelen op een bepaalde plek wanneer hier een plakkerige substantie, bijvoorbeeld polybutheen, op aan is gebracht^{25, 70}. Ook kunnen mengsels van lichte huid irriterende stoffen worden aangebracht die vogels weg zullen jagen wanneer deze in contact komen met de huid van hun poten, of scherpe objecten zoals spijkers kunnen aangebracht worden op oppervlakten waar vogels vaak plaatsnemen. Het aanbrengen van plakkerige of irriterende substanties is arbeidsintensief, en de middelen zullen weg worden gespoeld bij neerslag. In gebieden waar regelmatig regen valt is deze methode daarom minder of niet geschikt²⁵. Ook is dit een dierenvriendelijke methode die in veel landen verboden is.

Tabel 6. Schematisch overzicht van de behandelde chemische middelen. In de eerste kolom is de desbetreffende methode aangegeven. In de tweede kolom, waar van toepassing, is de specifieke toepassing van deze methode weergegeven. De derde kolom betreft specifieke vogelsoorten wanneer het om een onderzoek gaat. De volgende kolom geeft de omgeving aan waar het onderzoek plaats heeft gevonden. In de vijfde kolom wordt kort beschreven of deze methode effectief is, in de zesde kolom wordt, waar van toepassing, beschreven of er gewenning op treedt bij deze methode. Eventuele voor- (+) en nadelen (-) worden in de een na laatste kolom besproken. De laatste kolom weergeeft de bronnen. In de eerste rij van iedere methode worden de algemene kenmerken van deze methode besproken, in plaats van één specifiek onderzoek zoals in de rijen daaronder gebeurt.

| Methode | Toepassing | Vogelsoort | Omgeving | Effectief? | Gewenning? | + en - | Bron |
|---------------------------------------|---|---|--------------------------------------|---|--|---|---|
| Smaak aversie (d.m.v. chemische stof) | Algemeen | - | - | Gemengde resultaten | Geen informatie | + Geschikt voor lange termijn - Alleen geschikt voor in water of gras foeragerende vogels - Bij veel regen kunnen de chemicaliën weggespoeld worden - Arbeidsintensief als er geen geautomatiseerd systeem is | Harris, 1998; Rivadeneira, 2018 |
| | Verspreiden van methylantranilaat met een vernevelaar over foerageergebieden op het vliegveld | - | Vliegveld (Florida) | Ja | Geen informatie | | Engeman, 2002 |
| | Methylantranilaat | - | Twee hangaars en een warehouse | Ja | Geen informatie | | Vogt, 2000 |
| Smaak aversie (d.m.v. endofyten) | Algemeen | - | - | Lijkt effectief, nog niet genoeg onderzocht | Geen informatie | + Na aanleg niet meer arbeidsintensief + Werkt voor lange tijd + Kan goed gecombineerd worden met andere technieken - Alleen geschikt voor in gras foeragerende vogels - Bij aanleg moet al het oude gras verwijderd worden | Pennell, 2013; Pennell 2019 |
| | Gras geïnfecteerd met endofyten | Vinken (in gevangenschap) | - | Ja, 30 tot 40% reductie in voeden op gras | Geen informatie | | Pennell, 2019 |
| | Gras geïnfecteerd met endofyten | Meeuwen | - | Ja, ganzen leerden om dit gras tot 70% te vermijden | Geen informatie | | Pennell, 2019 |
| Angst inducerende middelen | Algemeen | - | - | Ja | Nee, maar vogels kunnen wel veranderen van voedselbron | - Zeer dieronvriendelijk - Vogels kunnen dood gaan - Moet toegevoegd worden aan specifieke voedselbron en is daardoor arbeidsintensief - Kan ook schadelijk zijn voor insecten e.d. | Harris, 1998; Bishop, 2003; Stokkermans, 2018 |
| | Avitrol | Meeuwen, spreeuwen, kraaien, duiven en mussen | Zeven vliegvelden (Verenigde Staten) | Ja | Geen informatie | | Harris, 1998 |
| | Avitrol | Duiven | Hangaar (Canada) | Ja | Geen informatie | | Harris, 1998 |
| Tastbare middelen | Algemeen | - | - | Ja | Nee | + Geen gewenning - Dieronvriendelijk - Arbeidsintensief - Middelen worden weggespoeld bij regen - Alleen geschikt voor gebouwen en andere infrastructuur | Harris, 1998; Desoky, 2015 |
| | Olie met komijn, rozemarijn en tijm | Spreeuwen | - | Spreeuwen werden geagiteerd en hyperactief | Geen informatie | - | Harris, 1998 |
| | Stekels of scherpe objecten | - | - | Ja | Nee | - | Dwyer, 2014 |

4.2.5. Fysieke barrières

Naast het afschrikken van vogels kunnen vogels ook weggehouden worden van een vliegveld door ze fysiek buiten te sluiten. Een compleet vliegveld afsluiten is hierbij geen optie, maar er zijn wel andere mogelijkheden om vogels buiten (gedeelten van) het vliegveld te houden. In tabel 7 is een overzicht van de behandelde fysieke barrières te zien.

Netten, hekken en scherpe objecten

Om een gebied volledig af te sluiten voor vogels kan een combinatie van hekken en netten gebruikt worden. Op een vliegveld zouden specifiek aantrekkelijk plekken, bijvoorbeeld plekken waar de vogels vaak nesten bouwen of plekken waar ze voedsel vinden, afgesloten kunnen worden met netten. Op die manier wordt het vliegveld een minder aantrekkelijke plek voor vogels. Met name in combinatie

met andere methoden zoals pyrotechnieken zou dit effectief kunnen zijn. Het plaatsen van hekken en netten is echter wel duur, zeker als het een groot gebied betreft²⁵. Ook moet er rekening gehouden worden met het feit dat vogels hoge plekken zoals hekken graag gebruiken om vanaf uit te kijken, en daardoor juist vogels zouden kunnen aantrekken⁷⁴. Het plaatsen van stekels of andere scherpe objecten op oppervlakten waar vogels vaak plaatsnemen is ook effectief gebleken in het weghouden van vogels⁸⁴. Dit is echter alleen geschikt voor bijvoorbeeld elektriciteitspalen of gebouwen en niet voor natuurlijke landschappen zoals een grasland.

Gespannen lijnen

Draden kunnen in parallelle lijnen of in een rooster patroon over bepaalde gebieden worden gespannen om vogels hier buiten te houden. Dit zou bijvoorbeeld effectief kunnen zijn voor sloten e.d. zodat de omgeving minder aantrekkelijk wordt voor vogels. Tussen de draden moet een afstand zitten die overeenkomt met de kenmerken van de omgeving en de soort die buitengesloten moet worden. Vooral draden die moeilijk te zien zijn lijken effectief te zijn omdat ze vogels in verwarring brengen. Voor meeuwen is gebleken dat deze methode goed werkt om ze uit een bepaald gebied te houden, ook voor eenden, ganzen en aalscholvers lijken deze draden effectief te zijn²⁵. Deze methode is goedkoper dan het plaatsen van hekken en netten. Om ook kleinere vogels zoals kraaien buiten te sluiten moeten de lijnen op maximaal 0.5 meter van elkaar worden geplaatst. De effectiviteit van deze methode hangt dan ook af van het patroon waarin de draden op worden gehangen en de vogelsoorten die uitgesloten moeten worden⁷³.

Drijvende plastic ballen

Een andere mogelijkheid om vogels weg te houden van specifieke (kleine) gebieden is plastic ballen (Bird Balls™, fig. 6). Plastic ballen kunnen in sloten en vijvers in dichte nabijheid van een vliegveld geplaatst worden, waar ze het oppervlakte van het water bedekken. Dit zorgt ervoor dat watergebieden onopgemerkt blijven door vogels, en is een zeer efficiënte, maar relatief dure, methode om een gebied minder aantrekkelijk te maken en is vooral geschikt voor vliegvelden met veel waterlichamen^{25, 74}. Wel is het waarschijnlijk dat deze ballen ervoor zorgen dat waterplanten en andere water organismen geen licht meer krijgen, waardoor deze mogelijk zullen sterven⁸⁵. Er is nog niet veel onderzoek gedaan om de effectiviteit van deze methoden vast te stellen.



Figuur 6 Bird balls in Silver Lake Reservoir¹³³

Microgolven

Elektromagnetische golven kunnen, net zoals bij mensen, stress veroorzaken bij vogels omdat elektromagnetische golven verhitting en schade aan het lichaam tot gevolg kunnen hebben. Bij vogels kan verhitting van het lichaam ontstaan bij 50 mW/cm². Wanneer vogels in een bepaald gebied bloot worden gesteld aan deze microgolven zullen ze dit gebied daarna waarschijnlijk vermijden²⁵. In de praktijk is gebleken dat de hoeveelheid straling redelijk hoog moet zijn om vogels te verjagen, waardoor een risico voor de gezondheid van zowel vogels als mensen ontstaat bovendien kan hierbij geen onderscheid gemaakt worden tussen vogels die een gevaar vormen voor de luchtvaart en ongevaarlijke soorten^{25, 86}.

Tabel 7. Schematisch overzicht van de behandelde fysieke barrières. In de eerste kolom is de desbetreffende methode aangegeven. In de tweede kolom, waar van toepassing, is de specifieke toepassing van deze methode weergegeven. De derde kolom betreft specifieke vogelsoorten wanneer het om een onderzoek gaat. De volgende kolom geeft de omgeving aan waar het onderzoek plaats heeft gevonden. In de vijfde kolom wordt kort beschreven of deze methode effectief is, in de zesde kolom wordt, waar van toepassing, beschreven of er gewinning op treedt bij deze methode. Eventuele voor- (+) en nadelen (-) worden in de een na laatste kolom besproken. De laatste kolom weergeeft de bronnen. In de eerste rij van iedere methode worden de algemene kenmerken van deze methode besproken, in plaats van één specifiek onderzoek zoals in de rijen daaronder gebeurt.

| Methode | Toepassing | Vogelsoort | Omgeving | Effectief? | Gewinning? | + en - | Bron |
|------------------|----------------------------------|---------------------------------|----------|--|-----------------|---|--|
| Netten en hekken | Algemeen | - | - | Ja | Nee | + Geen gewinning en hoge effectiviteit + Kan gebruikt worden in combinatie met andere methodes - Duur bij groot gebied - Kan alleen in kleine gebieden, bijvoorbeeld een aantrekkelijke nestplaats - Vogels kunnen juist aangetrokken worden door (hoge) hekken | Harris, 1998; Matyjasiak, 2008 |
| Draden en lijnen | Algemeen | - | - | Afhankelijk van vogelsoort en draad patroon | Nee | + Goedkoper dan het plaatsen van hekken en netten - Afstand tussen de draden moet aangepast worden op de vogelsoorten - Vooral geschikt voor kleine gebieden zoals sloten | Harris, 1998; Bishop, 2003 |
| | Draden met afstand van 0.5 meter | Kraaien en andere kleine vogels | - | Ja | Nee | | Bishop, 2003 |
| Bird Balls | Algemeen | - | - | Lijkt effectief maar er is te weinig onderzoek naar gedaan | Nee | + Geen gewinning - Duur - Alleen geschikt voor water - Kan waterplanten negatief beïnvloeden | Harris, 1998; Matyjasiak, 2008; Atzeni, 2016 |
| Microgolven | Algemeen | - | - | Kan effectief zijn | Geen informatie | - Dieronvriendelijk - Gevaarlijk voor andere dieren en volksgezondheid | Harris, 1998; May, 2015 |

4.2.6. Habitat management

Om te voorkomen dat vogels het vliegveld en zijn omgeving zien als een geschikte habitat kan de omgeving van het vliegveld gemanipuleerd worden. Door de omgeving zo onaantrekkelijk mogelijk te maken voor de probleem veroorzakende vogelsoorten zullen deze soorten minder snel naar het vliegveld trekken en eerder zoeken naar een andere geschikte habitat. In het meest effectieve geval wordt hierbij rekening gehouden met de wijde omgeving van het vliegveld, echter is dit niet realistisch en zal dit voor problemen zorgen in andere sectoren en bovendien een negatieve invloed hebben op de biodiversiteit. Bij het uitzoeken van een geschikte plek voor het aanleggen van een nieuw vliegveld kan het wel nuttig zijn om bepaalde gebieden te vermijden zonder het landschap actief aan te passen.

Het manipuleren van de omgeving om deze minder geschikt te maken voor vogels kan op verschillende manieren gedaan worden. Wanneer mogelijk kunnen deze methodes ook gecombineerd worden om een optimaal effect te bereiken. In tabel 8 is een overzicht van de behandelde auditieve habitat modificaties te zien.

Lang gras

De hoogte van het gras in de omgeving van een vliegveld bepaalt voor een groot gedeelte de aantrekkelijkheid van het gebied voor vogels. Wanneer gras langer wordt gehouden (tussen 15 en 25 cm) kunnen de vogels minder goed bij de bodem, waardoor ze minder voedsel kunnen vinden⁷⁴. Het laten groeien van dicht en lang (15 tot 20cm) gras heeft in een eerder onderzoek een reductie in meeuwen, kieviten, spreeuwen en steltlopers teweeg gebracht³⁶. Wanneer de vogelaanvaringen voor een substantieel deel worden veroorzaakt door roofvogels zal deze methode waarschijnlijk minder effectief zijn omdat lang gras een habitat vormt voor verschillende soorten prooi van roofvogels

(bijvoorbeeld knaagdieren)^{36, 74}. Kraaien zijn niet gevoelig voor verschillen in grashoogte, er wordt dan ook verwacht dat kraaien aantallen niet zullen dalen wanneer het gras langer wordt gehouden⁷⁴. Er moet rekening gehouden worden met het feit dat gras maaien of omploegen vogels aantrekt, het onderhoud van de grasvelden kan daarom het beste laat op de dag of in de nacht plaatsvinden om minder vogels aan te trekken²⁵.

Nutriënt arme bodem

Als alternatief voor lang gras kan vegetatie worden gebruikt die typisch is voor nutriënt arme bodems. Een voedselarme bodem zorgt voor een grotere hoeveelheid kruidachtige planten. Deze techniek heeft vergelijkbare of betere resultaten opgeleverd (met betrekking tot een reductie in vogel aantallen) dan lang gras. Deze werking is te danken aan het feit dat de vegetatie die op deze bodems groeit net zoals lang gras toegang tot de bodem en bijbehorende voedselbronnen tegenhoudt²⁵. Ook leven er minder invertebrata (een voedingsbron voor vele vogels) in deze gebieden⁸⁷. Deze methode heeft als voordeel dat knaagdieren andere gebieden prefereren vanwege de lage voedingswaarde van deze planten, hierdoor zullen ook roofvogels het gebied minder aantrekkelijk gaan vinden²⁵. De hoeveelheid nutriënten in de bodem wordt geleidelijk verlaagd door herhaaldelijk het gras te maaien en het gemaaide gras direct te verwijderen⁸⁸. Wanneer de methode sneller toegepast moet worden kan de bodem vervangen worden met nutriënt arme bodem, dit is echter wel duurder⁸⁷.

Lok gebieden

Om vogels weg te houden van een vliegveld kunnen zogenaamde lokgebieden gecreëerd worden. Deze gebieden zijn rijk in voedsel en water en zullen daardoor aantrekkelijk zijn voor vogels. De gebieden moeten voldoen aan de eisen van de specifieke probleem veroorzakende soorten om effectief te zijn. Om te voorkomen dat er meer vogels aangetrokken worden tot het vliegveld gebied moet het lokgebied ver genoeg van het vliegveld afliggen²⁵. Het maximaliseren van foerageer en broedgebieden voor vogels op (voldoende) afstand van een vliegveld kan er dus voor zorgen dat minder vogels een uitvlucht naar het vliegveld moeten nemen, en kan daardoor vogelaanvaringen verminderen.

Voedselreductie

Bepaalde commerciële fungiciden (Benomyl en Tersan) kunnen ook gebruikt worden om regenwormen te bestrijden. Dit kan gebruikt worden rondom start en landingsbanen om daar de regenworm populatie te verkleinen en zo vogels weg te houden, dit zou het meest effectief zijn voor meeuwen en steltlopers in zomermaanden²⁵. Deze stoffen hebben vormen een zeer laag risico voor zoogdieren en bijen maar moeten wel voorzichtig gebruikt worden om negatieve bijwerkingen op de omgeving te voorkomen⁸⁹.

Washburn (2011)⁴⁶ stelt dat het van belang is om het specifieke dieet van de te bestrijden soorten vast te stellen. Het dieet van de meeste vogels varieert per seizoen, geslacht en leeftijd. Wanneer er bekend is van welke vogel in welk seizoen zij een bepaald dieet volgen kan die soort voedsel op het vliegveld in dat specifieke seizoen gereduceerd worden om zo efficiënt mogelijk de voedselbeschikbaarheid op het vliegveld te verminderen, bijvoorbeeld door bessenstruiken te verwijderen of oogstresten van omringende velden na het oogsten weg te halen. Dit principe is onderzocht op de John F. Kennedy International airport (New York), waar werd vastgesteld dat de vogels die voor de meeste aanvaringen zorgden (zwaluwen) in de herfst het meest leefden op de bayberry (afkomstig van de *myrica*). Toen ze de struiken die deze bessen produceren weg haalden nam het aantal aanvaringen met zwaluwen voor 75% af⁴⁶.

