



Must-toonekure arvukus, sigimisedukus ja ellujäämus Eestis aastatel 1991–2020

Ülo Väli^{1,2*}, Rein Nellis^{2,3}, Katrin Kaldma^{1,2}, Olavi Vainu^{2,3}, Urmas Sellis²

¹ Põllumajandus- ja keskkonnainstituut, Eesti Maaülikool. Kreutzwaldi 5, 51006, Tartu

² Kotkaklubi, Hauka, Kanepi, 63406 Põlva maakond

³ Eluslooduse osakond, Keskkonnaagentuur. Mustamäe tee 33, 10616, Tallinn

Kokkuvõte

Must-toonekurg on Eestis I kategooria kaitsealune liik, kelle kaitse organiseerimisel on võtmetähtsusega asurkonna arvukuse ja sigimisedukuse jälgimine ning neid mõjutavate tegurite kindlaks tegemine. Käesolevas töös analüüsisime must-toonekure arvukuse dünaamikat Eestis aastatel 1991–2020, ühendades selleks spetsiaalsete püüalade, röövlinnuseirealade ning kaitsealade andmestikud. Samast ajavahemikust koondasime pesakontrollide andmed sigimisedukuse muutuste kirjeldamiseks ning värvirõngaste ning GPS-saatjatega märgistatud lindude taasleiuandmed ellujäämuse hindamiseks. Kolme aastakümne jooksul kahanes must-toonekure arvukus Eestis kolm korda. Oluliselt vähenes ka edukate pesade osatähtsus asustatud pesadest (45 protsendilt 25 protsendile) ning olulise lähedane oli produktiivsuse langus (1,1 pojalt 0,7 pojani asustatud pesa kohta), ühtlasi kahanes noorlindude osatähtsus taasleitud rõngastatud lindude seas. Hinnanguline ellujäämus oli esimesel eluaastal 8–12%, vanematel lindudel 78–84% (isaslindudel 82–86%, emaslindudel 54–67%). Eesti must-toonekure asurkonna arvukuse languse peamisteks otsesteks põhjusteks on ilmselt madal pesitsusedukus ning kõrge emaslindude ja noorlindude suremus. Need tulenevad ilmselt lindude madalast konditsioonist, mida omakorda võivad põhjustada toidupuudus või teised vähem uuritud tegurid.

Sissejuhatus

Must-toonekurg on Eestis I kategooria kaitsealune liik, kelle edasise kaitse organiseerimisel on võtmetähtsusega

asurkonna täpse arvukuse ning selle muutuste põhjuste hindamine. Must-toonekure arvukusele anti möödunud sajandi teises pooles küllaltki erinevaid hinnanguid – vahemikus 80–250 paari (tabel 1). Veel möödunud sajandi lõpul arvati asurkonna suuruseks olevat

* E-post: ulo.vali@emu.ee

sadakond paari, kuid viimastel aastakümnetel on arvukushinnang kahanenud 50 paarini (tabel 1).

Senised hinnangud ei ole siiski põhinenud kvantitatiivsele analüüsile, vaid üksnes asustatud pesade ja pesitsusterritooriumide andmestikul põhinevale ekspertarvamusele (Sellis 2000) või linnuatlase koostamisel kogutud levikuandmetele (Renno 1993, Sellis 2018). Mitmete haruldaste liikide, näiteks kotkaste seire korraldamisel on säärane lähenemine olnud vältimatuks praktikaks, kuid nii saadud tulemused võivad jääda ebatäpseks (Väli *et al.* 2011). Musttoonekure puhul on pesapõhise arvukushinnangu kasutamine raskendatud veel mitmel põhjusel. Esiteks pesitseb see liik Eestis hajusalt suurtes metsamassiivides ning pesad või territooriumid võivad jääda seetõttu avastamata, mis põhjustab arvukuse alahinnangut. Teiseks on satelliittelemeetria ja pesakaamerate

andmed näidanud, et üks lind võib nii samal kui ka erinevatel aastatel kasutada teineteisest enam kui paarikümne kilomeetri kaugusel asuvaid pesi (Sellis 2018). Niisiis viib samade isendite poolt asustatud erinevate pesade loendamine tegeliku arvukuse ülehindamisele.

Suure pesitsusterritooriumiga hajusalt pesitsevate röövlindude puhul on otstarbekaks osutunud arvukuse hindamine seirealadel määratud asustustiheiduste kaudu (Lõhmus 1994). Seesugust lähenemist on peetud otstarbekaks ka röövlindudele sarnase ökoloogiaga musttoonekure puhul, kelle asustustiheiduse jälgimiseks moodustati 2009. aastal spetsiaalsed suurepinnalised seirealad. Asustustiheiduste langus seirealadel on kinnitanud arvukuse vähenemist, kuid selle ulatuse usaldusväärseks hindamiseks on aladel pesitsevate musttoonekurgede arv liiga väike.

Tabel 1. Musttoonekure asurkonna suuruse hinnangud Eestis aastatel 1960–2017.

Table 1. Estimates for the population size of the Black Stork in Estonia in 1960–2017.

Pesitsevate paaride arv <i>No. of breeding pairs</i>	Aeg <i>Time</i>	Allikas <i>Reference</i>
150	1960	Mank 1970
80	1970	Jüssi & Randla 1970
Ligi 250	1977–1982	Renno 1993
150–200	1991	Lilleleht & Leibak 1993
80–120	1990-ndad	Lõhmus <i>et al.</i> 1998
100–115	1998–2002	Elts <i>et al.</i> 2003
100–120	1999	Sellis 2000
70–80	2003–2008	Elts <i>et al.</i> 2009
60–90	2008–2012	Elts <i>et al.</i> 2013
40–60	2013–2017	Elts <i>et al.</i> 2019

Pikaealistel liikidel ilmneb nii positiivsete kui negatiivsete tegurite mõju asurkonnale märksa varem sigimisedukuses kui arvukuses (Newton 1998), mistõttu sigimisedukuse seirel on pikaealiste ohustatud liikide asurkondade seisundi hindamisel oluline roll. Nii asurkonna arvukus kui sigimisedukus on oluliselt mõjutatud demograafilistest näitajatest ning liigikaitselised otsused peaksidki olulisel määral tulenema asurkonna demograafilisest seisundist (Perrins *et al.* 1991, Sandercock 2006). Näiteks on ligi kolmandik Eesti must-toonekure pesadest asustatud üksiku linnu poolt, mistõttu on tegelikke pesitsejaid vähe ning seeläbi on ka sigimisedukus madal (Konovalov *et al.* 2019). Paarilise puudumine võib omakorda tuleneda ühe sugupoole ülekaalust asurkonnas, mis võib olla põhjustatud ebavõrdsest sündimusest, suremusest või väljarändest. Eesti must-toonekure poegade seas on sugude suhe võrdne (Konovalov *et al.* 2015), kuid pesitsevas asurkonnas on oletatud emaslinde puudust (Sellis 2018, Konovalov *et al.* 2019). Paraku pole sellele oletusele seni kinnitust leitud ning soospetsiifilist suremust ja väljarännet ei ole uuritud.

