



Tartu südalinn aasta kõige pimedamal kuul, detsembris. Üne korral kustutab inimene magamistoas tuled ja tõmbab kardinad ette, loomadel seda võimalust pole

# Valgusreostuse mõju lindudele

Teadlaste hinnangul elab ligikaudu 83% maailma inimesi ja üle 95% Ameerika Ühendriikide ning Euroopa rahvastikust öise tehisvalgusega asulates. Linnutee jääb öise valgustuse tõttu nähtamatuks kolmandikule maailma inimestest ning parasvöötmes on üle 23% maapinnast öisel ajal tehnikult valgustatud [6].

## Vallo Tilgar

**P**eale otsese valgusreostuse peegeldub valgus pilvedelt ja muudelt aerosoolidelt (näiteks udu, suits või tolm), valgustades taevalikult öid ka inimasulates kaugel. Kuna elektrivalgus muutub leedlampide tõttu üha odavamaks ja energiasäästlikumaks, suureneb globaalne

valgussaaste keskmiselt 2,2% aastas. Nii on see olnud juba vähemalt viimased kümme aastat.

Üha valgumad ööd on paljudele inimestele loomulik nähtus, mis kaasneb elukvaliteedi paranemisega. Tuledesäras majad ja tänavad vähendavad sügiskaamost ja talvemasendust, pikendavad öhtuti meie töist aktiivsust ning turvavad liiklust.

Tavaliselt me ei mõtle sellele, et öine tehisvalgus võib häirida meie endi ja paljude teiste liikide biorütme ning põhjustada terviseprobleeme.

Inimesed saavad vajaduse korral valguse intensiivsust ise reguleerida, kuid sageli unustame ära, et teised loomad peavad leppima inimese kujundatud elukeskkonnaga, sealhulgas öise tehisvalgusega. Kuidas nad hakkama saavad? Teadlaste hinnangul on valgusreostusest saamas üks peamisi inimtekkelisi keskkonnaprobleeme. Evolutsioonilises ajaskaalas on tegemist täiesti uudse nähtusega, mis mõjutab paljude loomade elurütme, sigimist ja tervist.

**Häiritud biorütmid.** Enamikku elusolendeid alates bakteritest kuni inimeseni mõjutab valguse ööpäevane ja aastajaline rütm. Pikem valgusperiood võimaldab päevase eluviisiga loomadel kauem toitu otsida, ent sellega kaasneb lühike ja rahutu uni.

Teadlased on seda uurinud näiteks vabalt elavate lindude puhul.

Saksamaal Leipzgis ärkavad must-rästad (*Turdus merula*) tänavavalgustusega parkides kuni viis tundi varem ning nende uni on umbes poole lühem kui liigikaaslastel sama linnaosa valgustamata elupaikades [11]. Ühes Belgia uuringus häiriti rasvatihaste (*Parus major*) und öö läbi põleva pesakastisese valgustusega, mistõttu emaslinnud läksid öhtul pesa keskmiselt poolteist tundi hiljem ning hommikul ärkasid keskmiselt 74 minutit varem kui kontrollrühma linnud. Töö autorite hinnangul vähenes tihaste uneaeg ligi 40%, sest valgustatud pesakastides olid linnud ka öösel une vahel kauem ärkvel [13].