Overige omgevingsmodificaties

Om vogels weg te houden van een vliegveld zou open water zoals regenwaterretentie vijvers in het gebied op of rondom het vliegveld geminimaliseerd kunnen worden en de afstand tussen deze vijvers vergroot kunnen worden. De diameter moet daarentegen juist verkleind worden om vogels op afstand te houden^{40, 52}. Hierbij moet wel in de gaten gehouden worden dat stilstaand water na aanhoudende regen snel moet worden afgevoerd aangezien dit vogels aantrekt⁵¹, dit is mogelijk via een ondergronds retentie systeem⁵⁴. Het kan ook helpen om de hoeveelheid bomen in de omgeving van het vliegveld te verminderen, omdat vogels kunnen nestelen in deze bomen of aangetrokken worden door het geproduceerde voedsel. Wanneer bomen niet geheel kunnen worden verwijderd is het uitdunnen van de kroon ook een optie om de hoeveelheid nesten te verminderen⁵⁴. Om te voorkomen dat er nadelige effecten ontstaan voor de ecosysteemfuncties moeten dit soort aanpassingen zoveel mogelijk beperkt worden tot het vliegveld of de directe omgeving.

Tabel 8. Schematisch overzicht van de behandelde habitat modificaties. In de eerste kolom is de desbetreffende methode aangegeven. In de tweede kolom, waar van toepassing, is de specifieke toepassing van deze methode weergegeven. De derde kolom betreft specifieke vogelsoorten wanneer het om een onderzoek gaat. De volgende kolom geeft de omgeving aan waar het onderzoek plaats heeft gevonden. In de vijfde kolom wordt kort beschreven of deze methode effectief is, in de zesde kolom wordt, waar van toepassing, beschreven of er gewinning op treedt bij deze methode. Eventuele voor- (+) en nadelen (-) worden in de een na laatste kolom besproken. De laatste kolom weergeeft de bronnen. In de eerste rij van iedere methode worden de algemene kenmerken van deze methode besproken, in plaats van één specifiek onderzoek zoals in de rijen daaronder gebeurt.

| Methode | Toepassing | Vogelsoort | Omgeving | Effectief? | Gewinning? | + en - | Bron |
|--|--------------------------------|--|-------------------------------|--|------------------------|--|-----------------------------------|
| Lang gras | Algemeen | - | - | Afhankelijk van de lengte van het gras en de vogelsoort kan het effectief zijn | Weinig of niet | + Kan goed gecombineerd worden met andere methodes + Geen of weinig gewinning - Onderhouden van het gras kan (tijdelijk) vogels aantrekken - Minder geschikt om roofvogels en kraaien af te weren | Harris, 1998; Matyjasiak, 2008 |
| | Dicht lang (15 tot 20cm) gras | Meeuwen, kievieten, spreeuwen en steltlopers | - | Ja, aantallen werden gereduceerd | Geen informatie | | Allan, 2000 |
| Nutriënt arme bodem | Algemeen | - | - | Ja | Voor zover bekend niet | + Geen gewinning + Ook effectief tegen roofvogels - Arbeidsintensief in eerste fase | Harris, 1998; Johnston, 2014 |
| | Algemeen | - | Twee vliegvelden in Nederland | Even lage of lagere vogelaantallen dan in lang gras | Geen informatie | | Harris, 1998 |
| Lok gebieden | Algemeen | - | - | Te weinig onderzoek naar gedaan | Nee | + Natuurlijke methode die focust op de oorzaak i.p.v. het probleem - Lok gebieden moeten ver van het vliegveld vandaan liggen | Harris, 1998 |
| | Constructie van nestplekken | Watervogels | Vliegvelden (probleemgebied) | Ja | Nee | | Harris, 1998 |
| Gebruik van benomyl of tersan om regenwormpopulatie te verminderen | Algemeen | - | - | Nog niet genoeg onderzocht | Geen informatie | - Kan schadelijk zijn voor de omgeving - Vogels kunnen een andere voedselbron gaan gebruiken waardoor werking afneemt | Harris, 1998 |
| Reduceren van overige voedselbronnen | Algemeen | - | - | Nog niet genoeg onderzocht | Geen informatie | - Er moet genoeg informatie bekend zijn over de specifieke voedselvoorkeuren van vogels | Washburn, 2011 |
| | Weghalen van bayberry struiken | Zwaluwen | Vliegveld (New York) | Ja, aantal aanvaringen met zwaluwen nam 75% af | Geen informatie | | Washburn, 2011 |
| Overige omgevingsmodificaties | Algemeen | - | - | Nog niet genoeg onderzocht | Geen informatie | - Kan enkel dichtbij het vliegveld worden toegepast | DeVault, 2017 |

4.2.7. Vliegtuig aanpassingen

Door vliegtuigen beter zichtbaar te maken voor vogels kunnen aanvaringen voorkomen worden. De zichtbaarheid van een vliegtuig voor vogels hangt van verschillende factoren af. Zo kan de kleur van een vliegtuig een rol spelen, evenals de verlichting die gevoerd wordt. In tabel 9 is een overzicht van de behandelde vliegtuig aanpassingen te zien.

Vliegtuig kleur

Wanneer vogels vliegtuigen eerder opmerken zullen ze meer tijd hebben om te vluchten en kunnen wellicht aanvaringen voorkomen worden. Uit een onderzoek van Fernández-Juricic (2011)⁹⁰ is gebleken dat er minder aanvaringen waren wanneer een vliegtuig een felle kleur had. Dit is waarschijnlijk te verklaren door het contrast tussen de lucht en een fel gekleurd vliegtuig, wat groter is dan bij een niet fel gekleurd vliegtuig. Er moet meer onderzoek gedaan worden om deze resultaten te kunnen bevestigen.

Vliegtuig verlichting

In welke mate een vogel een vliegtuig ziet aankomen hangt ook af van de verlichting van het vliegtuig. Een vliegtuig met lichten aan is een stuk sneller herkend door vogels dan wanneer de lichten afwezig zijn^{91, 92}. Ook is uit een onderzoek van Dolbeer (2017)⁵⁵ gebleken dat er meer aanvaringen zijn met de linker kant van vliegtuigen dan met de rechter zijde. Dit kan veroorzaakt zijn door het verschil in licht aan de twee zijdes. De linkerzijde van het vliegtuig heeft namelijk een rode lamp, terwijl de rechterzijde een groene lamp heeft. Vogels kunnen het rode licht met een lage golflengte minder goed zien, wat deze problemen zou kunnen veroorzaken⁵⁵. Om het aantal aanvaringen met vogels te verlagen zullen de lampen moeten worden aangepast op het zicht van specifieke vogelsoorten die de meeste problemen (wereldwijd) veroorzaken. Voor de Canadese gans bijvoorbeeld zou de verlichting 380-400nm moeten zijn⁹¹. Het aanpassen van de verlichting zou zelfs overdag effectief kunnen zijn, dit moet echter nog vaker onderzocht worden⁵⁵.

Tabel 9. Schematisch overzicht van de behandelde vliegtuigaanpassingen. In de eerste kolom is de desbetreffende methode aangegeven. In de tweede kolom, waar van toepassing, is de specifieke toepassing van deze methode weergegeven. De derde kolom betreft specifieke vogelsoorten wanneer het om een onderzoek gaat. De volgende kolom geeft de omgeving aan waar het onderzoek plaats heeft gevonden. In de vijfde kolom wordt kort beschreven of deze methode effectief is, in de zesde kolom wordt, waar van toepassing, beschreven of er gewenning op treedt bij deze methode. Eventuele voor- (+) en nadelen (-) worden in de een na laatste kolom besproken. De laatste kolom weergeeft de bronnen. In de eerste rij van iedere methode worden de algemene kenmerken van deze methode besproken, in plaats van één specifiek onderzoek zoals in de rijen daaronder gebeurt.

| Methode | Toepassing | Vogelsoort | Omgeving | Effectief? | Gewenning? | + en - | Bron |
|--------------------------------|---------------------------------|------------|----------|--|-----------------|--|---|
| Vliegtuigkleur aanpassen | Algemeen | - | - | Te weinig onderzocht | Geen informatie | - Moeilijk om toe te passen op al het vliegtuigverkeer | Fernández-Juricic, 2011 |
| | Vliegtuig een felle kleur geven | - | - | Ja, er waren minder aanvaringen | Geen informatie | | Fernández-Juricic, 2011 |
| Vliegtuigverlichting aanpassen | Algemeen | - | - | Vliegtuigen met verlichting aan veroorzaken minder aanvaringen | Geen informatie | - Misschien niet effectief overdag - Specifieke verlichting is nodig per vogelsoort | Blackwell, 2012; Doppler, 2015; Dolbeer, 2017 |

4.2.8. Detectie systemen

Om het risico van een aanvaring tussen een vliegtuig en een vogel te bepalen kunnen verschillende detectie systemen worden gebruikt. Wanneer er risico bestaat op een aanvaring kan de vogel (of vogels) in kwestie verjaagd worden, kan de piloot uitwijken of wachten met opstijgen/landen. Hiermee kunnen afschrikmiddelen op een zo efficiënt mogelijke manier gebruikt worden, kunnen vogels vroegtijdig worden afgeschrikt of ontweken, en kan de luchtvaart zich beter aanpassen aan vogels in de omgeving.

Radar/visueel en infrarood

Om aanvaringen vroegtijdig te voorkomen kunnen vogels gedetecteerd worden door middel van bijvoorbeeld radarsystemen, visuele systemen of infrarood licht. Vliegtuigen bevatten radarsystemen die objecten zoals vogels kunnen detecteren, en er bestaan ook veel verschillende beschikbare radarsystemen die vanaf de grond vogels kunnen detecteren. Vogels kunnen ook gedetecteerd worden met behulp van infrarood licht^{93, 68}, of met digitale systemen die vogels detecteren in bewegende beelden⁹⁴. Door de jaren heen zijn de detectie systemen steeds nauwkeuriger en intelligenter geworden⁹⁵. Een combinatie van deze systemen werkt het meest nauwkeurig in het detecteren van vogels die een risico vormen. Wanneer de verkregen informatie gecombineerd wordt met informatie over de weg die het vliegtuig aflegt kunnen vogel aanvaringen voorspeld worden⁶⁸. Met behulp van deze systemen kan er een risicobeoordeling gemaakt worden met betrekking tot een mogelijke aanvaring. Radarsystemen kunnen onder ander de massa en de snelheid van de vogel bepalen, maar ook de hoek waar de impact in zal plaatsvinden en waar/wanneer de aanvaring zal plaatsvinden. Wanneer dit gecombineerd wordt met mitigatie strategieën zouden aanvaringen voorkomen kunnen worden⁹⁶. Na de risicobeoordeling kan een intelligent beslissing makend systeem gebruikt worden om de verdere procedure te bepalen. Dit kan bijvoorbeeld het veranderen van vliegroute inhouden, of het toepassen van afschrikmiddelen zoals pyrotechnieken⁹⁷. Detectie systemen kunnen daarom het best toegepast worden in combinatie met andere mitigatie methodes. In veel landen, waaronder Nederland, worden dit soort systemen al gebruikt, ook op militaire vliegvelden. Op Schiphol wordt een radarsysteem gebruikt om vogels te detecteren en vervolgens met andere middelen af te schrikken. Een dergelijk systeem kan ook goede inzichten geven in vogel aantallen en daarmee ook de effectiviteit van andere maatregelen, zoals lang gras⁹⁸.

4.2.9. Populatiecontrole

Om de vogelpopulatie direct in te dammen kunnen verschillende methodes toegepast worden, waaronder het doden van een (gedeelte van) de vogels. Ook kunnen de dieren door middel van vallen uit het gebied verwijderd worden. Voor al deze methodes geldt dat het slechts geschikt is voor lokale populaties en het probleem slechts tijdelijk oplost. In tabel 10 is een overzicht van de behandelde auditieve populatie controlerende methodes te zien.

Vallen

Vogels kunnen gevangen worden door middel van vallen. Ze kunnen vervolgens op een andere locatie worden uitgezet of worden gedood. Wanneer de vogels weer worden losgelaten is het belangrijk dat dit op grote afstand van het vliegveld gebeurt om kans op terugkeren te verkleinen. Op deze manier kan de vogelpopulatie op en rondom het vliegveld verkleind worden²⁵. Dit betekent echter niet dat het probleem permanent is opgelost aangezien de verplaatste vogels meestal snel weer vervangen worden door andere vogels, en het vangen van vogels en elders weer uitzetten veel tijd en geld kost⁷⁴. Ook kan er bij het plaatsen van vallen moeilijk of niet geselecteerd worden in vogelsoorten waardoor ook

soorten die geen probleem veroorzaken gevangen kunnen worden. Het plaatsen van vallen is arbeidsintensief omdat de vallen regelmatig gecontroleerd moeten worden om onnodig dierenleed te voorkomen.

Afschieten

Om de vogelpopulaties op vliegvelden te verkleinen kunnen de vogels afgeschoten worden. Dit is een tijdelijke oplossing en zal in de meeste gevallen niet zorgen voor een permanente afname van vogels op het vliegveld omdat de vogels snel weer vervangen worden door andere vogels^{25, 73, 74, 99}. De effectiviteit van het afschieten van vogels hangt af van veel factoren, zoals de af te schieten soort en de omgeving. Het afschieten van watervogels bijvoorbeeld lijkt effectiever te zijn voor kleine gebieden dan voor grote gebieden⁷³. Uit eerder onderzoek is gebleken dat meeuwen snel leren om de bron van de schoten te herkennen en het de schutter steeds moeilijker maken om te raken⁷⁰. Voor het afschieten van vogels is in de meeste landen toestemming nodig van autoriteiten⁷⁴. In Nederland is dit bijvoorbeeld alleen mogelijk wanneer er geen andere oplossing is, en het afschieten soorten betreft die niet in een slechte staat van instandhouding hebben. Ook is het afschieten van vogels duur en kost het veel tijd en expertise⁷⁰.

Overige methodes

Een andere mogelijkheid om de vogelpopulatie actief te verkleinen is door nesten en eieren kapot te maken. Dit kan op verschillende manieren gedaan worden, bijvoorbeeld door de eieren en nesten weg te halen, door de eieren te bestuiven met een formaldehyde oplossing, of door de eieren te bedekken met olie^{70, 100}. Een combinatie van surfactanten en water kan ook gebruikt worden om vogels te doden. Wanneer surfactanten in contact komen met de veren van vogels neemt het waterafstotende karakter van de veren af. Wanneer de vogel dan nat wordt kan hij onderkoelt raken en sterven. Deze methode is zeer dierenvriendelijk en is in veel landen verboden²⁵. In sommige landen, waaronder Nederland, is gebruik gemaakt van CO₂ om vogels te vergassen. In Nederland werden ganzen in de omgeving van Schiphol bijeengedreven en vergast, later bleek dat dit wettelijk niet toegestaan was door de gebruikte vangmiddelen¹⁰¹. Ook bij deze methodes geldt dat dit slechts een tijdelijke oplossing is die vaak herhaald moet worden.

Tabel 10. Schematisch overzicht van de behandelde populatie controlerende methodes. In de eerste kolom is de desbetreffende methode aangegeven. In de tweede kolom, waar van toepassing, is de specifieke toepassing van deze methode weergegeven. De derde kolom betreft specifieke vogelsoorten wanneer het om een onderzoek gaat. De volgende kolom geeft de omgeving aan waar het onderzoek plaats heeft gevonden. In de vijfde kolom wordt kort beschreven of deze methode effectief is, in de zesde kolom wordt, waar van toepassing, beschreven of er gewinning op treedt bij deze methode. Eventuele voor- (+) en nadelen (-) worden in de een na laatste kolom besproken. De laatste kolom weergeeft de bronnen. In de eerste rij van iedere methode worden de algemene kenmerken van deze methode besproken, in plaats van één specifiek onderzoek zoals in de rijen daaronder gebeurt.

| Methode | Toepassing | Vogelsoort | Omgeving | Effectief? | Gewinning? | + en - | Bron |
|--------------|------------|------------|----------|---|---|--|--|
| Vallen | Algemeen | - | - | Tijdelijk effectief | Geen informatie | + Vogelpopulatie op het vliegveld wordt verkleind - Werkt slechts tijdelijk - Vogels moeten ver uitgezet worden om niet terug te komen - Kost veel tijd en geld | Matyjasiak, 2008; Harris, 1998 |
| Afschieten | Algemeen | - | - | Tijdelijk effectief | Ja | + Vogelpopulatie op het vliegveld wordt verkleind - Kan negatief werken op de instandhouding van belangrijke soorten - Werkt slechts tijdelijk - Kost veel tijd en geld - Toestemming van autoriteiten is nodig | Harris, 1998; Matyjasiak, 2008; Bishop, 2003; Linz, 2015; Desoky, 2015 |
| | Algemeen | Meeuwen | - | Meeuwen leerden de schoten te ontwijken | Meeuwen leerden de schoten te ontwijken | | Desoky, 2015 |
| Surfactanten | Algemeen | - | - | Tijdelijk effectief | N.v.t. | + Vogelpopulatie op het vliegveld wordt verkleind - Zeer dieronvriendelijk - Kan negatief werken op de instandhouding van belangrijke soorten - Werkt slechts tijdelijk - Kost veel tijd en geld - Gebruik is in veel landen verboden | Harris, 1998 |

4.3. Evaluatie van de interventie methodes

Bij het evalueren van de interventie methodes moet met een aantal punten rekening gehouden worden. Ten eerste is het van belang dat de gebruikte methodes niet dieronvriendelijk zijn en geen risico vormen voor de instandhouding van soorten. Ook is het belangrijk dat er geen of weinig negatieve invloed is op de natuurlijke omgeving en het milieu. Daarnaast moet de methode effectief zijn in het verminderen van aanvaringen en is het belangrijk dat er niet te snel gewenning optreedt waar dit van toepassing is. Bij de onderstaande evaluatie is gebruik gemaakt van informatie die in het vorige deel reeds genoemd is.

