



Inimtekkelise müra mõju lindude kommunikatsioonile ja kohasusele

Riin Viigipuu* & Vallo Tilgar

Zooloogia osakond, Ökoloogia ja Maateaduste instituut, Tartu Ülikool, Vanemuise 46, 51014

Kokkuvõte

Müra on osa laienevast inimtegevusest, mis eriti tugevalt mõjutab vokaalseid signaale kasutavaid organisme, nagu linnud. Mõju on enamasti kahjulik ning algab mõnede liikide ja müraallikate puhul juba mõõduka tugevusega helist (45 dB). 110 dB ja valjem müra põhjustab ajutisi või püsivad kuulmiskahjustusi. Häälitsuste paremini kuuldavaks tegemiseks on lindudel erinevad strateegiad: tõstetakse heli sagedust või valjust, lauldakse kiiremini või muudetakse laulmise aega. Muudetud signaalid võivad olla kulukamad edasi anda või moonutatud sõnumiga. Vanemad võivad müra keskkonnas oma poegade toiduvajadust alahinnata, kuna ei kuule mangumishäälitsusi ning pojad võivad vanema mittekuulmise tõttu mangumise valesti ajastada. Müra suurendab nägemismeele rolli kiskja märkamises ja võimalik, et ka lindude omavahelises suhtluses. Lisaks vokaalsetele signaalidele mõjutab müra lindude käitumist, füsioloogiat ja sigimist. Lühiajaline tugev müra ehmatab linnud liikvele või muudab nad valvsaks, pikaajaline põhjustab kroonilist stressi. Mõlemad võivad vähendada sigimisedukust, nagu ka partneri kvaliteedi ebaadekvaatne hindamine laulu varjutamise tõttu. Eriti tugev heli tekitab kuulmiskahjustusi. Müraga kehvemini toime tulevate linnuliikide arvukus väheneb müra rikkastes paikades. Olenevalt piirkonnast võib väheneda lindude üldine arvukus või muutuda liikide koosseis. Inimtekkelise müra helisagedus on enamjaolt madal ning häirib vähem linnuliike, kes kasutavad häälitsustes kõrgemaid sagedusi. Mõned liigid on võimelised müraga harjuma, mõned taastuvad kiiremini kuulmiskahjustustest. Müraga paremini toime tulevate liikide arvukus võib tõusta, kui müra tundlikuma kiskja või konkurendi arvukus väheneb. Müral on seega mitmeid kahjulikke mõjusid ning sellele küsimusele tuleks loodukaitstes kindlasti tähelepanu pöörata. Abiks on erinevad müra tõkkes, liikluse vähendamine ning sõjaliste õppuste ja loodusturismi teadlik planeerimine. Käesolevas töös on välja toodud erinevate müraallikate ja helivaljuste mõjud erinevatele linnuliikidele ning on juhitud tähelepanu kriitilistele piiridele helivaljustes, mis lindude elu eri aspekte mõjutavad. Uudse aspektina selgus, et liikidevaheline varieeruvus reaktsioonis mürale on suur, sõltudes ka müra tüübist ning linnu soost, vanusest ja konditsioonist.

* E-post: riin@viigipuu.ee

Sissejuhatus

Inimtegevuse laienemine mõjutab elusloodust mitmeti ning müral on selles oluline osa. Paljud organismirühmad kasutavad helisignaale ning kuulmist erinevates olukordades: paarilise valikul, toiduotsingutel, kiskjate vältimiseks, territooriumi kaitseks, üksteise äratundmiseks. Müra, nii looduslik, nagu veekogud, tuules liikuv taimestik, äike ja teised organismid kui ka inimtekkeline, mis on peamiselt tingitud liiklusest ja energiatootmisest, aga ka ehitusest, loodusturismist, põllumajandusest, metsaraiest ja militaartegevusest, takistab vokaalsete signaalide vastuvõtmist. Võrreldes looduslike helidega on inimtekkeline müra evolutsiooniliselt uus, laiaulatuslik ning kestev ja võib seetõttu mitmeid kahjulikke mõjusid kaasa tuua.

„Eesti keele seletav sõnaraamat“ (EKSS 2017) defineerib müra järgmiselt: „mitmesuguste kõrguselt ja valjuselt erinevate (pidevate) helide (ebakorrapärane) segu; tahkete kehade vibreerimisel v. gaaside pulseerival liikumisel (näit. mootoreis) tekkiv pideva v. peaaegu pideva spektriga heli“. Selles töös kasutan sõna „müra“ peamiselt inglisekeelse sõna „noise“ vastena (EMS 2017), mis on defineeritud kui ebasoovitatav või teiste helide kuulmist takistav heli (Ortega 2012).

Müraallikaid on erinevaid tüüpe. Laborikatsetes kasutatakse enamasti kas sünteetilist valget müra, kus energia on sageduste vahel ühtlaselt jaotunud või liiklummürasalvestisi, kus suurem osa energiast on koondunud sagedustele alla 2000 Hz (Barber 2008). Väliitingimustes on liiklummüra tihti vahelduva tugevusega

ning koondunud tiptundidele, samas gaasikompressorid puuraukude juures ja elektrigeneraatorid tekitavad ühtlase tugevusega ning püsivat müra.

Linnud kasutavad palju vokaalseid signaale ning seega võib eeldada, et mürasaaste neid mõjutab. Selles töös on püütud anda ülevaate inimtekkelise müra mõju erinevatest aspektidest lindudele. Sealjuures pööran tähelepanu eri valjuse, kestuse ja sagedusjaotusega müra mõju- dele ning liikidevahelistele erinevustele. Lisaks proovin leida võimalusi kahjulike mõjude vähendamiseks ning edasist uurimist vajavaid suundi.

Müra mõju isenditevahelisele suhtlusele

Linnulaul

Laulmise abil kaitsevad linnud territooriumi ja meelitavad ligi paarilist. Müra võib nende signaale eri määral varjutada ning liigid kohanevad olukorraga erinevalt. Ühed väldivad mürasaastepiirkondi, teised aga muudavad oma signaale, et sõnum segavast taustast hoolimata kohale viia.

Leideni linnas Hollandis laulavad rasvatihased (*Parus major*) madala mürafooniga elurajoonis madalama helisagedusega kui mürarikaste kiirteede ja ristmike ümbruses (Slabbekoorn & Peet 2003). Sama näitab kümnes Euroopa linnas ning võrdlevalt lähedalasuvates metsades tehtud uuring (Slabbekoorn & den Boer-Visser 2006). Liiklummüras laulis kõrgemalt ka värvuline *Colluricincla harmonica* (Parris & Schneider 2009) ja rootsiitsitaja (*Emberiza schoeniclus*) (Gross, Pasinelli &

Kunc 2010). Kõrgemalt laudakse laulu madalamad sagedused (Slabbekoorn & Peet 2003; Slabbekoorn & den Boer-Visser 2006; Mockford & Marshall 2009; Parris & Schneider 2009).

Üks võimalik seletus rasvatihaste laulu kõrgemaks muutumisele linnas tuleneb sellest, et laul õpitakse teistelt isenditelt (Slabbekoorn & den Boer-Visser 2006). Autorite hinnangul võib see toimuda kahel erineval viisil: madalamaid sagedusi ei õpita, sest neid pole kuulda või loobuvad linnud madalamasageduslikest laulutüüpidest, sest neid ei kuulda ja neile ei vastata. Mõlemal juhul suureneb kõrgemate sageduste osakaal madalamate helisageduste arvelt (Slabbekoorn & den Boer-Visser 2006).

Lutheri ja Baptista (2010) uuring valgekiird-sidrikute (*Zonotrichia leucophrys*) dialektide ehk murrete muutumise kohta 30 aasta jooksul kinnitab seda. Koos liiklusemüra intensiivsuse suurenemisega on murre, milles madalamad sagedused on kõrgemad, asendanud ühe madalama murde ning on välja tõrjumas teist. Ka allesjäänud murrete madalamad sagedused on aja jooksul tõusnud. Mockford ja Marshall (2009) mängisid nii kesklinnas (linna-) kui ka vähemalt 4 km kesklinnast eemal elavatele (maa-) rasvatihastele mõlema asurkonna laulu ning leidsid, et mürarikas kesklinnas elavad linnud reageerivad kiiremini ja tugevamalt teiste linnalindude laulule ning maal elavad tihased jällegi vaiksemate alade liigikaaslastele. See võib panna oma territooriumi otsivad noorlinnud teistsuguse mürataseme aladel ebasoodsasse olukorda (Mockford & Marshall 2009).

Bermúdez-Cuamatzin *et al.* (2010) uurisid aga aed-karmiinleevikeste (*Carpodacus mexicanus*) laulu helisageduse muutust reaajas: isastele mängiti helisalvestist liiklusemürast kõigepealt vaiksemalt (44–57 dB), siis valjemalt (56–65 dB) ning siis uuesti vaiksemalt. Linnud laulsid valjema müra taustal madalama sagedusega silbid kõrgemalt ning kui müra oli vaiksem, hakkasid jälle madamalt laulma. Neid silpe, mida müras kõrgemalt lauldi, lauldi ka lühemalt, teisi aga pikemalt kui vaiksemal ajal.

Inimtekkelise müra mõju lindude kommunikatsioonisignaaledele sõltub nende poolt kasutatavast helisagedusest. Parris ja Schneider (2009) leidsid, et maori lehviksaba (*Rhipidura fuliginosa*), kelle laul on sagedusega üle 4000 Hz, ei muuda oma laulu helisagedust vastavalt sellele, kui tiheda liiklusega tee ääres ta elab. Samas värvulise *Colluricincla harmonica* vähem kui 2000 Hz kõrgune laul oli seda kõrgem, mida valjem oli müra.