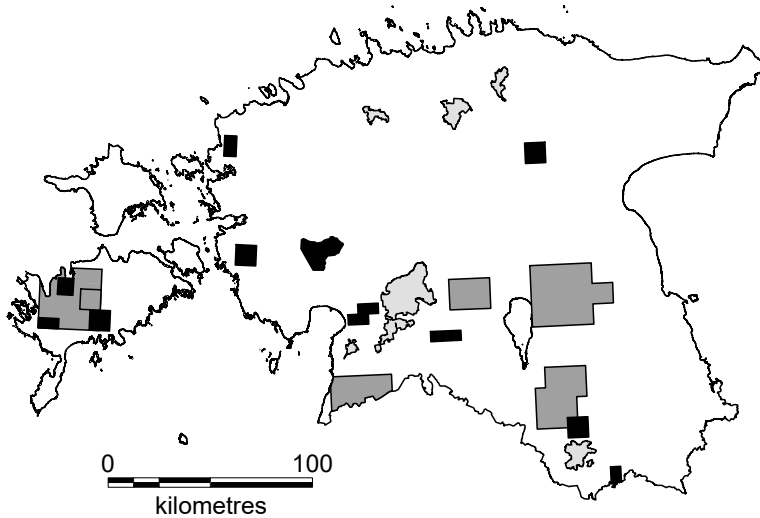
Käesoleva artikli eesmärgiks on analüüsida must-toonekure viimaste aastakümnete arvukuse ja sigimisedukuse dünaamikat ning leida muutuste peamised põhjused. Arvukuse muutuste analüüsimisel ühendasime must-toonekure seireks loodud püüalade ning röövlinnuseirealade andmestikud, lisaks kaasaime ka erinevate kaitsealade andmed. Sigimisedukuse dünaamikat kirjeldasime kolme peamise seirel määratava parameetri abil (pesitsusedukus, pesakonna

suurus ja produktiivsus), mis võimaldavad eristada potentsiaalsete tegurite rolli, eraldi pöörasime tähelepanu pesapoegade suremusele. Viimastel aastatel on sigimisedukusest andnud lisainfot pesadele paigaldatud kaamerad ning lindude jälgimine GPS-saatjate abil. Käesolevas töös hindasime, mil määral erineb sel moel täpsustatud sigimisedukuse hinnang tavapärase seire käigus saadud tulemustest. Arvukuse ja sigimisedukuse languse peamise põhjusena kontrollisime hüpoteesi emaslinde kõrgemast suremusest. Selleks koondasime andmed värvirõngaste ja GPS-saatjatega märgistatud must-toonekurgedest ning analüüsisime ellujäämust erinevates vanuseklassides isas- ja emaslindudel.

Materjal ja meetodika

Andmestik

Arvukuse dünaamika selgitamiseks kaasati andmed kolme tüüpi aladelt (joonis 1). Asustatud pesitsusterritooriume loendati aastatel 1991–2020 röövlinnuseire raames uuritud püüseirealadel (Väli *et al.* 2019). Käesolevasse töösse kaasati 11 ala (Mustjala, Viidu ja Maleva Saaremaalt, Karuse, Halinga ja Põlendmaa Pärnumaalt, Aulepa Läänemaalt, Halliste Viljandimaalt, Kiltsi Lääne-Virumaalt, Kobela ja Paganamaa Võrumaalt, kogupindalaga 1015 km²), kus tehti kindlaks aastati kokku 3–10 must-toonekure asustatud pesitsusterritooriumi. Andmestikule lisati 1994–2020. aasta andmed viielt must-toonekure seirealalt (Lääne-Saaremaa, Lõuna-Pärnumaa, Põhja-Viljandimaa, Ida-Valgamaa,



Joonis 1. Röövlinnuseirealad (tähistatud mustadena), spetsiaalsed must-toonekure seirealad (tumehallidena) ning kaitsealad (helehallidena), kus jälgiti must-toonekure arvukuse muutusi.

Figure 1. Raptor monitoring plots (indicated as black), special plots for monitoring the black stork (as dark grey) and protected areas (as light grey), where abundance of the black stork has been monitored.

Loode-Tartumaa kokku 2890 km²), mis ei kattunud röövlinnuseirealadega ning kust leiti 2–10 pesitsusterritooriumi aastas, täiendatud; varasemad vaatlused võimaldasid hinnata arvukust tagasiulatuvalt enne seire alustamist 2009. aastal). Seejuures eristati analüüsis Lääne-Saaremaa alast Hakjala seireruut, kus vaatlusrida oli pikem. Lõpuks lisati valimisse seitsme korduvalt inventeeritud kaitseala (Nabala-Tuhala looduskaitseala (LKA), Ohepalu LKA, Kõrvemaa maastikukaitseala põhjaosa, Karula rahvuspark (RP), Soomaa RP, Luitemaa LK idaosa, Kikepera LK; kogupindalaga 925 km²) andmed aastatest 1991–2020, kus leidus erinevatel aastatel 1–7 must-toonekure pesitsusterritooriumi.

Sigimisedukust määrati perioodil 1991–2020 aastati 36–95 must-toonekure pesas (joonis 2). Seire maht (kontrollitud pesapaikade arv) kasvas selle perioodi jooksul oluliselt ($F_{1,28} = 20,87$; $p < 0,001$), kuigi pärast 2012. aastat on see vähenenud (joonis 1). Asustatud pesade hulk on püsinud vahemikus 22–44 pesa, ilma kindlasuunalise muutuseta ($F_{1,28} = 0,80$, $p = 0,37$), ehkki seireperioodi alguses võis näha asustatud pesade arvu ning perioodi lõpus langust. Must-toonekure pojad kooruvad Eestis tavaliselt mai teisest poolest või juuni alguses (Kotkaklubi, avaldamata andmed). Pesi kontrolliti juuni lõpus või juuli alguses, seire käigus määrati poegade arv ja hinnati nende vanust, poegadeta pesades määrati selle asustatus värske pesamaterjali

ja tegevusjälgede (suled, väljaheited) põhjal. Sigimisedukust hinnati kolme parameetri abil: 1) edukate pesade osatähtsus asustatud pesadest, 2) keskmine rõngastusealise (3–5 nädala vanuse) pesakonna suurus ja 3) keskmine rõngastusealiste poegade arv asustatud pesa kohta (produktiivsus). Lisaks märgiti üles pesadest leitud surnud pojad ning arvatati 4) surnud poegade osatähtsus kõigist pesapoegadest. Tavapärase seire käigus määratud sigimisedukuse hinnangut kontrolliti aastatel 2015–2020 pesade korduskontrollide, rajakaamerate ja GPS-saatjate abil kogutud andmete kombineerimisel.

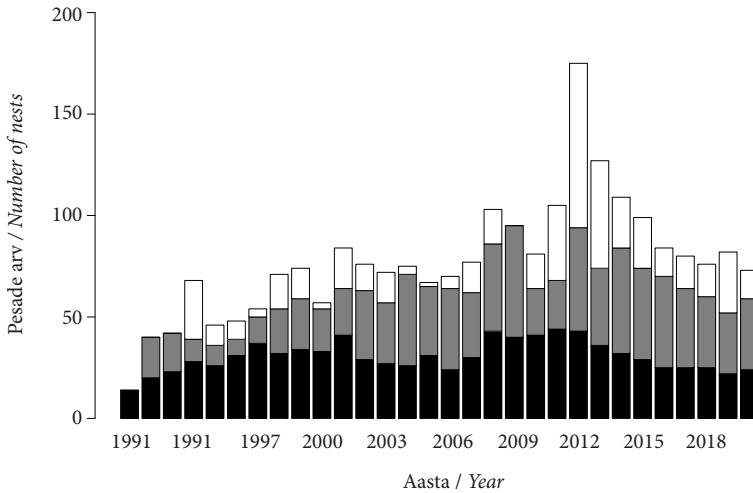
Täiendava pesitsusinfo kogumiseks paigaldati aastati 5–19 rajakaamerat pesadest 1–5 m (tavaliselt 2–3 m) kaugusele kõrvaloksale või naaberpuule. Kaamerate negatiivse mõju vähendamiseks seati need üles märtsi teises pooles, enne must-toonekurgede saabumist, edukatele pesadele ka poegade rõngastamise ajal. Kaamerad paigutati üle Eesti neile pesadele, kus varasemate aastate vaatluste põhjal peeti must-toonekure pesitsemist tõenäoliseks, Lääne-Saaremaa seirealal ja Karula rahvuspargis varustati kaameratega kõik eelmistel aastatel asustatud pesad. Lisaks sigimisedukuse määramisele võimaldasid kaamerad eristada värvirõngastega märgistatud täiskasvanud isendeid, pesa asustavaid linde ja juhukülalisi.

