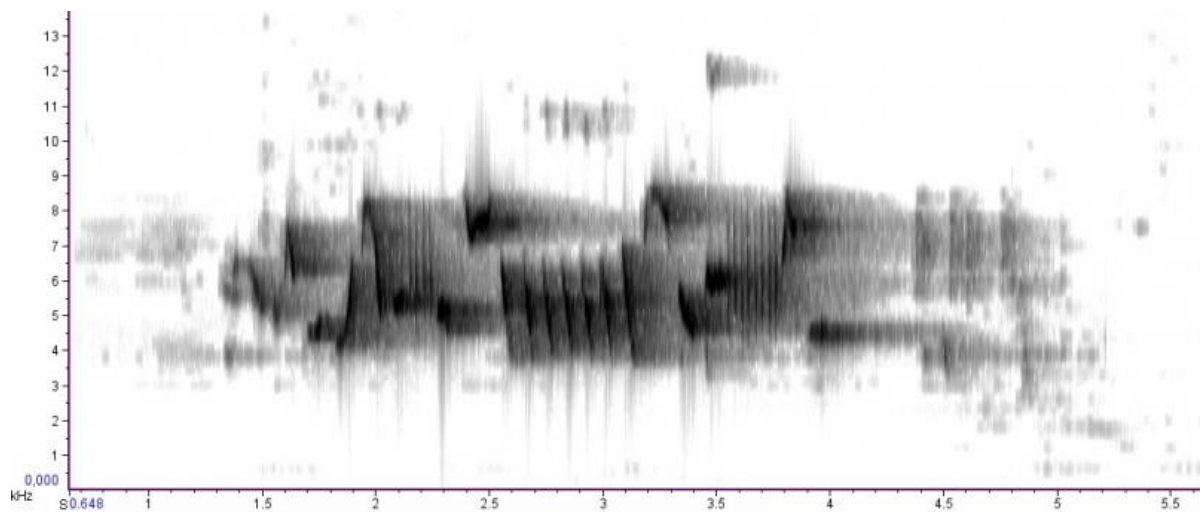




De valkuilen van de vogelgeluid herkennende software van Aquila Ecologie

Hugo Wieleman
Toegepaste Biologie
Aeres Hogeschool Almere
Afstudeercoach: Martijn Hammers
Datum: 3 november 2022

De valkuilen van de vogelgeluid herkennende software van Aquila Ecologie

Hugo Wieleman
Toegepaste Biologie
Aeres Hogeschool Almere
Afstudeercoach: Martijn Hammers
Datum: 3 november 2022

DISCLAIMER

Dit rapport is gemaakt door een student van Aeres Hogeschool als onderdeel van zijn/haar opleiding. Het is géén officiële publicatie van Aeres Hogeschool. Dit rapport geeft niet de visie of mening van Aeres Hogeschool weer. Aeres Hogeschool aanvaardt geen enkele aansprakelijkheid voor enige schade voortvloeiend uit het gebruik van de inhoud van dit rapport.

Voorwoord

In dit afstudeerwerkstuk ‘Wat zijn de valkuilen van de vogelgeluid herkende software van Aquila Ecologie?’ wordt onderzocht hoe goed het vermogen van de software van Aquila Ecologie is om vogelgeluiden correct te identificeren. Dit afstudeerwerkstuk is geschreven in het kader van mijn studie Toegepaste Biologie aan Aeres Hogeschool Almere.

Het onderwerp kwam ik tegen in een lijst met mogelijke thesis-onderwerpen op de website van Wageningen University & Research. Daarna kwam ik in contact met Anne Krediet, ontwikkelaar van de vogelgeluid herkende software van Aquila Ecologie. Hierbij ontstond het idee om de software van Aquila Ecologie te testen en te gebruiken voor mijn afstudeerwerkstuk. Na overleg met mijn afstudeercoach Martijn Hammers heb ik besloten dat dit het onderwerp van mijn afstudeerwerkstuk zou worden.

Bij deze zou ik graag Martijn Hammers willen bedanken voor het begeleiden en ondersteunen tijdens het traject. Martijn heeft me op veel verschillende vlakken geholpen. Ook wil ik Anne Krediet bedanken voor de mogelijkheid om de software van Aquila Ecologie te testen, én het verschaffen van informatie over de software. Dit was essentieel voor het uitvoeren van dit onderzoek.

Tevens wil ik mijn familie en vriendin bedanken voor het meedenken over verschillende keuzemogelijkheden. Zij stonden altijd open om het afstudeerwerkstuk van feedback te voorzien om het op die manier tot een beter resultaat te brengen.

Ik wens u veel leesplezier toe.

Hugo Wieleman

Almere, 3 november 2022

Samenvatting

Er worden steeds meer apps ontwikkeld met de mogelijkheid om flora en fauna te determineren, waaronder ook software die verschillende vogelsoorten op basis van geluid kan onderscheiden. Dergelijke apps kunnen helpen bij natuuronderzoek, zoals het inventariseren van broedvogels. Eén van deze apps is de vogelgeluid herkende software van Aquila Ecologie. Echter is de software van Aquila Ecologie nog nooit getest op de accuraatheid van determinaties. Dit onderzoek gaat in op mogelijk storende aspecten op een geluidsopname die de accuraatheid van determinaties zouden kunnen beïnvloeden. Naast Aquila Ecologie zouden ook andere ontwikkelaars van vogelgeluid herkende software baat kunnen hebben bij de resultaten van dit onderzoek.

Het onderzoek is uitgevoerd door met een geluidsrecorder een geluidsopname van 30 minuten te maken, waarna deze opname in de software getest is. De uitkomsten zijn weergegeven als fragmenten van tien seconden waarbij per fragment is aangegeven wat de gedetecteerde soort met bijbehorend zekerheidspercentage is. Elk fragment is geanalyseerd waarbij is geconstateerd of de determinatie van de gedetecteerde soort klopt. De storende aspecten waar op gefocust is zijn wind, door elkaar zingende vogels en vogelgeluiden met een zacht volume.

Uit de resultaten blijkt dat alle opnames waar wind, door elkaar zingende vogels en vogelgeluiden met een zacht volume op te horen zijn, foutief geïdentificeerd zijn door de software. Opnames waarop geen mogelijk storende factoren staan zijn wel correct gedetermineerd. Op opnames waar wind een rol speelde werd vooral Ransuil gedetecteerd, ongeacht welke soort op de opname te horen was. Bij opnames waarop door elkaar zingende vogels en vogelgeluiden met een zacht volume op te horen waren werd vaak Geelgors gedetecteerd.

Literatuur met een vergelijkbaar onderzoek van andere software hebben dezelfde ondervindingen als in de resultaten aangetoond. Bij deze onderzoeken kwam ook naar voren dat de factoren wind, door elkaar zingende vogels en vogelgeluiden met een zacht volume de correcte identificatie van de gedetecteerde soorten negatief kunnen beïnvloeden.

Doordat geen enkele opname waarop een mogelijk storende factor aanwezig was correct is gedetecteerd door de software, lijkt het erop dat de vogelgeluid herkende software van Aquila Ecologie sterk beïnvloed wordt door wind, door elkaar zingende vogels en vogelgeluiden met een zacht volume. De gedetecteerde vogelsoorten op opnames waar geen mogelijk storende factoren op te horen waren zijn correct gedetermineerd door de software. Aanbevolen wordt om de software met meer opnames te trainen waarop wind, door elkaar zingende vogels en vogelgeluiden met een zacht volume op staan zodat de software hier beter onderscheid in kan maken. Voor ontwikkelaars van andere vogelgeluid herkende software wordt ook aangeraden om de software met deze aspecten te trainen, om op deze manier vergelijkbare ‘problemen’ te voorkomen.

Abstract

More and more applications are being developed to identify flora and fauna, including software that can distinguish different bird species based on their vocalization.. Such apps can help with nature research, such as monitoring breeding birds. One of these apps is the bird sound recognition software of the company Aquila Ecologie. However, the software of Aquila Ecologie has not yet been tested for accuracy of identification. This paper investigates how possible disruptive aspects in a sound recording could influence the accuracy of determinations. Besides Aquila Ecologie, this research could also be helpful for other developers of bird-sound recognition software.