Vrijwel alle auditieve afschrik methodes zorgen voor een snelle gewenning. Om dit te voorkomen moet de bron van het geluid verplaatst worden en moeten de geluiden op onvoorspelbare momenten gebruikt worden. Er is veel onderzoek gedaan naar het afschrikken van vogels d.m.v. auditieve middelen, en hieruit blijkt dat er grote verschillen zijn tussen verschillende technieken en verschillende vogelsoorten. Een van de meest effectieve technieken binnen de auditieve middelen is het afschrikken door middel van alarmgeluiden van vogels. Deze techniek is met name effectief omdat gewenning langzamer optreedt dan bij andere auditieve middelen. Infrasonen geluiden afspelen rond de start baan kan vogels alerter maken, dit is echter nog niet voldoende onderzocht. Om de werking van auditieve middelen te versterken zullen ze vrijwel altijd met andere methodes gecombineerd moeten worden.

Ook voor visuele middelen geldt dat er vrijwel altijd snel gewenning optreedt. De visuele techniek waarbij gewenning het minst snel optreedt is het gebruik van modelvliegtuigen of drones. Deze methode kan niet te dicht bij de landing/startbanen gebruikt worden maar kan wel goed gecombineerd worden met andere technieken, bijvoorbeeld met alarmgeluiden van vogels, om effectiviteit te vergroten.

Van de chemische middelen is enkel smaak aversie d.m.v. het gebruiken van grassen met endofyten niet zeer dieronvriendelijk, en daardoor de enige methode die overwogen zou moeten worden. Voor het plaatsen van gras met endofyten moet wel al het bestaande gras verwijderd worden.

Het gebruiken van getrainde vogels en honden kan zeker helpen in het weggagen van vogels van een vliegveld. Deze methoden zijn echter wel duur en arbeidsintensief. Omdat gewenning bij deze methoden lager is kunnen ze voor langere termijn werken. Het inzetten van getrainde dieren kan bijvoorbeeld gecombineerd worden met radarsystemen zodat de dieren enkel gebruikt worden wanneer dit nodig is. Roofvogels zijn vaak het meest geschikt om te gebruiken, aangezien honden alleen vogels die zich op de grond bevinden weg kunnen jagen.

Fysieke barrières kunnen op verschillende manieren helpen bij het weghouden van vogels van een vliegveld. Zo kunnen sloten op het vliegveld worden afgeschermd met draden om vogels weg te houden, en kunnen netten om bijvoorbeeld gebouwen of andere kleine gebieden geplaatst worden. Bij het plaatsen van draden moet rekening gehouden worden met het formaat van de vogelsoorten die het desbetreffende gebied het meest gebruiken. Bird balls zijn een minder geschikte optie omdat deze negatieve effecten kunnen hebben op de kwaliteit van natuur in het water. Fysieke barrières zijn dus met name geschikt om specifieke aantrekkelijke (nest)plekken te beschermen tegen vogels, en zullen ten alle tijden gecombineerd moeten worden met andere interventiemethoden.

In een ideale situatie zal het vliegveld geplaatst moeten worden in een omgeving die van nature onaantrekkelijk is voor vogels, en uit de buurt van belangrijke natuurgebieden. Echter is dit niet altijd het geval, en zal het vliegveld en de (nabije) omgeving ervan aangepast moeten worden om onaantrekkelijk te zijn voor vogels. Deze technieken kosten vaak veel tijd en geld maar werken meestal voor lange termijn. Lang gras kan helpen in het reduceren van vogelaantallen, maar ook het creëren van een nutriëntarme bodem kan nuttig zijn. Er moet nog meer onderzoek gedaan worden naar deze methode, maar de eerste resultaten zijn veelbelovend. Om deze en andere methodes te versterken moet per vliegveld de vogelsoorten bepaald worden die voor de meeste aanvaringen zorgen. Wanneer dit bekend is kunnen de specifieke voedselvoorkeuren van deze soorten onderzocht worden en de voedselbronnen in de omgeving verminderd worden. Het is hierbij van belang om er zeker van te zijn dat de vogels elders (op gepaste afstand van het vliegveld) wel aan hun voedsel behoefte kunnen voldoen, om te voorkomen dat de populatieaantallen negatief worden beïnvloed. Het versterken van voedsel aanwezigheid en nestplekken in gebieden buiten de aanvaring gebieden van het vliegveld is ook een mogelijke interventiemethode. Hier moet meer onderzoek naar gedaan worden. Bovendien zal de toepassing van deze methode sterk verschillen per vliegveld en per land. Zoals eerder beschreven neemt de habitat van veel wilde diersoorten, waaronder vogels, af door antropogene ontwikkelingen. Het creëren van zogenaamde lokgebieden lokt niet alleen vogels weg van het vliegveld, maar zorgt ook voor versterking van vogelhabitat.

Het aanpassen van vliegtuigen om de zichtbaarheid voor vogels te vergroten is belangrijk, maar kan niet zomaar worden toegepast. Dit vereist coöperatie van meerdere vliegtuigmaatschappijen en hangt af van internationale regelgeving, dit is daarom moeilijk op korte termijn te bereiken. Toewerken naar betere zichtbare vliegtuigen is zeker belangrijk in het mitigeren van vogelaanvaringen, maar er moet meer onderzocht worden om te weten te komen wat voor verlichting en kleuren het beste kunnen werken. Ook moet er natuurlijk rekening gehouden worden met de vliegveiligheid.

Detectie systemen zijn van groot belang bij het oplossen van aanvaringen. Door middel van radar of andere detectie systemen kunnen vogels op het vliegveld in de gaten gehouden worden, en wanneer dit gecombineerd wordt met andere methodes, zoals getrainde vogels, pyrotechnieken of drones, kan dit zeer succesvol zijn in het verjagen van vogels. Ook kan er door middel van deze systemen data verzameld worden over vogel aantallen, en kan daarmee de effectiviteit van andere toegepaste methodes makkelijker onderzocht worden.

Het reduceren van de vogelpopulaties door middel van vallen, afschieten of andere dodelijke middelen wordt niet aangeraden. Deze methodes werken slechts tijdelijk, omdat er snel nieuwe vogels terugkomen op het vliegveld. Ook kunnen ze zorgen voor een negatieve invloed op de instandhouding van vogelsoorten. Er zijn genoeg andere afschrikmiddelen beschikbaar die geen vogels doden, waardoor deze methodes meestal overbodig zijn.

4.4 Stappenplan toepassen interventies

Wanneer een nieuw vliegveld wordt aangelegd, of een bestaand vliegveld te maken krijgt met een grote hoeveelheid aanvaringen kan het volgende stappenplan (gebaseerd op eerder beschreven interventie methodes en de bijbehorende literatuur) toegepast worden. De stappen worden onder het stappenplan uitgebreider behandeld.

1. Bij het aanleggen van vliegveld moet een omgeving gekozen worden van weinig ecologisch belang, en met weinig vogelgebieden op korte afstand. Hierbij moet ook rekening gehouden worden met de vliegroutes.
2. Beginnen met het versterken van vogelgebieden op gepaste afstand van het vliegveld.
3. Het vliegveld en zijn nabije omgeving onaantrekkelijk maken voor vogels:
 - a. Voedselbronnen reduceren
 - i. Endofytisch gras, lang gras en/of een nutriënt arme bodem plaatsen.
 - ii. Specifieke voedselbronnen van aanwezige vogelsoorten actief verminderen.
 - b. Eventuele nestplekken afschermen (bijvoorbeeld met netten).
 - c. Eventuele watergebieden afschermen (bijvoorbeeld met netten of draden).
4. Detectie/Radarsystemen plaatsen om vogels op het vliegveld op te sporen.
5. Vogels weggagen wanneer deze zichtbaar zijn op de radar d.m.v.:
 - a. Drones, deze kunnen het beste gecombineerd worden met alarmgeluiden.
 - b. Getrainde vogels (en eventueel honden wanneer er veel vogels aan de grond zijn).
 - c. Pyrotechnieken, kanonnen en alarmgeluiden.
6. Nauwkeurig bijhouden welke vogels zich wanneer op het vliegveld bevinden en met welke vogels wanneer en waar aanvaringen ontstaan. Methoden kunnen naar aanleiding van deze informatie aangepast worden om optimaal te functioneren.

Allereerst is het van groot belang dat bij het aanleggen van een vliegveld een omgeving gekozen wordt die weinig ecologisch belang heeft en bovendien ver uit de buurt van belangrijke vogelgebieden ligt. Hierbij moet rekening gehouden worden met de vliegroutes en op welke hoogte de vliegtuigen over welke gebieden vliegen. Om de verstoringen voor vogels zo veel mogelijk te beperken moet er voorkomen worden dat vliegtuigen op een hoogte van lager dan 700 meter over broed en foerageergebieden vliegen. Vervolgens moet er op gepaste afstand van het vliegveld gewerkt worden aan het optimaliseren van vogelgebieden. Dit kan op een afstand waarop vliegtuigen altijd hoger dan 700 meter langs vliegen, en ver genoeg van het vliegveld om aanvaringen te voorkomen. Natuurgebieden waar veel vogels leven moeten waar mogelijk vergroot worden en er kunnen eventueel extra broedplaatsen gecreëerd worden.

Het vliegveld en de nabije omgeving moeten juist onaantrekkelijk gemaakt worden voor vogels om aanvaringen te voorkomen. Dit kan op verschillende manieren. Allereerst moet het gras vervangen worden door gras met endofyten, lang gras of nutriënt arme bodem. Vervolgens kunnen andere specifieke voedselbronnen zoals bessenstruiken en oogstresten van omliggende akkers worden verwijderd. Ook kan het aantal bomen verminderen helpen met het verminderen van broedplaatsen, evenals het plaatsen van netten of draden op of rondom mogelijke broedplaatsen. Eventuele sloten of andere kleine wateren kunnen worden afgesloten met netten of draden. Hoe meer er bekend is over

de specifieke voorkeuren van veel voorkomende vogelsoorten op het vliegveld, hoe beter de omgeving daarop kan worden aangepast.

Wanneer het vliegveld en zijn omgeving is aangepakt kunnen detectie systemen worden geïnstalleerd. Een combinatie van verschillende systemen werkt het meest nauwkeurig en wanneer de verkregen informatie gecombineerd wordt met informatie over de weg die het vliegtuig aflegt kunnen vogel aanvaringen voorspeld worden. Vervolgens kan aan de hand van een voorspelde aanvaringen uitgeweken worden of kunnen afschrikmiddelen gebruikt worden. De technieken die de minste gewenning opleveren en naar eerder onderzoek het beste lijken te werken zijn drones (deze kunnen het beste gecombineerd worden met alarmgeluiden), getrainde vogels (en eventueel honden wanneer er veel vogels aan de grond zijn), pyrotechnieken, kanonnen en alarmgeluiden. Om gewenning uit te stellen moeten deze technieken zo min mogelijk worden toegepast en vaak worden afgewisseld.

Vervolgens is het van uiterst belang dat er wordt bijgehouden (eventueel d.m.v. een radarsysteem) welke soorten en hoe veel vogels zich op het vliegveld bevinden, en bovendien met welke vogels, waar en wanneer de meeste aanvaringen plaatsvinden. De gebruikte methodes kunnen hierop worden aangepast. Zo zal wellicht blijken dat bepaalde methodes wel voor de ene soort en niet voor een andere soort werken, hier kan op worden ingespeeld door bij een andere vogelsoort een andere techniek te gebruiken. Ook kan hieruit blijken dat, bijvoorbeeld, de meeste aanvaringen in de ochtend plaatsvinden. In dat geval kunnen in de ochtend extra middelen ingezet worden om aanvaringen te beperken. Wanneer de methodes niet voldoende werken moet nogmaals gekeken worden naar de wijde omgeving van het vliegveld, en onderzocht worden waarom de vogels aangetrokken worden tot het vliegveld. Door de omgeving daar weer op aan te passen kan de effectiviteit van de methodes verbeterd worden.

5. Case study: Rotterdam The Hague Airport en vogel conflicten

In dit deel wordt de invloed van het vliegveld Rotterdam The Hague Airport op vogels in de omgeving onderzocht. Ook wordt het aantal aanvaringen en de gebruikte interventiemethodes besproken.

5.1. Rotterdam The Hague airport

5.1.1. Algemeen

In augustus 1955 werd toestemming gegeven voor de bouw van vliegveld Zestienhoven, waarna op 1 oktober 1956 het vliegveld officieel werd geopend. In 2010 nam het vliegveld de naam Rotterdam The Hague Airport (hierna RTHA) aan, gezien de ligging tussen de twee steden (fig. 7). Het vliegveld heeft één start- en landingsbaan (fig. 8) waarvan de vliegtuigen vertrekken naar ruim 50 bestemmingen¹⁰². In 2019 zijn er 52.329 vliegbewegingen gemaakt vanaf RTHA, waarvan 1203 nachtvluchten (23:00-7:00 uur, waarvan 518 spoedeisend), 21.039 grote vluchten (meer dan zes ton), en 31.390 kleine vluchten. Wanneer deze getallen vergeleken worden met 2010, blijkt dat het aantal vliegbewegingen ongeveer gelijk is gebleven. De nachtvluchten zijn wel toegenomen (namelijk 752 in 2010), en er was iets minder grote luchtvaart (17.769 in 2010). Het aantal vliegbewegingen op een dag kan gemiddeld oplopen tot 8 vliegbewegingen per uur. RTHA is het op twee na grootste vliegveld van Nederland en faciliteerde in 2019 2.1 miljoen passagiers¹⁰³.

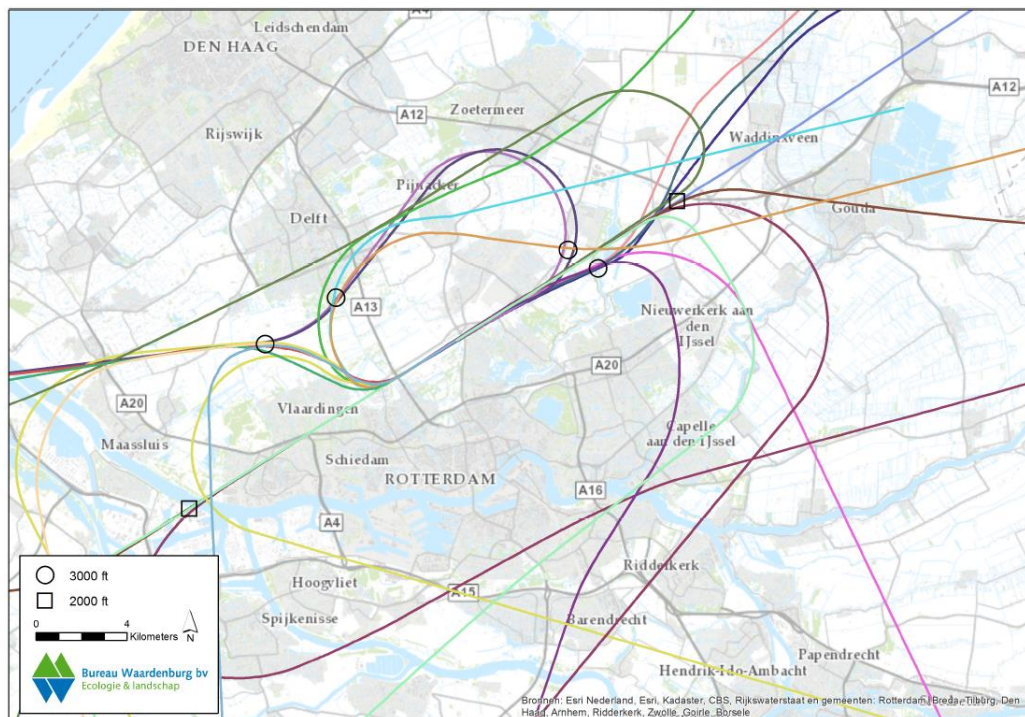


Figuur 7 Ligging van RTHA ten opzichte van andere steden¹⁰⁵.