Ellujäämust hinnati värviliste jala-rõngastega märgistatud lindude taasleidude põhjal. Aastatel 1994–2020 märgistati Eestis sel moel 543 pesapoega. Lisaks märgistati aastatel 2005–2020

GPS-saatjatega 17 vanalindu (nendest 11 isast, 5 emast, 1 määramata sooga) ning 11 noorlindu (4 isast, 2 emast, 5 määramata sooga). Lindude sugu määrati DNA-analüüsiga Fridolfssoni ja Ellegreni (1999) järgi. Andmete analüüsimisel käsitleti eraldi Eestis (pesitsusalal) ning mujal tehtud taasleidude. Eeskätt puudutas see Iisraeli, mis on üks olulisemaid ja uuritumaid liigi rändepeatuskohti (Bobek *et al.* 2008).

Andmeanalüüs

Arvukuse dünaamikat hinnati arvukusindeksitega, mis näitavad suhtelist arvukust aastati esimese seireaasta suhtes. Indeksid arvatati iga ala pesitsusterritooriumide arvu muutusest, kasutades log-lineaarset aegridade mudelit programmi R 4.0.0 (R Core Team 2020) paketi *rtrim* 2.0.6 (Bogaart *et al.* 2018). Selle meetodiga ennustatakse vaatluste põhjal koostatud algmudeli alusel väärtused ka loendustega katmata aastatele ning saadud andmetabeli põhjal koostatakse lõppmudel. Mudelites võeti arvesse ajalist autokorrelatsiooni, kuid ülehajuvust ei esinenud. Mudelite sobivust andmetega kontrolliti tõepära suhte testiga ning tõusude muutuse olulisust Waldi testiga. Arvukusindeksite trende siluti joonisel aditiivse trendiga, millele lisati 95% usalduspiirid. Sigimisedukuse trendide usaldusväärsust kontrolliti lineaarse regressioonimudeliga. Võrdlevalt koostati ka üldistatud aditiivsed mudelid, kuid et need ei erinenud oluliselt lineaarsetest mudelitest, eelistati muutuste kirjeldamisel lihtsamaid lineaarseid mudeleid. Sugude suhte erinevust võrdsest testiti Fisheri täpse testiga.



Joonis 2. Seire käigus kontrollitud asustatud (must tulp), asustamata (hall tulp) ja varisenud (valge tulp) must-toonekurespade arv Eestis aastatel 1991–2020.

Figure 2. Numbers of the occupied (black bars), unoccupied (grey bars) and fallen (white bars) black stork nests, checked in Estonia in 1991–2020.

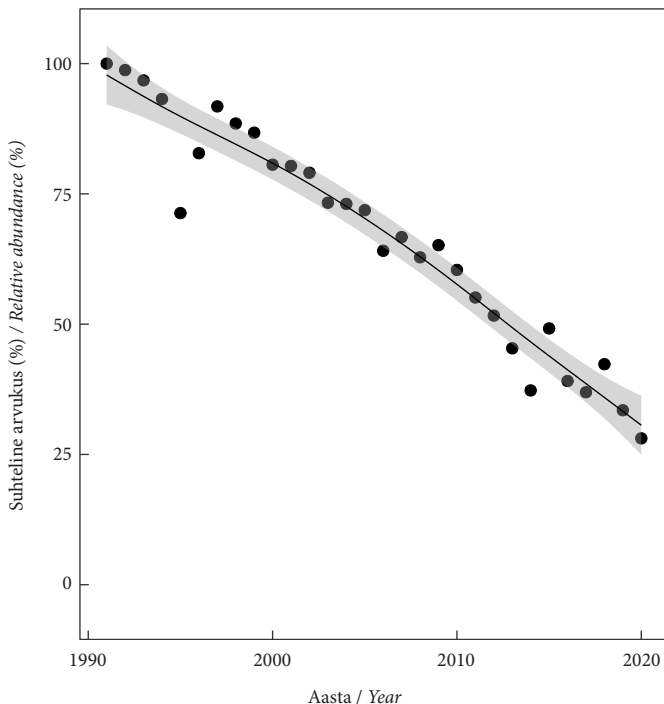
Rõngastatud lindude ellujäämuse hindamiseks kasutati programmi R paketti *RMark* 2.2.7 (White & Burnham 1999; Laake 2013), mis hindab näivat ellujäämist (suremuse ja emigratsiooni summaarset mõju) ning võtab seejuures arvesse lindude kohtamistõenäosust. Isaslindude ja kõigi pesapoegadena rõngastatud lindude valimit kirjeldas kõige paremini mudel, kus nii taaskohitamise tõenäosus kui ellujäämus jagati kahte klassi: 1) üheaastased linnud ning 2) vanemad kui üheaastased linnud. Ehkki emaslindude valimise osutus parimaks mudel, kus mõlemad vanuseklassid olid ühendatud, polnud kahe vanuseklassiga mudel oluliselt halvem ning seetõttu kasutati nii isas- kui emaslindudel ühesugust kahe vanuseklassiga mudelit.

Tulemused

Arvukus

Aastatel 1991–2020 langes must-toonekure arvukus Eestis oluliselt (lineaarne trend: $\beta = -0,037 \pm 0,015$; $p = 0,021$), kokku kolm korda (joonis 3). Log-lineaarse mudeli abil tuvastati üks oluline trendimuutus, 1997. aastal ($W = 11,8$; $df = 1$; $p < 0,001$), misjärel arvukus hakkas langema mõnevõrra kiiremini (enne 1997: $\beta = -0,026 \pm 0,093$, pärast 1997: $\beta = -0,045 \pm 0,013$).

Tänapäeval pesitsevad must-toonekured Eestis väga hajusalt. Teadaolevalt kõige tihedamini asustatud piirkonnas, Karula rahvusparkis, oli 2020. aastal kolme (erinevate lindude poolt) asustatud pesa keskmine vahekaugus üksteisest 6 km, Lääne-Saaremaa seirealal oli nelja pesa



Joonis 3. Must-toonekure arvukuse muutused Eestis aastatel 1991–2020 vastavalt iga-aastastele arvukusindeksitele (punktid) ning nende üldistatud aditiivsele trendile (must joon, halliga varjutatud 95% usalduspiirid).

Figure 3. Population dynamics of the black stork in Estonia in 1991–2020, according to the population indices (black dots) and generalized additive trend (black line; 95% confidence intervals indicated as grey).

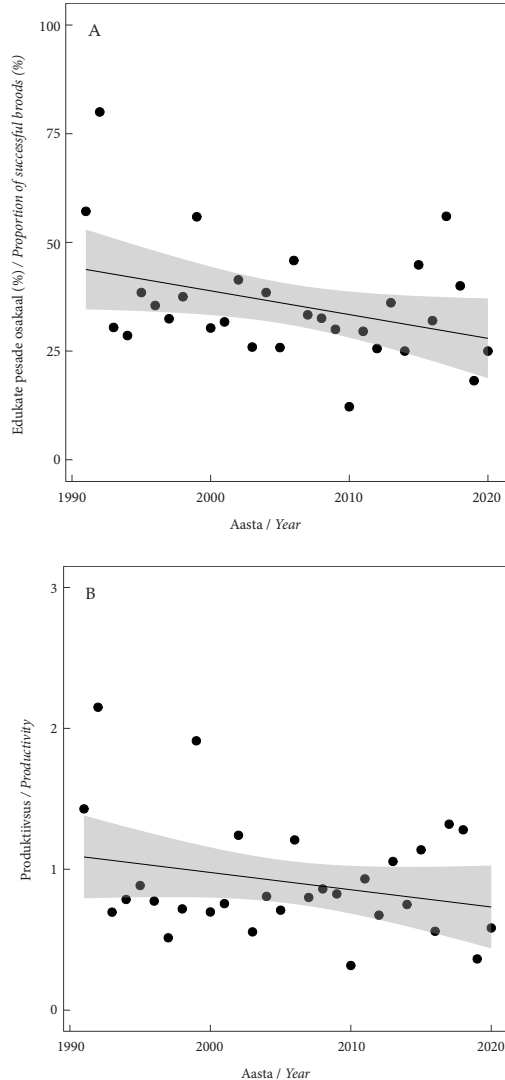
keskmine vahekaugus 16,6 km. Mujal Eestis 2020. aastal pesitsemist alustanud paaride pesade kolm väikseimat vahekaugust olid teadaolevalt 28, 46 ja 51 km.

