

Nieuwe methode voor effectbepaling van geluid op vogels

Tauw ontwikkelt een nieuwe aanpak voor het bepalen van de effecten van geluid op verschillende vogelsoorten die rekening houdt met de karakteristieken van het (stoor)geluid. Vooral in geval van achtergrondgeluid met een relatief laagfrequent karakter (zoals wegverkeerslawaai of industrielawaai) zal deze aanpak kleinere verstoringafstanden voorstellen. Deze afstanden komen beter overeen met praktijkervaringen.

Door: Aïda Tursic, Niels Jeurink, Jean-Pierre van Mulken

Over de auteurs:

Aïda Tursic (aida.tursic@tauw.nl) is audioloog en adviseur geluid.
Niels Jeurink (niels.jeurink@tauw.nl) is senior ecooloog.
Jean-Pierre van Mulken (jeanpierre.vanmulken@tauw.nl) is senior adviseur geluid. Alle auteurs zijn werkzaam bij Tauw.

INLEIDING

Geluid speelt voor veel vogelsoorten, net als voor mensen, een belangrijke rol bij de communicatie. De opbouw en werking van het gehoor van vogels lijken op dat van mensen, maar er zijn grote verschillen in gevoeligheid. Deze verschillen hebben invloed op de waarneming van geluiden en de verstoring van deze waarneming. Daarom kan de mate van verstoring door eenzelfde geluidbron bij een vogel heel anders zijn dan bij de mens.

AANLEIDING

De methoden die momenteel toegepast worden om de verstoringseffecten van geluid op vogels te voorspellen geven als resultaat vaak grotere verstoringcontouren dan op basis van praktijkervaring gedacht zou worden. Deze methoden zijn gebaseerd op veldonderzoeken, zoals onderzoek naar broedsucces en tellingen van de aantallen broedparen in een gebied. Hieraan zijn vervolgens modelmatig conclusies in dB(A) aan verbonden. Momenteel wordt veelal de methode van 'de 42 dB(A)-contour' gebruikt om de verstoringcontour weer te geven voor de vogels ten gevolge van een activiteit.⁹ Boven de 42 dB(A) treedt verstoring op en onder de 42 dB(A) niet.

De onderzoeken die aan deze methode ten grondslag liggen zijn zeer waardevol en geschikt voor de specifieke gebieden waarin en de vogelsoorten waarvoor de onderzoeken zijn verricht. Echter, deze onderzoeken zijn niet specifiek geschikt om te gebruiken voor andere vogelsoorten en in andere gebieden.

Er wordt niet uitgegaan van de gehoorgevoeligheid van vogels, de geluidsniveaus zijn uitgedrukt in een ééngetalswaarde in dB(A) en er wordt geen rekening gehouden met de spectrale gegevens van (stoor)geluiden.

De ééngetalswaarde in dB(A) geeft het horen weer dat via het menselijke gehoororgaan plaatsvindt. Dit getal is één totaalwaarde die het resultaat is van de energetische optelling van de waarden in de octaafbanden van 31,5 tot 8.000 Hz (grofweg de band-

breedte van het menselijk gehoor). De A staat voor de A-weging die een correctie is voor de frequentiespecifieke gevoeligheid van het menselijk gehoor en niet het gehoor van vogels. Ook de spectrale verschillen in het omgevingsgeluid worden niet meegewogen in de beoordeling bij de huidige methoden. Denk hierbij aan de verschillen tussen geluid op het platteland, het strand of op een industrieterrein. Dat is een tekortkoming, aangezien er belangrijke verschillen bestaan in de mate van verstoring door verschillende frequentiebanden.

Parameters anders dan geluid die ook van invloed kunnen zijn op de aantallen nesten of aantallen vogels in een gebied, kunnen in de huidige methoden niet of nauwelijks worden uitgesloten. Denk hierbij bijvoorbeeld aan verstoring door beweging en licht (van de auto's) of fragmentatie van gebieden, waardoor aan de randen van gebieden voedselbeschikbaarheid anders is dan in dat gebied zelf.