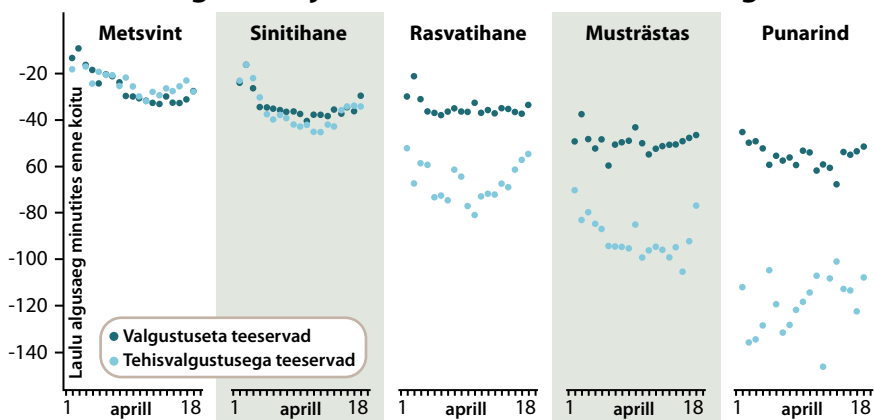
Veelgi üksikasjalikumalt on valgusreostuse mõju uuritud laboris. Austraalias Melbourne'is uuriti tillukeste sensorite abil öise tehisvalguse mõju magavate lindude ajutegevusele. Aju aktiivsust, lihaste toonust ja pea liikumist analüüsid jõuti järeldusele, et tänavavalgustusega sarnane tehisvalgus häirib Austraalia harakal ehk suurleigaril (*Cracticus tibicen tyrannica*) ja kodutuvil (*Columba livia*) tugevalt mõlemat unestaadiumi, nii unenägudega REM-und kui ka sügavat mitte-REM und. Mõlemal liigil vähenes unefaaside kestus 20–50%, kuid unevõlast taastumine erines liigiti [1].

Kahes laboriuuringus ärkasid rasvatihased öise valgustuse korral keskmiselt viis tundi [3] ja sinitihased (*Cyanistes caeruleus*) kaks tundi [4] varem kui samad isendid kontrollfaasis, st siis, kui neid öösel ei valgustatud. Suurenenud öise aktiivsuse tõttu olid linnud paraku päeval vähem tegusad [3], olgugi et katse tehti sigimisajal, kui võiks eeldada maksimaalset pingutamist. Nii et ütlus „vara üles, hilja voodi, nõnda rikkus majja toodi“ ei pruugi linnalindude puhul kehtida.

Erinevalt päevase aktiivsusega loomaliikidest lüheneb öise eluvii- siga näriliste, nahkhiirte ja kakkude aktiivsusperiood öise tehisvalgustusega piirkondades. Enamasti nad väldivad selliseid alasid [15].

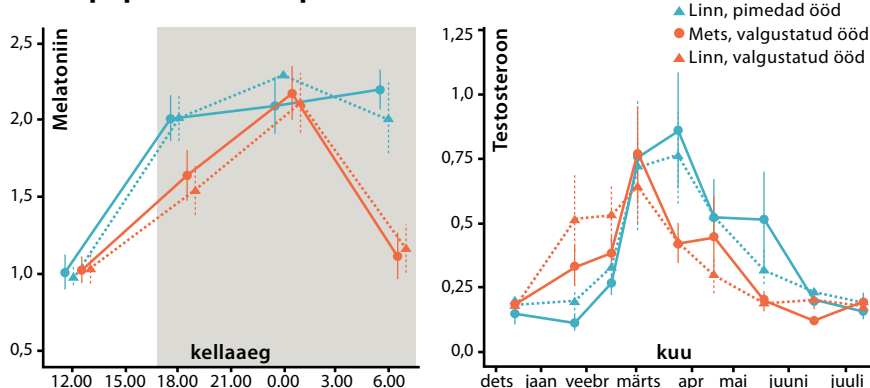
**Tehisvalguse mõju ööpäevarütmile väljendub ilmekalt lindude laulmis- käitumises.** Kui loodusliku valguse

## Öise tehisvalguse mõju lindude hommikuse laulu algusele



◇ 1. Austrias Viini lähedal uuriti põhjalikult teeservade öise valgustuse mõju seal pesitsevate laululindude käitumisele [7]. Muu hulgas selgus, et viiest uuritud liigist neli alustavad hommikust laulu valgustatud teeservades tunduvalt varem kui valgustamata teeservades

## Öise tehisvalguse mõju hormoonide tasemele linna- ja metsapopulatsioonist pärit isastel musträstastel



◇ 2. Saksa teadlased mõõtsid laboris linnakeskkonnast ja metsast pärit musträstaste hormoonide taset (pg/ml vereplasmas) öise valgustuse ja loodusliku valgustsükli korral [12]. Ilmnes, et unehormooni melatoniini eritub liigse valguse tõttu liiga vähe, see omakorda põhjustab kevadel isassuguhormooni testosterooni taseme liigvarajase tõusu, mis lööb lindude sigimistsükli sassi

korral hakkavad linnud laulma tavaliselt koidu ajal, siis tänavalaternate valguses alustavad paljud laululinnuliigid juba tunduvalt enne koitu ja lõpetavad ka öhtul hiljem kui valgustamata aladel. Näiteks Põhja-Ameerikas elutsev punarind-rästas (*Turdus migratorius*) alustab valgustatud linnaparkides laulmist ligikaudu tund aega varem kui maapiirkondades [10]. Teine Põhja-Ameerika liik, taidur-pilalind (*Mimus polyglottos*), võib tehisvalguses laulda ja isegi paaruda öisel ajal.