The research was performed by making a 30-minute sound recording with a sound recorder, after which this recording was tested in the software of Aquila Ecologie. The results are shown as fragments of ten seconds, with each fragment indicating the detected species and its associated degree of certainty. Each fragment was analysed and it was decided whether the identification of the detected species was correct. The disruptive aspects that were focused on were wind, birds singing at the same moment and bird sounds with a low volume.

The results show that all recordings on which wind, birds singing simultaneously and bird sounds with a low volume are present, are not correctly identified by the software. Recordings without disruptive factors are correctly identified. On recordings where wind played a role, Long-eared Owl was mostly detected. On recordings where birds sing simultaneously and birdsongs with a low volume were present, Yellowhammer was often detected.

Literature with similar research of other software have shown the same findings as in these results. These studies also found that the factors of wind, birds singing simultaneously and bird sounds with a low volume can negatively affect the correct identification of detected species.

Since none of the recordings with possible disruptive factors were correctly detected by the software, it seems that the bird sound recognition software of Aquila Ecologie is strongly influenced by wind, birds singing simultaneously and bird sounds at a low volume. The detected bird species on recordings where no possible disruptive factors could be heard were correctly identified by the software. It is recommended to train the software with more recordings of wind, birds singing simultaneously and birds singing at low volume, so that the software can achieve better results, even when such disruptive factors are present. For developers of other bird sound recognising software, it is also recommended to train the software with these aspects, in order to avoid similar 'issues' this way.

Inhoudsopgave

<u>Hoofdstuk 1: Inleiding</u>	7
<u>Hoofdstuk 2: Materiaal en methode</u>	10
<u>Hoofdstuk 3: Resultaten</u>	13
<u>3.1 Deelvraag 1</u>	13
<u>3.2 Deelvraag 2</u>	14
<u>3.3 Deelvraag 3</u>	15
<u>Hoofdstuk 4: Discussie</u>	18
4.1 Deelvragen.....	18
4.2 Reflectie onderzoek.....	19
<u>Hoofdstuk 5: Conclusie</u>	21
<u>Hoofdstuk 6: Aanbevelingen</u>	22
<u>Literatuurlijst</u>	23
<u>Bijlagen</u>	25
<u>Bijlage 1, Gegevens correct gedetermineerde opnames</u>	25
<u>Bijlage 2, Gegevens opnames met overige geluiden</u>	26

Hoofdstuk 1: Inleiding

Wie vindt het nou niet leuk om een Merel, Roodborst, Heggenmus of Zwartkop te horen zingen? Het geluid wordt vaak geassocieerd met een serene omgeving en kan mensen in een vrolijke stemming brengen. Het horen van vogelzang zorgt dan ook voor stressvermindering én het geluid kan de concentratie bevorderen (Cox et al., 2017). Daarnaast wordt vogels kijken steeds populairder en dat is onder andere te merken aan de cijfers van de nationale tuinvogeltelling. Zo namen er in januari 2021 ongeveer 200 duizend mensen deel aan de tuinvogeltelling, terwijl dat er in januari 2020 91 duizend waren (Vogelbescherming Nederland, 2021).

Om vogels te kijken en te herkennen is een vogelgids essentieel. Echter worden er steeds meer vogelapps ontwikkeld waardoor vogelboeken minder relevant worden. Deze apps zijn tegenwoordig meer dan alleen een digitale vogelgids. Een aantal apps hebben namelijk een herkenningsfunctie, die bij het toevoegen van een foto of geluid met een bepaald zekerheidspercentage aangeven om welke soort het gaat. Een van de meest bekende apps voor het herkennen van flora en fauna op een foto is ObsIdentify. Deze app gebruikt gevalideerde foto's uit de database van de website waarneming.nl om soorten te identificeren en heeft daarmee het vermogen om meer dan 13 duizend verschillende soorten te herkennen (van Dijk, 2020).

Naast apps die op basis van foto's dieren en planten kunnen identificeren, zijn er ook apps ontwikkeld die vogelgeluiden herkennen (Koh et al., 2019). Dergelijke apps met identificatie-software kunnen niet alleen worden gebruikt door particulieren die hobbymatig vogels kijken, maar ook door natuuronderzoekers (Bai et al., 2020). Voor het beschermen en in stand houden van de diversiteit van vogelsoorten is het van essentieel belang dat er vogelinventarisaties uitgevoerd worden om eventuele trends bij bepaalde vogelsoorten te ontdekken (Bennun et al., 2005). Vogels zijn doorgaans het makkelijkst te inventariseren door middel van akoestisch onderzoek omdat ze zich vaker laten horen dan zien. Door de focus op vogelgeluiden te leggen tijdens vogelonderzoek kunnen er meer verschillende soorten worden vastgesteld (Parker, 1991). Echter vereist het correct determineren van vogelsoorten op basis van geluid veel kennis, waardoor er bij het vergelijken van resultaten tussen onderzoekers met verschillende geluid onderscheidende kwaliteiten een variabel kan ontstaan (Angehr et al., 2002). Een manier om deze variabelen zo veel mogelijk te beperken is door gebruik te maken van geluidsrecorders voor het monitoren van vogels. Daarnaast kunnen er geluidsrecorders op plekken worden opgehangen om dagenlang te kunnen monitoren welke vogelgeluiden er te horen zijn. Dit gebeurt tegenwoordig al met autonomous recording units (Kahl et al., 2020). Autonomous recording units kunnen worden opgehangen in een marine- of terrestrische omgeving waarbij geluiden voor een lange tijd kunnen worden opgenomen. Ze worden momenteel vooral gebruikt wanneer er één specifieke soort moet worden aangetoond, of wanneer er onderzoek uitgevoerd moet worden in een moeilijk toegankelijk gebied. Autonomous recording units kunnen ervoor zorgen dat er meer data in een korter tijdsbestek verzameld kan worden (Shonfield & Bayne, 2017).

De meest bekende vogelgeluid herkenkende app is BirdNET. De app is ontwikkeld door The Cornell Lab of Ornithology en Chemnitz University of Technology en herkent ongeveer de 3000 meest algemene vogelsoorten van de wereld op geluid. Tot op de dag van vandaag wordt er gewerkt aan het ontwikkelen van de software van BirdNET (Kahl, 2020). De software van BirdNET is al uitvoerig getest en hieruit bleek dat de accuraatheid gemiddeld 91,5% was bij een invoer van 189 opnames van vogelgeluiden uit Noord-Amerika. Echter zijn de opnames die hier zijn gebruikt zonder bijgeluiden zoals wind, door elkaar zingende vogels of vogelgeluiden die op de achtergrond hoorbaar zijn (Arif et al., 2020). Deze aspecten zouden de kwaliteit van de resultaten op een negatieve manier kunnen beïnvloeden (Potamitis et al., 2014).

In Nederland wordt er ook aan gewerkt om vergelijkbare software te ontwikkelen. Zo heeft het bedrijf Aquila Ecologie haar eigen software ontwikkeld om vogelgeluiden te herkennen. Bij het invoeren van een opname in de software wordt er een fragment van tien seconden opgeslagen rondom het gedetecteerde vogelgeluid. Hierbij geeft de software aan welke soort er gedetecteerd is en met welk zekerheidspercentage deze soort door de software gedetermineerd is. Het referentiemateriaal wordt gebruikt van waarneming.nl en xeno-canto.org. Dit zijn websites met databases van vogelgeluiden. De software van Aquila Ecologie is in staat om circa 340 soorten uit Europa op basis van geluid te onderscheiden. Momenteel wordt de software nog niet gebruikt door Aquila Ecologie omdat het vermogen om vogelgeluiden te onderscheiden nog niet genoeg getest is (A. Krediet, persoonlijke communicatie, 28 mei 2022).

De software van Aquila Ecologie is geprogrammeerd in de programmeertaal Python. In de Python libraries Tensorflow en Keras worden machine learning technieken toegepast. Machine learning is een mogelijkheid binnen kunstmatige intelligentie waardoor software applicaties in staat zijn om resultaten te voorspellen zonder daar specifiek op getraind te zijn. Bij machine learning worden computers getraind door ingevoerde data en patronen waarbij er geen goed gestructureerde data nodig zijn om tot resultaten te komen. Dit is waar de software van Aquila Ecologie om draait. De software is namelijk niet getraind met gestructureerde patronen, maar met duizenden vogelopnames met verschillende eigenschappen. Machine learning stelt de software in staat hier mee te kunnen werken en vervolgens succesvol vogelgeluiden te herkennen.