RTHA heeft 7 vliegroutes van waaruit vliegtuigen het hoge luchtruim bereiken. Het (groot) vliegverkeer heeft op verschillende locaties een hoogte van minder dan 700 meter (fig. 9) en kan op die plekken een negatieve invloed hebben op de ondergelegen gebieden. Het is daarom van belang om uit te sluiten dat deze hoogtes bereikt worden wanneer een vliegtuig over belangrijke natuurgebieden vliegt.



Figuur 8 Plattegrond van RTHA. De start- en landingsbaan is zichtbaar aan de noordwestelijke zijde van het vliegveld.



Figuur 9 Vliegroutes voor groot verkeer van en naar RTHA. De cirkels geven het punt aan waarop stijgend verkeer een hoogte van 914 meter heeft bereikt, de vierkanten geven het punt aan waarop dalend verkeer een hoogte van 609 meter heeft bereikt²³.

5.1.2. Kenmerken RTHA en omgeving die mogelijk vogels aantrekken

In deel 4.1.4. zijn vogel aantrekkende omgevingskenmerken besproken. Een aantal van deze kenmerken zijn terug te vinden bij RTHA. Ten noorden van het vliegveld zijn polders en agrarisch terrein te vinden. Ten zuiden van het vliegveld zijn vooral stedelijke kenmerken van de stad Rotterdam te zien¹⁰⁴ (fig. 8). Dit betekent dat rondom het vliegveld zowel stedelijke als rurale kenmerken zijn, dit trekt watervogels, roofvogels en stadsvogels aan⁵². Om het vliegveld heen en op grotere afstand van het vliegveld bevinden zich meerdere watergebieden, deze kunnen eendachtige soorten aantrekken^{52, 105}. Ook de hangars en parkeerplaatsen op het vliegveld (fig. 8) kunnen vogels aantrekken, evenals de bomen in de omgeving⁵⁴.

5.2. Natuurgebieden rondom Rotterdam The Hague Airport

5.2.1. Beschrijving van de natuurgebieden

In de buurt van RTHA zijn veel belangrijke natuurgebieden te vinden (fig. 10). Tussen Delft, Vlaardingen, Schiedam en Rotterdam ligt een groot open gebied bekend als midden-Delfland, hier leven en broeden veel vogelsoorten. Voor weidevogels is in dit gebied vooral de Akerdijkse plassen een belangrijk broedgebied. Ook de Vlietlanden is een belangrijk vogelgebied dat niet onder Natura2000 valt²³. Gebieden die wel onder Natura2000 vallen zijn iets verder verwijderd van het vliegveld. Over de twee Natura2000 gebieden die het dichtst bij RTHA liggen wordt hieronder ook uitgeweid.



Figuur 10 Natuurgebieden in het gebied rondom RTHA. De donkergroene gebieden zijn gebieden die vallen binnen het natuurnetwerk Nederland, dit zijn bestaande en nieuwe natuurgebieden. De paarse strepen geven ecologische verbindingen aan. De lichtgroene gebieden zijn belangrijke weidevogelgebieden. De gebieden met verticale strepen zijn Natura2000 gebieden¹⁴².

Ackerdijkse plassen

De Ackerdijkse plassen is een belangrijk vogelgebied en is in het beheer van Natuurmonumenten¹⁰⁶. Veel moerasvogels broeden hier hun eieren uit²³. Ook komen er veel zeldzame soorten voor¹⁰⁷. Het gebied bestaat uit weides met meerdere plassen, rietmoeras, en gedeeltes met bomen (waaronder met name wilgen, berken, elzen, meidoorns, essen, beuken, zomereiken, lijsterbessen, hazelaars en iepen)¹⁰⁶. In het moerasbos komen met name reigers voor die zich voeden op de voorkomende waterdieren. In de winter vormt het gebied een rustplek voor zilverreigers. Voor krakeenden, slobbeenden, dodaarzen en aalscholvers is de Ackerdijkse plassen een belangrijk broedgebied. Verder komen er ook spechten, haviken, boomvalken, rietgorzen, rietzangers, karekieten, blauwborsten, rallen, roerdampen, watersnippen, kemphanen, zomertalingen, tureluren, ijsvogels en ransuilen voor. De Kievit, grutto en scholekster broeden niet in dit gebied, maar zijn er wel regelmatig te vinden¹⁰⁶. Bovendien zijn er in de winter grote aantallen (duizenden) smienten te vinden die hier de winter doorbrengen^{106, 107}. Er zijn waarnemingen geweest van zeldzame soorten zoals kortteenleeuwreken, velduil, dwergarend, grauwe fitis, schreeuwarend, kwakarend en visarend¹⁰⁷.



Figuur 11 Geografische ligging van de Ackerdijkse plassen (rode ster) ten opzichte van RTHA (paarse ster). Legenda komt overeen met figuur 5.

Vlietlanden

De Vlietlanden zijn evenals de Ackerdijkse plassen onder het beheer van Natuurmonumenten. De vlietlanden is een laagveengebied met een moerasbos, stukken open water, en riet- en hooilandjes. Het moerasbos vormt een leefgebied voor blauwe reigers. Verder komen er buizerds, kuifeenden, kieviten, gruttos, en kiekendieven voor¹⁰⁸.



Figuur 12 Geografische ligging van de Vlietlanden (rode ster) ten opzichte van RTHA (paarse ster). Legenda komt overeen met figuur 5.

Boezems Kinderdijk

Boezems kinderdijs is een Natura2000 gebied dat valt onder de vogelrichtlijn. Het gebied bestaat uit moerassen (riet- en zeggemoerassen), open water, boezemkaden, struwelen, ruigten en grienden. Met name voor de purperreiger, de snor en de porseleinhoen is dit een belangrijk broedgebied. In de winter rusten slobbeenden, smienten en krakeenden in dit gebied¹⁰⁹.



Figuur 13 Geografische ligging van Boezems Kinderdijk (rode ster) ten opzichte van RTHA (paarse ster). Legenda komt overeen met figuur 5.

Oude Maas

Ook de Oude Maas is een Natura 2000 gebied. Het gebied bestaat uit getijden grienden, wilgenbossen en terreinen met riet- en ruigtevegetaties. Veel zangvogels, o.a. blauwborsten, gebruiken dit gebied om te broeden. Ook broeder plevertjes en kluten bij de Oude Maas. In de winter rusten kuifeenden, wilde eenden, krakeenden, tafeleenden in het gebied. Verder trekken er vaak lepelaars en visarenden over¹¹⁰.



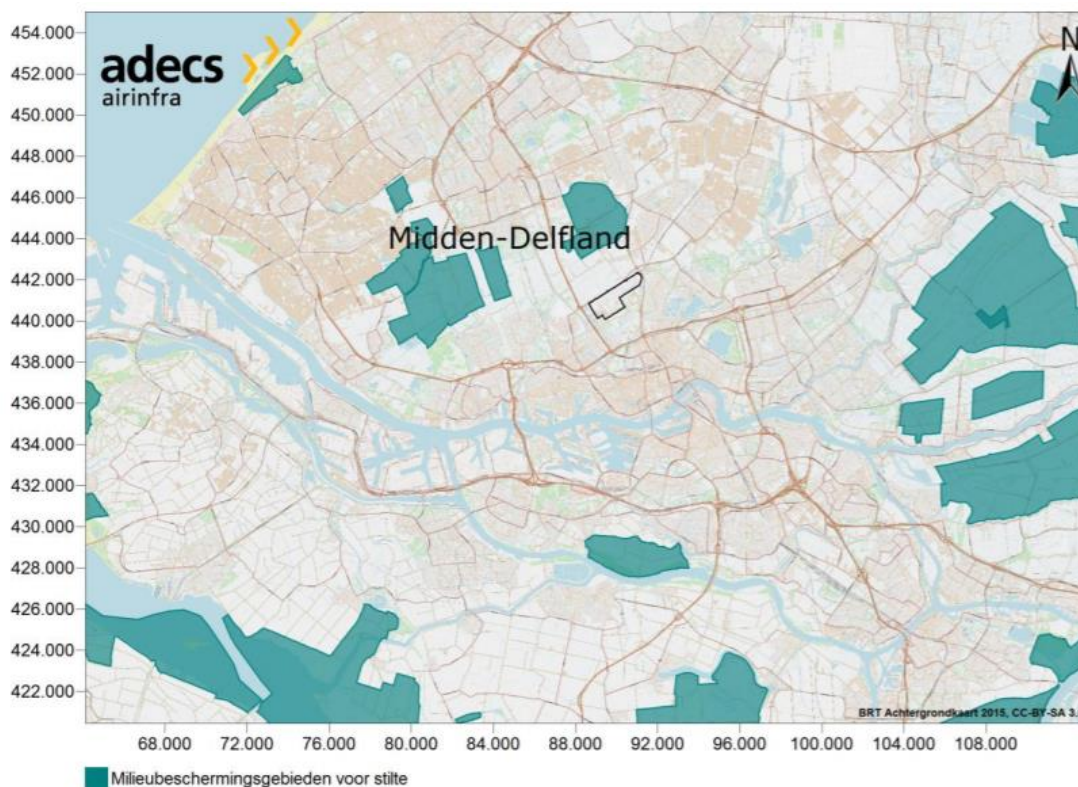
Figuur 14 Geografische ligging van de Oude Maas (rode ster) ten opzichte van RTHA (paarse ster). Legenda komt overeen met figuur 5.

5.2.2. Ecologisch belang van eerder beschreven natuurgebieden

Het behouden en beschermen van de eerder genoemde natuurgebieden is onder meer nodig om de biodiversiteit in deze gebieden te beschermen. Een aantal van de vogelsoorten die voorkomen in deze natuurgebieden staan op de rode lijst van de Nederlandse broedvogels, wat betekent dat deze soorten een ongunstige staat van instandhouding hebben en dus (ernstig) bedreigd, kwetsbaar of gevoelig zijn. Dit betreft met name de kleine zilverreigers, slobbeenden, watersnippen, kemphanen, zomertalingen, ransuilen, grutto's, smienten, tureluren, boomvalken, blauwe kiekendieven, grauwe kiekendieven, grote karekieten, snorren, plevieren, kluten en velduilen^{111, 112}. Om een achteruitgang in biodiversiteit te voorkomen is het belangrijk dat deze soorten actief beschermd worden. Verstoringen door bijvoorbeeld laagvliegende vliegtuigen is dan ook niet wenselijk, met name in het gebied van de Akerdijkse plassen aangezien daar veel beschermde soorten voorkomen. Dit is ook het gebied dat zich het dichtste bij RTHA bevindt.

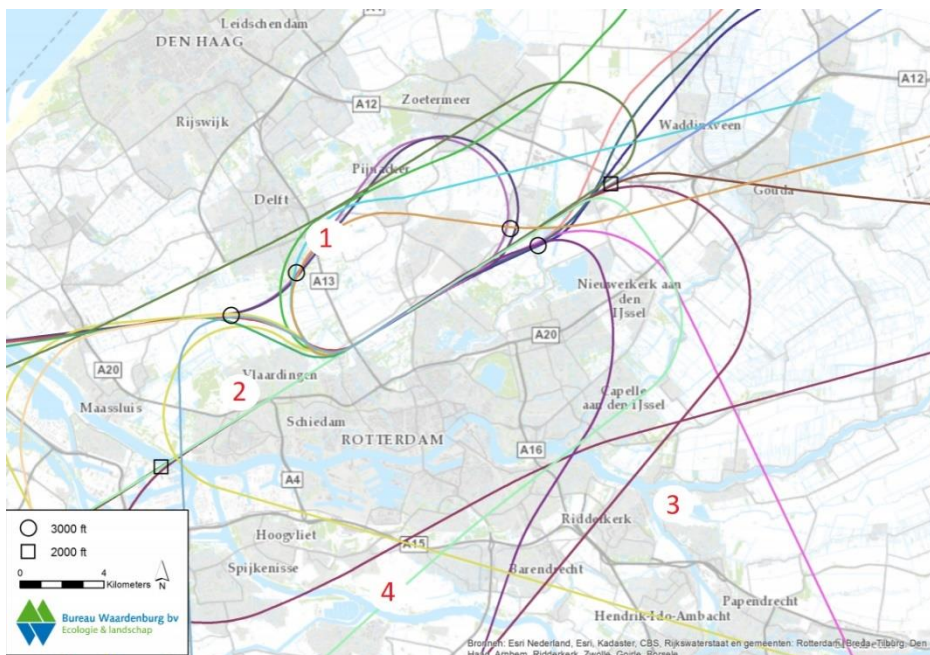
5.2.3. Mogelijke invloed van RTHA op de eerder beschreven natuurgebieden

Zoals in hoofdstuk 3.1. is beschreven kunnen vogels die leven in de omgeving van het vliegveld of in een omgeving waar laagvliegend vliegverkeer voorkomt verstoord worden. In Zuid-Holland zijn een aantal stiltegebieden vastgesteld, zie figuur 15, om te voorkomen dat deze natuurgebieden worden verstoord door het geluid van (vlieg)verkeer. De stiltegebieden lijken de eerder genoemde natuurgebieden Ackerdijkse plassen, Vlietlanden en de Oude Maas grotendeels te omvatten. In deze gebieden is het verboden een toestel te gebruiken waardoor de ervaring van de natuurlijke geluiden kan worden verstoord. Er zijn hiervoor geen kwantitatieve normen vastgesteld waardoor deze regel moeilijk te handhaven is¹¹³. Om het effect van RTHA op vogels in de omgeving vast te stellen moet daarom eerst gekeken worden naar de geluidsoverlast in de omgeving.



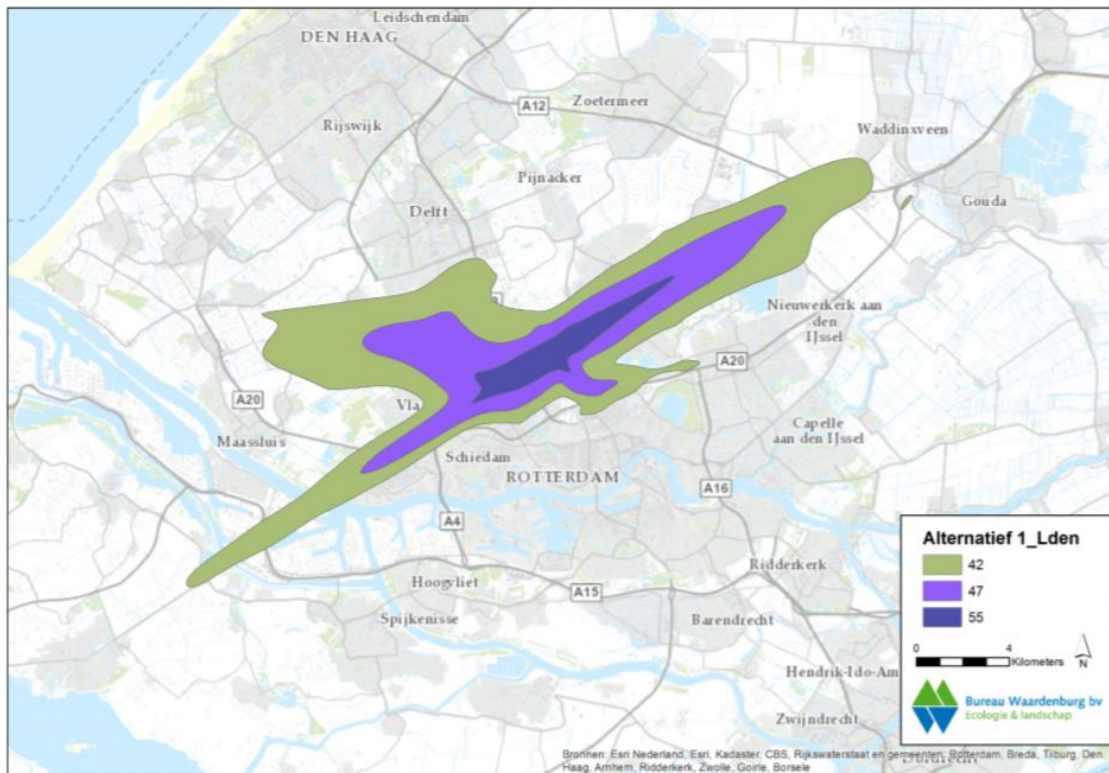
Figuur 15 Stilte gebieden in Zuid-Holland (blauw gekleurd), ten opzichte van RTHA (zwart omlijnd)¹¹³.

De hoeveelheid decibel in de omgeving van het vliegveld is sterk afhankelijk van de vliegroutes (fig. 16). In hoofdstuk 3.1. is vastgesteld dat om verstoringen te voorkomen vliegtuigen niet lager dan 700 meter over belangrijke vogelgebieden moeten vliegen. Volgens figuur 16 komt dalend verkeer binnen vanuit twee richtingen (vanuit het zuidwesten en vanuit het noordoosten). Bij de weergegeven vierkanten bereiken vliegtuigen een hoogte van ongeveer 600 meter en zullen vanaf dat punt verder afdalen. Wanneer deze vliegroutes vergeleken worden met de eerder genoemde natuurgebieden (zie rode nummers in figuur 16) is zichtbaar dat de vliegtuigen zich meestal niet direct boven de natuurgebieden bevinden wanneer ze een hoogte van lager dan 600 meter bereikt hebben. Natuurgebied Vlietlanden (nummer 2 in het figuur) ligt wel in de buurt van een dalingsroute (groene lijn) en hier zou dus geluidsoverlast voor kunnen komen.