Samenvattend kennen de methoden die nu gebruikt worden om verstoring van vogels door geluid te bepalen de volgende beperkingen:

- De rekenparameters en toetswaarden zijn gebaseerd op de specifieke gehoorgevoeligheid van het menselijk gehoor en niet op die van vogels;
- Er wordt geen rekening gehouden met de spectrale samenstelling van het omgevingsgeluid;
- De methoden zijn gebaseerd op inventarisaties die effecten anders dan die ten gevolge van geluid niet volledig kunnen uitsluiten.

Deze beperkingen waren voor Tauw de aanleiding om een nieuwe methode voor effectbeoordeling te ontwikkelen die zich baseert op het vermogen van vogels om te horen in omgevingslawaai. Uitgangspunt is het frequentiespecifieke gehoorvermogen van vogels waarbij de centrale vraag is: welke frequenties horen vogels en hoe goed nemen ze deze waar bij de aanwezigheid van omgevingsgeluid? De methode is soortspecifiek en houdt rekening met de karakteristieken van het (stoor)geluid.

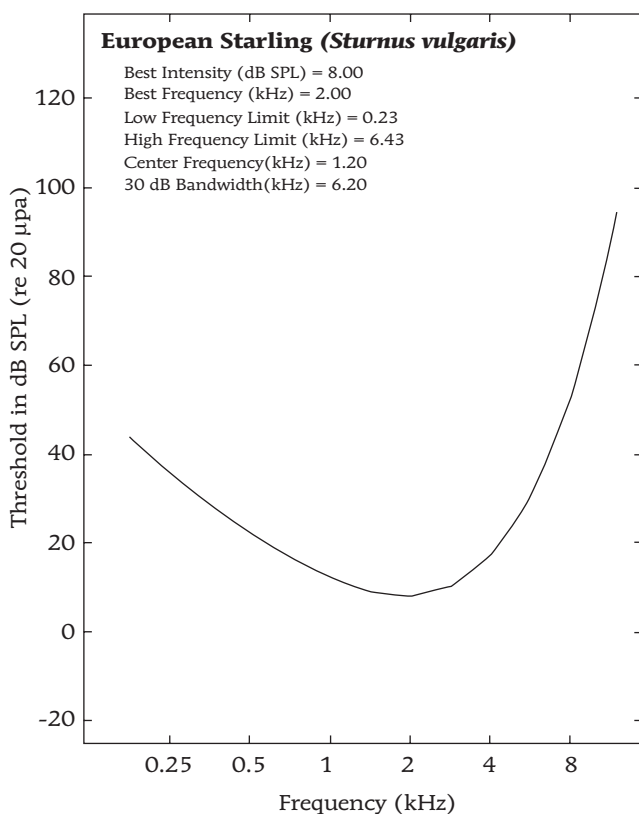
Er wordt gebruik gemaakt van bestaande studies naar de gevoeligheid van het gehoor van vogels, en studies en analyses van de karakteristieken van vogelzang. De methode is specifiek gericht op het aspect geluid en maakt gebruik van de specifieke kennis van de werkvelden ecologie, audiologie en geluid.

FOCUS OP COMMUNICATIE

De nieuwe methode onderzoekt de potentiële verstoring van geluid op de communicatie en is dus niet gericht op bijvoorbeeld schrik-effecten of gehoorschade. Communicatie door middel van geluid heeft diverse functies. Bij vogels dient het om partners te vinden, rivalen te verjagen en waarborgt het de veiligheid doordat predatoren (roofdieren) kunnen worden gedetecteerd. In veel gevallen dient geluid ook voor het horen van de prooi. De kwaliteit van een habitat voor vogels wordt dus in hoge mate bepaald door het aanwezige omgevingsgeluid. Omgevingsgeluid kan de voor vogels belangrijke signalen in de natuur maskeren en daarmee de communicatie belemmeren. Dit heeft een schadelijk effect op hun gedrag, energiehuishouding en broedbiologie. Als een vogel veel energie steekt in het aanpassen van de zang om beter gehoord te kunnen worden, dan heeft dit een negatieve invloed op zijn energievoorraad.⁷