Sarnaselt sebra-amadiinide (*Taeniopygia guttata*) kutsehüüdudega (Villain *et al.* 2016), muutub ka rasvatihase laulu esimene noot või fraas linnas kiiremaks: nii laul ise kui ka pausid lauluelementide vahel muutuvad lühemaks (Slabbekoorn & den Boer-Visser 2006). Metsvindid esitasid koskede ja jugade läheduses laulutüüpe suurem arv kordi (Brumm & Slater 2006), kuid linnas ja maal metsvintide lauludes märkimisväärseid erinevusi ei leitud (Deoniziak & Osiejuk 2016).

Signaalide muutmine erineb liigiti ka perekonnasiseselt. Francis, Ortega ja Cruz (2011) uurisid kahte sama perekonna

liiki: männi-virelindu (*Vireo plumbeus*) ja hall-virelindu (*Vireo vicinior*). Mõlemad elavad kuivades okasmetsades ning nende hääliksused on sarnased. Töö viidi läbi gaasikompressorite läheduses, mis tekitavad pidevalt madalsageduslikku müra rohkem kui 95 dB. Kontrollalaks olid gaasipuuraugud, mis olid inimtegevuse poolest sarnased, kuid ilma müra-rikaste kompressoriteta. Männi-virelind laulis lühemaid laule ning kõrgendas miinimumsagedust, vähendades sellega kasutatavate helisageduste vahemikku, hall-virelind aga tõstis maksimumsagedust, laiendades sageduste erinevust ning laulis pikemaid laule.

Mürale võib lisaks sageduse muutmisele reageerida ka valjemalt lauldes. Seda vokaale regulatsiooni mehhanismi, kus valjemale taustamürale reageeritakse valjema hääliksusega, nimetatakse Lombardi efektiiks. (Brumm 2004). Brumm (2004) salvestas 17 lõunaööbiku (*Luscinia megarhynchos*) laulu ning mürataseme nende elupaikades. Territooriumite müratasemed varieerusid vahemikus 40-64 dB. Madalama mürafooni puhul oli põhiliseks helitaustaks teiste lindude laul, kõrgema mürafooniga aladel liikluse müra. Selgus, et mida mürarikamat territooriumi ööbik kaitses, seda valjemalt ta laulis. Kui kõige vaiksemal alal mõõdeti laulu mediaanvaljuseks 1 m kauguselt 77 dB, siis lärmakaimates kohtades ulatus see 91 dB-ni. Samuti näidati, et valjemini laulvad linnud polnud suuremad ei kehamassilt ega -mõõtmetelt ning nädalavahetustel, kui liikluse müra oli vähem, laulsid nad vaiksemalt, mis näitab, et tegu on tõesti reaktsiooniga mürale, mitte kokkusattumusega.

Cardoso ja Atwell (2011) võrdlesid välusidrikute (*Junco hyemalis*) laulude salvestisi kontrollimaks hüpoteesi, et kõrgemalt laulmine pole mitte kohastumus omaette, vaid valjemalt laulmise füsioloogiline kaasprodukt. Nad leidsid aga, et valjemate laulude miinimumsagedused on hoopis madalamad, nii et linnalindude kõrgemad sagedused laulu madalamas osas ei tulene valjemalt laulmisest, vähemalt mitte sellel liigil. Küll aga näidati laulude kõrgemate sageduste veelgi kõrgemaks muutumist, ehk siis kasutatavate sageduste vahemik suurenes, mida valjemalt välusidrik oma laulu esitas. Teadlased tõdevad siiski, et seos on nõrk ning heli valjus ja sagedus varieeruvad suure osas sõltumatult.

Signaali muutmisel on aga ka oma hind. Nii valjemalt kui ka kõrgema helisagedusega laulmine võib suurendada linnu energiatarbimist. Sealjuures on laulu madalamate sageduste kõrgemalt laulmine energeetiliselt vähem kulukas kui helivaljuse suurendamine (Cardoso & Atwell 2011). Samad autorid arvavad, et ilmselt seetõttu on see ka tavalisem, ehkki väheefektiivsem. Ka võib juhtuda, et kui isane oma signaali liialt muudab, ei tunne emane teda enam ära või kui tunnebki, siis ei pea kvaliteetseks (Patricelli & Blickley 2006). Teiseks kahjulikuks kõrvalmõjaks enda paremini kuuldavaks tegemisele on, et lisaks liigikaaslastele kuulevad signaale paremini ka kiskjad (Bottalicoa *et al.* 2015).

Kuna üldiselt laulavad madalama helisagedusega suuremad linnud, võib juhtuda, et müra vältimiseks kõrgemalt laulev isane ei meelita nii hästi emaseid ega tõrju rivaale (Slabbekoorn & Ripmeester 2008). Pole teada, kas emased rasvatihased

kasutavad valikul madalamate sageduste hulka laulurepertuaaris või erinevate sageduste hulka, kuid autorid näitasid, et sigimishooaja alguses, kui motivatsioon on kõrge, kasutavad isased rasvatihased oma lauludes rohkem madalamaid sagedusi kui sigimishooaja lõpul. Kui aga emased eelistavad suurema sagedusvarieeruvusega laule, mis sisaldavad ka madalamaid sagedusi ning liiklusemüra need isaste laulus varjutab, vähendab see kvaliteetsemate isaslindude võimalusi paaritumiseks (Slabbekoorn & Ripmeester 2008).

Rootsiitsitajad laulavad eri tüüpi laule vastavalt sellele, kas nad on paarilise leidnud või mitte ning paarilise isase laul on kõrgema sagedusega (Gross, Pasinelli & Kunc 2010). Autorid leidsid, et ka rootsiitsitajad laulavad taustamüra korral laulude madalamad sagedused kõrgemalt. Nagu aed-karminleevikesed (Bermúdez-Cuamatzin *et al.* 2010) teevad ka nemad seda ainult siis, kui müra tõesti esineb. Kui liiklust pole, on laul sarnane vaiksema elupaigaga. Lisaks on teeäärsetes elupaikades rootsiitsitaja laul aeglasem kui vaikeses, mida autorid pidasid lõivsuhteks laulu kõrguse ja tempo vahel. Mürarikastes elupaikades oli kogu paaritumishooaja vältel rohkem paarilist isaseid, mis viitab, et kõrgemalt laulmine võib emaseid eksitada (Gross, Pasinelli & Kunc 2010).

Müra tõttu võib muutuda ka laulmise aeg. Sevilleas, keskmise suurusega Hispaania linnas, tõstsid Arroyo-Solís *et al.* (2013) helisalvestise abil liiklusemürataset, et hinnata selle mõju lindudele. Uuringusse kaasati 6 liiki: iberia kuld-nokk (*Sturnus unicolor*), koduvarblane

(*Passer domesticus*), kaelus-turteltuvi (*Streptopelia decaocto*), rohevint (*Carduelis chloris*), ohakalind (*Carduelis carduelis*) ja koldvint (*Serinus serinus*). Nendel tänavatel, kus mürataset kunstlikult tõsteti, hakkasid iberia kuld-nokad ja koduvarblased laulma varem kui tavapäraselt. Teiste puhul seost ei täheldatud. Värvuline *Agelaius phoeniceus* jaotas aga tihedama liiklusega teede ääres oma laulu päeva peale ühtlasemalt kui vaikesemate teede lähedal elavad liigikaaslased (Cartwright *et al.* 2014). Kui hommikul ja õhtul laulsid rohkem vaikeses soodes pesitsejad, siis päeval panustasid laulu rohkem mürarikkamate alade linnud. Põhjuseks pakuvad autorid tiptunnimüra vältimise (Cartwright *et al.* 2014).

Kutsehüüded: suhtlus grupis ja paariliste vahel

Lindude omavahelises suhtluses on vokaalsetel signaalidel tähtis koht ning seetõttu on nad mürareostusele tundlikumad kui teistsuguseid signaale eelistavad organismid. Kõige suurem on mõju neile liikidele, kelle kommunikatsioonisignaali sagedused kattuvad inimtekkelise müra sagedusega, mis on enamasti madal. Seetõttu satuvad eelkõige löögi alla suuremad linnud, näiteks pujupüüd (Blickley, Blackwood & Patricelli 2012).

Taustamüra mõju kutsehüüdedele sarnaneb mõjuga laulule. Tibude puhul on täheldatud, et mida valjem müra, seda valjemad on kutsehüüded (Brumm, Schmidt & Schrader 2009). Villain *et al.* (2016) asetasid kõlarid sebra-amadiinide pesakasti ja tõstsid nii mürataset 5 dB võrra. Helisalvestiseks kasutati tuule müha koos liigikaaslaste häälitusustega. Lindude

kutsehüüdeid lindistati hommikul, kui müra oli juba 15 h mänginud ning võrdluses kontrollpesakastidega, kus müra ei mängitud, leiti, et kutsehüüded erinesid märgatavalt. Kõrgendatud müratasemega pesade läheduses olid kommunikatsioonisignaalid valjemad, kiiremad, sagedasemad ja lühema kestusega ning kõrgemad ja kitsama sagedusjaotusega. Suurem mõju oli emase häälitusele, sest kui päeval hautakse kordamööda, siis öösel haub emaslind üksi ja nii veetis ta müras kauem aega. Kõrgemad ja sagedasemad häälitused aitavad paarilistel küll kergemini üksteist kuulda, kuid kergemini tehakse end kuuldavaks ka kiskjatele. Samuti on halvenenud kuuldavuse korral pesakastist väljaspool olev lind sunnitud suhtlemiseks pesakastidele lähemale lendama, mis omakorda suurendab tõenäosust pesa avastamiseks kiskjate poolt.