Figuur 16. Vliegroutes en natuurgebieden (genummerd). 1=Akerdijkse plassen, 2= Vlietlanden, 3= Boezems kinderdijk, 4=Oude Maas. De cirkels geven het punt aan waarop stijgend verkeer een hoogte van 914 meter heeft bereikt, de vierkanten geven het punt aan waarop dalend verkeer een hoogte van 609 meter heeft bereikt. Aangepast van Lensink (2015a) ²³.

De intensiteit van het geluid (in decibel) is weergegeven in figuur 17. Hier is zichtbaar dat zowel de Akerdijkse plassen als de Vlietlanden in het 42 decibel gebied liggen. De Vlietlanden liggen ook gedeeltelijk in het 48 decibel gebied. Belastingen rond de 45 decibel kunnen een gering negatief effect veroorzaken bij gevoelige vogelsoorten²³. Hieruit zou geconcludeerd kunnen worden dat vogelsoorten die leven in de Vlietlanden mogelijk (minimaal) verstoord worden door overvliegende vliegtuigen. De kans is echter klein dat een geluidsniveau van 48 decibel een negatief effect heeft op de populaties²³. Er moet hierbij worden opgemerkt dat vliegtuigen zo nu en dan afwijken van de vastgestelde vliegroutes in verband met bijvoorbeeld veranderde weersomstandigheden of ander vliegverkeer. Hierdoor kunnen ook de voorspelde geluidsniveaus afwijken van de realiteit¹¹⁴. Om uit te sluiten dat de natuurgebieden worden beïnvloed door overvliegende vliegtuigen zullen geluidsmetingen in de gebieden, met name de Vlietlanden en de Akerdijkse plassen, op meerdere momenten genomen moeten worden en zullen de vogelpopulaties nauwkeurig gemonitord moeten worden alvorens conclusies te trekken.



Figuur 17 Geluidscontouren in L-den (Level day-evening-night) rondom RTHA¹²⁹.

Bij eventuele uitbreidingen van RTHA in de toekomst zullen geluidsniveaus veranderen. Deze uitbreiding houdt waarschijnlijk een toename van vliegbewegingen in, terwijl de infrastructuur van het vliegveld hetzelfde blijft. Deze veranderingen kunnen leiden tot een toename van 1 tot 3 decibel in alle gebieden rondom het vliegveld, en de 40 decibel zone zal enkele kilometers opschuiven²³. Een toename van 1 tot 3 decibel is nauwelijks waarneembaar maar zou voor zeer gevoelige soorten een negatieve invloed kunnen hebben op de populatie²³.

5.3. Vogel/vliegtuig aanvaringen bij Rotterdam The Hague Airport

Net zoals bij vele andere vliegvelden vormen vogelaanvaringen bij RTHA een risico voor vliegveiligheid. In dit hoofdstuk wordt ingegaan op de kenmerken van deze aanvaringen.

5.3.1. Hoeveelheid aanvaringen en vogeltellingen

Per 10.000 vliegbewegingen worden er gemiddeld 4,8 vogels aangevaren¹¹⁵. Dit is een vrij laag aantal in vergelijking met andere vliegvelden, zo werden er op Schiphol airport in 2015 8,4 vogels aangevaren per 10.000 vliegbewegingen, in 2016 stond dit getal op 6,7¹¹⁶. Bij Eindhoven Airport werden er in 2016 5,4 vogels aangevaren per 10.000 vliegbewegingen en in 2017 5,0¹¹⁷. Eindhoven Airport is beter te vergelijken met RTHA dan Schiphol vanwege de enkele start en landingsbaan en het lagere aantal vliegbewegingen (41.000 in 2019)¹¹⁸. RTHA had in de periode 2011-2018 te maken met gemiddeld 22,1 aanvaringen met vogels per jaar^{119, 120}. De schade die een aanvaring teweeg bracht is per aanvaring verschillend en sterk afhankelijk van de vogelsoort die betrokken was bij de aanvaring. De meeste aanvaringen vinden plaats rondom de zomermaanden, ofwel in de maanden mei, juni, juli en augustus¹¹⁵.

Meerdere vogelsoorten zijn betrokken bij vliegtuig aanvaringen op RTHA. Bij het bepalen van het risico van een specifieke soort moet niet alleen gelet worden op het aantal aanvaringen dat is voorgekomen maar ook op de impact die de aanvaring heeft. Deze impact zal met name verschillen tussen kleine/lichte vogelsoorten en grote/zware vogelsoorten. Grote vogelsoorten zullen uiteraard meer schade aanbrengen wanneer een aanvaring voorkomt. Ook kunnen zwermende vogels een groter risico vormen^{3, 119}. In tabel 11 zijn alle vogelsoorten en aanvaringen in de periode 2011-2019 weergegeven. Er zijn een aantal soorten bij aanvaringen betrokken die op de rode lijst staan. Zo is de boerenzwaluw geclassificeerd als gevoelig en zijn de ransuil, steenuil, boomvalk en torenvalk kwetsbare soorten^{111, 112}. Uit de tabel is op te maken dat de torenvalk, de buizerd, de gierzwaluw, de stadsduif en de boerenzwaluw respectievelijk zorgen voor de meeste aanvaringen gemiddeld per jaar. Ook is te zien dat aanvaringen met de Canadese gans, nijlgans, wilde eend, aalscholver, blauwe reiger, ooievaar en knobbelzwaan voor een groot risico zorgen wanneer een aanvaring ontstaat.

In het jaar 2019 zijn er ook vogeltellingen verricht, het totaal van deze 18 tellingen is weergegeven in tabel 12. Hierin is zichtbaar dat op de momenten van de tellingen met name veel spreeuwen (fig. 18) en halsbandparkieten (fig. 19) op het vliegveld terrein aanwezig waren. Ook waren er redelijk veel blauwe reigers, buizerds, eksters, houtduiven, kauwen, kieviten, kokmeeuwen, nijlganzen, zwarte kraaien en postduiven aanwezig.



Figuur 18 Spreeuw¹³⁰



Figuur 19 Halsbandparkiet¹³²

Tabel 5. Aantal aanvaringen bij RTHA en betrokken vogelsoorten in de periode 2011-2019^{115, 119, 120}. Tot. staat voor totaal aantal, gem. staat voor het gemiddelde aantal aanvaringen voor deze soort per jaar. Het risico houdt het risico op schade voor het vliegtuig in gebaseerd op eerdere aanvaringen en grootte van de vogel. Voor het risico geldt: rood is zeer hoog, oranje is hoog, geel is matig, groen is laag, en lichtgroen is zeer laag¹¹⁹. Voor de graspieper, scholekster en spreeuw is geen data over risico gevonden. Vogelsoorten die op de rode lijst staan zijn in de linker kolom gemarkeerd in geel (gevoelig) en oranje (kwetsbaar). Soorten die op de oranje lijst staan zijn grijs gemarkeerd^{111, 112}.

| Soort | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | Tot. | Gem. | Risico |
|--------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|--------|
| Buizerd | 3 | 2 | 4 | 6 | 1 | 2 | 3 | | 2 | 23 | 2,56 | |
| Canadese gans | | | | 1 | | | | | | 1 | 0,11 | |
| Nijlgans | 1 | | | | | | 1 | | | 2 | 0,22 | |
| Wilde eend | | 1 | | 1 | | | | 1 | 2 | 5 | 0,56 | |
| Aalscholver | 1 | | 1 | | | | | | | 2 | 0,22 | |
| Blauwe reiger | | 2 | | 2 | | 3 | | | 1 | 8 | 0,89 | |
| Ooievaar | | 1 | | | | | | | | 1 | 0,11 | |
| Boerenzwaluw | 2 | 1 | 3 | | 1 | 2 | 1 | | 1 | 11 | 1,22 | |
| Kokmeeuw | 1 | 4 | | | | | | 1 | 1 | 7 | 0,78 | |
| Zwarte Kraai | | 2 | | 2 | | | 1 | | 1 | 6 | 0,67 | |
| Stormmeeuw | 2 | | 1 | 1 | | | | | 1 | 5 | 0,56 | |
| Stadsduif | 2 | 2 | 1 | 2 | 2 | 2 | | | 1 | 12 | 1,33 | |
| Groene specht | | | | 1 | | | | | | 1 | 0,11 | |
| Zilvermeeuw | | | | 2 | 1 | | | 1 | 1 | 5 | 0,56 | |
| Boomvalk | | | | | 1 | | | | | 1 | 0,11 | |
| Torenvalk | 3 | 10 | 8 | 3 | 5 | 8 | 5 | 2 | 8 | 52 | 5,78 | |
| Kievit | | | | 1 | | 1 | | | | 2 | 0,22 | |
| Kleine mantelmeeuw | | | 1 | 1 | 2 | | | | 2 | 6 | 0,67 | |
| Steenuil | | | | 1 | | | | | | 1 | 0,11 | |
| Ransuil | | 1 | | 2 | 2 | 3 | | 1 | 1 | 10 | 1,11 | |
| Ekster | | | | 1 | 1 | | | | | 2 | 0,22 | |
| Bruine kiekendief | | | | 1 | | | | | | 1 | 0,11 | |
| Waterhoen | | | 1 | | | | | | | 1 | 0,11 | |
| Fazant | 1 | | | 1 | | | | | | 2 | 0,22 | |
| Halsbandparkiet | | | | | 1 | | | 1 | | 2 | 0,22 | |
| Sperwer | | | | 1 | 1 | | | | | 2 | 0,22 | |
| Holenduif | 1 | | | | | | | | | 1 | 0,11 | |
| Gierzwaluw | | | 2 | 3 | 1 | 3 | 3 | | 1 | 13 | 1,44 | |
| Houtduif | | 2 | 1 | 2 | | 1 | | 1 | 1 | 8 | 0,89 | |
| Houtsnip | | 1 | | | | | | | | 1 | 0,11 | |
| Knobbelzwaan | | | | | 1 | | | | | 1 | 0,11 | |
| Graspieper | | | | | | | 1 | | | 1 | 0,11 | |
| Scholekster | | | | | | 1 | | 1 | | 2 | 0,22 | |
| Spreeuw | | | | | | | | | 1 | 1 | 0,11 | |
| | 17 | 29 | 23 | 34 | 20 | 26 | 15 | 9 | 25 | 199 | 22,11 | |

Tabel 12. Vogeltellingen 2019. Data van 18 tellingen verspreid over 2019 ¹¹⁵. Grijs gemarkeerd staat voor 10 tot 50 getelde vogels. Geel gemarkeerd staat voor 50 tot 100 getelde vogels. Oranje staat voor 100 tot 500 getelde vogels. Rood gemarkeerd staat voor meer dan 500 getelde vogels.

| Vogelsoort | Totaal tellingen | Aangevaren in 2019 (ja/nee) | Gedood in 2019 (ja/nee) |
|--------------------|------------------|-----------------------------|-------------------------|
| Aalscholver | 77 | Nee | Ja |
| Blauwe reiger | 128 | Ja | Ja |
| Boerenwaluw | 28 | Ja | Nee |
| Buizerd | 109 | Ja | Nee |
| Canadese gans | 95 | Nee | Ja |
| Ekster | 162 | Nee | Ja |
| Fazant | 15 | Nee | Nee |
| Gierzwaluw | 27 | Ja | Nee |
| Graspieper | 63 | Nee | Nee |
| Grauwe gans | 88 | Nee | Ja |
| Grote zilverreiger | 3 | Nee | Nee |
| Halsbandparkiet | 512 | Nee | Nee |
| Heggemus | 1 | Nee | Nee |
| Holenduif | 30 | Nee | Ja |
| Houtduif | 232 | Ja | Ja |
| Huismus | 2 | Nee | Nee |
| Kauw | 411 | Nee | Ja |
| Kievit | 247 | Nee | Ja |
| Kleine mantelmeeuw | 67 | Ja | Ja |
| Knobbelzwaan | 10 | Nee | Nee |
| Kokmeeuw | 304 | Ja | Ja |
| Koolmees | 4 | Nee | Nee |
| Kramsvogel | 4 | Nee | Nee |
| Merel | 1 | Nee | Nee |
| Nijlgans | 127 | Nee | Ja |
| Oeverzwaluw | 41 | Nee | Nee |
| Ooievaar | 34 | Nee | Nee |
| Paapje | 2 | Nee | Nee |
| Patrijs | 1 | Nee | Nee |
| Postduif | 157 | Ja | Nee |
| Putter | 17 | Nee | Nee |
| Roodborst | 3 | Nee | Nee |
| Scholekster | 16 | Nee | Nee |
| Spreeuw | 2826 | Ja | Ja |
| Stormmeeuw | 43 | Ja | Ja |
| Tapuit | 4 | Nee | Nee |
| Torenavalk | 92 | Ja | Nee |
| Vink | 46 | Nee | Nee |
| Visdief | 3 | Nee | Nee |
| Wilde eend | 38 | Ja | Ja |
| Witte kwikstaart | 19 | Nee | Nee |
| Zanglijster | 28 | Nee | Nee |
| Zilvermeeuw | 52 | Ja | Ja |
| Zwarte kraai | 248 | Ja | Ja |
| Zwarte roodstaart | 1 | Nee | Nee |

5.4. Interventiemethoden

In dit deel worden de interventiemethoden besproken die gebruikt worden bij RTHA.

5.4.1. Interventiemethoden die toegepast worden op RTHA

Verschillende interventiemethoden zijn in gebruik op RTHA om vogelaanvaringen te voorkomen. Overdag wordt het verjagen van vogels gedaan door medewerkers van faunabeheer. Deze werkzaamheden worden buiten de werktijden van faunabeheer overgenomen door de operationele dienst¹¹⁵. RTHA zegt eerst te proberen de vogels te verjagen met verschillende methodes die niet nader te specificeren zijn vanwege het feit dat er in iedere situatie een andere methode gebruikt wordt, wanneer dit niet werkt kan de vogel afgeschoten worden¹¹⁵. Uit andere bronnen blijkt dat er gereden wordt met een surveillance auto met daarin medewerkers van faunabeheer die gespecialiseerd zijn in het voorkomen van aanvaringen. Deze medewerkers hebben de mogelijkheid om vanuit de auto knalpatronen af te schieten, alarmgeluiden van vogels af te spelen en toeters te laten horen^{121, 122}. Ook worden roofvogels ingezet om vogels te verjagen, waarbij af en toe een vogel gedood kan worden¹²³. Enkel wanneer deze verjagingsmethodes niet werken, aldus RTHA, worden jagers met geweren ingezet om vogels te doden^{121, 124}. Vangkooien en kastvallen worden op het landingsterrein gebruikt om vogels te vangen en later uit te zetten of over te geven aan een opvangcentrum wanneer nodig¹¹⁵. Daarnaast is het vliegveld terrein aangepast om vogelaanvaringen te verminderen, zo wordt het gras 17 centimeter lang gehouden en is er endofytisch gras gezaaid. Ook wordt er gezorgd voor een goede afwatering om waterplassen te voorkomen^{122, 124}. Er is een radarsysteem geplaatst op het vliegveld, maar deze is (om onduidelijke reden) nog niet in gebruik¹²². RTHA is bezig om te onderzoeken of het plaatsen van zonnepanelen zou kunnen helpen tegen vogelaanvaringen en of dit mogelijk is om toe te passen op het vliegveld¹²¹. Het is niet bekend of het vliegveld naast de genoemde methoden ook nog andere methoden gebruikt. Buiten het vliegveldterrein worden duizenden ganzen vergast door de Provincie Zuid Holland om overlast voor boeren tegen te gaan en om het aantal ganzen op het vliegveld te verminderen¹²⁵.

5.4.2. Wetgeving rondom (dodelijke) interventiemethoden

Volgens de wet natuurbescherming is het in Nederland verboden inheemse vogels te vangen of doden. Er kan ontheffing aan provincies worden verleend wanneer het doden van vogels nodig is in het belang van de veiligheid van het luchtverkeer en er geen andere bevredigende oplossing is⁸. Om het doden van vogels wettelijk mogelijk te maken heeft RTHA een ontheffing om alle vogels op het luchthaventerrein die een gevaar vormen onder voorwaarden te mogen te doden als verjaging niet volstaat. Een aantal Nederlandse natuurorganisaties (Natuur en Milieufederatie Zuid-Holland, Natuur- en Vogelwacht Biesbosch, KNNV afdeling Delfland, KNNV gewest Zuid-Holland, Vereniging voor Natuur- en Milieubescherming Pijnacker en Natuur- en Vogelwacht Rotta) hebben in februari 2018 een bezwaar ingediend tegen deze ontheffing. Hier is uit voortgekomen dat de ontheffing is ingetrokken voor soorten die een ongunstige staat van instandhouding hebben (ofwel, soorten die op de rode lijst staan), maar blijft bestaan voor soorten met een gunstige staat van instandhouding. Dit betekent dat de soorten die in tabel 13 oranje of geel zijn gekleurd wettelijk niet meer mogen worden gedood. Het inzetten van vallen is wel toegestaan maar deze mogen enkel ingezet worden wanneer er geen andere optie is. Dit geldt ook voor het afschieten van vogels met een gunstige staat van instandhouding⁹. In de periode 2015-2018 zijn soorten zijn gedood die op de rode lijst staan (de torenvalk, de kramsvogel en de visdief). Dit was in die periode toegestaan maar dit is inmiddels dus niet meer wettelijk

toegestaan⁹. Het vergassen van ganzen buiten het vliegveld is toegestaan door de Raad van State omdat de provincie heeft aangetoond dat er geen andere oplossing is om de overlast te voorkomen¹²⁵.