Sigimisedukus

Seire põhjal edukaks määratud pesade osatähtsus langes oluliselt: uurimisperioodi alguses oli see 45% ning lõpus 25% kontrollitud asustatud pesadest (keskmine = $36 \pm 13\%$ (SD); $F_{1,28} = 4,2$; $R^2 = 0,13$; $p = 0,049$; joonis 4). Produktiivsus

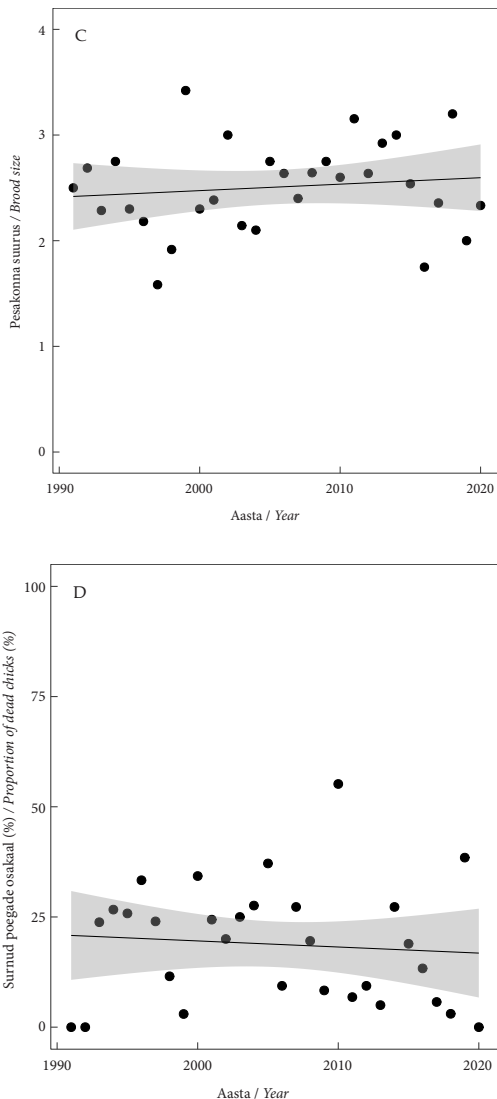
langes 1,1 pojalt 0,7 pojani asustatud pesa kohta aastas (keskmine = $0,91 \pm 0,41$), aga see muutus oli mitteoluline ($F_{1,28} = 2,1$; $R^2 = 0,07$; $p = 0,16$). Mitteiluline oli ka pesakonna suuruse kasv 2,4 pojalt 2,5 pojani eduka pesa kohta (keskmine = $2,51 \pm 0,43$; $F_{1,28} = 0,4$; $R^2 = 0,02$; $p = 0,51$).

Suvised seire käigus leiti pesadest ka surnud poegi (keskmiselt 19% kõigist poegadest), kuid selle näitaja osas olulist muutust ei toimunud ($F_{1,23} = 0,20$; $R^2 = 0,01$; $p = 0,64$; joonis 4). Enam kui kümme



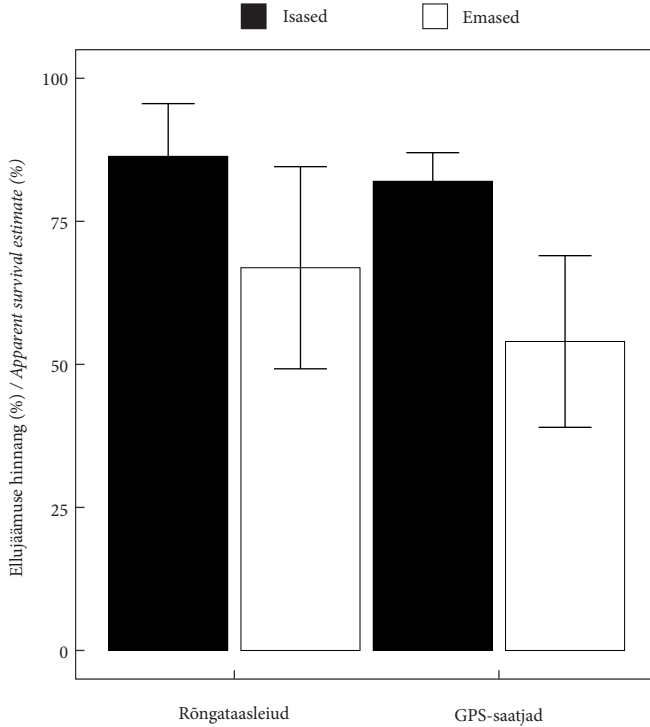
Joonis 4. Must-toonekure sigimisedukuse näitajad Eestis aastatel 1991–2020: edukate pesade osatähtsus asustatud pesadest (A), produktiivsus, ehk keskmine rōngastusealiste poegade arv asustatud pesa kohta (B), keskmine rōngastusealise pesakonna suurus (C) ja surnud poegade osa kõigist poegadest (D). Lineaarne trend on esitatud musta joonena, seda ümbritsevad varjutatuna 95% usalduspiirid.

Figure 4. Dynamics of the black stork's reproductive success in Estonia in 1991–2020: proportion of successful nests (A); mean number of nestlings per occupied nests at ringing (productivity; B); mean brood size at ringing (C); proportion of dead nestlings (D). Black line indicates linear trend, its 95% confidence intervals are shown as grey.



Joonis 4 jätk. Must-toonekure sigimisedukuse näitajad Eestis aastatel 1991–2020: edukate pesade osatähtsus asustatud pesadest (A), produktiivsus, ehk keskmine rõngastusealiste poegade arv asustatud pesa kohta (B), keskmine rõngastusealise pesakonna suurus (C) ja surnud poegade osa kõigist poegadest (D). Lineaarne trend on esitatud musta joonena, seda ümbritsevad varjutatuna 95% usalduspiirid.

Figure 4 continuation. Dynamics of the black stork's reproductive success in Estonia in 1991–2020: proportion of successful nests (A); mean number of nestlings per occupied nests at ringing (productivity; B); mean brood size at ringing (C); proportion of dead nestlings (D). Black line indicates linear trend, its 95% confidence intervals are shown as grey.



Joonis 5. Isaste ja emaste must-toonekurgede aastase ellujäämuse hinnangud värvirõngaste taasleidude ning GPS-saatjate andmete põhjal. Vurrud tähistavad standardviga.

Figure 5. Estimates of apparent annual survival for the male (black bars) and female (white bars) adult black storks in Estonia, based on resightings of colour ringed birds and data from GPS-transmitters.

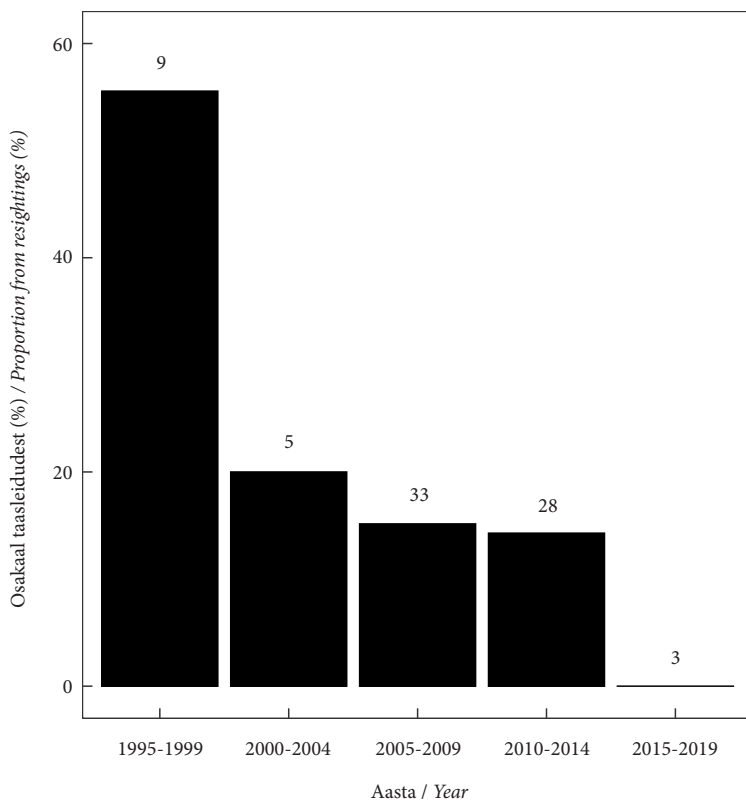
surnud poega leiti mitmel seireperioodi esimesse poolde jääval aastal (näiteks 1996, 2000, 2005), kuid pesitsusaegse suremuse poolest seni halvima aasta oli 2010, kui pesadest leiti rohkem surnud (16 is) kui elusaid poegi (13 is). Seireperioodi jooksul oli üks väga hea aasta (1999), kui õnnestus kindlaks teha rekordiliselt 65 poja lennuvõimestumine, ka pesakonnad olid siis suured (keskmine suurus 3,5) ning surnuna leiti vaid kaks lindu.