Helisignaali muutmisest on kasu vaid teatud piirini. Kui müra on nii vali, et helisignaali pole kuulda, tuleb loota visuaalsele suhtlusele või jääb sõnum edastamata. Swaddle ja Page (2007) panid emase sebra-amadiini vastamisi kahe isaslinnuga: üks neist oli võõras, teisega oli ta 4 kuud ühes puuris elanud: pesa pununud ning poegi kasvatanud. Taustaks mängiti 40 minuti kaupa eri valjusega valget müra. Nad leidsid, et kui 45 dB helivaljuse juures eelistavad emased selgelt oma paarilist, siis müra valjenemisel sidemed nõrgenevad ning 90 dB juures ei eelista emased enam üht isast teisele. Seletuseks võib olla, et emased ei tee isastel vahet või kasutavad rohkem visuaalseid signaale. Viimase kasuks räägib asjaolu, et paarivälised isased olid kurameerimisliigutuste osas aktiivsemad, mis tähendab nii seda,

et isased tundsid emase ära ka helisignaale kuulmata kui ka seda, et visuaalsete signaalide põhjal võib paarivälise isase atraktiivsus suurem olla.

Vanemate ja poegade suhtlus pesas

Mangumishäälitused on oluline suhtlusviis linnupoegade ja nende vanemate vahel. Leonard ja Horn (2005) uurisid müra mõju õõnepääsukeste (*Tachycineta bicolor*) pesapoegade vokaalsetele signaalidele. Selgus, et välitingimustes suurendavad pojad vastavalt taustamürale (teised linnud, tuul, sõidukid, jõgi; 41-67 dB) nii häälituste sagedust, valjust kui ka pikkust. Valge müraga tehtud laborikatsetes aga piirduti valjema mangumisega. Põhjus võib olla nii loomulike helide suuremas varieeruvuses, mis annab vältimiseks rohkem erinevaid võimalusi kui ka selles, et häälituste sagedust ja pikkust mõjutas miski, mida teadlased arvesse võtta ei osanud. Laborikatsed näitasid samuti, et valjemast hüüdmisest on kasu: vanemad toitsid ka müra taustal rohkem seda poega, kes rohkem hüüdis.

Koduvarblastel Lundy saarel on täheldatud, et mürarikka generaatori läheduses toidavad emased poegi vähem kui vaiksetes kohtades (Schroeder *et al.* 2012). Autorid seletavad seda müra mõjuga ema ja poegade suhtlusele. Võimalik on, et ema ei kuule poegade mangumist ning alahindab nende toiduvajadust, aga ka, et pojad ei kuule ema tulekut ning ei ajasta oma mangumist õigesti (Schroeder *et al.* 2012). Viimast on näidanud õõnepääsukestega tehtud katsed, kus filmiti poegade reageeringut toitu toova vanalinnu kutsehüüdele 0-22 kHz sagedusega ning 65 dB valjusega

müra taustal või ilma selleta (Leonard & Horn 2012). Müras hakkasid pojad vanema kutsehüüde peale manguma vaid 54% juhtudest, samal ajal kui vaikuses oli vastav näitaja 96% (Leonard & Horn 2012).

Kui 2005. aasta katses mängiti müra õõnepääsukeste poegadele vaid tunni jagu, siis 3 aastat hiljem avaldasid samad autorid uurimuse pikemaajalisema mõju kohta (Leonard & Horn 2008). 3-päevaste poegade pesadesse pandi kõlarid mängima valget müra helikõrgusega 0-22 kHz, mis sisaldab ka poegade hääle sagedust (2-10 kHz) ning valjusega 65 dB, mis on poegade häälsüste valjuse ülempiiri lähedal (41-67 dB). Heliallikas eemaldati, kui pesakond oli 15 päeva vanune. Erinevusi mangumishäälsüste pikkuses või valjuses ei leitud, ometi esines manipuleeritud ja kontrollpesade vahel selge erinevus häälsüste miinimumsagedustes. Müraga pesades oli see kõrgem ning erinevus vähenes ajaga. Vanematel poegadel alanes ka maksimumsagedus ning sellega kaasnes väiksem kasutatavate sageduste ulatus. Kaks päeva pärast müra väljalülitamist oli mõjutatud pesades poegade häälsüste sagedusjaotus endiselt väiksem ning häälsused olid lihtsamad (Leonard & Horn 2008).

Kiskja märkamine

Kiskja märkamist võib müra mõjutada mitut moodi. Lind võib märgata kiskjat liiga hilja, sest ei kuule tema tekitatud helisid või liigikaaslaste hoiatushüüdeid, kuid võib ka suurenda ohutunne ning sellega koos valvsus (Meillère *et al.* 2015).

Metsvindid (*Fringilla coelebs*) kulutasid muutuva valjusega kuni 68 dB ulatuva

valge müra taustal vähem aega toitumisele ning vaatasid sagedamini ringi (Quinn *et al.* 2006). Meillère *et al.* (2015) näitasid, et koduvarblased, kelle pesakastide läheduses kostis sarnase valjusega liiklusrüü, lendasid inimese lähenedes pesalt hoopis pikema distantsi pealt kui madalama mürafooniga pesakastides pesitsejad. Talvistes segaparvedes ojatihased (*Poecile carolinensis*) ja tanutihased (*Baeolophus bicolor*) reageerisid 75 dB liiklusrüüle, mida mängiti 8 h jooksul samuti kui kiskja kohalolule: hoidsid üksteisele lähemale ning suhtlesid rohkem (Owens, Stec & O'Hatnick 2012).

Müra mõju käitumisele, füsioloogiale ja sigimisele

Akuutsed mõjud

Müra võib linde mõjutada mitut moodi. Lühiajaline, sageli ka vali ja ootamatu müra, näiteks lennuki ülelend, hirmutab linde: nad põgenevad või vähemalt muutuvad valvsaks.

2001/2002. aasta talvel Šveitsis läbi viidud katse näitas, et veelinnud rahunevad alles 5 minutit pärast lennuki või helikopteri madalat ülelendu (Komenda-Zehnder, Cevallos & Bruderer 2003). Sarnaselt mõjuvad ka skuutrid jõgitiirudele (*Sterna hirundo*) (Burger 1998). Kui selliseid häiriguid tuleb ette liiga sageli, ei jää lindudel küllalt aega toituda, puhata ja end sugeda ning see halvendab nende konditsiooni. Koloniaalsetel lindudel, nagu tiirud, võib see vähendada ka pesitsusedukust või tingida koloonia kadumise (Burger 1998).

Browni (1990) katsed tanutiirudega (*Sterna bergii*) näitasid, et tiirud on

koloonias seda häiritumad, mida tugevam on kõlaritest mängitud lennukimüra. 65–85 dB müra juures muutusid linnud valvaks, 90–95 dB juures juba lahkusid pesalt.

Tähnikkakud *Strix occidentalis lucida* lendasid ära seda sagedamini, mida lähemal müraallikas oli. Üle 105 m kaugusest ei reageerinud enam ükski uuritud lindudest (Delaney *et al.* 1999). Uuringus kasutati kahte erinevat müraallikat: mootorsaagi ja ülelendavat helikopterit. Mootorsaagi kartsid tähnikkakud rohkem. Kui helikopterimüra pidi olema 92 dB, et lind lendu ajada, siis mootorsae puhul piisas juba 46 dB-st. Põhjuseks pakkusid autorid, et kui helikopter mööda lendab, suureneb müra järk-järgult ning väheneb siis samamoodi. Samuti on häiring suhteliselt lühiajaline (uuriti ainult ülelendu, mitte pikemaajalisi manöövreid) ning toimub puuvõradest, kus kakud tegutsevad, kõrgemal. Mootorsaag aga käivitub kiiresti ning ehmatab lindu, ka on maapinnal aset leidev tegevus röövlinnu jaoks rohkem tähelepanu äratav (Delaney *et al.* 1999).

Mõned liigid võivad müraga ka harjuda. Nõgipardid (*Anas rubripes*) reageerisid ülelendava lennuki mürale esimesel päeval 39% juhtudest, kuid kahe nädala möödudes ainult 6%, kusjuures lüheneb ka häiritud olemise aeg (Conomy *et al.* 1998). Mõrsjapardil (*Aix sponsa*) aga niisugust harjumist ei täheldatud (Conomy *et al.* 1998).

Pikaajalised ja korduvad mõjud

Tervis ja konditsioon

Pidev müra, nagu tiheda liiklusega tee, põhjustab pigem kroonilist stressi.

Krooniline stress nõrgendab linnu immuunsüsteemi (Jankowski *et al.* 2010). Lindude stressitaseme hindamiseks kasutatakse tihti kortikosterooni taset (Romero 2004). Seda võib mõõta nii verest kui väljaheidetest. Tapamajas kanadega tehtud eksperiment näitas, et kümne minuti jooksul mängitud 80 dB või 100 dB heli tõstis kortikosterooni taset veres (Chloupek *et al.* 2009). Mürarikastel mänguplatsidel oli pujupüüde (*Centrocercus urophasianus*) väljaheidetes 16,7% rohkem kortikosterooni metaboliite kui vaiksetel platsidel mänginud kukkedel (Blickley *et al.* 2012) ning militaarsete harjutusväljakute ja lasketiirude läheduses leiti metsiste (*Tetrao urogallus*) väljaheidetest samuti keskmiselt 22% rohkem stressihormooni jääke (Tilgar, Ojaste & Saag 2015). Isaste sebra-amadiinide kortikosterooni baastaset veres aga liiklusemüra kuulmine esimesel 90 päeval pärast koorumist ei mõjutanud (Potvin *et al.* 2016).

