



KESKKONNAAGENTUUR



Euroopa Liit
Ühtekuuluvusfond



Eesti
tuleviku heaks

Uued elurikkuse seiremetoodikad ELME projektis

Koondülevaade

Keskkonnaagentuur

2023

SISUKORD

1. Sissejuhatus	3
2. Rajakaamerad	5
2.1. Rajakaamerad linnuseires	5
2.2. Rajakaamerad ulukiseires, REM-metoodika ning tehisintellekt	6
3. Droonid.....	8
4. Helisalvestajad (akustilised sensorid) ja liigituvastustarkvara.....	11
4.1. Helisalvestajad linnuseires ja helituvastus masinõppega	11
4.2. Helisalvestajad ulukiseires	12
4.3. Helisalvestajate ning liigituvastustarkvara plussid ja miinused	13
5. DNA-uuringud ja elurikkuse seire	14
5.1. Näiteid eri liigirühmadest Eestist	14
5.2. Mandri-Eesti hundipopulatsiooni arvukuse geneetiline uuring.....	15
5.2.1. Eelinfo kogumine, töö planeerimine.....	15
5.2.2. Analüüsitava materjali kogumine	15
5.2.2.1. Väljaheidete kogumine.....	16
5.2.2.2. Muud proovid.....	17
5.2.3. Laboriuuring	18
5.2.4. Hundi DNA-uuringu tulemustest kuluefektiivsuse võtmes	18
6. Muu	21
6.1. Välitööarvutid.....	21
6.2. Andmehoidla	21
7. Kokkuvõte	22
Viited.....	23
Lisad	26

1. Sissejuhatus

Euroopa Liidu Ühtekuuluvusfondi ja SA Keskkonnainvesteeringute Keskuse kaasrahastatud Keskkonnaagentuuri (KAUR) juhitava ELME projekti („Elurikkuse sotsiaalmajanduslikult ja kliimamuutustega seostatud keskkonnaseisundi hindamiseks, prognoosiks ja andmete kättesaadavuse tagamiseks vajalikud töövahendid”, SFOS: 2014-2020.8.01.16-0112) üks tegevus oli vastavalt ELME TORT käskkirjale¹ olemasolevate elurikkuse seiremeetodite olukorra analüüsimine, uute alternatiivsete seiremeetodite väljatöötamine ja nende elurikkuse seires rakendama asumine. Projekti ühe väljundnäitaja sõnastuse kohaselt peab uusi seiremetoodikaid saama rakendatud kolm. Vastavalt ELME TORT käskkirja lisadele 1 ja 2 tuleb sihtväärtus saavutada 2023. a lõpuks ehk tegevuse tähtaeg on 31.12.2023.

Käesolev aruanne annab ülevaate, mida ELME projekti raames selle tegevuse käigus tehti, sh mida hangiti, kuidas (mis meetodikatega) vahendeid kasutati, kui edukaks ning kuluefektiivseks osutus vahendite kasutamine, millised on soovitud edasiseks vahendite kasutuseks ning millised on kolm kasutusele võetud meetodikat.

ELME vahenditest tellitud tööd ja soetatud vahendid koos maksumuste ning hankimise üldise ajakavaga on toodud tabelis 1. Tegevuste ettevalmistamisega alustati 2016. a algul, esimene tellitud töö (seiremeetodite indikatiivsuse analüüs, Jüssi ja Piirimäe, 2017; lisa 1) käivitus ehk leping sõlmiti 2017. a algul. Järgnesid teised tööd ja seadmete hankimine. Olenevalt konkreetse seiremetoodika ja/või -vahendi testimise edukusest ja kuluefektiivsuse hinnangutest ning rahalistest võimalustest jätkati ning jätkatakse perspektiivsete meetodikate ja/või seadmete kasutamisega (vt ka peatükk 7).

Käesoleva aruande koostamise hetkel on uute seiremetoodikate tegevuse kuludest ELME vahenditest ainsana veel lõpetamata andmehoidla kulud, seega täpne kulu ja lõplik tegevuse eelarve selgub 2023. a lõpuks. Aruande koostamise hetkel (2023. a veebruari lõpu seisuga) on tegevuse kogukulu (kui leppetrahv maha arvata) 189 627 eurot, kuluefektiivsuse hindamiseks oluline tegelik maksumus kokku (koos leppetrahviga) on 205 126,23 eurot.