HOREN IN STILTE

Om iets te kunnen zeggen over de potentiële verstoring door geluid is het van belang allereerst iets te weten over de gevoeligheid van het gehoor van vogels (in stilte, dus nog zonder stoorlawaai). Net als voor mensen kunnen hiervoor bij vogels audiogrammen gebruikt worden. Dooling heeft in 2002 het gehoorvermogen van verschillende vogelsoorten beschreven in audiogrammen in dB SPL.¹ Met dB SPL (sound pressure level) wordt het geluidsdruk-niveau uitgedrukt volgens de omrekening van drukverschillen in Pascal naar de logaritmische waarde in decibel. De referentiewaarde is hierbij $2 \cdot 10^5$ pascal (0 dB) en komt overeen met de waarde die de mens nog net kan horen bij 1000 Hz. De waarde is niet gewogen voor de spectrale gehoorgevoeligheid en geluidbeleving van de mens en heeft dan ook geen eenheid in dB(A) maar in dB SPL. Om een audiogram te verkrijgen wordt per frequentieband met een vaste middenfrequentie de gehoordrempel gemeten en uitgedrukt in dB SPL. Deze gemeten gehoordrempels worden in een grafiek uitgezet. Audiogrammen bij vogels worden afgenomen door middel van gedragsstudies (beloningsysteem) of fysiologische studies (meten hersenactivi-



FIGUUR 1: VOORBEELD AUDIOGRAM VAN DE SPREEUW¹

teit). In figuur 1 is als voorbeeld het audiogram van de spreeuw weergegeven.

Het onderzoek van Dooling laat zien dat het absolute [1] gehoorvermogen van de verschillende onderzochte vogels in de frequenties tussen 125 en 15.000 Hz ligt. Frequenties lager dan 125 Hz en hoger dan 15.000 Hz zijn voor vogels niet hoorbaar. Deze bevindingen tonen aan dat het absolute hoorbare frequentiespectrum bij vogels smaller is dan bij de mens waarbij het hoorbare frequentiespectrum ligt tussen 20 en 20.000 Hz. Bij vogels ligt het effectieve [1] gehoorvermogen gemiddeld tussen 0,4 en 6,2 kHz, wat 2 kHz kleiner is in vergelijking met de mens die een effectieve gehoorbreedte heeft tussen 0,2 en 8 kHz. Vogels horen slechter dan mensen. De gehoordrempels van vogels (met uitzondering van uilen) is voor bepaalde frequenties 20 dB hoger dan die van mensen [2].

HOREN IN OMGEVINGSGELUID

Buiten het laboratorium is er altijd sprake van een zeker (natuurlijk) omgevingsgeluid. Er is veel onderzoek gedaan naar horen in ruis door de mens² en door vogels.^{3,6} Uit deze onderzoeken blijkt dat de kritische ratio sterk verschilt per frequentiegebied. Een zuivere toon van 500 Hz moet voor veel vogelsoorten 22 dB harder zijn dan de stoorruis om nog net gehoord te kunnen worden. Deze waarde is, net als bij de mens, per elk hoger octaaf steeds 3 dB gevoeliger. Dit betekent dat de toon op 1000 Hz 25 dB harder moet zijn om boven de ruis uit te komen en op 8000 Hz moet de zuivere toon 35 dB harder zijn.

Behalve de hoogte van het geluidniveau (luidheid) is ook de spectrale samenstelling (karakter) van het versturende geluid van belang voor de kans op en de mate van verstoring in de communicatie. Wie wel eens dicht bij een (snel)weg staat weet dat het vaak goed mogelijk is om vogelzang los van het geluid van het verkeer waar te nemen, ondanks het hoge geluidniveau van het wegverkeer. Dat komt doordat beide soorten geluid een verschillende frequentiekarakteristiek hebben. Het relatief laagfrequente verkeersgeluid overstemt (of maskeert) het relatief hoogfrequente geluid van de zangvogels maar gedeeltelijk. Andersom is het in een omgeving waar veel gepraat wordt, zoals een café, soms moeilijk om een gesprek te volgen omdat er al sprake is van veel stoorgeluid in frequentiegebied van de spraak.