Reaktsioon mürale sõltub lindude soost, vanusest, sigimisfaasist ja konditsioonist. Tähnikkakude *Strix occidentalis caurina* väljaheidetes tõsis noortel ja täiskasvanud isastel kortikosterooni tase mootorrattamüra peale rohkem kui täiskasvanud emastel, kusjuures emastest reageerisid tugevamalt need, kellel polnud poegi (Hayward *et al.* 2011). Autorid näitasid, et poegade arvust sõltus reaktsiooni tugevus ainult emastel. Emastel, kellel oli rohkem poegi, oli ka madalam kilpnäärmehormoonide metaboliitide hulk veres, mida seostatakse halvema toitumusega. See viitab, et kui linnu konditsioon on kehvem, on nõrgem ka vastus ärritajale, sest stressitase on niigi kõrge (Hayward *et al.* 2011).

Stressivastuse seost müraga näitas ka Žikić *et al.* (2011) katse, kus eri vanuses kanadele mängiti ette 15, 30 või 45 päeva jooksul iga päev kaks tundi tuletõrjealarmi valjusega 95 dB ning uuriti siis nende neerupealise ehitust. Häiring tekitas sõltuvalt east erinevaid histoloogilisi muutusi seda enam, mida kauem pidid kanad müras viibima.

Stressi tekitamiseks piisab aga palju vähemast. Juba 30-sekundiline metall-ämbri tagumisest tekkinud 104 dB valjune müra tõstis 1-2 kuu vanuste kanade veres heterofiilide/lümfotsüütide suhet (Gross 1990). Tase hakkas tõusma 18 h pärast häiringut, saavutas maksimumi 20 tundi pärast häiringut ning alles 30 tundi pärast häiringut langes tase stressieelsele tasemele (Gross 1990).

Ware *et al.* (2015) mõõtsid rändlindude kehamassi ja tiivapikkuse suhet. Selgus, et fantoomtee äärest püütud linnud olid kehvas konditsioonis, kuid ainult helisalvestise mängimise ajal. Vaiksetel perioodidel püütud lindude kaalu ja tiivapikkuse suhe ei erinenud kontrollalal püütud lindudest. Koduvarblased, kes pesitsesid müra tekitava generaatori lähedal, aga ei olnud väiksema kehamassiga kui vaiksematel aladel elavad liigi-kaaslased (Schroeder *et al.* 2012).

Crino *et al.* (2013) leidsid aga, et müra ei pruugi olla peamine põhjus, miks on tee lähedus lindudele kahjulik. Nad mängisid valgekiird-sidrikute pesapoeegadele eelnevalt salvestatud liiklusemüra 5 päeva jooksul alates 2. päevast peale koorumist. Selgus, et müras kasvanud poegade seisund (kogutud jõuvarud,

arvutatud kasutades kehamassi ning tiiva ja jalalaba pikkust) oli hoopis parem kui kontrollgrupil. Autorid oletasid, et müra-keskkonnas toidavad vanemad oma poegi sagedamini, sest üksteisega suhtlemine on keerulisem. Samuti oli nii manipuleeritud kui kontrollgrupi poegadel sarnane kortikosterooni baastase. Ometi leidsid teadlased, et müraga kasvanud pojad reageerisid stressile, mida põhjustas uurija poolt vereproovi võtmiseks kinnipüüdmine, väiksema kortikosteroonitaseme tõusuga. Ühe seletusena pakuvad autorid välja, et müral siiski oli kahjulik mõju, kuid uurimisaeg oli liiga lühike, et tuvastada müra mõju kehasuurusele.

Leonard ja Horn (2008) mängisid müra õõnepääsukeste poegadele 12 päeva jooksul alates 3. päevast peale koorumist. Nemad ei leidnud mingit erinevust tibude kehamassis manipuleeritud ja kontrollpesade vahel. Nad jälgisid ka vanemate toitmisedust ning erinevusi ei täheldanud.

Sigimine

Tähnikkakkude *Strix occidentalis lucida* sigimisedukust ei mõjuta ei mootorsaedega ülelendavad helikopterid (Delaney *et al.* 1999), küll aga lennuvõimestus kuni 100 m kaugusel mürarikast teest tähnikkakudel *Strix occidentalis caurina* vähem poegi kui sama kaugel vaiksest teest (Hayward *et al.* 2011).

Meillère *et al.* (2015) peitsid vaikes maakohas osade koduvarblaste asustatud pesakastide lähedusse kõlarid, mis mängisid 6 h päevas liiklusemüra keskmise valjusega 63 dB ning ei leidnud märkimisväärseid erinevusi häiritud ja

vaiksetes pesakastides pesitsejate sigimisedukuse vahel. Schroeder *et al.* (2012) seevastu leidsid, et mürarikaste generaatorite lähedal vähenes poegade lennuvõimistumisedukus ning nende statistiline tõenäosus ise järglasi saada. Saarel vahetatakse regulaarselt juhuslikkuse alusel ühevanuseid linnupoegi pesade vahel, et eraldi uurida geenide ja kasvukeskkonna mõju. Müras kasvanud pojad olid 12-päevaselt väiksema kehakaaluga kui eakaaslased vaiksetes pesakastides, olenemata sellest, kas nad olid sündinud vaikel või mürarikkal alal. Sarnane munade ja hiljem poegade arv, munemise alustamise aeg ning haudumise kestus viitavad, et vanemad ei panustanud mürarikkal alal munadesse ja haudumisse vähem. Küll aga oli emaste toitmissagedus müraga alal väiksem kui vaikel.

Kodulindudega tehtud katsed näitavad, et kuigi spermide hulk kukkedel ei vähenenud 84 päeva jooksul 120 dB müras, olid spermid siiski ebakvaliteetsemad: munade kooremisedukus oli väiksem (Brouček 2014). Kanadel vähendas müra munatoodangut (Brouček 2014). Rasvatihaste pesades oli 10% vähem mune iga 20 dB mürataseme tõusu kohta ning vähem väljahautud poegi (Halfwerk *et al.* 2011). Müra pärines lähedalasuvast teest ning raudteest. Raudteemüra oli küll tugev, kuid harvaesinev, nii et keskmine müratase raudtee ääres oli madal. Teest eemaldudes alanes müratase ebaühtlaselt, mis võimaldas autoritel teha järeldusi mürataseme mõju kohta enam kui tee ülejäänud kahjulike mõjude kohta. Eriti oluline oli müra aprillis, mil toimus munemine ning haudumine. Põhjuseks võib autorite sõnul olla nii stress või väiksema kvaliteediga

lindude pesitsemine mürarikkamates paikades kui ka emaste ebaadekvaatselt madal hinnang partneri kvaliteedile laulu madalamate sageduste kuulmata jäämise tõttu, mis tingis väiksema sigimisingu-tuse (Halfwerk *et al.* 2011).

Maasäälikut (*Seiurus aurocapilla*) laul kattub osaliselt gaasikompressorite müra sagedusega ning nad ei ole võimelised seda muutma (Habib, Bayne & Boutin 2007). Autorid märgistasid mürarikaste ja vaikelte alade linde ning jälgisid neid ja leidsid, et kui vaiksetes kohtades õnnestus paarilise leidmine 92% isalindudest, siis kompressoritega aladel ainult 77%. See võib autorite sõnul viidata nii sellele, et emased kasutavad territooriumi hindamisel muuhulgas mürataset kui ka sellele, et müra takistas emastel laulu kuulda. Laul võis müras sumbuda, nii et vähem emaseid kuulis seda, kuid müra võis ka takistada emastel isaste kvaliteeti adekvaatselt hinnata (Habib, Bayne & Boutin 2007).

Kuulmiskahjustused

Kui heli on piisavalt tugev, võib see põhjustada kuulmiskahjustusi. Ajaga rakud taastuvad, kuid mitte täielikult: vastkoorunud tibude, kellele oli 48 tunni jooksul mängitud heli valjusega 120 dB ja sagedusega 900 kHz, kuulmiskarvakestest hävis 32% ning neist taastus 13 päeva jooksul vaid 22% (Marsh *et al.* 1990).