Tabel 13. Aantal gedode vogels op RTHA per jaar (door jachtgeweren en roofvogels) per soort. Geel gemarkeerde vogels staan op de rode lijst en vallen onder de gevoelige soorten. Oranje gemarkeerde soorten staan op de rode lijst als kwetsbare. Grijs gemarkeerde soorten staan op de oranje lijst. Gemiddeld houdt in, gemiddeld aantal gedode vogels per jaar^{115, 120}.

| Soort | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | Totaal | Gemiddeld |
|--------------------|------|------|------|------|------|--------|-----------|
| Aalscholver | 18 | 16 | 11 | 6 | 9 | 60 | 12 |
| Blauwe reiger | 15 | 17 | 52 | 25 | 78 | 187 | 37,4 |
| Boerengans | | 1 | | | 0 | 1 | 0,2 |
| Buizerd | | 1 | 2 | 1 | 0 | 4 | 0,8 |
| Canadese gans | 2 | 3 | 6 | 3 | 13 | 27 | 5,4 |
| Ekster | 6 | 7 | 24 | 11 | 9 | 57 | 11,4 |
| Fazant | | | 2 | | 0 | 2 | 0,4 |
| Grauwe gans | 29 | 32 | 6 | 17 | 21 | 105 | 21 |
| Holenduif | | | 1 | 3 | 1 | 5 | 1 |
| Houtduif | 69 | 246 | 224 | 60 | 82 | 681 | 136,2 |
| Kauw | 291 | 198 | 159 | 127 | 329 | 1104 | 220,8 |
| Kievit | | | 3 | 2 | 1 | 6 | 1,2 |
| Kleine mantelmeeuw | 9 | 30 | 19 | 6 | 37 | 101 | 20,2 |
| Knobbelzwaan | | | 10 | | 0 | 10 | 2 |
| Kokmeeuw | 1 | 6 | 22 | 10 | 7 | 46 | 9,2 |
| Krakeend | | | | 3 | 1 | 4 | 0,8 |
| Kramsvogel | | 1 | | | 0 | 1 | 0,2 |
| Nijlgans | 5 | 10 | 18 | 11 | 27 | 71 | 14,2 |
| Ooievaar | | | | 1 | 0 | 1 | 0,2 |
| Postduif | | | 16 | 20 | 0 | 36 | 7,2 |
| Spreeuw | 40 | 18 | 42 | 32 | 8 | 140 | 28 |
| Stormmeeuw | 2 | 3 | 11 | 6 | 23 | 45 | 9 |
| Torenvalk | 3 | | 1 | 2 | 0 | 6 | 1,2 |
| Turkse tortel | | | | 1 | 0 | 1 | 0,2 |
| Visdief | | 2 | | 1 | 0 | 3 | 0,6 |
| Wilde eend | 50 | 31 | 34 | 49 | 34 | 198 | 39,6 |
| Zilvermeeuw | 10 | 5 | 10 | 16 | 10 | 51 | 10,2 |
| Zwarte kraai | 43 | 22 | 46 | 41 | 38 | 190 | 38 |
| Waterhoen | | | | | 1 | 1 | 0,2 |
| | 593 | 649 | 719 | 454 | 729 | 3144 | 628,8 |

6. Discussie

Het wereldwijde vliegverkeer zorgt duidelijk voor meerdere conflicten met de natuur. Allereerst kan vliegverkeer een negatieve invloed hebben op vogels en vogelpopulaties, met name door verstoring die ontstaat door vliegtuigherrie bij overvliegen^{7, 10, 11, 12, 13, 17, 18}. Dit zal vooral een probleem zijn wanneer een vliegveld gelokaliseerd is vlakbij belangrijke vogelgebieden of wanneer vliegroutes deze gebieden op lage hoogte (onder de 300 tot 700 meter) kruisen^{19, 20}. Wanneer dit het geval is kan dit bij vogels leiden tot een energietekort en uiteindelijk de populatie verkleinen en/of de biodiversiteit van een gebied verlagen^{22, 17, 23}.

Vogel/vliegtuig aanvaringen zijn afhankelijk van een enorme hoeveelheid factoren, zo maakt de tijd van de dag, het seizoen, het weer, de ligging van een vliegveld, en de soorten vogels in de omgeving allemaal een verschil in de hoeveelheid en soorten aanvaringen^{3, 49, 50, 51}. Om aanvaringen te verminderen zal dan ook onderzoek gedaan moeten worden naar al deze factoren op een specifiek vliegveld en hier rekening mee gehouden moeten worden bij het toepassen van interventie methodes. Over het algemeen lijken de meeste aanvaringen plaats te vinden rond zonsopgang en ondergang, in de herfst en lente, en met goed weer, interventiemethoden kunnen dus het beste gericht worden op deze periodes^{3, 49}.

Een indirecte oorzaak van vogel/vliegtuig aanvaringen is het verdwijnen van vogelhabitat. Deze afname in geschikte foerageer en broedgebieden is met name veroorzaakt door verstedelijking, ontbossing en een toename aan land dat gebruikt wordt voor agricultuur^{57, 58, 59}. Omdat vliegvelden voor veel soorten kenmerken hebben die het een geschikt leefgebied maakt kunnen vogels mede door de afname in habitat aangetrokken worden door vliegvelden^{52, 53}. Om vogelaanvaringen te verminderen zal het herstellen van vogelbieden, en het voorkomen van degradatie van deze gebieden, in de wijde omtrek en op gepaste afstand van het vliegveld een goed begin zijn, bijvoorbeeld door lokgebieden te maken²⁵. Wanneer dit gedaan is kunnen andere interventiemethoden toegepast worden voor de aanvaringen die plaats vinden.

Er zijn veel verschillende interventiemethoden beschikbaar. In hoofdstuk 4.3. zijn de methodes geëvalueerd en is er een stappenplan opgesteld. Hieruit kan worden opgemaakt dat de interventiemethoden vooral gericht moeten worden op het onaantrekkelijk maken van het vliegveld en de nabije omgeving voor vogels^{25, 74, 87}. Wanneer dit zo veel mogelijk is gedaan, bijvoorbeeld door voedselbronnen en nestplekken van vogels te verminderen op en rond het vliegveld kunnen andere interventiemethoden toegepast worden, zoals verjaging d.m.v. auditieve methodes, inzetten van roofvogels, etc., voor de soorten die ondanks deze aanpassingen aanwezig zijn²⁵. Om de effectiviteit van alle gebruikte methodes te testen, maar ook om de verjagingsmethodes effectiever te maken kan er een detectie systeem gebruikt worden. Detectie systemen zijn zeer belangrijk in het tegengaan van aanvaringen en kunnen gecombineerd worden met vele andere interventiemethoden om zo op tijd aanvaringen te voorkomen. Dit systeem kan op ieder vliegveld en voor iedere soort gebruikt worden⁶⁸. Dodelijke middelen moeten zo veel mogelijk vermeden worden en moeten alleen gebruikt worden als er op dat moment direct gevaar is voor een aanvaring en geen van de andere methodes werkt, ook moeten hierbij soorten die een slechte staat van instandhouding hebben uiteraard vermeden worden.

RTHA heeft net zoals veel andere vliegvelden te maken met vogelaanvaringen. Maar met een aantal van 4.8 per 10.000 vliegbewegingen heeft dit vliegveld relatief weinig aanvaringen¹¹⁵. Toch kan er nog het een en ander gedaan worden om het aantal aanvaringen te verminderen op een mogelijk minder dierenonvriendelijke manier. De soorten die het meest betrokken zijn bij aanvaringen op RTHA of die het grootste risico vormen wanneer een aanvaring ontstaat zijn de torenvalk, de buizerd, de gierzwaluw (fig. 20), de stadsduif en de boerenzwaluw, de Canadese gans, nijlgans, wilde eend, aalscholver, blauwe reiger, ooievaar en knobbelzwaan^{115, 119, 120}. Wanneer deze informatie gecombineerd wordt met het risico op schade per soort kan geconcludeerd worden dat de buizerd een groot risico vormt voor de opstijgende en dalende vliegtuigen op RTHA, gezien deze soort een relatief groot aantal aanvaringen veroorzaakt en daarbij zorgt voor veel schade. Ook de wilde eend, de blauwe reiger en de aalscholver vormen een groot risico. Aanvaringen met de Canadese gans, de knobbelzwaan, de witte reiger en de nijlgans komen minder vaak voor, maar brengen wel een groot risico met zich mee wanneer een aanvaring met deze soort voorkomt¹¹⁹. Over het algemeen lijken er veel aanvaringen te zijn met laag risico soorten die slechts zelden voor schade of andere technische problemen zorgen. Bij het toepassen van interventiemethoden moet daarom een risicobeoordeling worden gemaakt om de verdere procedure te bepalen. Ook moet er gelet worden op voorkeuren van de meest aangevaren soorten.



Figuur 20 Van links naar rechts: de torenvalk¹³⁴, de buizerd¹³⁹ en de gierzwaluw¹⁴¹

De kwetsbare torenvalk (fig. 20) is in de afgelopen jaren bij een groot aantal aanvaringen betrokken geweest. Aannemende dat alle torenvalken die aangevaren worden overlijden, kan dit een negatieve invloed hebben op de instandhouding van deze soort. In tabel 11 is ook te zien dat het aantal aanvaringen in 2018 zeer laag was. De oorzaak hiervan is moeilijk te achterhalen. Ook het aantal gedode vogels was in 2018 vrij laag wat er op duidt dat het lage aantal aanvaringen in dit geval waarschijnlijk niet correleert met een hoog aantal gedode vogels. In een dergelijke situatie zou RTHA onderzoek moeten uitvoeren om mogelijk de oorzaak van dit lage aantal aanvaringen te verklaren. Dit zou waardevolle informatie kunnen opleveren waardoor in de toekomst aanvaringen beter voorkomen kunnen worden. Op RTHA komen met name aanvaringen voor in de zomermaanden, dit gaat tegen eerdere onderzoeken in, waaruit bleek dat de kans op aanvaringen hoger is in het migratieseizoen (lente en herfst)^{3, 49}. Dit kan komen doordat er in de zomer meer vluchten zijn¹²⁶. Ook moet er opgemerkt worden dat het aantal aanvaringen uitsluitend betrekking heeft op de aanvaringen die binnen RTHA plaats vinden, dit omvat dus niet de aanvaringen die buiten het vliegveld plaatsvinden. Minder dan 30% van de aanvaringen komen voor op een hoogte van 152 meter van de grond en buiten 2.5 km van het vliegveld^{4, 48}, omdat aanvaringen op grote hoogte wel een groot risico met zich mee brengen is het ook belangrijk om in dit gebied aanvaringen te voorkomen. Dit is moeilijk aangezien deze gebieden buiten het beheer van het vliegveld vallen. Daarom is het aanpassen van de kleur en de belichting van het vliegtuig een goede optie, dit moet echter wel internationaal worden doorgevoerd

wat nog lang op zich kan laten wachten^{90, 91}. Er moet daarom ook gezocht worden naar andere methodes om deze aanvaringen buiten het vliegveld te voorkomen.

Bij meerdere vogeltellingen in 2019 lijken met name veel spreeuwen en halsbandparkieten op het vliegveldterrein aanwezig te zijn. Ook zijn er redelijk veel blauwe reigers, buizerds, eksters, houtduiven, kauwen, kieviten, kokmeeuwen, nijlganzen, zwarte kraaien en postduiven aanwezig. Opvallend is dat er veel eksters, kauwen, nijlganzen en kieviten aanwezig waren maar bijna geen aanvaringen met deze soorten voorkwamen^{115, 119, 120}. Dit kan erop duiden dat deze vogels voor weinig aanvaringen zorgen, maar dit kan ook betekenen dat deze soorten succesvol worden verjaagd door de interventiemethoden wanneer er een aanvaring lijkt te ontstaan. Aangezien volgens tabel 1 ekster, kauwen, en kieviten wereldwijd wél voor veel aanvaringen zorgen zou het kunnen dat de interventiemethoden goed werken voor deze soorten, dit kan echter alleen worden vastgesteld door een vergelijking te maken met een situatie zonder deze methodes.

RTHA maakt gebruik van veel technieken om vogels te verjagen, maar zoals blijkt uit tabel 13 wordt er nog redelijk vaak gebruik gemaakt van dodelijke middelen^{115, 120}. Deze middelen worden alleen toegepast wanneer andere methodes niet voldoende effectief zijn¹⁰¹. Sinds 2019 mogen rode lijst soorten niet meer gedood worden, dit geldt echter niet voor oranje lijst soorten⁹. De invloed van zowel de dodelijke interventiemethoden als de aanvaringen op populaties van soorten met een slechte staat van instandhouding moet onderzocht worden om afname van biodiversiteit te voorkomen. Ook moeten de niet dodelijke middelen effectiever gemaakt worden waar mogelijk. De effectiviteit van de gebruikte middelen is niet getest bij RTHA, dit maakt het moeilijk om een goede aanbeveling te geven. Voor de aanbevelingen wordt het stappenplan uit hoofdstuk 4.4. gevolgd (beginnende bij punt 3). Allereerst moet het vliegveld en zijn nabije omgeving onaantrekkelijk gemaakt worden voor vogels. Er is bekend dat RTHA endofytisch gras heeft geplaatst en een hoogte van 17 centimeter (lang gras) aanhoudt^{122, 124}. Bovendien moeten de overige voedselbronnen van vogels geminimaliseerd worden. Hierbij moeten de specifieke voedselvoorkeuren van de meest risicovolle soorten in de gaten gehouden worden. In tabel 14 zijn een aantal van de meest risicovolle soorten en hun voedselvoorkeuren weergegeven. Om vogels die met name vis, waterplanten of andere waterdieren eten te weren zullen watergebieden op het vliegveld afgesloten moeten worden met netten of draden. Voor het weren van vogels die op gras foerageren, invertebrata eten én voor vogels die kleine zoogdieren eten is de beste optie het toepassen van een nutriënt arme bodem⁸⁷. Om te voorkomen dat aaseters of afvaleters voedsel op het vliegveld vinden moeten karkassen verwijderd worden en afval goed afgesloten zijn. Ook moeten struiken die bessen groeien verwijderd worden en moet de hoeveelheid

Tabel 14.1 Meest risicovolle/voorkomende soorten op RTHA en hun voedselvoorkeuren¹²⁷

| Vogelsoort | Voedselvoorkeur |
|--------------------|---|
| Buizerd | Kleine zoogdieren, regenwormen, kevers, amfibieën, jonge vogels en aas |
| Canadese gans | Oogstresten |
| Nijlgans | gras, kruiden, waterplanten, oogstresten |
| Aalscholver | Vis |
| Blauwe reiger | Vis, waterdieren, mollen en muizen |
| Ooievaar | kikkers, muizen, mollen, insecten, hagedissen, regenwormen, jonge vogels, aas en afval |
| Torenvalk | Kleine zoogdieren, kuikens, grote insecten |
| Kleine mantelmeeuw | Schelpdieren, kleine vissen, vogeleieren en kuikens, knaagdieren en bessen |
| Knobbelzwaan | Waterplanten en waterdiertjes |
| Kauw | Insecten, slakken, wormen, knoppen, zaden, bessen, afval en kadavers |
| Houtduif | Zaden, knoppen, bladeren en oogstresten |
| Ekster | Kevers, insecten, kleine zoogdieren, eieren van vogels, hagedissen, jonge vogels, bessen en zaden |

zaaddragende planten verminderd worden, evenals oogstresten die achterblijven op omringende akkers^{46, 127}.