¹ Keskkonnaministri 23.12.2015 käskkiri nr 1136 „Toetuse andmine rakendusametuse tegevuseks prioriteetse suuna nr 8 „Roheline infrastruktuur ja hädaolukordadeks valmisoleku suurendamine“ meetme nr 8.1 „Kaitsealuste liikide ja elupaikade säilitamine ning taastamine” tegevuse nr 8.1.8 „Elurikkuse sotsiaal-majanduslikult ja kliimamuutustega seostatud keskkonnaseisundi hindamiseks, prognoosiks ja andmete kättesaadavuse tagamiseks vajalikud töövahendid” raames“ ja selle muutmise käskkirjad.

Tabel 1. ELME projektist uute seiremetoodikate tegevuse raames tehtud rahalised kulutused.

Uute seiremetoodikate tegevuse ELME projektist makstud kulud	ost	maksumus (käibemaksuga)	ostu aasta
Seiremeetodite indikatiivsuse analüüs	Ülevaade „Eesti elurikkuse seiretööde ja nende meetodite indikatiivsuse analüüs“	11 880,00	2017
Rajakaamerad	kaamerad (26 + 25 komplekti)	10 431,40	2018–2019
	lisatarvikud (patareid, mäluaardid)	2 200,30	2018–2019
Droonid	Ülevaade „Tehnilised soovitusel mehitamata õhusõidukite kasutamiseks Eesti elurikkuse seires“	6 000,00	2018–2019
	ülevaate keelekorrektuur	397,85	2019
	droonid, 4 tk	8 225,52	2019
	tehniline koolitus	120,00	2018
Helisalvestajad (nn akustilised sensorid)	10 tk	14 500,00	2019
Automaattuvastustarkvara		1 224,00	2019
Mandri-Eesti hundipopulatsiooni arvukuse geneetiline uuring	laborianalüüsi riigihanke korraldamise teenus	1 190,00	2018–2019
	hankedokumentide tõlge inglise keelde	195,48	2018
	lisatarvikud kogumiskottidele (minigrip-kilekotid, kogumiskottide sildid, kummikindad)	377,38	2018–2019
	hundipopulatsiooni sõltumatu seire (kolm lepingut)	18 900,00	2018–2019
	hundigeneetika-alane väljaõpe Soomes	555,07	2018
	DNA-laborianalüüs	100 650,00	2019–2020
Välitööarvutikomplektid	2 tk	8 280,00	2018
Andmehoidla*		19 999,23	2021–2023
kokku		205 126,23	
leppetrahv		-15 500,10	
kolmanda tegevuse puudujääk		0,87	
tegevuse kogukulu*		189 627,00	

* lõplik kulu selgub 2023 detsembris ja läheb kirja lõpparuandesse

Projekti vahenditest tasutud kulud on tihedalt seotud KAURI spetsialistide seonduvate tegevustega, mida ELMEst ei rahastatud ja mille kirjeldused on samuti toodud käesoleva kokkuvõtte tekstis vastava teema juures.

Käesoleva aruande koostas ELME projekti juht Madli Linder KAURI eluslooduse osakonna abiga: linnuseirega seonduvatel teemadel koostasid info Rauno Kalda, Meelis Leivits, Rein Nellis ja Olavi Vainu, ulukiseire teemadel Rauno Veeroja, Marko Kübarsepp, Peep Männil ja Inga Jõgisalu. Rajakaameratest tuleb täpsemalt juttu peatükis 2, droonidest peatükis 3, helisalvestajatest peatükis 4, DNA-uuringust peatükis 5 ning välitööarvutitest ja andmehoidlast peatükis 6. Kokkuvõtte on tehtud 2023. a veebruari lõpu seisuga koondatud ja kätte saada olnud info alusel.

2. Rajakaamerad

Rajakaameraid on eluslooduse seires kasutatud juba enam kui kümme aastat. Taustainfot selle kohta saab nt KAURI seirefoorumil 14.11.2018 tehtud ettekandest (Linder et al., 2018), Keskkonnaministeeriumis 20.02.2019 Keskkonnaministeeriumi haldusalale tehtud ettekandest (Linder et al., 2019), kogumikust „Kaugseire Eestis 2021“ (Veeroja et al., 2022) jm.