Kuulmiskahjustusi ja neist taastumist saab uurida nii histoloogiliselt, vaadates rakulisi muutusi kui ka käitumuslikult. Niemiec, Raphael ja Moody (1994) õpetasid 4 põldvutti (*Coturnix coturnix*) heli

kuulmisest märku andma. Heli mängiti kindla sagedusega ning valjust muudeti 10 dB kaupa vastavalt sellele, kas lind reageeris või mitte, et kuulmislävi kindlaks teha. Samal viisil testiti mitmeid sagedusi. Seejärel mängiti neist kolmele ja lisaks 15 kohordile treenimata põldvuttidele 4 tunni jooksul 116 dB-se valjusega müra, mille sagedusvahemik oli oktaivialiine ja keskmine 1,5 kHz, et põhjustada kuulmiskahjustust. Hiljem õpetatud lindudega kuulmisläve katseid korrates selgus, et tundlikkus väheneb 35-55 dB jagu kuuldud müraga sarnastes sagedustes. Kuulmine taastus ühtlaselt ning jõudis 8-10 päeva pärast endisele tasemele. Ryals *et al.* (1999) mängisid 4 liigist lindudele: viirpapagoidele (*Melopsittacus undulatus*), kanaari koldvintidele (*Serinus canaria*), sebra-amadiinidele ja põldvuttidele 12 tunni jooksul heli valjusega 112 dB ja sagedusega 2,86 kHz. Kanaari koldvinte ja sebra-amadiine see ei mõjutanud, viirpapagoidele oli mõju nii väike, et helivaljust tõsteti 118 dB-ni ning lisati veel kolm lindu. Põldvuttide kuulmislävi tõusis häiringuga samas sageduses 70 dB ning 8-9 päeva pärast hakkas 2 dB päevas paranema. Paranemine lõppes 50. päeval ning 20 dB kuulmisläve nihe oli alles ka aasta pärast. Viirpapagoide kuulmislävi seevastu tõusis vaid 40 dB ning taastus 3 päevaga, jäädes vaid 10 dB endisest kõrgemaks hoolimata häiringu valjust. 120 dB müra sagedusega 2-6 kHz 24 tunni jooksul tõstis viirpapagoidel, sebra-amadiinidel ja kanaari koldvintidel kuulmisläve 1 kHz juures 10-30 dB, mis taastus 5 päeva jooksul. 2,86 kHz juures ilmnisid liikidevahelised erinevused. Kuigi kõigil tõusis kuulmislävi 50 dB, hakkas see kanaari koldvintidel ja sebra-amadiinidel kohe ühtlaselt paranema

ning jõudis 30 päevaga peaaegu endisele tasemele. Viirpapagoidel algas paranemine alles 10 päeva pärast ning kestis 50. päevani nagu põldvuttidelgi, jäädes samuti 20 dB algsest kõrgemaks.

Korduvate traumade mõju uurimiseks mängisid Niemiec, Raphael ja Moody (1994) sama helisalvestist uuesti 106 päeva hiljem kolmele õpetatud põldvuttile ning kahele kohordile treenimata lindudele. Kuulmisläve katse näitas, et seekord langes tundlikkus veidi rohkem, 45-60 dB, ning taastumiseks kuluv aeg pikenes 12-16 päevani. Ühe treenitud linnuga korraldi kõike 103 päeva hiljem uuesti, kuid tulemused sarnanesid teise korraga.

Histoloogilised uuringud põldvuttidega näitasid, et 12 tunni jooksul kuuldud 112 dB ja 2,86 kHz heli hävitas kolmandiku kuulmiskarvakestest ning kahjustas ülejäänuid (Ryals *et al.* 1999). Aasta hiljem olid kahjustatud rakud taastunud, kuid hävinud rakud mitte (Ryals *et al.* 1999). Niemiec, Raphael ja Moody (1994) leidsid treenimata kohorte uurides, et kui 4 päeva ja 2 nädalat pärast kahjustust on rakud veel ebanormaalse kujuga, siis 5 nädalat pärast kahjustust on hävinud rakud taastunud ning kahjustunud peaaegu normaalsed. Teisel katsel oli tulemus sama. Viirpapagoidel, sebra-amadiinidel ja kanaari koldvintidel 12 h kestev, 112 dB tugevuse ja 2,86 kHz sagedusega heli märkimisväärseid rakulisi muutusi kaasa ei toonud, selleks tuli pikendada aega 24 tunnini ja suurendada valjust 120 dB-ni (Ryals *et al.* 1999). Sellega kaasnes rakkude hävimine ja muutus kõigil liikidel, rohkem vuttidel ja viirpapagoidel (Ryals *et al.* 1999).

Kuna väiksemad linnud talusid ühetoonilist heli paremini, kordasid Ryals *et al.* (1999) nendega katseid, kasutades seekord 2-6 kHz sagedusega müra valjusega 120 dB 24 tunni jooksul. Sebra-amadiinidel ja viirpapagoidel oli kuulmiskarvakeste kadu näha kohe, kanaari koldvintidel alles 7 päeva pärast. 90 päeva peale kahjustust oli kõigil lindudel kuulmiskarvakeste hulk kasvanud, viirpapagoidel oli kahjustus endiselt suur.

Müra mõju lindude arvukusele

Kõige üldisemalt võtab müra kahjulikke mõjusid kokku lindude arvukuse vähenemine mürarikastes paikades. Seda on näidatud nii pujupüü mänguplatsidel (Blickley, Blackwood & Patricelli 2012), kompressori jaamade läheduses (Bayne, Habib & Boutin 2008) kui ka teede (Parris & Schneider 2009; Arévalo & Newhard 2011) ja maastikusõidukite radade ääres (Barton & Holmes 2007). Mõju algab 45-47 dB-st (Bottalico *et al.* 2015).

Haavatavamad on seejuures linnud, kes kasutavad suhtluseks madalamaid sagedusi, nagu pujupüüd (Blickley, Blackwood & Patricelli 2012), koldnokk-vihmakäod (*Coccyzus americanus*) ja valgepõsk-puukoristajad (*Sitta carolinensis*) (Goodwin & Shriver 2011). Kõrgemaid sagedusi kasutavate hall- ja männi-virelinnu arvukus aga müratasemest ei sõltu (Francis, Ortega & Cruz 2011). Francis, Ortega ja Cruz (2009) loendasid linnupesi gaasipuuirimisaladel. Ühtede gaasipuuraugude juures olid mürarikkad kompressorid, teiste juures ei olnud. Viimaseid kasutati kontrollaladena. Ükski lind ei pesitsenud kompressoriga puuraugule lähemal kui vaikselle. Händ-ruugetuvid

(*Zenaida macroura*) ja kardinalid liigist *Pheucticus melanocephalus* olid kontrollaladel tunduvalt arvukamad: händruugetuvide leitud pesadest 97% asus vaiksuses metsas ning kõik *Pheucticus melanocephalus*'e pesad. Mõlemad liigid kasutavad suhtlemiseks kompressorite poolt varjutatavaid madalaid sagedusi. 4 linnuliiki esinesid küll mõlematel aladel, kuid kompressoritega gaasipuuraugudest ehitasid nad oma pesad kaugemale kui vaiksetest.

Uurimist võib segada asjaolu, et linde on müras raskem märgata. Eksperimentaalsetes uurimustes saab helisalvestise loenduse ajaks välja lülitada, kuid muudel juhtudel tuleb sellega arvestada. Parris ja Schneider (2009), näitasid et värvulisi *Colluricincla harmonica* ja maoori lehviksaba kohati seda harvem, mida valjem oli müra ning suurem liiklustihedus. Nende uurimisalad olid kitsad taimestikuribad teede ääres, mistõttu oli suurem tõenäosus linde näha, samuti võib arvata, et mida rohkem linde piirkonnas leidub, seda suurem on tõenäosus neid märgata, kuid kuulmise järgi tuvastamine oli raskendatud (Parris & Schneider 2009).

Müra mõju väljaselgitamisel võib osutada keeruliseks ka selle eristamine häiringu muudest kahjulikest aspektidest. Näiteks lennukid ja helikopterid (Komenda-Zehnder, Cevallos & Bruderer 2003), maastikusõidukid (Barton & Holmes 2007) ning skuutrid (Burger 1998) on lisaks müra tekitamisele ka suured liikuvad objektid, milles lind võib ohtu näha. Teedki ei tähenda ainult liiklusemüra vaid ka elupaiga fragmenteerumist, kokkupõrkeohtu, õhusaastet ning visuaalset häiringut (Fahrig & Rytwinski 2009).

McClure *et al.* (2013) lahendasid probleemi nii, et paigaldasid metsa teed imiteeriva kõlariterivi, millest mängisid 4 päeva liiklusemüra ja siis tegid 4-päevase pausi. Valiti rändeaeg, et linnud pidevalt vahetuksid ning tõepärasuse huvides mängiti helisalvestist poole viiest hommikul üheksani õhtul. Lindude arvukus selgitati välja punktloenduse abil ning loenduse ajaks lülitati müra välja, et see ei mõjutaks loendustulemust. Leiti, et müra vähendas 13 linnuliigi arvukust nii ajal kui salvestis mängis kui ka neil päevadel, kui oli vaikne. Autorid juhivad tähelepanu ka sellele, et rändavatel lindudel on lihtsam ebasobivaid territooriume vältida, kui territoriaalsetel pesitsejatel. Parris ja Schneider (2009) uurisid liiklustiheduse ja -müra mõju. Müra mõju eraldi uurimiseks sobisid alad väikese liikluskoormusega teede ääres, kus kuuldekauguses asus mõni tiheda liiklusega tee. Neil õnnestus näidata, et müra mõju ületas liiklustiheduse mõju, kuigi mõlemad vähendasid kahe uuritud linnuliigi kohtamise tõenäosust ja enamikul aladest korreleerusid.

Summers, Cunnington ja Fahrig (2011) leidsid aga, et lindude arvukus küll suureneb tiheda liiklusega teest eemaldudes, kuid see ei kattu müra vähenemisega. Samuti kontrollisid nad eraldi transekte metsa servas ja servast eemal ning välistasid servaeefekti mõju. Visuaalse häiringu ja keemilise saaste mõju selles uuringus ei mõõdetud, nii et nende kohta järeldusi teha ei saa. Allikatele toetudes pakuvad autorid välja, et põhiline populatsiooni vähendav tegur teeäärsetes elupaikades on lindude hukkumine kokkupõrgetes autodega.