Het lijkt er op dat RTHA buiten het minimaliseren van stilstaand water op het vliegveld verder niet kiest voor andere omgevingsmodificaties. Watergebieden die nodig zijn voor afwatering of voor andere doeleinden kunnen bijvoorbeeld met netten of draden omspannen worden zodat deze minder aantrekkelijk worden voor vogels^{25, 73}. Aangezien RTHA gebruik maakt van roofvogels zal het gebruiken van drones niet direct nodig zijn. De belangrijkste verandering die RTHA moet toepassen om het aantal aanvaringen te verminderen is het in gebruik nemen van de reeds geïnstalleerde radarsystemen. Zoals eerder gespecificeerd is kunnen met deze systemen vogels vroegtijdig worden gesignaleerd, waardoor er meer tijd is om de vogels te verjagen⁶⁸. Een dergelijk systeem kan ook een risicobeoordeling geven zodat er geen ingrijpende methodes worden gebruikt voor laag risico soorten, waarna een intelligent beslissing makend systeem gebruikt kan worden om de verdere procedure te bepalen. Dit kan bijvoorbeeld het veranderen van vliegroute inhouden, of het toepassen van afschrikmiddelen zoals pyrotechnieken⁹⁷. Ook kan een radarsysteem de effectiviteit van de andere methodes die RTHA gebruikt, zoals roofvogels en pyrotechnieken vergroten en zo zal er minder vaak munitie gebruikt hoeven worden. Bovendien kan RTHA m.b.v. de radar beter inzicht krijgen in de effectiviteit van de methodes die nu toegepast worden en in de toekomst de procedures hierop afstellen⁹⁸. Vliegvelden zoals RTHA staan voor diverse uitdagingen waaronder verduurzaming en het reduceren van geluidsoverlast. Dit kan echter zorgen voor conflicterende belangen, bijvoorbeeld wanneer het stiller worden van vliegtuigen zorgt voor meer aanvaringen. Dergelijke aanpassingen en de invloed hiervan op vogelaanvaringen zullen eerst onderzocht moeten worden voor het wordt toegepast. Zo is RTHA ook aan het onderzoeken of het plaatsen van zonnepanelen zou helpen tegen vogelaanvaringen. Volgens eerder onderzoek lijkt deze methode de aantallen vogels op vliegvelden niet significant te veranderen en wordt daarom ook niet aangeraden om aanvaringen te voorkomen, maar zou wel kunnen helpen in het verduurzamen van het vliegveld¹²⁸.

Om de noodzaak om duizenden ganzen te vergassen buiten het vliegveld terrein te verlagen moeten mogelijke interventiemethoden in deze gebieden worden onderzocht. Aangezien ganzen zich vaak voeden op oogstresten en daardoor overlast bij boeren veroorzaken zou ook hier begonnen kunnen worden met het weghalen van voedselbronnen door oogstresten snel te verwijderen¹²⁷. Ook zouden andere methodes zoals het afsluiten van watergebieden of het plaatsen van lang gras kunnen helpen. Er moet wel onderzocht worden wat voor effect deze maatregelen hebben op de overige natuur en biodiversiteit.

RTHA wordt omringd door meerdere natuurgebieden. Het lijkt het er niet op dat de vogels in deze natuurgebieden negatief beïnvloed worden door RTHA¹²⁹. Maar om deze vogelsoorten en de natuurgebieden rondom RTHA optimaal te beschermen zal er meer onderzoek uitgevoerd moeten worden naar de geluidsniveaus in of nabij de natuurgebieden, aangezien de daadwerkelijke niveaus kunnen afwijken van de voorspelde niveaus, bijvoorbeeld door afwijkingen in vliegroutes. Ook zal het effect van toenemend vliegverkeer onderzocht moeten worden, met name op soorten die in een ongunstige staat van instandhouding verkeren. Dit onderzoek zal uitgevoerd moeten worden voor eventuele uitbreiding van het vliegveld. Wanneer blijkt dat de vogelpopulaties wel negatief beïnvloed worden moet ofwel de uitbreiding worden geannuleerd, of waar mogelijk, vluchtroutes veranderd worden om laagvliegen over deze gebieden te voorkomen.

7. Conclusie en aanbevelingen

De onderzoeksvraag *‘Welke invloed heeft vliegverkeer (wereldwijd en bij RTHA) op vogelpopulaties, en andersom, en welke methoden worden aangeraden om de problemen te verhelpen of voorkomen?’* is in dit rapport voor het grootste gedeelte beantwoord. Vliegverkeer vormt op verschillende manieren een risico voor vogels en vogelpopulaties. Om dit te voorkomen moet er bij voorkeur reeds voor het aanleggen van een vliegveld rekening gehouden worden met vogels. Hierbij moet het vliegveld ver van vogelgebieden worden aangelegd om verstoring door geluid te voorkomen. Ook moeten vliegroutes zo worden aangepast dat vogels niet verstoord worden.

Om aanvaringen te voorkomen zijn heel veel interventiemethoden beschikbaar, allemaal met hun eigen voor en nadelen. Ieder vliegveld zal in eerste instantie zijn directe omgeving en de inrichting van het vliegveld moeten aanpassen om aanvaringen te voorkomen. Daarnaast moet er per vliegveld gekeken worden naar welke vogelsoorten aanwezig zijn en welke interventiemethoden hiervoor kunnen werken.

RTHA gebruikt al een aantal goede interventiemethoden, maar zou het aantal aanvaringen vooral omlaag kunnen brengen door het in gebruik nemen van het reeds aanwezige radarsysteem, in combinatie met een risico analyserend en beslissing makend systeem. Ook kunnen watergebieden afgesloten worden met netten en draden en moeten voedselbronnen voor de meest risicovolle soorten verwijderd worden. Wanneer deze methodes worden toegepast zijn dodelijke methodes minder vaak nodig waardoor het risico op een afname in biodiversiteit verkleind wordt. Ook kan RTHA d.m.v. het radarsysteem bijhouden hoe de interventiemethoden werken en hier in de toekomst weer op inspelen. Dit is ook belangrijk om trends in het aantal aanvaringen te kunnen verklaren, zoals bijvoorbeeld het lage aantal aanvaringen in 2018.

Geluidsniveaus en vogelaantallen in de omliggende natuurgebieden moeten streng in de gaten gehouden worden, met name wanneer RTHA in de toekomst zou uitbreiden, om een negatieve invloed op de populaties op tijd te voorkomen.

8. Referentielijst

1. Dickman, A. J. (2010). Complexities of conflict: the importance of considering social factors for effectively resolving human–wildlife conflict. *Anim Conserv*, 13(5), 458-66.
2. Blackwell, B. F., DeVault, T. L., Fernández-Juricic, E., Dolbeer, R. A. (2009). Wildlife collisions with aircraft: A missing component of land-use planning for airports. *Landscape and Urban Planning*, 93(1), 1-9.
3. Sodhi, N. S. (2002). Competition in the Air: Birds Versus Aircraft. *Auk*, 119(3), 587-95.
4. Nicholson Roger, Reed William, S. (2011). Strategies for Prevention of birdStrike events. *Aeromagazine*, (qtr_03), 16-24.
5. Stettler, M. E. J., Boies, A. M., Petzold, A., Barrett, S. R. H. (2013). Global Civil Aviation Black Carbon Emissions. *Environ Sci Technol*, 47(18), 10397-404.
6. Olsthoorn, X. (2001). Carbon dioxide emissions from international aviation: 1950–2050. *Journal of Air Transport Management*, 7(2), 87-93.
7. Gil, D., Honarmand, M., Pascual, J., Pérez-Mena, E., Macías Garcia, C. (2015). Birds living near airports advance their dawn chorus and reduce overlap with aircraft noise. *Behav Ecol*, 26(2), 435-43.
8. Ministerie van Binnenlandse Zaken en Koninkrijksrelaties (2020). *Wet natuurbescherming*. Geraadpleegd van <https://wetten.overheid.nl/BWBR0037552/2020-01-01>
9. Klaassen, L. P. (2019). Beslissing op bezwaar.
10. Alquezar, R. D., Macedo, R. H. (2019). Airport noise and wildlife conservation: What are we missing? *Perspectives in Ecology and Conservation*, 17(4), 163-71.
11. Dominoni, D. M., Greif, S., Nemeth, E., Brumm, H. (2016). Airport noise predicts song timing of European birds. *Ecology and Evolution*, 6(17), 6151-9.
12. Wolfenden, A. D., Slabbekoorn, H., Kluk, K., Kort, S. R. d. (2019). Aircraft sound exposure leads to song frequency decline and elevated aggression in wild chiffchaffs. *Journal of Animal Ecology*, 88(11), 1720-31.
13. Francis, C. D., Ortega, C. P., Cruz, A. (2009). Noise Pollution Changes Avian Communities and Species Interactions. *Current Biology*, 19(16), 1415-9.
14. Burger, J. (1981). Behavioural responses of herring gulls *Larus argentatus* to aircraft noise. *Environmental Pollution Series A, Ecological and Biological*, 24(3), 177-84.
15. Chitty, T. (2019). *In pictures: Here are the planes being built to bring back supersonic travel*. Geraadpleegd van <https://www.cnn.com/2019/01/18/boeing-boom-aerion-bring-back-supersonic-travel.html>
16. Sastre, P., Ponce, C., Palacín, C., Martín, C. A., Alonso, J. C. (2009). Disturbances to great bustards (*Otis tarda*) in central Spain: human activities, bird responses and management implications. *European Journal of Wildlife Research*, 55(4), 425-32.
17. Kempf, N., Hüppop, O. (1998). "Wie wirken Flugzeuge auf Vögel? - Eine bewertende Übersicht". *Naturschutz und Landschaftsplanung*, (30), 17-28.
18. Borgmann, K. L. (2011). *A review of human disturbance impacts on waterbirds*. Audubon California.
19. Komenda-Zehnder, S., Cevallos, M., Bruderer, B. (2003). *Effects of disturbance by aircraft overflight on waterbirds - an experimental approach*. Swiss Ornithological Institute.

20. Verbeek, M. T., Los, W., Buurma, L. S., Hagemeijer, E. J. M. (2000). *Bird Avoidance Model (Bam) Europe*. International Bird Strike Committee.
21. D. H. Ward, R. A. Stehn, D. V. Derksen (2000). Response of Geese to Aircraft Disturbances.
22. Alquezar, R. D., Tolesano-Pascoli, G., Gil, D., Macedo, R. H. (2020). Avian biotic homogenization driven by airport-affected environments. *Urban Ecosystems*,
23. Lensink, R. (2015). *Beschermde soorten rond Rotterdam The Hague Airport en aspecten van vliegveiligheid*. Bureau Waardenburg.
24. Algemeen Dagblad (2013). *Vijf- tot tienduizend ganzen worden vergast bij Schiphol*. Geraadpleegd van <https://www.ad.nl/binnenland/vijf-tot-tienduizend-ganzen-worden-vergast-bij-schiphol~ae4afb11/>
25. Harris, R. E., Davis, R. A. (1998). *Evaluation of The Efficacy of Products and Techniques for Airport Bird Control*. Lgl Limited.
26. Terrenoire, E., Hauglustaine, D. A., Gasser, T., Penanhoat, O. (2019). The contribution of carbon dioxide emissions from the aviation sector to future climate change. *Environ Res Lett*, 14(8), 084019.
27. Grobler, C., Wolfe, P. J., Dasadikari, K., Dedoussi, I. C., Allroggen, F., Speth, R. L. et al. (2019). Marginal climate and air quality costs of aviation emissions. *Environ Res Lett*, 14(11), 114031.
28. Niklaß, M., Lührs, B., Grewe, V., Dahlmann, K., Luchkova, T., Linke, F. et al. (2019). Potential to reduce the climate impact of aviation by climate restricted airspace. *Transport Policy*, 83102-10.
29. Bayrakdar, M., Durmaz, V. (2014). *Environmental Impacts of Airports: A Research on The Istanbul 3rd Airport*. Eskisehir Anadolu University.
30. Koryak, M., Stafford, L. J., Reilly, R. J., Hoskin, R. H., Haberman, M. H. (1998). The Impact of Airport Deicing Runoff on Water Quality and Aquatic Life in a Pennsylvania Stream. *Journal of Freshwater Ecology*, 13(3), 287-98.
31. Department of Infrastructure, Regional Development and Cities (Z.D.). *Airport environmental management*. Geraadpleegd van <https://infrastructure.gov.au/aviation/airport/planning/airport-environmental-management/index.aspx>
32. Lensink, R. (2014). *Milieu effect rapport Lelystad Airport* . Bureau Waardenburg .
33. Landschap Overijssel (2014). *Natuurontwikkeling kan niet doorgaan in groot gebied rondom vliegveld Twente*. Geraadpleegd van <https://www.vlieghinder.nl/nieuws/artikel/Natuurontwikkeling-kan-niet-doorgaan-in-groot-gebied-rondom-vliegveld-Twent>
34. Moreno-Opo, R., Margalida, A. (2017). Large Birds of Prey, Policies That Alter Food Availability and Air Traffic: a Risky Mix for Human Safety. *Human–Wildlife Interactions*, 11(3).
35. Centraal Bureau voor de Statistiek (2018). *11 procent meer verkeersdoden in 2018*. Geraadpleegd van <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2019/16/11-procent-meer-verkeersdoden-in-2018>
36. Allan, J. R. (2000). The Costs of Bird Strikes and Bird Strike Prevention. *Human Conflicts with Wildlife: Economic Considerations*.
37. Holbech, L., Asamoah, A., Owusu, E. (2015). A rapid assessment of species-specific bird strike risk at the Kotoka International Airport in Accra, Ghana. *Ostrich - Journal of African Ornithology*, 86.
38. Global Petrol Prices (2020). *Kerosene prices around the world, 02-Mar-2020* | *GlobalPetrolPrices.com*. Geraadpleegd van https://www.globalpetrolprices.com/kerosene_prices/
39. Civil Aviation Authority (2016). Reported birdstrikes 2012-2016. Geraadpleegd van <https://www.caa.co.uk/Data-and-analysis/Safety-and-security/Datasets/Birdstrikes/>

40. Blackwell, B., Schafer, L., Helon, D., Linnell, M. (2008). Bird Use of Stormwater-Management Ponds: Decreasing Avian Attractants on Airports. *Landscape and Urban Planning*, 86.
41. Blackwell, B. F., Wright, S. E. (2006). Collisions of Red-tailed Hawks (*Buteo Jamaicensis*), Turkey Vultures (*Cathartes Aura*), and Black Vultures (*Coragyps Atratus*) with Aircraft: Implications for Bird Strike Reduction. *rapt*, 40(1), 76-80.
42. Australian airport association (2015). Managing Bird Strike Risk Species Information Sheets. *Australian airport association*, Geraadpleegd van https://www.atsb.gov.au/media/5353201/managing_bird_strike_risk_species_information_sheets.pdf
43. European General Aviation Safety Team (Z.D.). *Bird strike, a European risk with local specificities*. EGAST.
44. Froneman, A. (2000). Towards the Management of Bird Hazards on South African Airports.
45. Kitowski, I. (2011). Civil and Military Birdstrikes in Europe: An Ornithological Approach. *Journal of applied sciences*, 11183-91.
46. Washburn, B., Bernhardt, G., Kutschbach-Brohl, L. (2011). Using dietary analyses to reduce the risk of wildlife–aircraft collisions. *Human-Wildlife Interactions*, 5.
47. Soldatini, C., Georgalas, V., Torricelli, P., Albores-Barajas, Y. (2010). An ecological approach to birdstrike risk analysis. *European Journal of Wildlife Research*, 56(4), 623-32.
48. Dolbeer, R. (2011). Increasing trend of damaging bird strikes with aircraft outside the airport boundary: Implications for mitigation measures. *Human-Wildlife Interactions*, 5.
49. Zalakevicius, M. (2000). Global climate change, bird migration and bird strike problems.
50. Manktelow, S. (2000). The effect of local weather conditions on bird-aircraft collisions at British airports.
51. Gabrey, S. W., Dolbeer, R. A. (1996). Rainfall Effects on Bird: Aircraft Collisions at Two United States Airports. *Wildlife Society Bulletin (1973-2006)*, 24(2), 272-5.
52. Pfeiffer, M. B., Kougher, J. D., DeVault, T. L. (2018). Civil airports from a landscape perspective: A multi-scale approach with implications for reducing bird strikes. *Landscape and Urban Planning*, 17938-45.
53. Blackwell, B., Seamans, T., Schmidt, P., Devault, T., Belant, J., Whittingham, M. et al. (2013). A framework for managing airport grasslands and birds amidst conflicting priorities. *USDA National Wildlife Research Center - Staff Publications*.
54. DeVault, T., Blackwell, B., Belant, J., Begier, M. (2017). Wildlife at Airports. *Wildlife Damage Management Technical Series*.
55. Dolbeer, R., Barnes, W. (2017). Positive bias in bird strikes to engines on left side of aircraft. *Human–Wildlife Interactions*, 11(1).
56. Peurach, S. C. (2003). High-altitude Collision between an Airplane and a Hoary Bat, *Lasiurus cinereus*. *Bat Research News*, 44(1), 2-3.
57. Aronson, M. F. J., La Sorte, F. A., Nilon, C. H., Katti, M., Goddard, M. A., Lepczyk, C. A. et al. (2014). A global analysis of the impacts of urbanization on bird and plant diversity reveals key anthropogenic drivers. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 281.
58. Vergara, P. M., Armesto, J. J. (2009). Responses of Chilean forest birds to anthropogenic habitat fragmentation across spatial scales. *Landscape Ecol*, 24(1), 25-38.
59. Herkert, J. R. (1994). The Effects of Habitat Fragmentation on Midwestern Grassland Bird Communities. *Ecological Applications*, 4(3), 461-71.