SAMENVATTING NIEUWE METHODE

De verzamelde kennis over het gehoor van vogels wordt in de nieuwe methode gebruikt in combinatie met kennis van wat vo-

Kritische ratio en frequentieselectiviteit

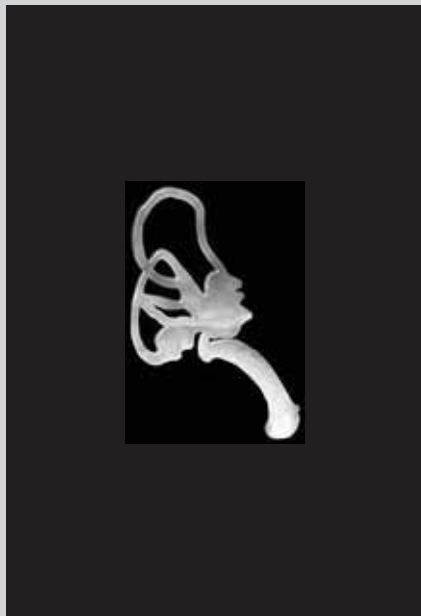
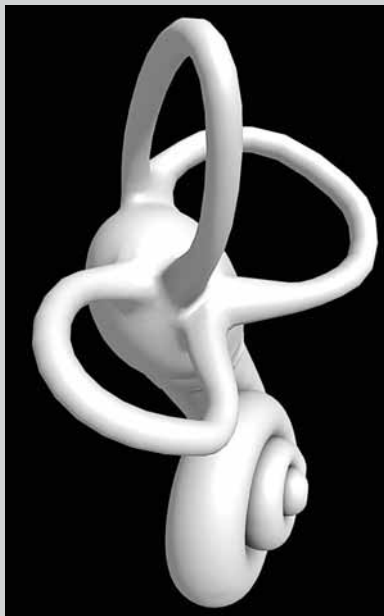
De SNR (Signal to Noise Ratio) is een maat voor de kwaliteit van een signaal waarin een storende ruis aanwezig is. De SNR geeft het vermogen van het gewenste signaal in verhouding tot het vermogen van de aanwezige ruis. Met andere woorden, hoe sterk moet een zuivere toon van een bepaalde frequentie zijn om boven het omgevingslawaai (ruis) in hetzelfde frequentiegebied gehoord te (kunnen) worden.

De kritische ratio laat zien dat er per frequentieband beoordeeld moet worden in hoeverre een frequentieband uit stoorgeluid de relevante frequenties uit het communicatiesignaal maskeert. Hierbij moet worden vermeld dat geluiden met een bepaalde frequentie ook gemaskeerd kunnen worden door (stoor)geluiden met andere frequenties, als deze zo sterk zijn dat ze alle andere geluiden overstemmen en hiermee de haarcellen in de gehele cochlea tegelijkertijd stimuleren.

Het maskeringeffect neemt toe naarmate twee geluiden sterker op elkaar lijken. Het gebied waarbinnen tonen elkaars waarneembaarheid beïnvloeden via gelijktijdige maskering, de zogenaamde kritieke band, is onder de 650 Hz constant met een breedte van ca. 90 Hz. Boven 650 Hz is de kritieke band ca. 15% van de criteriumfrequentie.²

Anatomie gehoororgaan

De anatomie en de eigenschappen van het gehoororgaan van vogels zijn vergelijkbaar met die van de mens, maar er zijn grote verschillen in gevoeligheid. In figuur 2 zijn de cochlea's van de vogel en van de mens te zien. De opgerolde vorm van het slakkenhuis is uniek voor zoogdieren. Bij vogels en andere gewervelde niet-zoogdieren is dit orgaan een rechte buis. De cochlea bij de mens is daarnaast 2,5 cm lang en bij de vogelsoorten enkele millimeters. Dit verschil in anatomie is waarschijnlijk inherent aan de verschillen in frequentiebereik en in frequentieselectiviteit tussen zoogdieren en gewervelde niet-zoogdieren. Uit wetenschappelijke studies blijkt dat de cochlea en de hersenen van vogels frequentieselectief zijn en dat de gebieden die gevoelig zijn voor een specifieke frequentieband duidelijk zijn afgebakend.^{3,6,8} Echter, de frequentieselectiviteit is minder ontwikkeld dan bij de mens en daarmee samenhangend is de gevoeligheid voor maskering bij vogels groter dan bij mensen. Dit is ook te zien aan de SNR-grafieken, waaruit blijkt dat vogels slechter kunnen horen in lawaai dan de mensen. De mate van maskering bij verschillende vogelsoorten correspondeert met de verschillen in hun kritische ratio's.