Müra on küll defineeritud kui segav heli (Ortega 2012), kuid mõnikord võib see kanda ka informatsiooni. Blickley, Blackwood ja Patricelli (2012) leidsid, et kuigi igasugune müra pujupüüde mänguplatside läheduses vähendab nii kukkede kui kanade hulka mängus, avaldab liiklusemüra helisalvestis suuremat mõju kui maagaasi puurimise heli ning oletasid, et linnud on õppinud liiklusemüra ohuga seostama.

Positiivne mõju elupaiga kvaliteedile

Mõne liigi jaoks võib inimtekkeline müra ka elupaiga kvaliteeti tõsta. Põhjus võib olla nii toiduobjektis kui ka kiskja või konkurendi väiksemas arvukuses.

Kärnkonnad *Spea intermontanus* laulavad kooris ja kiskjatel on keeruline neid lokaliseerida. Ülelendav reaktiivlennuk aga segab harmooniat, nii et üksikud konnad on ameerika kassikakule (*Bubo virginianus*) paremini kuulda (Krause 2008).

New Mexico loodeosas loendasid Francis, Ortega ja Cruz (2009) lindude pesi kolmel sigimishooajal võrreldes mürarikaste gaasikompressoritega aladid kontrollaladega. Pesade tihedus ei erinenud, küll aga lindude liigiline koosseis. Koolibri *Archilochus alexandri* ja aed-karmiinleevike olid kontrollaladel haruldased, kuid mürarikastes piirkondades moodustasid nende liikide pesad 31% kõigist pesadest. *Archilochus alexandri* hääliitsustest on suurem osa kõrgema sagedusega kui 5 kHz ja aed-karmiinleevikesed on võimelised oma laulu miinimumsagedust tõstma, et müra kahjulikku mõju vähendada. Kohalik kiskja, võsa-sininäär (*Aphelocoma*

californica), aga vältis müra piirkondi ning seetõttu oli seal vähem rüüstatud pesi (Francis, Ortega & Cruz 2009).

Arutelu

Selle töö eesmärk oli uurida müra mõju lindudele: isenditevahelisele suhtlusele, arvukusele, käitumisele, konditsioonile ning sigimisedukusele. Selgus, et mõju erineb nii müraallikate ja helivaljuste vahel kui linnuliigiti, kuid enamasti on ühel või teisel moel kahjulik. Seetõttu tasub liikide kaitse korraldamisel kindlasti ka seda aspekti arvestada.

Helivaljused, mis eri tüüpi müra puhul linde mõjutavad, on koondatud tabelisse 1. 45 dB müra mõjutab ainult osa liikidest. Mõju võib sõltuda ka müraallikast, näiteks tähnikkakud reageerisid 46 dB mürale, kui tegemist oli mootorsaega, kuid ülelendav helikopter mõjutas käitumist alles 92 dB juures. 63 dB alates muutub mitmete linnuliikide käitumine suurenenud ohutundele viitavaks. 110 dB valjemad helid tekitavad eri tõsidusega kuulmishäireid sõltuvalt linnuliigist ning müra tüübist ja kestusest. Kriitilised piirid erinevad liigiti ning võivad muuhulgas sõltuda linnu enda häälitsuste valjustest. Kui ööbikulaul võib mürarikas linnakeskkonnas ulatuda 92 dB, siis öönepääsukste pesapoegade mangumine üle 67 dB ei küündi.

Müra mõju kommunikatsioonile sõltub kõige enam lindude kasutatavatest helisagedustest ja võimest signaale muuta. Paljud linnud laulavad oma laulude madalamad sagedused kõrgemalt. See pole küll nii efektiivne, kui valjemini laulda, aga on energeetiliselt vähem kulukas (Cardoso &

Atwell 2011). Kui helikõrgusel on sõnumi edastamisel kanda oluline roll, näiteks signaliseerida isaslinnu kvaliteedist (Slabbekoorn & Ripmeester 2008) või paarilise olemasolust (Gross, Pasinelli & Kunc 2010), võib see aga kaduma minna ning vähendada populatsiooni elujõulisust. Müras, mis on nii vali, et signaali modifitseerimisest ei piisa, võib suurenedagi visuaalsete signaalide osatähtsus, nagu on näidatud sebra-amadiinidega tehtud katses (Swaddle & Page 2007). Visuaalsete signaalide tähtsuse suurenemist võiks põhjalikumalt uurida.

Vokaalsete signaalide muutmine võib toimuda reaalselt nagu rootsiitsitajatel (Gross, Pasinelli & Kunc 2010) ja aedkarmiinleevikestel (Bermúdez-Cuamatzin *et al.* 2010), aga ka põlvkondade jooksul, nagu selgub valgekiird-sidrikute dialektide muutusest (Luther & Baptista 2010). Leonard ja Horn (2008) näitasid öönepääsukste pesapoegadega, et müra tõttu kasutusele võetud kitsam sagedusjaotus püsis ka kaks päeva pärast müra lõppemist. Uuringust ei selgunud, kas häälitsuse struktuur hiljem taastub, aga juhul, kui ei taastu, võib sellel olla kahjulik mõju hilisemale arengule.

Pesapojad on signaale varjutavale müra mõjule eriti tundlikud, sest ei saa oma asukohta vahetada ning enamasti sõltub just häälekusest saadava toidu kogus. Müra tõttu võivad nad mangumiseks õige hetke maha magada, sest ei kuule toitu toovat vanemat või alahindavad vanemad poegade toiduvajadust mangumise mittekuulmise tõttu. Eriti ohtlik on pesapoegadele pidev müra. Nendes uuringutes, kus mõju pesitsusedukusele

Tabel 1. Eri tüüpi müra mõju erinevatele linnuliikidele.
Table 1. *Effect of various types of noise on different bird species*

Helivaljus (dB) <i>Sound loudness (dB)</i>	Müra tüüp <i>Noise type</i>	Mõju <i>Impact</i>	Liik <i>Species</i>	Viide <i>Reference</i>
41-67	loodushääled ja liiklus	mangumishääliitsuste sageduse, valjuse ja pikkuse muutmine	õõnepääsuke	(Leonard & Horn 2005)
≥45	ehitus	arvukuse vähenemine	-	(Bottalicoa et al. 2015)
46	mootorsaag	põgenemine	tähnikkakk	(Delaney et al. 1999)
51	liiklus	kõrgenenud stressitas, vähenenud arvukus (73%)	pujupüü	(Blickley, Blackwood & Patricelli 2012; Blickley et al. 2012)
56	gaasi puurimine	kõrgenenud stressitas, vähenenud arvukus (29%)	pujupüü	(Blickley, Blackwood & Patricelli 2012; Blickley et al. 2012)
56-65	liiklus	muutused laulus	aed-karmiin- leevike	(Bermúdez-Cuamatzin et al. 2010)
63	liiklus	kõrgenenud valvsus	koduvarblane	(Meillère et al. 2015)
65	valge müra	vanemate ja poegade vaheline suhtlus takistatud	õõnepääsuke	(Leonard & Horn 2005; Leonard & Horn 2008; Leonard & Horn 2012)
≥65	valge müra	valvsus suureneb	metsvint	(Quinn et al. 2006)
68	gaasi- kompressorid	emaste toitmis- sagedus väheneb	koduvarblane	(Schroeder et al. 2012)
75	liiklus	ohutunde suurenemine	ojatihased, tanutihased	(Owens, Stec & O'Hatnick 2012)
65-85	lennuk	valvsaks muutumine	tanutiir	(Brown 1990)
75-95	gaasi- kompressorid	isastel paarilise leidmine raskendatud	maasäälik	(Habib, Bayne & Boutin 2007)
80-100	tapamaja helitaust	stressitaseme tõus	kana	(Chloupek et al. 2009)
≥90	valge müra	signaali varjutamine	sebra-amadiin	(Swaddle & Page 2007)
92	helikopter	põgenemine	tähnikkakk	(Delaney et al. 1999)
90-95 dB	lennuk	pesalt lahkumine	tanutiir	(Brown 1990)
95	tuletõrje-alarm	muutused neeru- pealise ehituses	kana	(Žikić et al. 2011)
≥95	gaasi- kompressorid	muutused laulus	hall-virelind, männi-virelind	(Francis, Ortega & Cruz 2011)

Helivaljus (dB) <i>Sound loudness (dB)</i>	Müra tüüp <i>Noise type</i>	Mõju <i>Impact</i>	Liik <i>Species</i>	Viide <i>Reference</i>
104	metallambri tagumine	kõrgem heterofiilide/	kana	(Gross 1990)
≥110	ehitus	kuulmiskahjustused	-	(Bottalicoa et al. 2015)
116	oktavilaiune sagedus-jaotus keskmisega 1,5 kHz	kuulmiskahjustused	põldvutt	(Niemic, Raphael & Moody 1994)
118	ühetooni-line 2,86 kHz	kuulmiskahjustused	viirpapagoi	(Ryals et al. 1999)
120	ühetooni-line 900 Hz	kuulmiskarvakeste hävimine	kana	(Marsh et al. 1990)
120	süntetiiline 2-6 kHz	kuulmiskahjustused	viirpapagoi, sebra-amadiin, kanaari koldvint	(Ryals et al. 1999)

ei täheldatud (Delaney *et al.* 1999; Meillère *et al.* 2015), oli mürataust vahelduvama amplituudiga, mis ilmselt võimaldas vaiksamatel hetkedel siiski poegade mungumist kuulda. Kahjulikke mõjusid näidati just püsivamate müraallikate juures, nagu elektrigeneraator või tiheda liiklusega tee (Hayward *et al.* 2011; Schroeder *et al.* 2012). Tasub ka märkida, et sõltuvalt liiklustihedusest võib tee olla nii püsiv kui ka vahelduv müraallikas ning liikluskoormuse vähendamine võib olla hea võimalus kahjuliku mõju leevendamiseks.