60. CBS (2016). *Voor het eerst in 9 jaar meer blijvend grasland*. Geraadpleegd van <https://www.cbs.nl/nl-nl/nieuws/2016/21/voor-het-eerst-in-9-jaar-meer-blijvend-grasland>
61. Valiela, I., Martinetto, P. (2007). Changes in Bird Abundance in Eastern North America: Urban Sprawl and Global Footprint? *BioScience*, 57(4), 360-70.
62. ICAO (2018). *Wildlife Management and Control Regulatory Framework & Guidance Material*.
63. Bradbeer, D. R., Rosenquist, C., Christensen, T. K., Fox, A. D. (2017). Crowded skies: Conflicts between expanding goose populations and aviation safety. *Ambio*, 46(Suppl 2), 290-300.
64. Baxter, A. T., Robinson, A. P. (2007). A comparison of scavenging bird deterrence techniques at UK landfill sites. *International Journal of Pest Management*, 53(4), 347-56.
65. Rivadeneira, P., Kross, S., Navarro-Gonzalez, N., Jay-Russell, M. (2018). A Review of Bird Deterrents Used in Agriculture. *Proceedings of the Vertebrate Pest Conference*, 28(28).
66. Berge, A., Delwiche, M., Gorenzel, W. P., Salmon, T. (2007). Bird Control in Vineyards Using Alarm and Distress Calls. *Am J Enol Vitic*, 58(1), 135-43.
67. Dorey, K., Dickey, S., Walker, T. (2019). Testing Efficacy Of Bird Deterrents At Wind Turbine Facilities A Pilot Study In Nova Scotia, Canada. 5091-108.
68. Short, J. J., Kelley, M. E., Speelman, R. J., McCart, R. E. (2000). *BIRDSTRIKE PREVENTION: APPLYING AERO-SCIENCE AND BIO-SCIENCE*. United States Air Force Research Laboratory.
69. Wang, Z., Griffin, A. S., Lucas, A., Wong, K. C. (2019). Psychological warfare in vineyard: Using drones and bird psychology to control bird damage to wine grapes. *Crop Protection*, 120163-70.
70. Desoky, A. (2015). A Review of Bird Control Methods at Airports A Review of Bird Control Methods at Airports. *Global Journal of Science Frontier Research*, 14(2).
71. Gilsdorf, J., Hygnstrom, S., Vercauteren, K. (2002). Use of Frightening Devices in Wildlife Damage Management. *Integrated Pest Management Reviews*, 729-45.
72. Habberfield, M. W., St. Clair, C. C. (2016). Ultraviolet lights do not deter songbirds at feeders. *Journal of Ornithology*, 157(1), 239-48.
73. Bishop, J., McKay, H., Parrott, D., Allan, J. (2003). *Review of international research literature regarding the effectiveness of auditory bird scaring techniques and potential alternatives*.
74. Matyjasiak P. (2008). Methods of bird control at airports. In: Z.A. Theoretical and applied aspects of modern ecology. Wydawnictwo Uniwersytetu Kardynała Stefana Wyszyńskiego; p. 171-203.
75. Erickson, W. A., Marsh, R. E., Salmon, T. P. (1990). A REVIEW OF FALCONRY AS A BIRD-HAZING TECHNIQUE. *Proceedings of the Fourteenth Vertebrate Pest Conference 1990*.
76. Froneman, A., van Rooyen, M. (2004). *The successful implementation of a border collie scaring program at Durban International Airport, South Africa*.
77. Engeman, R. M., Peterla, J., Constantin, B. (2002). Methyl anthranilate aerosol for dispersing birds from the flight lines at Homestead Air Reserve Station. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 49(2), 175-8.
78. Vogt, P. F. (2000). Effective dispersal of birds from buildings and structures by fogging with Rejex-it® TP-40. *Proceedings of the Vertebrate Pest Conference*, 19(19).
79. Buij, R., Lammertsma, D., Melman, D. (2018). *Overzicht onderzoek schadesoorten in Nederland en Leidraad beoordeling onderzoek wildschade*. Wageningen Environmental Research.

80. Pennell, C. G. L., Rolston, P. M. (2013). *Avanex™ Unique Endophyte Technology--Bird Deterrent Endophytic Grass for Amenity Turf and Airports*. AgResearch, Lincoln Research Centre.
81. Finch, S. C., Pennell, C. G. L., Kerby, J. W. F., Cave, V. M. (2016). Mice find endophyte-infected seed of tall fescue unpalatable – implications for the aviation industry. *Grass and Forage Science*, 71(4), 659-66.
82. Pennell, C., Rolston, P. (2011). AVANEX™ endophyte-inf ANEX™ endophyte-infected grasses for the aviation industry now a reality . Paper presented at Bird Strike North America Conference.
83. Stokkermans, P. (2018). *Methiocarb mogelijk domper toelating Mesurool*. Geraadpleegd van <https://www.nieuweoogst.nl/nieuws/2018/01/19/methiocarb-mogelijk-domper-toelating-mesurool>
84. Dwyer, J., Doloughan, K. (2014). Testing systems of avian perch deterrents on electric power distribution poles in sage-brush habitat. *Human–Wildlife Interactions*, 8(1).
85. Atzeni, M., Fielder, D., Thomson, B. (2016). *Deterrence of wild waterfowl from poultry production areas: a critical review of current techniques and literature* . AgriFutures Australia.
86. May, R., Reitan, O., Bevanger, K., Lorentsen, S. -, Nygård, T. (2015). Mitigating wind-turbine induced avian mortality: Sensory, aerodynamic and cognitive constraints and options. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42170-81.
87. Johnston, T., Branham, B., Brawn, J. (2014). Soil Quality Manipulation to Reduce Bird Presence at Airports. *Human–Wildlife Interactions*, 8(2).
88. Dekker, A. (2000). *POOR LONG GRASS. LOW BIRD DENSITY GROUND COVER FOR THE RUNWAY ENVIRONMENT*. Royal Netherlands Air Force.
89. Extension Toxicology Network (1994). *Benomyl*. Geraadpleegd van <http://pmep.cce.cornell.edu/profiles/extoxnet/24d-captan/benomyl-ext.html>
90. Fernández-Juricic, E., Gaffney, J., Blackwell, B. F., Baumhardt, P. (2011). Bird strikes and aircraft fuselage color; a correlational study. *Human-Wildlife Interactions*, 5(2), 224-34.
91. Blackwell, B. F., DeVault, T. L., Seamans, T. W., Lima, S. L., Baumhardt, P., Fernández-Juricic, E. (2012). Exploiting avian vision with aircraft lighting to reduce bird strikes. *Journal of Applied Ecology*, 49(4), 758-66.
92. Doppler, M. S., Blackwell, B. F., DeVault, T. L., Fernández-Juricic, E. (2015). Cowbird responses to aircraft with lights tuned to their eyes: Implications for bird–aircraft collisions. *Condor*, 117(2), 165-77.
93. Huang, Y., Zheng, H., Ling, H., Blasch, E., Yang, H. (2016). A Comparative Study of Object Trackers for Infrared Flying Bird Tracking.
94. Yu-Kung Chen, Yu-Han Chen (2018). Flying Bird Detection under Shaking Background. 2018 IEEE International Conference on Information and Automation (ICIA), 439-443.
95. Weishi, C., Huansheng, N., Jing, L. (2012). Flying Bird Detection and Hazard Assessment for Avian Radar System. *J Aerospace Eng*, 25(2), 246-55.
96. Lopez-Lago, M., Casado, R., Bermudez, A., Serna, J. (2017). A predictive model for risk assessment on imminent bird strikes on airport areas. *Aerospace Science and Technology*, 6219-30.
97. Chen, W., Zhang, J., Li, J. (2018). Intelligent decision-making with bird-strike risk assessment for airport bird repellent. *The Aeronautical Journal*, 122(1252), 988-1002.
98. Robin Radar (Z.D.). *How Schiphol Airport Uses Bird Radar To Mitigate Bird Strikes*. Geraadpleegd van https://cdn2.hubspot.net/hubfs/6766947/RobinRadarSystems_January2020/Docs/schiphol-case-study-final-v1-7.pdf?_hstc=196118707.f8b7bb8c429f38ed821cab58dafd4c60.1587038976922.1587038976922.1587038976922.1&_hssc=196118707.4.1587038976923

99. Linz, G. M., Bucher, E. H., Canavelli, S. B., Rodriguez, E., Avery, M. L. (2015). Limitations of population suppression for protecting crops from bird depredation: A review. *Crop Protection*, 7646-52.
100. Hindman, L. J., William F. Harvey, I. V., Conley, L. E. (2014). Spraying corn oil on Mute Swan *Cygnus olor* eggs to prevent hatching. *Wildfowl*, 64(64), 186–196.
101. de Rechtspraak (2016). *Vergassen ganzen in omgeving van Schiphol niet toegestaan*. Geraadpleegd van <https://www.rechtspraak.nl/Organisatie-en-contact/Organisatie/Rechtbanken/Rechtbank-Noord-Holland/Nieuws/Paginas/Vergassen-ganzen-in-omgeving-van-Schiphol-niet-toegestaan.aspx>
102. Rotterdam The Hague Airport (Z.D.). *Geschiedenis RTHA*. Geraadpleegd van <https://www.rotterdamthehagueairport.nl/organisatie/overons/geschiedenis/>
103. Rotterdam The Hague Airport (2019). *Overzicht verkeer en vervoer per kalenderjaar*.
104. Rijksoverheid (2012). *Kaart bodemgebruik van Nederland*. Geraadpleegd van <https://www.clo.nl/indicatoren/nl006110-bodemgebruikskaart-voor-nederland>
105. Google [Google Maps locatie Rotterdam The Hague Airport]. Geraadpleegd van <https://www.google.com/maps/place/Rotterdam+The+Hague+Airport/@51.9555086,4.4376945,17z/data=!3m1!4b1!4m5!3m4!1s0x47c5cb23a67976f3:0xe14b7f36de391f02!8m2!3d51.9555086!4d4.4398832>
106. Natuur en milieubescherming Pijnacker (Z.D.). *Akerdijkse Plassen*. Geraadpleegd van <http://www.nmpijnacker.nl/natuur/natuurgebieden/de-akerdijkse-plassen/>
107. Vogelkijkhut (Z.D.). *Akerdijkse Plassen - Vogelkijkpunten*. Geraadpleegd van <https://vogelkijkhut.nl/view/204/>
108. Natuurmonumenten (Z.D.). *Natuurgebied Vlietlanden*. Geraadpleegd van <https://www.natuurmonumenten.nl/natuurgebieden/vlietlanden>
109. Natura2000 (Z.D.). *Boezems Kinderdijk*. Geraadpleegd van <https://www.natura2000.nl/gebieden/zuid-holland/boezems-kinderdijk>
110. Natura2000 (Z.D.). *Oude Maas*. Geraadpleegd van <https://www.natura2000.nl/gebieden/zuid-holland/oude-maas>
111. Vogelbescherming Nederland (2016). *Rode lijst van Nederlandse broedvogels*. Geraadpleegd van https://www.vogelbescherming.nl/bescherming/juridische-bescherming/soortbescherming/rode-lijst/rode-lijst-broedvogels?gclid=CjwKCAjw5cL2BRASEiwAENqAPnlzKA4nFBOgVrIFdGtEOAmfNLfba-8EKHXdbnQwk3ZrB2PPS2Cq5BoCZ8kQAvD_BwE
112. Sovon (2017). *Rode lijst*. (29-5-), Geraadpleegd van <https://www.sovon.nl/nl/rodelijst>
113. Achterberg, I. (2015). *Deelonderzoek geluid*. Adecs Airinfra .
114. LVNL (Z.D.). *Routegebruik*. Geraadpleegd van <https://www.lvn.nl/omgeving/routegebruik/vragen-over-routegebruik>
115. Rotterdam The Hague Airport (2019). *Jaarverslag 2019 Wet natuurbescherming*.
116. NOS (2017). *Melvin verjaagt vogels zodat jij veiliger vliegt*. Geraadpleegd van <https://nos.nl/op3/artikel/2183282-melvin-verjaagt-vogels-zodat-jij-veiliger-vliegt.html>
117. Z.A. (2017). *Jaarverslag 2017 Eindhoven Airport*. Eindhoven Airport N.V. .
118. Z.A. (2019). *Eindhoven Airport matigt groei in 2019*. Geraadpleegd van <https://nieuws.eindhovenairport.nl/169023-eindhoven-airport-matigt-groei-in-2019>
119. Mountain, P. (2016). *2016 Initial Birdstrike Risk Assessment For Rotterdam The Hague Airport (RTM)*. Birdstrike Management Ltd.

120. Gedeputeerde Staten van Zuid-Holland (2019). Antwoord van Gedeputeerde Staten op vragen van A.H.K. van Viegen (PvdD). Geraadpleegd van <https://zuidholland.partijvoordedieren.nl/uploads/algemeen/2019-03-19-3485-ANTWOORDEN-Statenfractie-PvdD-Massale-doding-beschermde-dieren-rondom-luchthaven-Rotterdam-The-Hague-Airport-RTHA.pdf>
121. Rotterdam The Hague Airport (2018). *Ontheffing Wet Natuurbescherming*. Geraadpleegd van <https://www.rotterdamthehagueairport.nl/ontheffing-wet-natuurbescherming/>
122. Van der Krol, F. (2019). *Luchthaven gaat radarsysteem inzetten om vogels te detecteren*. Geraadpleegd van <https://www.ad.nl/rotterdam/luchthaven-gaat-radarsysteem-inzetten-om-vogels-te-detecteren~a8047010/>
123. de Wit, J. (2019). *Natuurorganisaties maken bezwaar tegen doden vogels Rotterdam Airport*. Geraadpleegd van <https://www.ad.nl/rotterdam/natuurorganisaties-maken-bezwaar-tegen-doden-vogels-rotterdam-airport~a7a405a3/>
124. Z.A. (2018). *Ganzen groeiend probleem voor Rotterdam The Hague Airport*. Geraadpleegd van <https://www.rijnmond.nl/nieuws/167041/Ganzen-groeiend-probleem-voor-Rotterdam-The-Hague-Airport>
125. NOS (2019). *Zuid-Holland mag van Raad van State duizenden ganzen vergassen*. Geraadpleegd van <https://nos.nl/artikel/2284765-zuid-holland-mag-van-raad-van-state-duizenden-ganzen-vergassen.html#:~:text=In%20containers%20vergast&text=De%20natuurorganisaties%20vinden%20dat%20de,gaan%20ganzen%20ergens%20anders%20heen.>
126. Z.A. (2018). *Seasonal shifts in supply – Europe hit the hardest by capacity seasonality – Blue Swan Daily*. Geraadpleegd van <https://blueswandaily.com/seasonal-shifts-in-supply-europe-hit-the-hardest-by-capacity-seasonality/>
127. Vogelbescherming (Z.D.). *Vogelgids*. Geraadpleegd van <https://www.vogelbescherming.nl/ontdek-vogels/kennis-over-vogels/vogelgids/>
128. Sreenath, S., Sudhakar, K., Yusop, A. F. (2020). Solar photovoltaics in airport: Risk assessment and mitigation strategies. *Environmental Impact Assessment Review*, 84106418.
129. Lensink, R. (2015). *Natuurtoets aanpassing gebruik Rotterdam The Hague Airport*. Bureau Waardenburg.
130. Z.A. *Spreeuw, Sturnus vulgaris*. Geraadpleegd van <https://www.ecopedia.be/dieren/spreeuw>
131. Z.A. *Border Collie*. Geraadpleegd van <https://www.puppytest.nl/hondenrassen/border-collie/>
132. Z.A. *Halsbandparkiet*. Geraadpleegd van <https://www.hvalkmaar.nl/column/halsbandparkiet/>
133. Z.A. *Shade Balls*. Geraadpleegd van <http://www.silverlakereservoirs.org/bird-balls-gallery>
134. Z.A. *De torenvalk*. Geraadpleegd van <https://www.roofdieren.info/content/lucht/valk/torenvalk.php>
135. d'Entremont, A. Canada Geese. Geraadpleegd van https://www.allaboutbirds.org/guide/Canada_Goose/id
136. Z.A. *Tero (Vanellus chilensis)*. Geraadpleegd van <https://nl.pinterest.com/pin/43980533844359126/>
137. Jones, C. *Huge cloud of waders visit the Wash*. Geraadpleegd van <https://www.dailymail.co.uk/news/article-2061755/Norfolk-Rhapsody-photos-Birds-feather-flock-Snettisham.html>
138. Falcon Force. *Raptors used for bird abatement*. Geraadpleegd van <https://www.falconforce.com/raptors.html>
139. Z.A. *Common Buzzard, buteo buteo*. Geraadpleegd van <https://www.vogelbescherming.nl/ontdek-vogels/kennis-over-vogels/vogelgids/vogel/buizerd>
140. Z.A. (2016). *LUCHTHAVENREGLEMENT ROTTERDAM THE HAGUE AIRPORT*. Geraadpleegd van <http://docplayer.nl/24280225-Luchthavenreglement-rotterdam-the-hague-airport.html>

141. de Kleijn, W. (2013). *Gierzwaluw*. Geraadpleegd van <https://www.dierenambulancevelsen.nl/bijzonder-kleine-vlieger-gierzwaluw/>

142. Z.A. *Natuurnetwerk Nederland* . Geraadpleegd van <https://pzh.maps.arcgis.com/apps/webappviewer/index.html?id=698b578f8bf34f5ab624e1f2ae687199&extent=33428.9852%2C415026.1883%2C131473.1813%2C477053.1124%2C28992>