Ka Euroopas kõlab linnulaul öise valgustusega parkides ja metsaservades märksa varem kui loodusli-

ku valgusfooniga aladel. Tavapärasest varem hakkavad laulma näiteks sinitihane, rasvatihane, musträstas (*Fringilla coelebs*) ja punarind (*Erithacus rubecula*; ◇ 1) [7]. Uuringus ilmnes, et mõnikord laulavad punarinnad tänavalaternate valguses isegi öösel.

Kuivõrd tehisvalgus mõjutab lindude laulu, võib oletada, et see ei jäta häirimata ka nende suguelu. Tõepoolest, tänavalaternatest valgustatud metsaservades on sinitihase isaslindudel rohkem paariväliseid poegi kui sookaaslastel ilma tehisvalgusega elupaikades [7].



Öine Männikjärve raba, taamal Jõgeva linna kuma ja punaste tuledega mobiilimast. Odavate leedlampide tõttu on valgussaaste viimastel aastatel eriti hoogsalt kosunud

**Valgusreostus mõjutab ka aastaajalisi ehk sesoonseid rütme.** Üks tähtsamaid ülesandeid linnu elus on alustada igal aastal sigimist õigel ajal. Hiljuti ajakirjas Nature avaldatud üleameerikalik 142 värvuliseliigil põhinev uurimus selgitas, et tehisvalgusest mõjustatud avamaastike linnud alustavad munemist umbes kuu aega varem ja metsalinnud 18 päeva varem kui liigikaaslased loodusliku valgusega piirkondades [14]. Ka Austrias Viini ümbruses elutsevad sinitihased hakkasid tänavavalgustite läheduses munema keskmiselt poolteist päeva varem kui sama populatsiooni linnud loomuliku valgusega metsaservades [7].

Seos valgusreostuse ja varasema sigimise vahel näib olevat põhjuslik, sest vangistuses tehtud teaduskatse must-rästaga kinnitas eelkirjeldatud avastusi. Nimelt selgus, et tänavavalgusest umbes 20 korda nõrgem öine valgus (0,3 luks) kiirendab isaslindude gonadide arengut ja sigimisfaasi üleminekut umbes kolme nädala võrra [12].

Võiks ju arvata, et hea ongi, kui linnud saavad varakult sigimisega pihta hakata. Ent varasemal sigimisel on ka oma hind. Looduslik valik on kujundanud nõnda, et linnud ajastavad poegade kasvatamise ajale, kui looduses leidub kõige rohkem toidupoolist. Tehisvalguse tõttu kooruvad pojad tavapärasest varem ja võivad jääda nälga ning saada hukka.

Valgusreostuse mõju lindude sigimisedukusele on looduslikes populatsioonides väga vähe uuritud ning siin ootab ees palju põnevaid avastusi.

**Tehisvalgus kui virvatuluke rändajatele.** Tehislik valgus võib mõjutada ka lindude orienteerumisvõimet. Juba 1880. aastal märkas Rootsi-Ameerika ornitoloog Ludwig Kumlien, et 60 meetri kõrgune valgustatud vaatlustorn Milwaukeees Wisconsinis meelitab hulgi ligi rändlinde, kes sageli torniga kokku pörkavad ja hukuvad.

Öösel rändavad linnud, eriti värvulised, kasutavad navigeerimiseks tähtsustavast ja kuud. Tornide ja kõrghoonetete ere valgustus on paljudele rändlindudele võimas stiimul, mis meelitab ligi ja eksitab rändeteelt kõrvale. Valguslaiku sattunud linnud on justkui lõksus ega soovi enam pimedusse naasta. Nad kulutavad palju aega ja energiat valgusallika ümber lennates ning paljud isendid hukuvad kokkupörkel valgustatud hoonetega [17].