Sigimisedukust võib müra vähendada lisaks eelpoolmainitule nii spermide kvaliteedi languse (Brouček 2014), füsioloogilise stressi kui ka valesti hinnatud partneri kvaliteedi tõttu (Halfwerk *et al.* 2011). Sigimisedukust mõjutavaid aspekte ning nende tähtsust eri liikidel võiks edaspidi lähemalt uurida.

Müraallikate erinev mõju võib sõltuda ka sellest, kui palju see linnu jaoks tähtsust omab. Tähnikkakkudega on näidatud, et

ülelendav helikopter on tunduvalt vähem häiriv kui maapinnal töötav mootorsaag (Delaney *et al.* 1999) ja pukupüüde arvukusele mänguplatsidel avaldab suuremat mõju liikluse müra kui gaasi puurimise heli (Blickley, Blackwood & Patricelli 2012). Muidugi võib see oleneda sellest, kas müra on vahelduv või püsiv, järkjärgult tugevnev ja nõrgenev või järsk, kuid artiklite autorid on arvanud ka, et püüd on ehk õppinud liikluse müra ohuga seostama ning helikopterid avaldavad kakkudele vähem mõju kui mootorsaad, sest lendavad kõrgemal puuvõradest, kus kakud toimetavad. Mõlemad seletused tunduvad usutavad ning nende vahekord oleks huvitav suund edasisteks uuringuteks. Samuti tasuks uurida, miks mõned linnud, nagu nõgipardid, suudavad müraga harjuda, samas kui teised, näiteks mõrsjapardid, mitte (Conomy *et al.* 1998).

Kuigi võiks arvata, et müra võib takistada ka kiskja märkamist, näitavad mitmed uuringud (Quinn *et al.* 2006; Owens, Stec & O'Hatnick 2012; Meillère

et al. 2015), et müras suureneb lindude valvsus ja ohutunne: nad vaatavad sagedamini ringi või suhtlevad parves tihedamalt, nii et kiskja märkamise tõenäosus hoopis suureneb. Selle arvelt väheneb aga aeg toitumiseks, puhkamiseks ja sugemiseks, mis halvendab lindude konditsiooni.

Liikide omavaheliste suhete kaudu võib müra mõnele neist ka kasuks tulla. Näiteks kui kiskja on müratundlikum kui saakobjekt, suureneb mürapiirkonnas viimase arvukus (Francis, Ortega & Cruz 2009). Mõju on sarnane, kui ühe liigi arvukust piirab tugevalt teatud pesapaiga- või toidukonkurent, kelle müratundlikkus on mingil põhjusel suurem. Samuti võib röövlinnule olla kasulik, kui saakobjekt end müra tõttu rohkem kuuldavaks peab tegema. Müra mõju kooslustele tervikuna on kindlasti üks valdkond, mida võiks veelgi uurida.

Müra mõjutab linde kogu elu vältel: käitumist ja konditsiooni, pesapojana mangumishäältsusi ja nende kuuldavust, lennuvõimestumisel kontakti vanematega, hiljem paarilisevalikut, sigimisedukust, suhtlust paarilisega ja grupis. Mõju küll erineb liigiti, kuid enamasti on see kahjulik ning tasub looduskaitses arvesse võtta. Efektiivne viis on helibarjääride rajamine, kuid see on kallis ning takistab loomade liikumist. Müra levikut vähendav taimestik on paremini läbitav ja odavam, kuigi mõju on ebahütlasem. Linnas toimivad müratõkkena ka ehitised. Maanteedel võib liiklust maksu abil vähendada või mingil kriitilisel perioodil keelata, samuti on abiks piirkiiruse alandamine. Maastikusõidukiterajad ja sõjalised harjutused tuleks koondada võimalikult piiratud alale, eemale müratundlike ja kaitsealuste liikide elupaikadest.

Tänuavaldus

Olen tänulik Sigrid Maasenile, Tiiu Heldemale ja Regina Jõehele keelelise korrektoori eest.

Kasutatud kirjandus

- Arévalo, J.E. & Newhard, K. (2011) Traffic noise affects forest bird species in a protected tropical forest. *Revista de Biología Tropical*, **59**, 969-980.
- Arroyo-Solís, A., Castillo, J., Figueroa, E., López-Sánchez, J. & Slabbekoorn, H. (2013) Experimental evidence for an impact of anthropogenic noise on dawn chorus timing in urban birds. *Journal of Avian Biology*, **44**, 288-296.
- Barber, J. (2008) Chronic Anthropogenic Noise Exposure and Songbird Hearing. *University of Wyoming National Park Service Research Center Annual Report*, **31**, 61-64.
- Barton, D.C. & Holmes, A.L. (2007) Off-highway vehicle trail impacts on breeding songbirds in northeastern California. *Journal of Wildlife Management*, **71**, 1617-1620.
- Bayne, E.M., Habib, L. & Boutin, S. (2008) Impacts of chronic anthropogenic noise from energy-sector activity on abundance of songbirds in the boreal forest. *Conservation Biology*, **22**, 1186-1193.
- Bermúdez-Cuamatzin, E., Ríos-Chelén, A.A., Gil, D. & Garcia, C.M. (2010) Experimental evidence for real-time song frequency shift in response to urban noise in a passerine bird. *Biology Letters*, **7**, 36-38.
- Blickley, J.L., Blackwood, D. & Patricelli, G.L. (2012) Experimental evidence for the effects of chronic anthropogenic noise on abundance of greater sage-grouse at leks. *Conservation Biology*, **26**, 461-471.

- Blickley, J.L., Word, K.R., Krakauer, A.H., Phillips, J.L., Sells, S.N., Taff, C.C., Wingfield, J.C. & Patricelli, G.L. (2012) Experimental chronic noise is related to elevated fecal corticosteroid metabolites in lekking male greater sage-grouse (*Centrocercus urophasianus*). *PLoS ONE*, **7**, e50462.
- Bottalico, P., Spogliantib, D., Bertetic, C.A. & Falossid, M. (2015) Effect of noise generated by construction sites on birds. *INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings*, pp. 1095-1101. Institute of Noise Control Engineering.
- Brouček, J. (2014) Effect of noise on performance, stress, and behaviour of animals. *Slovak Journal of Animal Science*, **47**, 111-123.
- Brown, A. (1990) Measuring the effect of aircraft noise on sea birds. *Environment International*, **16**, 587-592.
- Brumm, H. (2004) The impact of environmental noise on song amplitude in a territorial bird. *Journal of Animal Ecology*, **73**, 434-440.
- Brumm, H., Schmidt, R. & Schrader, L. (2009) Noise-dependent vocal plasticity in domestic fowl. *Animal Behaviour*, **78**, 741-746.
- Brumm, H. & Slater, P.J. (2006) Ambient noise, motor fatigue, and serial redundancy in chaffinch song. *Behavioral Ecology and Sociobiology*, **60**, 475-481.
- Burger, J. (1998) Effects of motorboats and personal watercraft on flight behavior over a colony of Common Terns. *Condor*, **100**, 528-534.
- Cardoso, G.C. & Atwell, J.W. (2011) On the relation between loudness and the increased song frequency of urban birds. *Animal Behaviour*, **82**, 831-836.
- Cartwright, L.A., Taylor, D.R., Wilson, D.R. & Chow-Fraser, P. (2014) Urban noise affects song structure and daily patterns of song production in Red-winged Blackbirds (*Agelaius phoeniceus*). *Urban Ecosystems*, **17**, 561-572.
- Chloupek, P., Voslášková, E., Chloupek, J., Bedáňová, I., Pištěková, V. & Večerek, V. (2009) Stress in broiler chickens due to acute noise exposure. *Acta Veterinaria Brno*, **78**, 93-98.
- Conomy, J.T., Dubovsky, J.A., Collazo, J.A. & Fleming, W.J. (1998) Do black ducks and wood ducks habituate to aircraft disturbance? *Journal of Wildlife Management*, **62**, 1135-1142.
- Crino, O.L., Johnson, E.E., Blickley, J.L., Patricelli, G.L. & Breuner, C.W. (2013) Effects of experimentally elevated traffic noise on nestling white-crowned sparrow stress physiology, immune function and life history. *Journal of Experimental Biology*, **216**, 2055-2062.
- Delaney, D.K., Grubb, T.G., Beier, P., Pater, L.L. & Reiser, M.H. (1999) Effects of helicopter noise on Mexican spotted owls. *Journal of Wildlife Management*, **63**, 60-76.
- Deoniziak, K. & Osiejuk, T.S. (2016) Disentangling Relations among Repertoire Size, Song Rate, Signal Redundancy and Ambient Noise Level in European Songbird. *Ethology*, **122**, 734-744.
- EKSS (2017) Eesti keele seletav sõnaraamat. www.eki.ee/dict/ekss/ekss.html. kasutatud 04.05.2017.
- EMS (2017) Eesti märksõnastik. <http://ems.elnet.ee>. kasutatud 04.05.2017.
- Fahrig, L. & Rytwinski, T. (2009) Effects of roads on animal abundance: an empirical review and synthesis. *Ecology and Society*, **14**, 21.