Tavapärase seire käigus määratud sigimisedukuse hinnangut kontrolliti aastatel 2015–2020 rajakaamerate, GPS-saatjate ja pesade korduskontrollide abil. Seire käigus leiti sellel perioodil pesadest kokku 136 elusat ning 17 surnud poega. Pesakaamerate andmete põhjal suri enne seiret pesades kuue aasta jooksul teadaolevalt 11 poega ja hävis 10 muna. Pärast tavapärasest seirekäiku hukkus pesades veel vähemalt 17 poega ning peale lennuvõimestumist

veel 7 poega (kõik 6 saatjaga varustatud noorlindu ja üks rõngastatud isend).

Kõige põhjalikumalt uuriti poegade hukustumist 2020. aastal. Tavapärase seire käigus leiti pesadest kokku 14 rõngastusealist poega, kellest 6 suri hiljem pesas. Enne rõngastusaega oli kaamerate andmete põhjal hukkunud 6 poega, kellest rõngastamise ajaks pesadesse mingit märki ei jäänud. Üks GPS-saatjaga jälgitud vanalind hukkus elektriliinis,

tema pesas olnud üks poeg lennuvõimetus üksnes tänu lisatoitmisele. Üks hilja pesitsenud paar läks enne poegade lennuvõimustumist rändele, pesakonna kaks poega lennuvõimetusid tänu lisatoitmisele. Neist kolmest hilisest pojast kahele paigaldati GPS-saatjad, mille abil tuvastati mõlema linnu hukkumine rände esimestel päevadel Lätis (murti kotkaste poolt). Seega tehti 2020. aastal kindlaks 8 poja hukkumine suvise seire käigus registreeritud 14 pojast.



Joonis 6. Esimese aasta noorlindude osatähtsused Iisraelis kohatud Eestis rõngastatud must-toonekurgede taasleidudest aastatel 1995–2019. Tulpade peal on esitatud kohatud lindude arv.

Figure 6. Percentage of juveniles among colour-ringed birds marked as nestlings in Estonia and resighted in Israel in 1995–2019. Numbers of resighted birds are presented on bars.

Sugude suhe ja ellujäämus

Pesapoegeadest, kellel sugu kindlaks tehti, olid 51,4% isased ning 48,6% emased ($n=74$), sugude suhe ei erinenud võrdsest suhtest ($p=1,0$). Pesapojana rõngastatud lindudest kohati 21 Eestis hilisematel aastatel, taasleidude osakaal oli seega 3,9%. Isaslindudel oli taasleidude osakaal 13,9% ($n=36$) ning emaslindudel 7,9% ($n=38$).

Hinnanguline ellujäämus esimesel eluaastal oli värvirõngaste järgi määratuna 8 ± 4 (SE) %, GPS-saatjate põhjal $12 \pm 8\%$; vanalindudel olid vastavad näitajad $84 \pm 6\%$ ning $78 \pm 4\%$. Täiskasvanud isaslindude ellujäämuse hinnangud olid tunduvalt kõrgemad (rõngataasleidude alusel $86 \pm 9\%$; GPS-saatjate põhjal $82 \pm 5\%$) kui emaslindudel (vastavalt $67 \pm 18\%$ ja $54 \pm 15\%$; joonis 5). Kõrgeim kindlaks tehtud vanus oli isaslindudel 15 aastat ning emaslindudel 6 aastat.

Surnuna leitud rõngastatud lindudest ($n=35$) 74% leiti Eestist, need kõik olid esimese aasta linnud. Pesades hukkunutest oli sugu teada viiel isendil (2 emast, 3 isast), hiljem hukkunutest samuti viiel linnul, neist neli olid emased (1. a. lind hukkus Egiptuses, 1. a. lind Valgevenes, 1. ja 4. a linnud Eestis – kõik sügisrändel) ning üks isane (5.a. lind Eestis). 1. aasta lennuõimestunud lindudest kolm hukkus elektriliinides ning kolm langes kiskja ohvriks (kahel juhul tõenäoliselt merikotka saagiks), üks lind (Iisraelis) oli takerdunud kalatiigi kattevõrku. Kahe hukkunud vanalinnu surma põhjustasid elektriliinid.

Rõngastatult taaskohatud noorlindude osatähtsus on ajas vähenenud. Aastatel 2000–2009 kohati Eestis juhuvaatlustel seitset värvirõngastatud must-toonekurge, kellest kuus olid samal aastal koorunud noorlinnud. Aastatel 2010–2020 Eestis juhuslikult kohatud seitsmest linnust vaid kolm olid noorlinnud. Samamoodi on käesoleval sajandil vähenenud rändepeatusel Iisraelis kohatud noorlindude osatähtsus kõigist Eestis rõngastatud lindudest (joonis 6). Ühtlasi on vähenenud nende rõngastatud noorlindude osatähtsus, keda on üldse Iisraelis kohatud: 1996. aastal kohati Iisraelis 25% Eestis samal aastal rõngastatud pesapoegeadest ($n=20$), 2008. ja 2009. aastal aga vastavalt 2,4% ($n=43$) ja 3,7% ($n=28$) noorlindudest.

Arutelu

Arvukuse langus ja seda põhjustanud tegurid

Käesolevas töös analüüsisime esmakordselt kvantitatiivselt Eesti must-toonekure asurkonna arvukuse muutusi. Arvukusindeksite võrdlus näitas, et must-toonekure arvukus on langenud viimase kolmekümne aasta jooksul keskmiselt 4% aastas. Tuvastatud kolmekordne arvukuse kahanemine langeb üsna hästi kokku üle-eestilise asustatud pesapaikade ja pesitsusterritooriumide loendustel põhinevate arvukushinnangute täheldatuga (tabel 1). Arvukuse languse kiirenemine 1997. aastast näitab ilmselt ainult andmete vähesusest tulevat suuremat hinnangute kõikumist 1990. aastate alguses. Käesoleva sajandi alguses suurenes seiremaht oluliselt,

mida näitab ka kontrollitud pesapaikade arvu tõus kuni 2012. aastani (joonis 1). Oma panuse andis GPS-saatjate kasutuselevõtt, sest saatjate asukohapunkte kontrollides leiti rohkesti varasemalt teadmata pesi. Eelmisel kümnendil seiremaht kahanes, kuid ilmselt kajastab kontrollitud pesade arvu langus osaliselt ka tegelikku arvukuse langust.