Ainuüksi USAs hukub igal aastal kokkupõrgete tõttu ligi miljard lindu [9]. Isegi kui lindudel õnnestub valgusallika lummusest pääseda, ei suuda paljud neist kurnatuse tõttu sigimispaikadesse rännata või edukalt sigida [17].

**Füsioloogilised mehhanismid.** Unevõlg ja häired ööpäevases elurüt-

mis võivad loomadel põhjustada teriseprobleeme: immuunsüsteem aktiveerub ülemäära, kehamass väheneb ning suureneb ainevahetushäirete ja vähi tekke risk [12]. Loomade käitumisotsused ja elurütm olenevad paljudest hormoonidest. Nagu inimeselgi mõjutab valgusreostus loomade biorütme ja tervist unehormooni melatoniini kaudu. Selgroogsetel loomadel toodab melatoniini käbikeda, olenevalt valguse ööpäevasest ja aastajalisest tsüklist. Et uni oleks normaalne, peab öisel ajal erituma palju melatoniini [12].

Valgusreostuse mõjul melatoniini hulk kehas väheneb (◇ 2) ning see vallandab kaskaadina muutused ka teiste hormoonide eritumises [12]. Näiteks hakatakse türoidhormooni vormi T4 ohtralt muundama vormiks T3, mistõttu hakkavad kiiremini arenema sugunäärmed (testised), toodetakse rohkem testosterooni (◇ 2) ja linnud alustavad seetõttu varem laulmist [12].

Tehisvalguse mõju sigimisele pole siiski alati väga selge ja ennustatav. Näiteks võib kestev tehisvalgus tekitada lindudel kroonilist stressi, mis hoopistükkis pärsib sigimist: testised taandarenevad, testosterooni hulk kehas väheneb ja isaslinnud ei hakka laulma ega sigima [5].

Tehisvalguse mõju lindude immuunsüsteemile ja tervisele üldiselt on peamiselt uuritud laborioludes. Öine valgustus aktiveeris välusidriku (*Junco hyemalis*) immuunsüsteemi – suurendas valgeliblede hulka veres –, ent üksiti soodustas nakatumist vereparasiitidega [2]. Autorid arutlevad, et kui immuunsüsteemi hoitakse liiga kaua ülemäära aktiivses, n-ö häireseisundis, siis kurnab see organismi ning suurendab vastuvõtlikkust nakkustele.

USAs Floridas tehtud puurikatses nakatati koduvarblasi (*Passer domesticus*) Lääne-Niiluse viirusega ja uuriti, kui kiiresti linnu immuunsüsteem viirusest võitu saab. Tehisvalguses elanud koduvarblaste immuunsüsteem oli nõrgem, linnud ei suutnud viirusest võitu saada ja püsisid palju kauem nakatamisvõimelised kui liigikaaslased loomuliku valgusega puurides [8].



Pesast väljunud kodukakupoeg Tartu kesklinnas 18. märtsil 2016, ligikaudu kaks kuud enne seda, kui poegadel oleks tavapärase aeg pesast välja tulla. Liiga varase pesitsuse põhjuseks peetakse valgusreostust

Töörühma hinnangul suureneb tehisvalguse tõttu viirusepuhangu oht varblaste seas kuni 41%. Kuna viirust levitavad sääsed toituvad nii varblaste kui ka inimeste verest, võivad nad levitada viirust ka inimestele. Lääne-Niiluse viirus tekitab inimesel kerge gripi sarnaseid nähtusid ja raskematel juhtudel meningiiti või entsefaliiti. Uuringu tulemusel tehti ettepanek lülitada tänavavalgustus kriitilistel viiruselevikukuudel välja, et vältida viirusepuhangu.

**Kuidas mõjutab loomi valguse värvus?** Inimesel pärsib une kvaliteeti ja melatoniini tootmist kõige rohkem sinakas valgus, mida kiirgavad näiteks arvutiekraanid ja tänavavalgustuses kasutatavad leedlambid [12]. Valguse värvus mõjutab teisigi imetajaid ja linde. Nahkhiired väldivad kõige rohkem lühilainelist sinist valgust, kuid punases (pikalainelises) valguses käituvad samamoodi nagu öösel [16].