Wanneer er een opname in de software wordt ingevoerd, wordt de opname allereerst omgezet naar een sample rate van 41.1 kHz. Een sample rate geeft aan hoe vaak er een sample wordt genomen van de geluidsgolven (Zhang et al., 2005). Deze waarde van de sample rate is gebruikelijk voor menselijk gehoor omdat het geluid dan een hoge nauwkeurigheid heeft (Lasseck, 2018). De opname wordt vervolgens opgeknipt in fragmenten van tien seconden. Om daarna vogels te identificeren gebeuren er twee dingen. Eerst wordt er een spectrogram gemaakt van de ingevoerde opname. Een spectrogram is een grafiek waarbij de frequentie uitgezet wordt tegen de tijd waardoor het geluid een vorm krijgt. De software gaat dan op zoek naar overeenkomsten in patronen van het spectrogram om het vogelgeluid correct te kunnen identificeren. De software komt met het beste resultaat wanneer de vormen van het vogelgeluid in het spectrogram geïsoleerd zijn van bijgeluiden (de Oliveira et al., 2015). Daarnaast wordt de opname meteen in het herkenningss algoritme getest als geluid in 41.1 kHz formaat. Vermoedelijk is het herkenningss algoritme op basis van het geluid beter in het correct identificeren van korte vogelgeluiden (zoals een ‘tik’ of een ‘ratel’) dan een algoritme op basis van het spectrogram, omdat het spectrogram van een korte tik of ratel weinig details weergeeft. De combinatie van het spectrogram en het geluid in het herkenningss algoritme zorgen samen voor een uitkomst. De uitkomsten worden weergegeven als opgeslagen fragmenten van tien seconden met daarbij de wetenschappelijke naam van de vogelsoort en het zekerheidspercentage van de determinatie. Het zekerheidspercentage is dus gebaseerd op de herkenning op basis van het spectrogram en het herkenningss algoritme van het geluid.

De software is getraind met 150 duizend verschillende opnames verdeeld over 340 vogelsoorten uit Nederland. Allereerst is 95% van deze opnames gebruikt om de software te ‘trainen’ om de vogelgeluiden te leren. De overige 5% diende als ‘test set’, waarbij de software getest werd op nauwkeurigheid (A. Krediet, persoonlijke communicatie, 28 mei 2022). Wanneer er een duidelijke geluidsoptname van één van de 340 getrainde soorten wordt ingevoerd in de software van Aquila Ecologie, dan komt de software over het algemeen met de correcte soortnaam en een zekerheidspercentage boven de 80%. Er is nog geen gemiddelde accuraatheid van de software van Aquila Ecologie bekend (A. Krediet, persoonlijke communicatie, 28 mei 2022). Voor dit

afstudeerwerkstuk wordt er voornamelijk gefocust op de mogelijke struikelblokken voor de software zoals wind, door elkaar zingende vogels en vogelgeluiden met een zacht volume. Het is van belang om dit te onderzoeken omdat dit een beeld schetst van hoe accuraat de software is met het determineren van vogelgeluiden in het veld. De uitkomsten van het onderzoek kunnen gebruikt worden door Aquila Ecologie om zich te richten op deze struikelblokken en op die manier de software te verbeteren. Daarnaast zijn de resultaten van dit onderzoek ook relevant voor andere vogelgeluid herkende softwareontwikkelaars, omdat de oorzaken van eventuele foute determinaties ook van toepassing kunnen zijn op andere software.

De hoofdvraag luidt: hoe reageert de vogelgeluid herkende software van Aquila Ecologie op een opname waarin een aantal mogelijk storende aspecten aanwezig zijn?

Om de hoofdvraag te beantwoorden zijn een aantal deelvragen opgesteld.

Deelvragen:

- 1) In welke mate beïnvloedt het geluid van wind op de opname de accuraatheid van determinaties?
- 2) In welke mate beïnvloedt het geluid van door elkaar zingende vogelsoorten op de opname de accuraatheid van determinaties?
- 3) In welke mate beïnvloedt een vogelgeluid met een zacht volume op de opname de accuraatheid van determinaties?

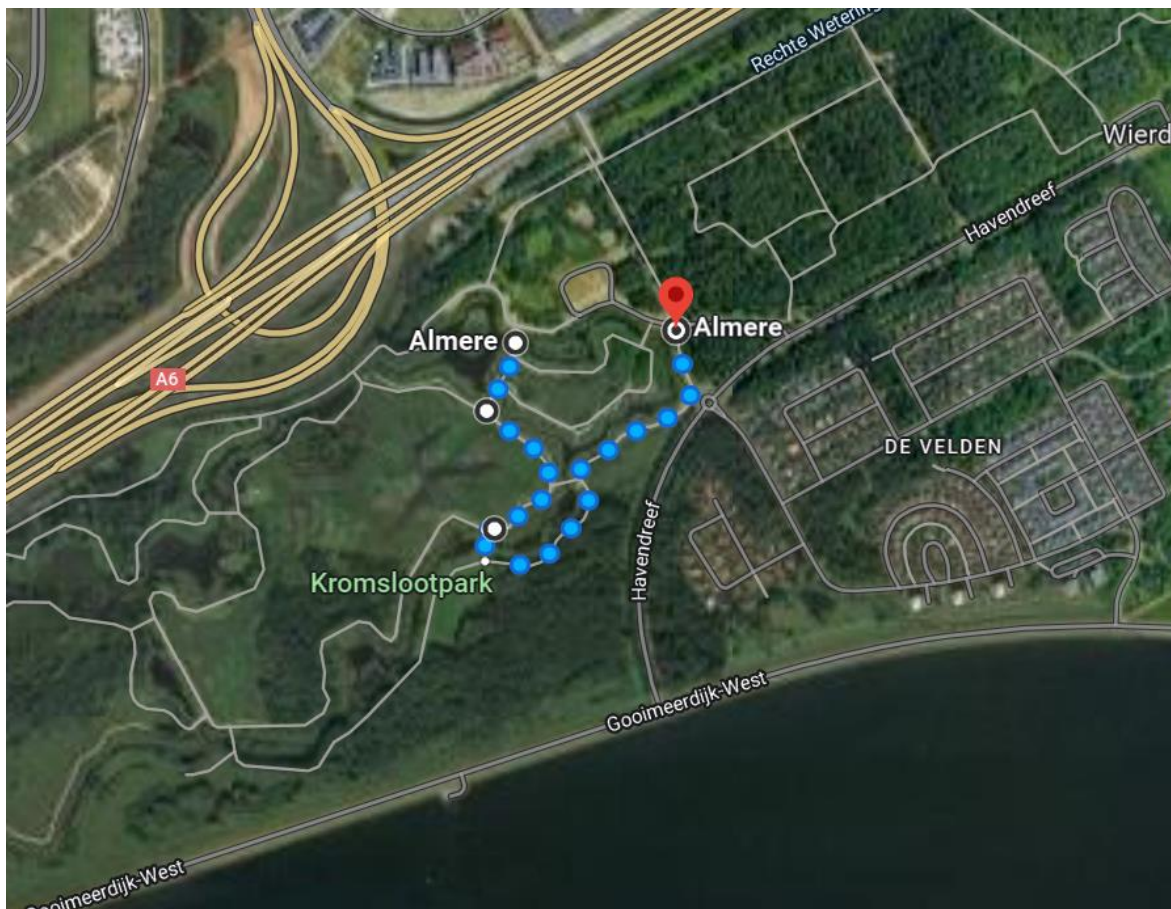
Hoofstuk 2: Materiaal en methode

Voor het uitvoeren van dit onderzoek zijn er een aantal attributen gebruikt. De vogelgeluiden zijn opgenomen met een Sony PCM-M10 recorder. Het gebruik van gespecialiseerde opnameapparatuur in plaats van een telefoon voor het opnemen van de geluiden zorgt voor een kwalitatief betere geluidsopname. Tijdens het opnemen van de geluiden is een 'deadkitten' gebruikt. Dit is een 'pluisballetje' die over de microfoons van de recorder is geplaatst om windruis te verminderen. Daarnaast is er een selfiestick gebruikt om de recorder op te monteren (zie figuur 1). De selfiestick voorkomt gekraak dat kan ontstaan wanneer de recorder met de hand wordt vastgehouden.