FIGUUR 2: COCHLEA VAN DE MENS (LINKS) EN VAN DE VOGEL (RECHTS)

gels in het (potentieel versturende) omgevingsgeluid kunnen horen. In combinatie met gegevens over het gemiddeld geluidvermogen van de zang, de spectrale eigenschappen van de zang en de omgevingskenmerken die van invloed zijn op de geluidsoverdracht kan nu berekend worden tot op welke afstand de zang nog gehoord kan worden. Het omgevingsgeluid (en/of stoorbron) kan hierbij van verschillende oorsprong zijn, zolang maar bekend is hoe het spectraal samengesteld is. Door de potentiële communicatieafstand in de situatie zonder en met aanvullende (potentieel) versturende geluidbron(nen) met elkaar te vergelijken wordt zo gekwantificeerd in welke mate de communicatieafstand afneemt.

De volgende parameters zijn voor de berekeningen nodig:

- Het heersende omgevingslawaai in octaafbanden;
- Het geluidvermogen van de te onderzoeken bijkomende geluidbron(nen) in octaafbanden;
- De te beschermen vogelsoorten in het onderzoeksgebied en hun audiogrammen in stilte en stoorgeluid;
- Spectrale eigenschappen van de vogelzang;
- Omgevingskenmerken die van invloed zijn op de overdracht (ligging afschermdende objecten, bodemgesteldheid).

TOEPASSINGEN

De methode is bij uitstek geschikt om de effecten van constante continue geluiden op vogels te voorspellen, bijvoorbeeld weg- of railverkeerslawaai of industrieel geluid. In samenwerking met vogelexperts kan de methode ook gebruikt worden in situaties waar sprake is van kortdurende en sterk wisselend geluiden. De toepassing kan plaatsvinden in m.e.r. procedures of ten behoeve van een vergunning in het kader van de Natuurbeschermingswet. Verder kan de methode worden ingezet in beleidsplannen ten

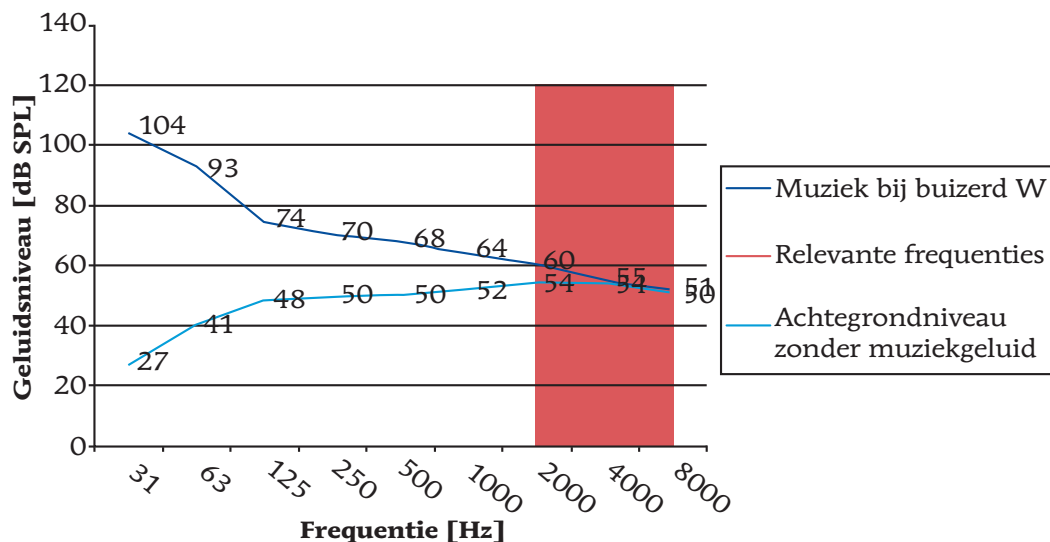
aanzien van een (natuur)gebied, waarbij de kwaliteit en de gebruiksfuncties van een omgeving worden beschreven en de ambities ten aanzien van deze thema's.