Eri linnuliikide puhul on tähelda-

tud erisugust valguse värvuse mõju, mis oleneb ka valguse tugevusest. Mustpea-tsiitsitaja (*Emberiza melanocephala*) ja riisi-kangurlind (*Ploceus philippinus*) seostasid laborikatses sinist valgust päevaga ja punast ööga (melatoniini tase veres oli neil vastavalt madal või kõrge) [18]. Punase ja valge tehisvalguse käes ärkasid sinistihased hommikuti tunduvalt varem kui rohelises valguses, ent tugevama valguse korral erinevused kadusid [4]. Austraalia harakat ehk suurleigarit häiris rohkem valge kui kollane valgus, kuid kodutuvi oli võrdsetl tundlik eri värvi valguse suhtes [1].

Tehisvalguse mõju eri loomarühmadele oleneb ilmselt ka nende nägemismeelise teravusest ja värvide nägemise võimest. Näiteks linnud näevad maailma palju värvilisemana kui enamik imetajaid. Lindude silma võrkkestas olevad fotoretseptorid ehk kolvikesed sisaldavad nelja pigменти, mis on tundlikud eri lainepikkusega valguse suhtes, sealhulgas pigmenti, millega

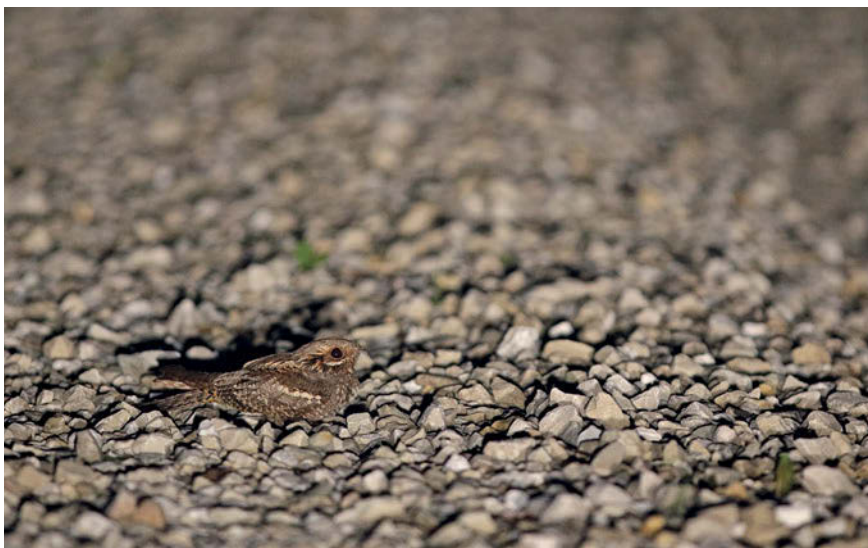
tajutakse violetset või ultravioletset valgust. Inimesel see pigment puudub ning kolvikeses on kolm pigmenti, paljudel imetajatel aga ainult kaks.

Lindudel on veel üks omapära. Kui imetajad näevad ainult silmadega, siis linnud tajuvad muutusi fotoperioodismis ka hüpotalamuse ja käbikheha valgustundlike rakkudega, milleni valgus jõuab läbi õhukese kolju ja ajukoe [12]. Seega võib oletada, et tundliku nägemismeeliga linnud on valgusreostuse suhtes eriti vastuvõtlikud ning lindude tundlikkust peab arvestama ka tehisvalgust planeerides ja paigaldades.