Figuur 1, recorder gemonteerd op selfiestick in het Kromslootpark, Almere

Voor dit onderzoek is er één opname van 30 minuten gemaakt. Hier is voor gekozen omdat de opname van 30 minuten 181 vogelgeluiden van ongeveer 20 vogelsoorten bevat. Dit is genoeg om conclusies uit te trekken voor dit onderzoek. De opname is gemaakt in het Kromslootpark in Almere. Daarbij is een traject van 1,1 kilometer afgelegd waarin verschillende habitattypes voorkomen (zie figuur 2). Dit is gedaan op 11 juni 2022 tussen 15:00 en 15:30. Het traject is op een laag tempo (gemiddeld 2,2 km/h) te voet afgelegd om zoveel mogelijk vogelgeluiden op te pikken. De opname is in dit gebied gemaakt omdat er veel verschillende vogelsoorten binnen een kleine afstand aanwezig zijn. Het traject is belopen met de opnemende geluidsrecorder en selfiestick in de hand waardoor alle zingende vogels tijdens het traject worden opgenomen.



Figuur 2, gelopen traject met geluidsrecorder in Kromslootpark, Almere(Google, z.d.).

Na een halfuur opnemen is de opname gestopt, opgeslagen en opgestuurd naar Aquila Ecologie. Vervolgens heeft Aquila Ecologie de opname geanalyseerd en de resultaten teruggestuurd. De resultaten zijn teruggestuurd in fragmenten van tien seconden waarbij de gedetecteerde soortnaam en het bijbehorende zekerheidspercentage in de bestandsnaam staan. Deze resultaten van de halfuur durende opname worden gebruikt voor het beantwoorden van de hoofdvraag en deelvragen.

Om de drie deelvragen te beantwoorden is elk opgeslagen fragment van tien seconden beluisterd. Daarbij was de determinatie van de software vergeleken met de juiste determinatie. Wanneer de determinatie niet overeen kwam dan is hiervoor een verklaring gezocht. De juiste determinatie is vastgesteld door de auteur van dit rapport (Hugo Wieleman), een ervaren vogelaar met kennis van vogelgeluiden en van de in het Kromslootpark voorkomende vogelsoorten. Bij twijfel over de juiste determinatie is er contact gezocht met andere vogelgeluidenexperts.

In deze fragmenten zijn wind, door elkaar zingende vogels en vogelgeluiden met een zacht volume aanwezig waardoor de resultaten van deze software direct vergeleken zijn met de juiste determinatie. De opnames zijn van elkaar gescheiden op basis van welk type mogelijke verstoringsfactor het bevat. Wanneer er meerdere mogelijke storende factoren aanwezig waren op te opname, dan werd de opname ingedeeld bij de storende factor die de meest prominente rol speelt in de opname. Daarnaast waren er ook opnames zonder een mogelijk storende factor.

De software biedt de mogelijkheid tot het instellen van een minimale zekerheidspercentagelimiet voor weergave van een determinatie. Op deze manier zou ervoor gezorgd kunnen worden dat geluiden waar de software onzeker over is niet worden weergegeven in de data. Echter wordt er voor dit

afstudeerwerkstuk geen limiet ingesteld waaronder fragmenten niet worden meegenomen in de data. De reden hiervoor is dat de software nog nooit getest is, en dat het doel van dit afstudeerwerkstuk is om te ontdekken wat de valkuilen van de software zijn.

Deelvraag 1

Om deze deelvraag te beantwoorden is elk opgeslagen fragment van tien seconden beluisterd en juist gedetermineerd door de auteur van dit rapport. Deze juiste determinatie is vergeleken met de determinatie van de software bij fragmenten waarop wind te horen is. Op basis hiervan kan geanalyseerd worden in welke mate het geluid van wind de accuraatheid van determinaties beïnvloedt. Wanneer de uitkomst van de software een vogelsoort is die niet op de opname te horen is, dan zal de software waarschijnlijk componenten van het geluid van de wind als deze soort bestempeld hebben. Het is wellicht ook mogelijk dat er door een overheersend geluid van de wind vogelsoorten niet gedetecteerd worden waardoor data kan worden misgelopen.

Deelvraag 2

Voor het beantwoorden van deze deelvraag is elk opgeslagen fragment van tien seconden beluisterd en juist gedetermineerd. Bij fragmenten waarop meerdere vogels door elkaar heen zongen is de juiste determinatie vergeleken met de determinatie van de software met bijbehorende zekerheidspercentage. Hieruit is een conclusie getrokken over in welke mate het geluid van door elkaar zingende vogels de accuraatheid van determinaties kan beïnvloeden.

Wanneer er bijvoorbeeld een Merel en een Heggenmus tegelijkertijd zingen, is het wenselijk dat de software beide soorten kan herkennen. Echter kan het wellicht zo zijn dat de software verward raakt waardoor er andere uitkomsten komen, of slechts één van de soorten herkent. Wanneer de software met andere resultaten dan een Merel en Heggenmus komt, dan zou dit een indicatie kunnen zijn dat de software beïnvloed wordt door tegelijkertijd zingende vogels.

Deelvraag 3

Bij het beantwoorden van deze deelvraag is de juiste determinatie van elk opgeslagen fragment van tien seconden vastgesteld. Op de fragmenten waarop zacht zingende vogels te horen zijn is de juiste determinatie vergeleken met de determinatie van de software. Het vogelgeluid is als een zacht geluid gekwalificeerd als het geluid op de achtergrond te horen is en daardoor geen prominente rol in de opname heeft. Op basis van de vergelijking van de juiste determinatie en de software-determinatie is er een conclusie getrokken over de mate waarin vogelgeluiden met een zacht volume de accuraatheid van determinaties kan beïnvloeden. Een vogelgeluid met een zacht volume kan veroorzaakt worden doordat de afstand tussen de vogel en de recorder groot is, of doordat de vogel met weinig volume zingt. Wanneer de software een incorrecte soortnaam geeft bij een vogelzang die zacht op de opname hoorbaar is, dan kan dit een indicatie zijn dat de volume van een vogelzang een rol speelt in de betrouwbaarheid van de software.

Om de verschillen tussen de juiste (eigen) determinatie op basis van het auditief beoordelen van de opname en de software-determinatie weer te geven is gebruik gemaakt van Excel. Vervolgens werden met behulp van beschrijvende statistiek verschillen tussen beide methodes inzichtelijk gemaakt voor de deelvragen.

Hoofdstuk 3: Resultaten

Bij het analyseren van de 181 opnames kwam naar voren dat bij 43 opnames wind te horen is, bij 30 opnames verschillende vogelsoorten door elkaar zongen en bij 49 opnames zacht zingende vogels te horen zijn. Daarnaast zijn er 47 opnames waarbij overige geluiden zoals gekraak van voetstappen, motoren, vliegtuigen en mensenstemmen te horen zijn. Op twaalf opnames stonden geen mogelijk storende aspecten. Alle twaalf opnames zonder storende aspecten werden correct gedetermineerd (zie tabel 4). Bij alle 47 opnames waarop een overig geluid te horen is, was de identificatie door de software niet correct (zie tabel 5). De identificaties door de software van opnames waarop wind, door elkaar zingende vogels en vogelgeluiden met een zacht volume te horen waren zijn hieronder besproken.

3.1 Deelvraag 1

In welke mate beïnvloedt het geluid van wind op de opname de accuraatheid van determinaties?