Must-toonekure arvukuse languse üheks olulisemaks algpõhjuseks on peetud elupaikade hävinemist, kuid Eesti asurkonda mõjutavad ka teised tegurid (Sellis 2018). Must-toonekurg rajab pesa vanasse puistusse suurte tugevate külgokstega lehtpuudele või mändidele (Lõhmus & Sellis 2003) ja tema iseloomulikuks toitumispaigaks on väikesed looduslikud vooluveekogud (Lõhmus & Sellis 2001). Vanade loodusmetsade pindala kahaneb ning seeläbi jääb vähemaks sobivaid pesapaiku, samuti on paljud looduslikud vooluveekogud õgvendatud ja süvendatud või asendatud kraavidega, mille elustik on liigivaesem (Rosenvald *et al.* 2014). Lisaks pesitsusaladel toimunule ohustavad must-toonekurgi elupaigamuutused talvitusosaladel ning erinevad ohud rändeteedel (Chevallier *et al.* 2010, Cano *et al.* 2013). Võimalik on DDT ja teiste klooriinide ning elavhõbedaühendite negatiivne mõju Balti asurkonnale (Strazds *et al.* 2015; M. Leivits, avaldamata andmed, aga vt Kucharska *et al.* 2021). Kokkuvõttes on arvukate ohutegurite kontekstis must-toonekure arvukuse kahanemine ootuspärane ning see on saanud toimuda kahel moel – sigimisedukuse ja ellujäämuse vähenemise kaudu.

Sigimisedukuse muutused

Asurkonna seisundit kõige paremini iseloomustav sigimisedukuse näitaja on produktiivsus, mis saadakse edukate pesade osatähtsuse ning pesakonna suuruse korrutisena (Steenhof & Newton 2007). Must-toonekure produktiivsuse trendi on määranud eeskätt edukate pesade osatähtsus, mis on viimase kolmekümne aasta jooksul olnud langustrendis. Huvitaval kombel on enamikul aastatest mõlemad näitajad olnud samal tasemel (pesitsusedukus 25–50%, produktiivsus 0,5–1), vaid uurimisperioodi esimeses osas oli rohkem tavapärasest kõrgema sigimisedukusega aastaid, viimasel kümnendil aga varasemast rohkem väga madala edukusega aastaid. Ehkki me ei saa välistada aastate valimi juhuslikkuse mõju, võib asurkonna suhteliselt hea uurituse taustal pigem oletada, et üksikud head aastad määravadki must-toonekure asurkonna pikaajalise keskmise sigimisedukuse. Soodsatel aastatel sirgunud järglaste konditsioon on hea, tõenäoliselt on nende edasine ellujäämus kõrgem ning nad jõuavad oluliselt sagedamini pesitsevasse asurkonda (Newton 1998).

Samas on keskmine pesakonna suurus olnud pikas perspektiivis stabiilne ning muutunud pole ka keskmine surnud poegade arv, ehkki lühematel perioodidel on muutusi märgata (vt ka Sellis 2000). Näiteks kasvas pesakonna suurus käesoleva sajandi esimesel kümnendil (joonis 4C). Võib oletada, et arvukuse languse käigus kadusid asurkonnast eeskätt madalama sigimispotentsiaalliga isendid, mis omakorda viis hea

sigimispotentsiaaliga isendite osatähtsuse tõusule. Isendite enda kvaliteedi asemel võib see tuleneda ka kodupiirkondade maastiku erinevustest: kehvema toiduressursiga kodupiirkonnad võisid jääda tühjaks, samas kui asustatuks jäid paremate tingimustega kodupiirkonnad. Pesakonna suuruse langus sajandi teisel kümnendil võib näidata, et pikaajalise langusega kaasnes ka kõrge sigimispotentsiaaliga või toidurikastel territooriumidel pesitsenud lindude kadumine.

Eesti must-toonekurgede produktiivsus (0,9 poega asustatud pesa kohta) on võrreldes lõunapoolsete asurkondadega madal. Võrdlevalt on produktiivsus Lätis 1,8 (Strazds 2011), Ukrainas 1,9 (Horban & Bumar 2006), Hispaanias 1,9 (Cano-Alonso & Tellería 2013) ja Saksamaal 2,0 (Dornbusch 2006). Erinevus tuleneb peamiselt madalamast edukate pesade osatähtsusest, sest näiteks Lätis on samasuguse meetodikaga määratud pesitsusedukuseks 63% (Strazds 2011) ja Leedus 66% (Treinys *et al.* 2008) ning Poolas koguni 84% (Czuchnowski & Profus 1996), ehk umbes kaks korda kõrgem kui Eestis (36%). Niisiis on must-toonekure pesitsusedukus oluliselt madalam just levila põhjapiiril, Eestis, kus asurkonnas on palju üksikuid linde (Konovalov *et al.* 2019). Üksikud linnud konkureerivad üksteisega nii pesapaikade kui partnerite pärast. Pesakaameratest on ilmnenu, et must-toonekurgede vahel toimub sageli kaklusi, mille käigus esineb munakurnade hävimist ja hülgamist ning väikeste poegade hukkumist. Ehkki hiljem võidakse muneda järelkurn, on sel juhul pesitsuse ebaõnnestumise tõenäosus suur, sest vanalinnud asuvad rändele

enne poegade lennuvõimestumist (kolm juhtumit aastatel 2020–2021).

Madal pesitsusedukus võib olla osaliselt põhjustatud ka teiste tegurite poolt. Pesitsusedukust võivad alandada kehvad ilmastikutingimused, mis liigi levila põhjapiiril on olulisema rolliga kui areaali keskmes. Ühtlasi on levila põhjaosas ilmastik võrdlemisi heitlik, mis põhjustab sigimisedukuse näitajate suurt varieeruvust. Kaamerauuringud on näidanud, et röövluse mõju pesitsusedukusele pole seni kuigi suur (Konovalov *et al.* 2019), kuid viimaste aastate andmed viitavad röövlindude (merikotkas, kanakull) kui potentsiaalsete pesapoegade murdjate mõju kasvule. Oma osa võib olla ka elupaikade seisundil. Eestis on pesapaigad suhteliselt hästi kaitstud ning metsaraie otsene mõju sigimisedukusele on väike (Rosenvald & Lõhmus 2003), kuid vanalinde võivad mõjutavad kehvad toitumisolud. Kesises konditsioonis vanalinnud võivad katkestada pesituse või koguni tappa oma järglased (Zielinski 2002), seda on täheldatud Eestiski.

Seire käigus kindlaks tehtud keskmine pesakonna suurus ei ole Eestis (2,5 poega) oluliselt madalam kui mujal Euroopas. Näiteks Lätis on vastava näitaja suurus 2,7 (Strazds 2011), Ungaris 2,6 (Tamás 2012) ja Leedus 3,0 (Treinys *et al.* 2008). See näitab, et pesitsevate paaride toitumistingimused pole Eestis pesitsuse algaasides keskmiselt halvemad kui mujal. Siiski ei saa tähelepanuta jätta noorlindude märkimisväärselt kõrget suremust hilisel pesitusajal või rände alguses. Tõenäoliselt on selle põhjuseks lindude madal konditsioon, mis

võib tuleneda saagi vähesusest pesituse lõpus või pärast pesitsust. Ilmselt on tegu metsakuivenduse mõjuga, mis põhjustab väikeste vooluveekogude kuivaks jäämist suve jooksul ning must-toonekurel on raskusi toidu leidmisega. Pikas perspektiivis vähendab kuivendus veekogude elustiku mitmekesisust ning saakloomade arvukust (nt Rosenvald *et al.*, 2014), seeläbi väheneb must-toonekure toidubaas.

Ellujäämus ja selle sugudevaheline erinevus

Must-toonekure näivat ellujäämust on varem uuritud vaid Ungaris (Tamás 2011), kus värvirõngastega lindude taasleidude põhjal oli vanalindude ellujäämus (0,84). Sealne tulemus on võrreldav käesolevas töös saadud tulemusega, kuid noorlindude ellujäämus (0,17) oli Ungaris kaks korda kõrgem kui Eestis (0,08). Niisiis iseloomustab Eesti must-toonekure asurkonda lisaks madalamale produktiivsusele ka kõrge noorlindude suremus. Näiva ellujäämuse puhul ei eristata suremust ja väljarännet, kuid suremuse suuremale ning väljarände väiksemale osale viitab asjaolu, et seni ei ole Eestis rõngastatud linde leitud pesitsemast mõnest teisest riigist, nagu ei ole Eestist leitud pesitsemas ühtegi mujal rõngastatud must-toonekure (Rõngastuskeskuse andmed).