**Mõju liikidevahelistele suhetele.** Pole kerge uurida valgusreostuse mõju vabalt elavatele loomadele ja nende omavahelistele suhetele, sest muutlikud loodusolud kipuvad katseid häirima ja tulemusi on keeruline lahti mõtestada. Siiski arvatakse, et öine tehisvalgus mõjutab eri nahkhiireliikide suhteid. Kiiresti lenda-



Maanteel jahti pidanud händkakk, taamal autotuled. Kakud on kohastunud jahti pidama ööpimeduses ning nende toidulaud võib valgusreostuse tõttu jääda napiks



Mida tunneb öösorr autotulede valgusvihus? Küllap midagi samalaadset, kui tunneks inimene, kelle kummuti tagant tõuseb keset ööd päike

vad käabus-nahkhiired (*Pipistrellus*) eelistavad putukaid püüda valgusalika, näiteks tänavalampide läheduses, kuid aeglaselt lendavad lendlased (*Myotis*) ja suurkõrv (*Plecotus*) väldivad seda [15]. Küllap kardavad aeglaselendajad röövlindude, ent kiired lendajad neist ei hooli ja saavad valgusalikate läheduses hulgi tiirlevatest putukatest hõlpsa kõhutäie.

Teadlased oletavad, et kartlikud nahkhiireliigid ei julge ületada eredalt valgustatud maanteid ja tänavaid, mis võib tunduvalt piirata nende levimisvõimet. Nii võib intensiivne valgusaste ajapikku vähendada aeglaselt

lendavate nahkhiirte arvukust linnades ja nende ümbruses.

Lindude puhul võib öine valgustus suuresti mõjutada kiskja ja saakloomade suhteid. Paljud päevase eluviisiga röövlinnud, nagu pistrikud ja kullid, on piisava valguse korral aktiivsed ka hilistel öhtutundidel ning eredalt valgustatud suurlinnadest on kujunemas neile soodne elukeskkond. Seevastu öise eluviisiga kakkude elurütm on tehisvalgustusega aladel tugevalt häiritud. Nad on kohastunud jahti pidama ööpimeduses ning nende toidulaud võib valgusreostuse tõttu jääda napiks.

**Kas linnud suudavad muutustega sammu pidada?** Kuigi paljud linnuliigid elavad tehisvalgusega asulates ja teeservades, ei ole see veel piisav tõend, et nad on valgusreostusega kohastunud. Isendite seisundi kohta annab usaldusväärsemat teavet nende stressitase (seda saab hinnata stressihormooni kortikosterooni põhjal), immuunsüsteem, haigustele vastuvõtlikkus, sigimisedukus ja eluiga.

Üldiselt on linnalinnud veidi väiksemad, kõrgema stressitasemega ning väiksema sigimisedukusega kui metsades elavad liigikaaslased. Ometi on nad suutnud uudses keskkonnas ellu jääda, näidates üles kohati suuremat nutikust ja julgust kui maapiirkonna linnud. Mõne linnuliigi teatud iseloomomaduste ja geneetiliste kohastumustega isendid ilmselt eelistavadki elupaigana linnakeskkonda.

Katsed vangistuses peetavate paabulindudega (*Pavo cristatus*) demonstreerisid tehisvalguse mõju unele olenevalt linnu iseloomust. Selgus, et kergesti ärrituvad isendid magavad tehisvalguses rahutumalt ja nende uni on lühem kui tasakaalukatel isenditel [19]. Võimalik, et valgusreostusega elupaikades ongi ülekaalus sobilike geneetiliste mutatsioonide ja iseloomuga isendid, kes on keskkonnamuutuste suhtes vähem tundlikud kui liigikaaslased metsaelupaikades.

**Mida saame ette võtta, et valgusreostuse mõju vähendada?** Kui

püüaksime öist valgustust järsult vähendada, hakkaksid paljud linnelanikud nurisema. Seega peaks muutusi ellu viima tasapisi ja toetudes teadlaste argumentidele. Üks lihtsaimad lahendusi oleks muuta tänavavalgustuse spektraalset koostist ehk värvust. Hollandis on katsetatud ja võrreldud eri tüüpi valgusega tänavalaternaid. Nahkhiirtele on punane valgus osutunud vähem häirivaks kui valge [16].