Er zijn geen correct gedetecteerde vogels op opnames waar wind op te horen is. In tabel 1 is zichtbaar welke vogelsoorten met bijbehorende zekerheidspercentages zijn gedetecteerd bij de 43 opnames waar wind op te horen was. In de tabel is af te lezen dat Ransuil het vaakst (29 keer) gedetecteerd is bij de aanwezigheid van wind met een zekerheidspercentage variërend tussen de 13% en 100%. Bij twaalf opnames geeft de software een zekerheidspercentage hoger dan 90% aan. Ook is er op zeven opnames Rotgans gedetecteerd. De zekerheidspercentages van de gedetecteerde Rotganzen varieert van 10% tot 64%. Roodkeelduiker is twee keer gedetecteerd met zekerheidspercentages van 16% en 34%. Roodborst (46%), Krekelzanger (96%), Snor (27%), Kerkuil (35% en Steenuil (79%) zijn één keer gedetecteerd op opnames waar wind een rol speelde.

Tabel 1, gedetecteerde soortnamen met zekerheidspercentage van opnames waarop alleen wind te horen is

Gedetecteerde soortnaam	Zekerheidspercentage (%)
Kerkuil	35
Krekelzanger	96
Ransuil	13
Ransuil	29
Ransuil	29
Ransuil	39
Ransuil	43
Ransuil	46
Ransuil	48
Ransuil	53
Ransuil	57
Ransuil	57
Ransuil	60
Ransuil	74
Ransuil	76
Ransuil	79
Ransuil	81
Ransuil	83
Ransuil	84
Ransuil	91
Ransuil	95
Ransuil	95
Ransuil	96

Ransuil	96
Ransuil	97
Ransuil	97
Ransuil	98
Ransuil	98
Ransuil	100
Ransuil	100
Ransuil	100
Roodborst	46
Roodkeelduiker	16
Roodkeelduiker	34
Rotgans	10
Rotgans	11
Rotgans	13
Rotgans	35
Rotgans	38
Rotgans	63
Rotgans	64
Snor	27
Steenuil	79

3.2 Deelvraag 2

In welke mate beïnvloedt het geluid van door elkaar zingende vogelsoorten op de opname de accuraatheid van determinaties?

De zekerheidspercentages van de gedetecteerde vogelsoorten die op opnames met door elkaar zingende vogels stonden zijn zichtbaar in tabel 2. De zekerheidspercentages van de achttien opnames waarop Geelgors gedetecteerd is varieert van 31% tot 100%. Hierbij geeft de software bij zes opnames een zekerheidspercentage van 90% of hoger. De zekerheidspercentages bij de opnames van de gedetecteerde Groenlingen variëren tussen 34% en 76%. Roodborst (96% en 99%), Blauwborst (37% en 40%), Humes Bladkoning (31% en 39%), Bruine Boszanger (81%) en Paapje (21%) zijn ook gedetecteerd.

Daarnaast is in tabel 2 ook weergegeven welke vogels er door elkaar heen zongen waardoor er een verkeerde identificatie ontstond. Dit zijn in totaal zestien verschillende soorten. Zowel Merel als Rietgors zijn op 17 van de 30 opnames te horen waarbij meerdere vogelsoorten door elkaar zingen. Op twaalf opnames is Zwartkop te horen, en op elf opnames is Tjiftjaf te horen. Zowel Vink als Meerkoet staan op zes opnames. Op vier opnames zong Putter tegelijk met andere vogels. Bosrietzanger en Winterkoning zijn op drie verschillende opnames te horen. Grasmus en Cetti's Zanger staan op twee opnames. Groenling, Fitis, Koekoek, Kleine Karekiet en Roodborst waren op één opname aanwezig

Tabel 2, gedetecteerde soortnamen met zekerheidspercentage en juiste vogelsoorten van opnames met door elkaar zingende vogels

Gedetecteerde soortnaam	Zekerheidspercentage (%)	Door elkaar zingende vogelsoorten
Blauwborst	37	Cetti's Zanger, Rietgors, Merel
Blauwborst	40	Putter, Cetti's zanger, Merel, Rietgors

Bruine Boszanger	81	Tjiftjaf, Merel, Vink, Meerkoet
Geelgors	31	Rietgors, Zwartkop, Groenling
Geelgors	47	Vink, Zwartkop, Rietgors
Geelgors	54	Putter, Rietgors, Merel
Geelgors	54	Tjiftjaf, Vink, Merel
Geelgors	59	Rietgors, Zwartkop
Geelgors	62	Tjiftjaf, Bosrietzanger
Geelgors	64	Rietgors, Meerkoet
Geelgors	68	Rietgors, Zwartkop, Winterkoning
Geelgors	74	Kleine Karekiet, Tjiftjaf, Bosrietzanger
Geelgors	75	Rietgors, Roodborst, Vink
Geelgors	84	Rietgors, Zwartkop, Merel
Geelgors	85	Merel, Tjiftjaf
Geelgors	90	Meerkoet, Merel, Rietgors
Geelgors	96	Winterkoning, Merel, Zwartkop, Rietgors
Geelgors	99	Tjiftjaf, Zwartkop
Geelgors	99	Tjiftjaf, Zwartkop
Geelgors	100	Rietgors, Zwartkop
Geelgors	100	Vink, Tjiftjaf
Groenling	34	Merel, Tjiftjaf
Groenling	51	Merel, Putter, Meerkoet, Rietgors
Groenling	68	Putter, Koekoek, Merel, Zwartkop, Rietgors
Groenling	76	Meerkoet, Merel, Rietgors
Humes Bladkoning	31	Tjiftjaf, Merel, Grasmus, Fitis
Humes Bladkoning	39	Zwartkop, Grasmus, Bosrietzanger
Paapje	29	Merel, Rietgors
Roodborst	96	Zwartkop, Winterkoning, Merel
Roodborst	99	Tjiftjaf, Merel, Vink, Meerkoet

3.3 Deelvraag 3

In welke mate beïnvloedt een vogelgeluid met een zacht volume op de opname de accuraatheid van determinaties?

In tabel 3 zijn de gedetecteerde soorten op 49 opnames met een zacht volume met het zekerheidspercentage van de software te zien. Het zekerheidspercentage van Geelgors varieert tussen

26% en 100%, waarvan 17 van de 39 opnames een zekerheidspercentage hoger dan 90% heeft. Het zekerheidspercentage van Groenling varieert tussen 25% en 33%. Humes Bladkoning (25% en 26%), Roodborst (100%), Slechtvalk (74%), Blauwborst (14%), Wulp (22%) en Goudvink (32%) zijn ook gedetecteerd.

Daarnaast is in tabel 3 ook weergegeven welke vogels er met een zacht volume zongen waardoor er een verkeerde identificatie ontstond. Bij sommige opnames waarbij een verkeerde identificatie ontstond, waren meerdere vogelsoorten met een zacht volume te horen. Merel en Rietgors waren het vaakst op de opnames met zacht volume te horen, namelijk 25 en 22 keer. Verder waren Tjiftjaf (13), Zwartkop (acht), Fitis (zes), Bosrietzanger (vijf), Meerkoet (vier), Grasmus (vier), Putter (drie), Groenling (twee), Vink (twee), Roodborst (één), Koolmees (één), Zanglijster (één) en Kleine Karekiet (één) met een zacht volume op de 49 opnames te horen.

Tabel 3, gedetecteerde soortnamen met zekerheidspercentage en juiste vogelsoorten van opnames met zacht volume.