Seire käigus tehti kindlaks 22% poegade hukkumine, kuid kindlasti jäi osa varakult hukkunud poegadest tuvastamata. Valge-toonekure pojad hukuvad eeskätt esimestel nädalatel pärast koorumist kehva ilma tõttu (Kosicki 2012), seetõttu on tähelepanuväärne

Eesti must-toonekure poegade kõrge suremus pesitsusperioodi lõpus, pärast rõngastusaega ning pärast pesast lahkumist. Ehkki pesapoegade hukkumine röövluse tõttu pole suur (Konovalov *et al.* 2019), on pesakaamerate abil kindlaks tehtud must-toonekure poegade ründamist kanakulli ja ronga poolt, lisaks murravad lennuvõimelisi poegi merikotkad. Käesolev töö näitas, et nii noorkui vanalinde ohustavad elektriliinid, ehkki selle ohuteguri suhtelist tähtsust ei maksa ülehinnata – liinide alt leitakse hukkunud linde lihtsalt sagedamini üles kui mujalt. Kogenud vanalindude elektriliinides hukkumise puhul ei saa siiski välistada keskkonnamürkide lisamõju, mis võib halvendada lindude koordinatsiooni ning muuta nende käitumist.

Eelmisel kümnendil oli rõngastatud noorlindude osatähtsus taasleidude seas tunduvalt madalam kui varasematel aastakümnetel, ühtlasi sagenes vanemate lindude kohtamine. Ehkki need näitajad on omavahel seotud, võivad muutuste põhjused olla erinevad. Vanemate lindude taaskohtamiste arvu tõus võib osaliselt olla põhjustatud meetodikast. Välitingimustes identifitseeritavate värvirõngastega hakati Eestis must-toonekurgi märgistama juba 1994. aastal, kuid pesakaamerate kasutuselevõtt suurendas taasleidude hulka pesitsevas asurkonnas märkimisväärselt alles möödunud kümnendil. Noorlindude osatähtsuse vähenemine viitab ilmselt nende kasvanud suremusele. Ilmekaks näiteks on noorlindude osakaalu vähenemine nii Eestis tehtud juhuvaatlustes kui ka Lähis-Idas peatuvate Eesti lindude seas (samasugust muutust on täheldatud

ka Iisraelis peatuvate Lätis rõngastatud lindude seas; Strazds 2011). Ei saa siiski välistada, et meie must-toonekured lihtsalt ei peatu enam Iisraelis, vaid teevad pikema rändepeatuse juba varem. Sellele viitavad GPS-saatjaga Eesti lindude rändepeatused Lõuna-Valgevenes, Ukrainas ja Rumeenias. Varasema rändepeatuse vajadus võib tuleneda lindude madalamast konditsioonist tänapäeval. Teisalt võib põhjuseks olla rändepeatuspaiakade kvaliteedi paranemine nimetatud riikides ja halvenemine Lähis-Idas.

Eesti must-toonekure asurkonda iseloomustab üksikute lindude rohkus (Konovalov *et al.* 2019). Varem on oletatud isaslindude ülekaalu (nt Sellis 2018), kuid konkreetsed andmed emaslindude kõrgemast suremusest või väljarändest seni puudusid. Käesolevas töös analüüsitud rõngataasleiud viitavad just emaslindude kõrgemale suremusele. Isaslindude taasleidude osakaal ja hinnanguline ellujäämus on kõrgemad ning nende maksimaalne eluiga on pikem kui emaslindudel. Isaslindude on pesitsevas asurkonnas registreeritud rohkem kui emaslinde, samuti on kindlaks tehtud hukkusjuhte emaslindude seas rohkem kui isaslindudel. Emaslindude taasleidude puudumine Iisraelist viitab nende sagedasemale suremusele enne rännet või rände algaasis. Ehkki mitmel pikamaaränduril, nagu näiteks roo-loorkullil (Panuccio *et al.* 2013) ja kalakotkal (Väli & Sellis 2016), on rändemuster soospetsiifiline, on valdava osa Eesti must-toonekurgede rändetele jäävate Iisraeli kalatiikide vältimine emaslindude poolt vähetõenäoline.

Lindude seas on sageli just emaslindude suremus kõrgem kui isastel, kuid põhjuseid on väga erinevaid (Donald 2007). Must-toonekurel võib põhjusena oletada emaslindude madalamat konditsiooni, mis viitab taas toidupuudusele. Täiskasvanud emaslindude madalama konditsiooni põhjused on ebaselged, kuid on võimalik, et emaslinnud ei suuda taastada munemisele kulunud energiat. Pesapoegade puhul võib oletada, et suuremakasvulised isased pojad on tugevamad ja agressiivsemad kui emased ning seeläbi suudavad omandada kiiremini ja rohkem toitu. Toidunappuse korral võibki seetõttu kannatada eeskätt emaste järglaste konditsioon. Seega võiks lühikeses perspektiivis kaaluda lisameetmena lindude lisa söötmist, mis on mõnikord osutunud edukaks meetmeks ohustatud asurkondade taastamisel (Jones 2004). Siiski on see meede töömahukas ning võib kaasa tuua negatiivseid tagajärgi (nt Carrete *et al.* 2006), mistõttu pikas perspektiivis tuleks pigem tegeleda toidupuuduse algpõhjuste kõrvaldamisega.

Kokkuvõte

Käesoleva töö tähtsaim tulemus on must-toonekure arvukuse languse ulatuse täpne kirjeldamine ning selle peamise põhjuse – noorlindude kõrge suremuse tõestamine, samuti on emaslindude suremus kõrgem kui isaslindudel. Tõenäoliselt tuleneb kõrge suremus noorlindude madalast konditsioonist, mis omakorda tuleneb eeskätt toidupuudusest. Toidupuudus ei kimbuta niivõrd pesitsuse algusperioodil, sest Eesti must-toonekurgede pesakonnad on sama

suured kui lõunapoolsetes asurkondades. Pojad võivad toidupuuduse tõttu kehvmasse konditsiooni jääda pesitsuse lõpu perioodil või pärast lennuvõimestumist, kui paljud vooluveekogud on juba kuivad, see viitab kuivenduse negatiivsele mõjule. Lisaks toidupuudusele võivad mõju avaldada ka haigused, parasiidid ning keskkonnamürgid, näiteks elavhõbe ja DDT. Kindlasti vajavad viimati mainitud tegurid edasisi lisauuringuid.

Tänuavaldused

Must-toonekure seires ja uurimises on osalenud suur hulk inimesi, kelle panuseta oleks käesolev artikkel jäänud kirjutamata; artikli käsikirja aitasid parandada anonüümse retsensendi asjalikud märkused ja soovitusel. Suur tänu neile kõigile! Rahaliselt on seiret toetanud Keskkonnaamet ja uuringuid Keskkonnaagentuur ning Keskkonnainvesteeringute Keskus; aastatel 2005–2009 rahastati neid valdkondi ka Euroopa Liidu LIFE programmi kaudu (projekt LIFE04 NAT/EE/000072 „Arrangement of spotted eagles and black stork conservation in Estonia’ in 2004–2009“). Artikli koostamist toetasid Keskkonnainvesteeringute Keskus (projekt nr 17341) ja Eesti Maaülikool (baasfinantseerimise toetus nr 8-10/167).

Kasutatud kirjandus

Bobek, M., Hampl, R., Peške, L., Pojer, F., Šimek, J., & Bureš, S. (2008) African Odyssey project—satellite tracking of black storks *Ciconia nigra* breeding at a migratory divide. *Journal of Avian Biology*, **39**, 500–506.

Cano, L. S., Franco, C., Doval, G., Tores, A., Carbonell, I., & Tellería, J. L. (2013) Conservation of Iberian Black Storks *Ciconia nigra* outside breeding areas: distribution, movements and mortality. *Bird Conservation International*, **23**, 463–468.

Carrete, M., Donázar, J. A. & Margalida, A. (2006) Density-dependent productivity depression in Pyrenean bearded vultures: implications for conservation. *Ecological Applications*, **16**, 1674–1682.