Lindude kokkupõrkeid valgustatud hoonetega saab vähendada, kui fassaadivalgustus on roheline. Lokaalse välisvalgustuse puhul võiks eelistada liikumisanduriga valgusteid ja val-

gusvihi hajuvust vähendavaid lam-bikupleid. Tulevikus tasuks mõelda ka helendavate ehk luminesseeruvate bakterite kasutusele lampides, mille esimesed prototüübid on juba olemas. Peame ühiselt ja mitut moodi pingutama, et valgusreostusele piir panna, ning otsima uudseid lahendusi, et hoida looduslikku mitmekesisust ka linnakeskkonnas. ■

1. Aulsebrook, Anne E. et al. 2020. White and Amber Light at Night Disrupt Sleep Physiology in Birds. – *Current Biology* 30: 3657–3663.
2. Becker, Daniel J. et al. 2020. Artificial light at night amplifies seasonal relapse of haemosporidian parasites in a widespread songbird. – *Proc. R. Soc. B* 287: 20201831.
3. De Jong, Maaïke et al. 2016. Dose-dependent responses of avian daily rhythms to artificial light at night. – *Physiology & Behavior* 155: 172–179.
4. De Jong, Maaïke et al. 2017. Early birds by light at night: effects of light color and intensity on daily activity patterns in blue tits. – *Journal of Biological Rhythms* 32: 323–333.
5. Dominoni, Davide M. et al. 2013. Long-Term Effects of Chronic Light Pollution on Seasonal Functions of European Blackbirds

(*Turdus merula*). – *PLoS ONE* 8 (12): e85069.

6. Falchi, Fabio et al. 2016. The new world atlas of artificial night sky brightness. – *Sci. Adv.* 2: e1600377.
7. Kempnaers, Bart et al. 2010. Artificial night lighting affects dawn song, extra-pair siring success, and lay date in songbirds. – *Current Biology* 20: 1735–1739.
8. Kernbach, Meredith E. et al. 2019. Light pollution increases West Nile virus competence of a ubiquitous passerine reservoir species. – *Proc. R. Soc. B* 286: 20191051.
9. Loss, Scott R. et al. 2014. Bird–building collisions in the United States: Estimates of annual mortality and species vulnerability. – *The Condor* 116: 8–23.
10. Miller, Mark W. 2006. Apparent effects of light pollution on singing behavior of American robins. – *The Condor* 108: 130–139.
11. Nordt, Anja; Klenke, Reinhard 2013. Sleepless in town—drivers of the temporal shift in dawn song in urban European blackbirds. – *PLoS ONE* 8 (8): e71476.
12. Ouyang, Jenny Q. et al. 2018. Hormonally mediated effects of artificial light at night on behavior and fitness: linking endocrine mechanisms with functions. – *J. Exp. Biol.* 221: jeb156893.
13. Raap, Thomas et al. 2016. Artificial light at night disrupts sleep in female great tits (*Parus major*) during the nestling period,

and is followed by a sleep rebound. – *Environ. Pollut.* 215: 125–134.

14. Senzaki, Masayuki et al. 2020. Sensory pollutants alter bird phenology and fitness across a continent. – *Nature* 587: 605–609.
15. Spoelstra, Kamiel et al. 2015. Experimental illumination of natural habitat – direct and indirect ecological consequences of artificial light of different spectral composition. – *Philos. Trans. R. Soc. Lond. Ser. B* 370: 2014129.
16. Spoelstra, Kamiel et al. 2017. Response of bats to lights with different spectra: Light-shy and agile bat presence is affected by white and green, but not red light. – *Proc. R. Soc. B* 284: 20170075.
17. Van Doren, Benjamin M. et al. 2017. High-intensity urban light installation dramatically alters nocturnal bird migration. – *PNAS* 114: 201708574.
18. Yadav, Garima et al. 2015. Role of light wavelengths in synchronization of circadian physiology in songbirds. – *Physiol. Behav.* 140: 164–171.
19. Yorzinski, Jessica L. et al. 2015. Artificial light pollution increases nocturnal vigilance in peahens. – *PeerJ* 3: e1174.

**Vallo Tilgar** (1973) on Tartu ülikooli zooloogiaosakonna vanemteadur, uurib metsalindude ökoloogiat, sealhulgas inimtekkelise keskkonnastressi mõjusid lindude käitumisele ja sigimisele.



**HORTICOM**

KÜLVAME RÕÖMU

Kata lindudele rikkalik toidulaud!



Tooted on saadavad [www.aednik24.ee](http://www.aednik24.ee) ja hästi varustatud kauplustes üle Eesti.

[www.horticom.ee](http://www.horticom.ee)



HorticomEesti



horticomeesti