Gedetecteerde soortnaam	Zekerheidspercentage (%)	
Blauwborst	14	Merel, Rietgors, Meerkoet
Geelgors	26	Rietgors
Geelgors	27	Zwartkop
Geelgors	31	Zwartkop, Groenling
Geelgors	34	Grasmus, Merel, Rietgors
Geelgors	41	Rietgors, Koolmees
Geelgors	41	Tjiftjaf
Geelgors	44	Fitis
Geelgors	52	Rietgors, Fitis, Groenling
Geelgors	54	Roodborst
Geelgors	68	Zwartkop
Geelgors	70	Meerkoet, Tjiftjaf, Merel, Bosrietzanger
Geelgors	78	Fitis, Tjiftjaf
Geelgors	78	Tjiftjaf
Geelgors	78	Merel, Grasmus, Tjiftjaf
Geelgors	81	Rietgors, Putter, Merel
Geelgors	82	Vink, Merel, Tjiftjaf
Geelgors	83	Rietgors, Merel
Geelgors	84	Fitis, Merel
Geelgors	84	Meerkoet, Zwartkop, Rietgors
Geelgors	86	Merel, Tjiftjaf
Geelgors	88	Bosrietzanger, Merel
Geelgors	88	Grasmus, Merel
Geelgors	92	Rietgors
Geelgors	92	Zanglijster, Rietgors
Geelgors	92	Rietgors, Merel, Putter
Geelgors	94	Vink, Tjiftjaf, Merel
Geelgors	97	Tjiftjaf, Zwartkop
Geelgors	97	Tjiftjaf, Fitis
Geelgors	98	Rietgors, Zwartkop
Geelgors	98	Merel, Rietgors
Geelgors	98	Merel, Rietgors

Geelgors	98	Merel, Rietgors
Geelgors	98	Merel, Rietgors
Geelgors	99	Bosrietzanger, Merel, Zwartkop
Geelgors	99	Rietgors, Meerkoet
Geelgors	99	Tjiftjaf
Geelgors	100	Tjiftjaf, Fitis
Geelgors	100	Zwartkop
Geelgors	100	Rietgors, Merel
Goudvink	32	Merel, Tjiftjaf
Groenling	25	Bosrietzanger
Groenling	32	Grasmus, Merel, Rietgors
Groenling	33	Rietgors, Putter, Merel
Humes Bladkoning	25	Rietgors, Merel
Humes Bladkoning	26	Bosrietzanger, Rietgors
Roodborst	100	Merel
Slechtvalk	74	Kleine Karekiet
Wulp	22	Merel

Hoofdstuk 4: Discussie

De doelstelling van dit afstudeerwerkstuk was de valkuilen van de vogelgeluid herkende software van Aquila Ecologie in kaart te brengen. Hierbij was vooral gelet op de factoren wind, door elkaar zingende vogels en vogelgeluiden met een zacht volume. Deze factoren zouden namelijk de accuraatheid van de software kunnen beïnvloeden. Door te onderzoeken in welke mate deze factoren een storende werking hebben, kan de software in de toekomst worden verbeterd om zo voor een hogere kwaliteit van de software te zorgen.

4.1 Deelvragen

In de resultaten van deelvraag 1 is beschreven dat er 43 opnames met wind geanalyseerd zijn. Het merendeel hiervan is als Ransuil gedetecteerd. Overige gedetecteerde soorten op opnames met wind zijn Rotgans, Roodkeelduiker, Roodborst, Krekelzanger, Snor, Kerkuil en Steenuil. Geen van deze opnames was correct gedetermineerd. De tonen van de zang van Ransuil en de roep van Rotgans kunnen gelijkend zijn aan wind, waardoor het voor te stellen is dat de software wind als Ransuil en Rotgans detecteert. De geluiden van een zingende Roodkeelduiker, Krekelzanger en Snor klinken min of meer als een ratelend geluid, die op de achtergrond als ruis kunnen klinken. Dit zou de reden kunnen zijn dat de software deze drie soorten gedetecteerd heeft wanneer er ruisachtige geluiden op de geluidsopnames te horen zijn. Kerkuil en Steenuil hebben krassende tonen in hun roep en zang. De software zou de ruis van wind geassocieerd kunnen hebben met de roep van Kerkuil en Steenuil op de achtergrond. De software gaat er namelijk van uit dat alles wat er op de opname te horen is een vogelgeluid voorstelt. Voor de detectie van Roodborst is geen verklaring. Op de betreffende opname is enkel wind te horen.

In de resultaten van deelvraag 2 zijn 30 opnames geanalyseerd waarin verschillende vogelsoorten door elkaar zongen. Geelgors, Groenling, Roodborst, Blauwborst, Humes Bladkoning, Bruine Boszanger en Paapje zijn foutief gedetecteerd op opnames waar verschillende vogelsoorten door elkaar zongen. Op deze opnames waren Merel, Rietgors, Zwartkop, Groenling, Tjiftjaf, Grasmus, Fitis, Cetti's Zanger, Bosrietzanger, Putter, Vink, Meerkoet, Koekoek, Winterkoning, Kleine Karekiet en Roodborst wél te horen. Het is echter opvallend dat Geelgors vaak foutief gedetecteerd is. Een mogelijke verklaring hiervoor kan zijn dat de software van Aquila Ecologie met een grote variatie aan opnames van Geelgors is getest. Hierdoor zou het kunnen zijn dat de software eerder een match met Geelgors kan vinden dan met een andere vogelsoort. De gemiddelde zekerheidspercentages van Blauwborst, Humes Bladkoning en Paapje zijn lager dan 50%, waardoor duidelijk wordt dat de software niet zeker was van deze gedetecteerde soorten. Echter liggen de gemiddelde zekerheidspercentages van gedetecteerde Geelgors, Groenling, Roodborst en Bruine Boszanger hoger dan 50%. Roodborst is zelfs met een gemiddelde percentage van 98% gedetecteerd. Een verklaring zou kunnen zijn dat deze soorten in de trainingsfase van de software getraind zijn met opnames waarin verschillende soorten vogels te horen zijn. Wanneer de software vervolgens een opname analyseert waarin wederom verschillende soorten te horen zijn, dan zou de software dat kunnen associëren met de soorten die getraind zijn met geluiden waarin vogelsoorten door elkaar zingen.

Bij deelvraag 3 zijn er in de resultaten 49 opnames met een zacht volume geanalyseerd. Het grootste deel van deze opnames waren fout gedetecteerde Geelgorzen. Daarnaast zijn Groenling, Humes Bladkoning, Roodborst, Slechtvalk, Blauwborst, Wulp en Goudvink ook foutief gedetecteerd. Wél waren Merel, Rietgors, Grasmus, Putter, Zwartkop, Groenling, Bosrietzanger, Koolmees, Tjiftjaf, Fitis, Roodborst, Meerkoet, Vink, Zanglijster en Kleine Karekiet te horen. Het is wederom opvallend dat Geelgors vaak foutief wordt gedetecteerd. Een mogelijke verklaring hiervoor is eerder benoemd. Groenling, Humes Bladkoning, Blauwborst, Wulp en Goudvink zijn gemiddeld met een lager zekerheidspercentage dan 50% gedetecteerd. Hiermee heeft de software aangegeven bij lange na niet

zeker te zijn over de gedetecteerde soort. Geelgors, Roodborst en Slechtvalk zijn gemiddeld wél boven het zekerheidspercentage van 50% gedetecteerd. Er is zelfs een met 100% zekerheidspercentage Roodborst gedetecteerd. Een mogelijke verklaring zou kunnen zijn dat Geelgors, Roodborst en Slechtvalk tijdens de trainingsfase van de software getraind zijn met opnames van een zacht volume. Indien de software vervolgens wederom geconfronteerd wordt met opnames van vergelijkbare geluiden met een zacht volume, dan zou dit een eventuele verklaring kunnen zijn voor de detecties van deze soorten.

Het is opvallend dat alle opnames zonder mogelijke storende aspecten correct zijn geïdentificeerd door de software. Alle opnames mét mogelijk storende aspecten zijn niet correct geïdentificeerd door de software. Omdat dit een duidelijk contrast is valt hier een conclusie uit te trekken.

4.2 Reflectie onderzoek

Onverwachte resultaten zoals veel foutieve detecties van Geelgors bij opnames met door elkaar zingende vogels en opnames met een zacht volume zouden niet met zekerheid verklaard kunnen worden door beperkingen in de onderzoeksmethodiek. Het veranderen van de methode, zoals het ophangen van de recorder op een bepaalde plek zodat gekraak van voetstappen en beweging voorkomen wordt, zal waarschijnlijk niet zorgen voor een vermindering van foutieve detecties van Geelgors. Vermoedelijk is Geelgors zo vaak gedetecteerd om andere redenen dan gekraak en voetstappen.

Verder brengt de kunstmatige intelligentie een aantal beperkingen met zich mee. Zo is er vaak weinig inzicht in waar eventuele fouten zitten, waardoor het moeilijk is om deze fouten te verbeteren (Frommolt et al., 2008). Dat geldt ook voor deze studie. In de conclusies en aanbevelingen worden suggesties benoemd die de gemiddelde accuraatheid van de software van Aquila Ecologie zouden kunnen verbeteren, maar het probleem van de foutieve determinaties valt moeilijk te bewijzen omdat er voor de gebruiker weinig inzicht in het programma is.