BESCHRIJVING CASUS

In het voorjaar van 2012 waren in Zwolle in de omgeving van de Wijthmenerplas twee muziekfestivals gepland in de periode die samenvalt met het broedseizoen van een aantal vogelsoorten. De vraag was in hoeverre verstoring van de broedende vogels door het muziekgeluid van de festivals kon optreden. Bij een inventarisatie werden 68 nesten van in totaal 18 soorten waargenomen. Bijzondere soorten die gevonden werden waren de Kleine bonte specht en Goudvink. Daarnaast was bekend dat enkele nesten van de buizerd en sperwer in het gebied voorkomen. Zulke nesten en hun 'functionele leefomgeving' gelden als 'vaste verblijfplaatsen', die jaarrond door de Flora- en faunawet worden beschermd. Met de bekende informatie over de omgeving, het type muziek, het aantal podia en het gewenste muziekniveau op het veld is met een overdrachtsmodel het geluidniveau berekend dat tijdens het festival ter hoogte van de broedplaatsen zou optreden. Het heersende achtergrondniveau (zonder festivalgeluid) in de omgeving is in eerste instantie geschat en achteraf gemeten. Op korte afstand van het festivalterrein was, vanwege een provinciale weg, het achtergrondniveau hoger dan op grotere afstanden van het festivalterrein.

Gecombineerd met de soortspecifieke kennis van het gehoor van de verschillende vogelsoorten en de eigenschappen van hun zang is vastgesteld wat de potentiële communicatieafstanden zijn ter hoogte van de broedplaatsen bij het heersende omgevingsgeluid en tijdens het verhoogde omgevingsgeluid tijdens de festivals. In figuur 3 zijn de achtergrondniveaus (lineair in dB) met en zonder festivalgeluid voor de gemiddelde periode waarin het festival

Geluidsniveau tijdens evenement bij broedplaats buizerd west



FIGUUR 3: HET GELUIDSNIVEAU BIJ EEN BUIZERDNEST MET EN ZONDER MUZIEKGELUID

plaatsvond op een broedlocatie van de buizerd weergegeven. Met een roze band is aangegeven welke frequenties van belang zijn voor de communicatie, ofwel binnen welk frequentiegebied de buizerd het beste hoort.

Geconcludeerd is dat de communicatie van de buizerd tijdens de festivals wel wordt verstoord, maar minder dan men zou verwachten op grond van de tot dusverre gebruikelijke voorspellingsmethode, aldus de 42 dB(A),⁹ waarbij de conclusie zou zijn dat de broednesten zich ruim binnen de verstoringcontour bevinden en daarmee verstoord zijn.

Omdat in het roze gebied (figuur 3) het geluidsniveau tijdens het festival op 2000 Hz hoger is dan het geluidsniveau in de referentiesituatie, werden kleinere communicatieafstanden berekend tijdens het festival ten opzichte van de referentiesituatie. De potentiële communicatieafstand voor de buizerd nam op korte afstand van het festivalterrein af van 70 naar 50 meter en op grotere afstand van de festivals van 175 naar 70 meter. De lagere afname op kleinere afstand van het festivalterrein is een gevolg van het hogere heersende achtergrondniveau ten gevolge van de provinciale weg op die locatie en de daarmee samenhangende kleinere communicatieafstanden in de referentiesituatie. Door de kleinere potentiële communicatieafstand bij het heersende achtergrondniveau op de locatie dichterbij de provinciale weg is de relatieve afname kleiner dan op de locatie verder van de provinciale weg waar het heersende achtergrondniveau lager is.

Ondanks de grote afname in communicatieafstanden ten opzichte van de referentiesituatie, zijn de ecologen tot de conclusie gekomen dat de communicatieafstanden tijdens het festival zodanig zijn dat er niet van verstoring gesproken kan worden. Geconcludeerd werd dat deze kortdurende verkleinde communicatieafstanden niet te klein waren om van verstoring te kunnen spreken. Tijdens het festival heeft er een ecologische monitoring plaatsgevonden, waarbij is gebleken dat de buizerds niet van hun nest zijn geweken tijdens het ten gehore brengen van muziekgeluid.