- Francis, C.D., Ortega, C.P. & Cruz, A. (2009) Noise pollution changes avian communities and species interactions. *Current Biology*, **19**, 1415-1419.
- Francis, C.D., Ortega, C.P. & Cruz, A. (2011) Different behavioural responses to anthropogenic noise by two closely related passerine birds. *Biology Letters*, **7**, 850-852.
- Goodwin, S.E. & Shriver, W.G. (2011) Effects of traffic noise on occupancy patterns of forest birds. *Conservation Biology*, **25**, 406-411.
- Gross, K., Pasinelli, G. & Kunc, H.P. (2010) Behavioral plasticity allows short-term adjustment to a novel environment. *The American Naturalist*, **176**, 456-464.
- Gross, W. (1990) Effect of exposure to a short-duration sound on the stress response of chickens. *Avian Diseases*, **34**, 759-761.
- Habib, L., Bayne, E.M. & Boutin, S. (2007) Chronic industrial noise affects pairing success and age structure of ovenbirds *Seiurus aurocapilla*. *Journal of Applied Ecology*, **44**, 176-184.
- Halfwerk, W., Holleman, L.J., Lessells, C.K. & Slabbekoorn, H. (2011) Negative impact of traffic noise on avian reproductive success. *Journal of Applied Ecology*, **48**, 210-219.
- Hayward, L.S., Bowles, A.E., Ha, J.C. & Wasser, S.K. (2011) Impacts of acute and long-term vehicle exposure on physiology and reproductive success of the northern spotted owl. *Ecosphere*, **2**, 1-20.
- Jankowski, M.D., Franson, J.C., Möstl, E., Porter, W.P. & Hofmeister, E.K. (2010) Testing independent and interactive effects of corticosterone and synergized resmethrin on the immune response to West Nile virus in chickens. *Toxicology*, **269**, 81-88.
- Komenda-Zehnder, S., Cevallos, M. & Bruderer, B. (2003) Effects of disturbance by aircraft overflight on waterbirds—an experimental approach. *Proceedings International Bird Strike Committee, Varsav, Poola*.
- Krause, B. (2008) Anatomy of the soundscape: evolving perspectives. *Journal of the Audio Engineering Society*, **56**, 73-80.
- Leonard, M.L. & Horn, A.G. (2005) Ambient noise and the design of begging signals. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, **272**, 651-656.
- Leonard, M.L. & Horn, A.G. (2008) Does ambient noise affect growth and begging call structure in nestling birds? *Behavioral Ecology*, **19**, 502-507.
- Leonard, M.L. & Horn, A.G. (2012) Ambient noise increases missed detections in nestling birds. *Biology Letters*, **8**, 530-532.
- Luther, D. & Baptista, L. (2010) Urban noise and the cultural evolution of bird songs. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, **277**, 469-473.
- Marsh, R.R., Lerong, X., Moy, J.P. & Saunders, J.C. (1990) Recovery of the basilar papilla following intense sound exposure in the chick. *Hearing Research*, **46**, 229-237.
- McClure, C.J., Ware, H.E., Carlisle, J., Kaltenecker, G. & Barber, J.R. (2013) An experimental investigation into the effects of traffic noise on distributions of birds: avoiding the phantom road. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, **280**, 20132290.
- Meillère, A., Brischoux, F., Ribout, C. & Angelier, F. (2015) Traffic noise exposure affects telomere length in nestling house sparrows. *Biology Letters*, **11**, 20150559.
- Mockford, E.J. & Marshall, R.C. (2009) Effects of urban noise on song and response behaviour in great tits. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, **276**, 2979-2985.

- Niemiec, A.J., Raphael, Y. & Moody, D.B. (1994) Return of auditory function following structural regeneration after acoustic trauma: behavioral measures from quail. *Hearing Research*, **79**, 1-16.
- Ortega, C.P. (2012) Effects of noise pollution on birds: a brief review of our knowledge. *Ornithological Monographs*, **74**, 6-22.
- Owens, J.L., Stec, C.L. & O'Hatnick, A. (2012) The effects of extended exposure to traffic noise on parid social and risk-taking behavior. *Behavioural Processes*, **91**, 61-69.
- Parris, K. & Schneider, A. (2009) Impacts of traffic noise and traffic volume on birds of roadside habitats. *Ecology and Society*, **14**, 29.
- Patricelli, G.L. & Blickley, J.L. (2006) Avian communication in urban noise: causes and consequences of vocal adjustment. *The Auk*, **123**, 639-649.
- Potvin, D.A., Curcio, M.T., Swaddle, J.P. & MacDougall-Shackleton, S.A. (2016) Experimental exposure to urban and pink noise affects brain development and song learning in zebra finches (*Taenopygia guttata*). *PeerJ*, **4**, e2287.
- Quinn, L., John, Whittingham, J., Mark, Butler, J., Simon & Cresswell, W. (2006) Noise, predation risk compensation and vigilance in the chaffinch *Fringilla coelebs*. *Journal of Avian Biology*, **37**, 601-608.
- Romero, L.M. (2004) Physiological stress in ecology: lessons from biomedical research. *Trends in Ecology & Evolution*, **19**, 249-255.
- Ryals, B.M., Dooling, R.J., Westbrook, E., Dent, M.L., MacKenzie, A. & Larsen, O.N. (1999) Avian species differences in susceptibility to noise exposure. *Hearing Research*, **131**, 71-88.
- Schroeder, J., Nakagawa, S., Cleasby, I.R. & Burke, T. (2012) Passerine birds breeding under chronic noise experience reduced fitness. *PLoS ONE*, **7**, e39200.
- Slabbekoorn, H. & den Boer-Visser, A. (2006) Cities change the songs of birds. *Current Biology*, **16**, 2326-2331.
- Slabbekoorn, H. & Peet, M. (2003) Ecology: Birds sing at a higher pitch in urban noise. *Nature*, **424**, 267-267.
- Slabbekoorn, H. & Ripmeester, E.A. (2008) Birdsong and anthropogenic noise: implications and applications for conservation. *Molecular Ecology*, **17**, 72-83.
- Summers, P.D., Cunnington, G.M. & Fahrig, L. (2011) Are the negative effects of roads on breeding birds caused by traffic noise? *Journal of Applied Ecology*, **48**, 1527-1534.
- Swaddle, J.P. & Page, L.C. (2007) High levels of environmental noise erode pair preferences in zebra finches: implications for noise pollution. *Animal Behaviour*, **74**, 363-368.
- Žikić, D., Ušćebrka, G., Gledić, D., Lazarević, M., Stojanović, S. & Kanački, Z. (2011) The influence of long term sound stress on histological structure of broiler's adrenal glands. *Biotechnology in Animal Husbandry*, **27**, 1613-1619.
- Tilgar, V., Ojaste, I. & Saag, P. (2015) Metsise (*Tetrao urogallus*) stressitase seoses sõjaliste harjutustega. *Hirundo*, **28**, 1-9.
- Ware, H.E., McClure, C.J., Carlisle, J.D. & Barber, J.R. (2015) A phantom road experiment reveals traffic noise is an invisible source of habitat degradation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **112**, 12105-12109.
- Villain, A.S., Fernandez, M.S., Bouchut, C., Soula, H.A. & Vignal, C. (2016) Songbird mates change their call structure and intrapair communication at the nest in response to environmental noise. *Animal Behaviour*, **116**, 113-129.

Summary

The impact of anthropogenic noise on birds' communication and fitness

Anthropogenic noise is part of the spreading human influence on natural communities and has a significant impact on vocally communicating organisms, such as birds. In the case of some species, noise can have a detrimental effect at just 45 dB. Noise levels over 110 dB can cause temporary or permanent hearing damage.

Birds use different strategies to make vocal signals audible: increasing the frequency or amplitude of sound; vocalizing at a higher rate; changing the time of singing. New signals can have a higher metabolic cost or a distorted meaning. In a noisy environment, parents can underestimate the hunger of their young when they do not hear begging calls and nestlings can time their begging incorrectly when they cannot hear the parent coming with food. In addition, visual signals are more important for avoiding predators and possibly also in communication.

Noise affects not only vocal signals, but also birds' behaviour, physiology, and breeding. Especially high-amplitude noise damages their hearing. They respond to acute short-term noise by fleeing or increasing their vigilance, while long-term noise causes them chronic stress. Both can reduce fitness, as can failing to assess a partner's quality correctly, due to the masking effect of anthropogenic noise on the quality of a male's song.

Bird species that are not so successful at coping with noise decrease in abundance in noisier environments and habitats. Depending on the area, the overall number of birds may decline or the composition of species change. Anthropogenic noise is mostly low-frequency and is therefore less detrimental to species that use high-frequency vocal signals. Some species can habituate to noise and some recover more easily from hearing damage. Bird species that can cope better with the detrimental effects of noise can also increase in abundance when their main predator or competitor is more susceptible to noise effects.

In conclusion, noise has several detrimental effects on birds and should be taken into account in nature conservation. Physical barriers, traffic reduction, and careful planning of military and recreational activities might help to mitigate some of these effects.

In this review I provided an overview of the effects of different types and levels of noise on bird species and highlighted some of the critical levels affecting birds. I discovered that the extent of the reaction to anthropogenic noise varies to a great degree between bird species and that birds' susceptibility to noise also depends on the type of noise and the age, gender, and condition of the bird.