De resultaten van het onderzoek zijn compleet afhankelijk van niet beïnvloedbare omstandigheden. De hoeveelheid wind en de mate van zingende vogels zijn bijvoorbeeld niet te beïnvloeden. Hierdoor is het vrijwel onmogelijk om dezelfde uitkomsten te krijgen bij een mogelijk vervolgonderzoek met dezelfde methode. Echter lijken de resultaten wel voorspelbaar omdat alle opnames zonder mogelijk storende aspecten correct zijn geïdentificeerd en alle opnames mét mogelijk storende aspecten niet correct zijn geïdentificeerd.

De geluidsopnames voor dit afstudeerwerkstuk zijn opgenomen met professionele opname apparatuur. Hier moet rekening mee worden gehouden wanneer de software in een later stadium gebruikt wordt door microfoons van een telefoon. De microfoons van telefoons zijn kwalitatief slechter in het opnemen van vogelgeluiden dan professionele recorders, waardoor de software meer moeite kan hebben met het correct determineren van de vogelsoorten op de geluidsopname.

De resultaten van dit afstudeerwerkstuk kunnen niet met resultaten van andere onderzoeken met de software van Aquila Ecologie worden vergeleken omdat dit de eerste keer is dat de software van Aquila Ecologie getest wordt op de accuraatheid van determinaties. Wel beschrijft Potamitis et al. (2014) dat de factoren van wind, door elkaar zingende vogels en vogelgeluiden met een zacht volume obstakels voor het door de software correct determineren van de vogelsoorten kunnen zijn. De resultaten van dit afstudeerwerkstuk wijzen op dezelfde ondervinding.

Wel kan de gemiddelde accuraatheid van de software vergeleken worden met de accuraatheid van andere software. BirdNet heeft een accuraatheid van 91,5% bij 189 geluidsopnames van vogels uit

Noord-Amerika (Arif et al., 2022). Verder heeft software ResNet-50 een accuraatheid tussen de 60% en 72% bij 2814 geluidsopnames uit Brazilië (Sankupellay & Konovalov, 2018) en heeft de Merlin Sound ID applicatie een gemiddelde accuraatheid rond de 90% bij een uitgebreide test op Amerikaanse vogels (Gilson, 2022). De software van Aquila Ecologie heeft een gemiddelde accuraatheid van 6,6% bij 181 geluidsopnames uit Nederland. Een verklaring voor het enorme verschil in accuraatheid tussen de software van Aquila Ecologie en andere software kan zijn dat de geluidsopnames waarmee de software is getest verschillen. De geluidsopnames waarmee de software van Aquila Ecologie is getest bevatten storende factoren zoals wind, door elkaar zingende vogels en vogelgeluiden met een zacht volume. Mogelijk zijn de geluidsopnames waarmee de andere software getest zijn van betere kwaliteit en zonder storende factoren. Om de accuraatheid van de verschillende software goed te kunnen vergelijken, zou er in de toekomst dezelfde geluiden in verschillende software getest kunnen worden.

Aquila Ecologie en andere softwareontwikkelaars in deze sector kunnen de resultaten meenemen in het ontwikkelproces om de accuraatheid van de software te verbeteren. Omdat de resultaten gebaseerd zijn op hoe de software van Aquila Ecologie is ontwikkeld, is het afstudeerwerkstuk voor Aquila Ecologie in sommige gevallen wellicht meer van toepassing dan voor andere vogelgeluid herkende softwareontwikkelaars. Echter kunnen andere softwareontwikkelaars leren van de 'fouten' van Aquila Ecologie en aan de hand daarvan de accuraatheid verbeteren.

Hoofdstuk 5: Conclusie

Door geluidsopnames met wind, door elkaar zingende vogels en vogelgeluiden met een zacht volume in de vogelgeluid herkende software van Aquila Ecologie te testen, kan er onderzocht worden in welke mate deze factoren een rol spelen bij het determineren van vogelgeluiden door de software.

Bij het analyseren van opnames waarin wind te horen was zijn Ransuil, Roodkeelduiker, Roodborst, Krekelzanger, Snor, Kerkuil en Steenuil gedetecteerd. De zang of roep van deze soorten, met uitzondering van Roodborst, kunnen wanneer het geluid niet duidelijk te horen is met ruis van wind geassocieerd worden. Dit zou een mogelijke verklaring kunnen zijn voor de detecties van deze soorten. Omdat geen van de 43 opnames waarop wind te horen is correct is gedetermineerd, lijkt het er op dat wind in sterke mate een negatieve invloed heeft op de accuraatheid van de determinaties.

Op opnames waar meerdere vogels door elkaar zingen zijn Geelgors, Groenling, Roodborst, Blauwborst, Humes Bladkoning, Bruine Boszanger en Paapje gedetecteerd. Al deze 30 detecties waren foutief. Op de opnames waren Merel, Rietgors, Zwartkop, Groenling, Tjiftjaf, Grasmus, Fitis, Cetti's Zanger, Bosrietzanger, Putter, Vink, Meerkoet, Koekoek, Winterkoning, Kleine Karekiet en Roodborst te horen. Het lijkt erop dat het geluid van door elkaar zingende vogels in sterke mate een negatieve invloed heeft op de accuraatheid van de determinaties, omdat geen van de opnames waarop meerdere vogels door elkaar zongen correct is gedetermineerd.

Bij opnames waarop vogelgeluiden met een zacht volume te horen waren zijn Geelgors, Groenling, Humes Bladkoning, Roodborst, Slechtvalk, Blauwborst, Wulp en Goudvink gedetecteerd. Van de 49 geanalyseerde opnames zijn geen van deze soorten zijn correct gedetecteerd. Op de opnames van vogelgeluiden met een zacht volume waren Merel, Rietgors, Grasmus, Putter, Zwartkop, Groenling, Bosrietzanger, Koolmees, Tjiftjaf, Fitis, Roodborst, Meerkoet, Vink, Zanglijster en Kleine Karekiet te horen. Omdat alle gedetecteerde soorten foutief gedetermineerd zijn, lijkt het erop dat vogelgeluiden met een zacht volume in sterke mate een negatief effect hebben op de accuraatheid van de determinaties.

Al met al blijkt uit de resultaten dat de software van Aquila Ecologie geen enkel vogelgeluid van opnames waarop een mogelijk storend aspect zoals wind, door elkaar zingende vogels en vogelgeluiden met een zacht volume te horen is goed gedetecteerd heeft. Het lijkt er hierdoor sterk op dat de accuraatheid van de determinaties negatief beïnvloedt wordt door deze aspecten en dat daarmee de software van Aquila Ecologie nog niet bruikbaar is bij de aanwezigheid van deze aspecten. Aquila Ecologie en andere vogelgeluid herkende softwareontwikkelaars kunnen aan de hand van de resultaten van dit afstudeerwerkstuk mogelijk deze valkuilen ontwijken om zo de accuraatheid te verbeteren.

Hoofdstuk 6: Aanbevelingen

Om de accuraatheid van determinaties door de software van Aquila Ecologie te bevorderen, kan er een grotere variatie aan geluiden aan de software getraind worden. Om foutief gedetecteerde vogelsoorten van opnames waar wind op te horen is te beperken, kunnen er opnames met alleen wind in de software worden getraind. Wanneer de software getraind wordt met opnames van wind die gelabeld worden als wind, dan zou de software opnames ook waar daadwerkelijk wind op te horen is als wind kunnen herkennen. Dit zouden de foutieve detecties van opnames met wind kunnen beperken.

Hetzelfde geldt voor opnames van door elkaar zingende vogels en vogelgeluiden met een zacht volume. Als elk van de 340 soorten in de software meer wordt getraind met opnames waar verschillende soorten door elkaar zongen of met vogels die met een zacht volume op de opname te horen zijn, dan zouden de resultaten van de software verbeterd kunnen worden.

Literatuurlijst

Angehr, G. R., Siegel, J., Aucca, C., Christian, D. G., & Pequeño, T. (2002). An assessment and monitoring program for birds in the Lower Urubamba Region, Peru. *Environmental monitoring and assessment*, 76(1), 69-87.