CONCLUSIE

Met de nieuwe methode is het mogelijk om de effecten nauwkeuriger te voorspellen. De praktijkvoorbeelden leren dat de effecten kleiner zijn dan bij de momenteel gebruikte methoden, waardoor er meer 'geluidsruijme' ontstaat voor de ruimtelijke ontwikkelingen of andere activiteiten. Met de beschikbare kennis van omgevingsgeluid, het gehoorvermogen van vogels, de vogel-

zang⁴ en omgevingskenmerken kan met de door Tauw ontwikkelde methode berekend worden wat de potentiële communicatieafstanden zijn voor specifieke vogelsoorten in een gebied. Groot voordeel van de methode is dat deze soortspecifiek is en rekening houdt met de spectrale eigenschappen van het potentieel verstorende geluid. Zo wordt een aantal onzekerheden in de effectbepaling die op dit moment in de huidige methodieken worden toegepast geëlimineerd. De nieuwe methode kent ook beperkingen en onzekerheden. Nog lang niet voor alle vogelsoorten zijn audiogrammen en spectrale gegevens van de zang voorhanden en er bestaat nog onzekerheid over het (soortspecifieke) bronvermogen⁵ van de vogelzang. Dit valt echter aan te vullen. Voorzichtig denken we ook al na over toepassing van de methode voor andere diersoorten.

NOTEN

- [1] Met de term 'effectief' wordt de algemene dagelijks bruikbare gehoorgevoeligheid aangegeven en in de term 'absoluut' worden ook de frequenties meegeënomeen waar de gehoorgevoeligheid nihil, maar wel aanwezig is.
- [2] Uilen hebben, in tegenstelling tot andere vogelsoorten, een betere gehoorgevoeligheid dan de mens. De effectieve gehoorbreedte in Hz is bij de gemiddelde uil echter ongeveer in de hoge frequenties 1 kHz kleiner dan bij de mens. Uilen horen dus niet de hoogste tonen die mensen kunnen horen, maar de tonen die ze wel horen, horen ze beter.

REFERENTIES

- 1 Doolling, R.J., Avian hearing and the avoidance of wind turbines, National Renewable Energy Laboratory, 2002
- 2 Rietveld, A.C.M. en V.J. van Heuven, Algemene fonetiek, hoofdstuk 9 De waarneming van spraak, paragraaf 4 Maskeringsverschijnselen, Coutinho, 2001
- 3 Köppl, C., Tonotopic projections of the auditory nerve to the cochlear nucleus angularis in the barn owl, Institut für Zoologie, Technische Universität München, Germany, Journal of the Assotiation for research in otolaryngology, 2001, 2/1:041-053
- 4 Slabbekoorn, H. en E.A.P. Ripmeester, Birdsong and anthropogenic noise: implications and applications for conservation, Molecular Ecology, 2008, 17:72-83.
- 5 Brackenbury, J.H., Power capabilities of the avian sound producing system, Journal of Experimental Biology, 1979, 78:163-166
- 6 Tilney, L.G., en J.C. Saunders, Actin filaments, stereocilia and haircells of the bird cochlea. I. Length, number, width and distribution of stereocilia of each hair cell are related tot the position of the hair cell on the cochlea, The Rockefeller University Press JCP vol. 96, no. 3 807-821, 1983
- 7 Brumm, H., The impact of environmental noise on song amplitude in a territorial bird, Journal of animal ecology 2004, 73, 434-440
- 8 Manley G.A., Popper A.N., Fay R.R., Evolution of the Vertebrate Auditory System, Springer-Verlag, New York 2004, pp 256-288
- 9 Reijnen, R., Poppen, R. en G. Veenbaas. 1997. Disturbance by traffic of breeding birds: evaluation of the effect and considerations in planning and managing road corridors. Biodiversity and Conservation. 6:567-581.

Een uitgebreidere bronnenlijst kan desgewenst worden opgevraagd bij het redactiesecretariaat (chomeester@kluwer.nl).