Chevallier, D., Le Maho, Y., Baillon, F., Duponnois, R., Dieulin, C., Brossault, P., De Franclieu, P., Lorge, P., Aurouet, A. & Massemin, S. (2010) Human activity and the drying up of rivers determine abundance and spatial distribution of Black Storks *Ciconia nigra* on their wintering grounds. *Bird Study*, **57**, 369–380.

Czuchnowski, R. & Profus P. (1996) The Black Stork in Poland: distribution, population changes and reproduction. II international conference on the black stork, 35. ADENEX, Merida.

Eelts, J., Kuresoo, A., Leibak, E., Leito, A., Lilleleht, V., Luigujõe, L., Lõhmus, A., Mägi, E., Ots, M. (2003) Eesti lindude staatus, pesitsusaegne ja talvine arvukus 1998–2002. a. *Hirundo*, **16**, 58–83.

Eelts, J., Kuresoo, A., Leibak, E., Leito, A., Leivits, A., Lilleleht, V., Luigujõe, L., Mägi, E., Nellis, R., Nellis, R., Ots, M. (2009) Eesti lindude staatus, pesitsusaegne ja talvine arvukus 2003–2008. *Hirundo*, **22**, 3–31.

Eelts, J., Leito, A., Leivits, A., Luigujõe, L., Mägi, E., Nellis, R., Nellis, R., Ots, M. & Pehlak, H. (2013) Eesti lindude staatus, pesitsusaegne ja talvine arvukus 2008–2012. *Hirundo*, **25**, 80–112.

- Elts, J., Leito, A., Leivits, M., Luigujõe, L., Nellis, R., Ots, M., Tammekänd, I. & Väli, Ü. (2019) Eesti lindude staatus, pesitsusaegne ja talvine arvukus 2013–2017. *Hirundo*, **32**, 1–39.
- Jones, C. G. (2004) Conservation management of endangered birds. *Bird ecology and conservation: a handbook of techniques*, **1**, 269–302.
- Jüssi, F. & Randla, T. (1970) O nekotoryh redkih vidah ptic v Estonij. *Materyaly VII pribaltijskoj ornitologicheskoy konferencij*, 95–96.
- Konovalov, A., Kaldma, K., Bokotey, A., Brossault, P., Chapalain, F., Dmitrenok, M., Dzyubenko, N., Sellis, U., Strazds, M., Strenna, L., Treinys, R., Zielinski, P. & Väli, Ü. (2015) Spatio-temporal variation in nestling sex ratio among the Black Stork *Ciconia nigra* populations across Europe. *Journal of Ornithology*, **156**, 381–387.
- Konovalov, A., Nellis, R., Nurmla, A., Sellis, U. & Väli, Ü. (2019) Solitude at periphery: lack of partners limits reproduction of the Black Stork (*Ciconia nigra*) at the margin of the distribution range. *Ornis Fennica*, **96**, 13–23.
- Kosicki, J. Z. (2012) Effect of weather conditions on nestling survival in the White Stork *Ciconia ciconia* population. *Ethology Ecology & Evolution*, **24**, 140–148.
- Kucharska, K., Binkowski, Ł. J. & Dudzik, K. (2021) Spatial and temporal trends in mercury levels in the down of Black Stork chicks in central Europe. *Environmental Pollution*, **274**, 116571.
- Lilleleht, V. & Leibak, E. (1993) Eesti lindude süstemaatiline nimestik, staatus ja arvukus. *Hirundo*, **1/1993**, 3–50.
- Lõhmus, A. (1994) Kulliliste ja kakuliste seire tänapäeva Eestis. *Hirundo* **1994/2**, 31–45.
- Lõhmus, A. & Sellis, U. (2001) Musttoonekure toitumispaigad Eestis. *Hirundo* **14**, 109–112.
- Lõhmus, A., Sellis, U. (2003) Nest trees – a limiting factor for the the Black Stork (*Ciconia nigra*) population in Estonia. *Aves*, **40**, 84–91.
- Lõhmus, A., Sellis, U. & Rosenvald, R. (2005) Have recent changes in forest structure reduced the Estonian black stork *Ciconia nigra* population? *Biodiversity and Conservation*, **14**, 1421–1432.
- Mank, A. (1970) Must-toonekurg. *Jaht ja ulukid. Eesti NSV Jahimeeste Seltsi aastaaraamat 1967–1968*. Valgus. Tallinn, Eesti.
- Newton, I. (1998) *Population limitation in birds*. Academic press.
- Panuccio, M., Mellone, U., & Muner, L. (2013) Differential wintering area selection in Eurasian Marsh Harrier (*Circus aeruginosus*): a ringing recoveries analysis. *Bird Study*, **60**, 52–59.
- Perrins, C. M., Lebreton, J. D. & Hiron G. J. M. (eds) (1991) *Bird Population Studies. Relevance to Conservation and Management*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Renno, O. (koostaja) (1993) *Eesti limmuatlas*. Valgus, Tallinn, Eesti.
- Rosenvald, R. & A. Lõhmus (2003) Nesting of the black stork (*Ciconia nigra*) and white-tailed eagle (*Haliaeetus albicilla*) in relation to forest management. *Forest Ecology and Management*, **185**, 217–223.
- Rosenvald, R., Järvekülg, R. & Lõhmus, A. (2014) Fish assemblages in forest drainage ditches: Degraded small streams or novel habitats? *Limnologia*, **46**, 37–44.

- Sellis, U. (2000) Kas must-toonekurg jääb elustama Eesti maastikku? *Hirundo*, **13**, 19–30.
- Sellis, U. (2018) Must-toonekurg. *Linnuatlas. Eesti haudelindude levik ja arvukus*. Eesti Ornitoloogiaühing, Tartu. Lk 166–167.
- Strazds, M. 2011. *Conservation Ecology of the Black Stork in Latvia. Dissertation for a PhD in Biology, Zoology*. University of Latvia, Riga.
- Tamás, E. (2011). Longevity and survival of the black stork *Ciconia nigra* based on ring recoveries. *Biologia*, **66**, 912–915.
- Tamás, E. A. (2012) *Breeding and migration of the Black Stork (Ciconia nigra), with special regard to a Central European population and the impact of hydro-meteorological factors and wetland status. Doctoral (PhD) thesis*. University of Debrecen, Debrecen, Hungary.
- Treinys, R., Löhmus, A., Stončius, D., Skuja, S., Drobelis, E., Šablevičius, S., Rumbutis, S., Dementavičius, D., Naruševičius, V. (2008). At the border of ecological change: status and nest sites of the Lithuanian Black Stork *Ciconia nigra* population 2000–2006 versus 1976–1992. *Journal of Ornithology*, **149**, 75–81.
- Väli, Ü.; Männik, R.; Nellis, R.; Sein, G.; Tuvi, J. (2011) Eesti kotkaste seire – näiteid haruldaste liikide staatus ja arvukuse määramisest. *Eesti Loodusuurijate Seltsi Aastaraamat*, **86**, 92–106.
- Zieliński, P. (2002) Brood reduction and parental infanticide—are the White Stork *Ciconia ciconia* and the Black Stork *C. nigra* exceptional? *Acta Ornithologica*, **37**, 113–119.

Summary

The abundance, reproductive success and apparent survival of the Estonian black stork population in 1991–2020

In Estonia, the black stork (*Ciconia nigra*) is a strictly protected species, whose conservation efficiency depends on precise monitoring of abundance and reproductive success. We analysed its population dynamics in 1991–2020 by combining abundance data from various monitoring plots. We also analysed changes in reproductive parameters during the same period, using nest monitoring results, and estimated apparent survival using resighting data of birds marked by colour rings or GPS transmitters. During the three decades, numbers of the black stork decreased three times in Estonia. We also detected significant decline of breeding success (from 45% to 25%), nearly significant decline of productivity (from 1.1 to 0.7 nestling per occupied nest) and decreasing proportion of juveniles among resighted birds. Mean apparent annual survival was 8–12% for 1st year birds and 78–84% for older birds (82–86% in males, 54–67% in females). The main proximate causes for decreasing black stork numbers in Estonia are probably low breeding success and high mortality of juveniles and adult females. The main ultimate cause is probably lack of food, owing to forest drainage, which is resulting in low condition of storks.