Aquila Ecologie. (2022, 7 april). *Aquila Ecologie*. Geraadpleegd op 23 juni 2022, van <https://www.aquila-ecologie.nl/>

Arif, M., Hedley, R., & Bayne, E. (2020). Testing the Accuracy of a birdNET, Automatic bird song Classifier. University of Alberta, Alberta, Canada.

Artificial Intelligence, Machine Learning and Deep Learning: wat is het verschil? | *Trendskout* (z.d.). Geraadpleegd op 29 juni 2022, van https://trendskout.com/general/ai-vs-machine-learning-vs-deep-learning/?fbclid=IwAR3SYFogvqavt9Lu13nm02M-dP0TYXhTJJ_PGmTa9O7-6qj3Rpv3MI_ShM8

Bai, J., Chen, C., & Chen, J. (2020). Xception Based Method for Bird Sound Recognition of BirdCLEF 2020. CLEF working notes 2020, CLEF: Conference and Labs of the Evaluation Forum, Sep. 2020, Thessaloniki, Greece.

Bennun, L., Matiku, P., Mulwa, R., Mwangi, S., & Buckley, P. (2005). Monitoring Important Bird Areas in Africa: towards a sustainable and scaleable system. *Biodiversity & Conservation*, 14(11), 2575-2590.

Cox, D. T., Shanahan, D. F., Hudson, H. L., Plummer, K. E., Siriwardena, G. M., Fuller, R. A., Anderson, K., Hancock, S. & Gaston, K. J. (2017). Doses of neighborhood nature: the benefits for mental health of living with nature. *BioScience*, 67(2), 147-155.

de Oliveira, A. G., Ventura, T. M., Ganchev, T. D., de Figueiredo, J. M., Jahn, O., Marques, M. I., & Schuchmann, K. L. (2015). Bird acoustic activity detection based on morphological filtering of the spectrogram. *Applied Acoustics*, 98, 34-42.

Frommolt, K. H., Tauchert, K. H., & Koch, M. A. R. T. I. N. A. (2008). Advantages and disadvantages of acoustic monitoring of birds—realistic scenarios for automated bioacoustic monitoring in a densely populated region. In *Computational Bioacoustics for Assessing Biodiversity. Proc. of the Internat. Expert Meeting on IT-based Detection of Bioacoustical Patterns. BfN-Skripten* (Vol. 234, pp. 83-92).

Gilson, G (2022, 4 juni). What bird do you hear? Free bird sound ID apps tells you! What birds are in my backyard? Geraadpleegd op 10 oktober 2022, van <https://www.whatbirdsareinmybackyard.com/2022/06/what-bird-do-you-hear-free-bird-sound-id-app-tells-you.html>

Google. (z.d.). [Google Maps-kaart van het Kromslootpark]. Geraadpleegd op 29 juni 2022, van <https://www.google.nl/maps/@52.3395876,5.176998,1752m/data=!3m1!1e3?hl=nl&authuser=0>

Kahl, M. S. S. (2020). Identifying birds by sound: large-scale acoustic event recognition for avian activity monitoring. Technische Universitat Chemnitz.

Kahl, S., Clapp, M., Hopping, W., Goëau, H., Glotin, H., Planqué, R., Vellinga, W. & Joly, A. (2020,

September). Overview of birdclef 2020: Bird sound recognition in complex acoustic environments. In *CLEF 2020-11th International Conference of the Cross-Language Evaluation Forum for European Languages*. Vol. 2696, p. 262.

Koh, C. Y., Chang, J. Y., Tai, C. L., Huang, D. Y., Hsieh, H. H., & Liu, Y. W. (2019, September). Bird Sound Classification Using Convolutional Neural Networks. *CEUR Workshop proc.*, vol. 2380, pp 9-12.

Lasseck, M. (2018). Audio-based Bird Species Identification with Deep Convolutional Neural Networks. *CLEF (working notes)*, 2125.

Parker III, T. A. (1991). On the use of tape recorders in avifaunal surveys. *The Auk*, 108(2), 443-444.

Potamitis, I., Ntalampiras, S., Jahn, O., & Riede, K. (2014). Automatic bird sound detection in long real-field recordings: Applications and tools. *Applied Acoustics*, 80, 1-9.

Sankupellay, M., & Konovalov, D. (2018, November). Bird call recognition using deep convolutional neural network, ResNet-50. In *Proceedings of ACOUSTICS* (Vol. 7, No. 9, pp. 1-8)

Shonfield, J., & Bayne, E. (2017). Autonomous recording units in avian ecological research: current use and future applications. *Avian Conservation and Ecology*, 12(1), 1-13.

van Dijk, J. (2020). Planten op naam brengen met Obsidentify. *De Strandloper*, 52(3), 16-18.

Vogelbescherming Nederland. (2021, 31 januari). Tuinvogeltelling tijdens lockdown ongekend populair. Vogelbescherming.nl. Geraadpleegd op 8 februari 2022, van <https://www.vogelbescherming.nl/actueel/bericht/tuinvogeltelling-tijdens-lockdown-ongekend-populair>

Zhang, H., Guo, J., & Yang, D. (2005). The Design and Implementation of Classifying Bird Sounds. In *IEC (Prague)* (pp. 368-374).

Alle figuren waar geen bron bij staat zijn eigen werk.

Bijlagen

Bijlage 1, Gegevens correct gedetermineerde opnames

In tabel 4 zijn de exacte zekerheidspercentages van correct gedetecteerde vogelsoorten te zien.

Tabel 4, gedetecteerde soortnamen met zekerheidspercentage van opnames die correct gedetecteerd zijn

Gedetecteerde soortnaam	Zekerheidspercentage (%)
Fitis	89
Fitis	100
Merel	15
Merel	46
Merel	51
Merel	57
Merel	83
Rietgors	19
Rietgors	47
Rietgors	62
Rietgors	96
Zwartkop	78

Bijlage 2, Gegevens opnames met overige geluiden

In tabel 5 zijn de exacte zekerheidspercentages van foutief gedetecteerde vogelsoorten waarbij andere factoren dan wind, door elkaar zingende vogels en zacht zingende vogels meespeelden zichtbaar.

Tabel 5, gedetecteerde soortnamen met zekerheidspercentage van opnames met overige geluiden

Gedetecteerde soortnaam	Zekerheidspercentage (%)	Oorzaak
Eider	58	Mensenstemmen, wind
Humes Bladkoning	24	Vliegtuig, Rietgors
Kleine Bonte Specht	17	Gekraak
Kleine Bonte Specht	24	Gekraak
Kleine Bonte Specht	24	Gekraak
Kleine Bonte Specht	30	Gekraak
Kleine Bonte Specht	33	Gekraak
Kleine Bonte Specht	37	Gekraak
Kleine Bonte Specht	39	Gekraak
Kleine Bonte Specht	48	Gekraak
Kleine Bonte Specht	83	Gekraak
Middelste zaagbek	26	Mensenstemmen, wind
Ransuil	70	Motor
Ransuil	74	Motor
Ransuil	78	Vliegtuig
Ransuil	79	Motor
Ransuil	85	Motor
Ransuil	88	Gekraak
Ransuil	91	Gekraak
Ransuil	92	Gekraak
Ransuil	97	Motor
Ransuil	97	Motor
Ransuil	99	Motor
Ransuil	100	Gekraak
Roek	29	Gekraak
Roek	41	Gekraak
Roek	43	Gekraak
Roek	44	Gekraak
Roek	46	Gekraak
Roek	61	Gekraak
Roek	63	Gekraak
Roek	66	Gekraak
Roek	66	Gekraak
Roek	67	Gekraak
Roek	68	Gekraak
Roek	83	Gekraak
Roek	94	Gekraak
Roodkeelduiker	29	Motor
Roodkeelduiker	65	Gekraak
Roodkeelduiker	83	Gekraak
Roodkeelduiker	86	Gekraak
Roodkeelduiker	88	Gekraak
Roodkeelduiker	95	Gekraak
Snor	21	Motor
Zilvermeeuw	33	Scooter

Zwarte Kraai	18	Gekraak
Zwarte Kraai	36	Gekraak