2.1. Rajakaamerad linnuseires

ELME projekti raames (peamiselt) linnuseireks soetatud rajakaameraid (hangitud 2019. a, 25 tk, mudel Minox DTC 550) on kasutatud järgmiste kaitsealuste linnuliikide seiramil: must-toonekurg, kassikakk ja konnakotka segapaarid. Kaamerad võimaldavad jälgida pesa asustatust, poegade lennuvõimestumist ja kassikaku puhul pesitsusterritooriumite asustatust. Neid on kasutatud ka võsast puhastatud ojade ääres kontrollimaks, kas must-toonekurg neid kasutab. Kaamerate abil kogutud andmeid on kasutatud teadusartikli „Must-toonekure arvukus, sigimisedukus ja ellujäämus Eestis aastatel 1991–2020“ (Väli et al., 2021) koostamisel.



Joonis 1. Must-toonekure pojad. Foto: Rein Nellis

Kaamerate kasutamise statistika on toodud tabelis 2. Kotkaste ja must-toonekure puhul näitavad numbrid pesasid ning kassikaku puhul pesitsusterritooriumeid.

Tabel 2. Kaamerate kasutamine liikide kaupa.

Kaamerad (25 tk)	2019	2020	2021	kokku
Must-toonekurg	13	14	13	40
Kassikakk	9	10	6	25
Konnakotkaste segapaar	0	1	1	2

Lisaks on neid kaameraid kasutatud muudel eesmärkidel, näiteks andmete kogumiseks imetajate levikuatlase tarbeks ja muidu liigivaatluste tegemiseks. Näiteks 2022. aasta talvel saabus vihje, et Saaremaal on nähtud kahte ilvest ning õnnestus kindlaks teha ka üks murtud saakloom. Kaamerate abil õnnestus ilvese esinemine Saaremaal kinnitada.

Üldiselt on kaamerad toimunud hästi, osade kaamerate puhul on olnud tehnilisi probleeme. Kui kaamerad on paigutatud allapoole suunatud nurga alla on vahel juhtunud, et kaamera valgub vett täis.

Kaamerate plussid:

- võimaldavad koguda täpseid andmeid pika aja vältel, sellises mahus andmete kogumine nõuaks suurt välitööde mahtu;
- pesitsemise täpsem jälgimine ilma kaamerata suurendaks lindude häiringut;
- üks inimene saab hallata mitmeid kaameraid ja teha vaatluseid suuremal hulgal aladel;
- kaamerad võimaldavad koguda andmeid, mida ilma kaamerata on keerukas hankida, näiteks on selgunud, et Eestis on paljud must-toonekured üksikud, kes võivad ühel aastal asustada mitmeid pesasid. Samuti saab kaameraga ülevaate täpsest pesitsusfenoloogiast;
- kaamerate abil on võimalik operatiivselt reageerida ja kontrollida liigiandmeid (vt Saaremaa ilves).

Kaamerate miinused:

- kaamerate paigaldamine pesadesse on aeganõudev. Tavapärasele ühekordsele pesapaiga külastusele suurte poegade ajal lisandub kaks külastuskorda – esmalt kaamera ülespanemiseks enne lindude saabumist ja hiljem kaamera äratoomiseks pärast lindude lahkumist. Orienteeruvalt on aastatel 2019–2021 aastal kaamerate paigaldamiseks ja eemaldamiseks kulunud u 600 töötundi.

2.2. Rajakaamerad ulukiseires, REM-metoodika ning tehisintellekt

ELME projekti raames hangiti KAURile 2018. a kevadel ulukiseireks 26 rajakaamerat (mudel: Browning 2018 Dark Ops Pro XD). Nende kaameratega viidi 2018. ja 2019. aasta kevadel läbi REM (*Random Encounter Model*, Rowcliffe et al., 2008) metoodikaga ulukite arvukuse hindamise eksperiment. Nii REM-metoodika ülevaade kui ka eksperimendi tulemused on kokku võetud KAURis 2019. aastal koostatud aruandes „Rajakaamerate kasutamine ulukite arvukuse hindamiseks juhusliku kohtamise mudeli abil“ (Veeroja ja Linder, 2019) ja ajakirja Eesti Jahimees 2020. a veebruarinumbris (Veeroja ja Linder, 2020).

ELME projekti raames soetatud kaamerad (need, mis veel töökorras) on KAURis nii REM-metoodikaga ulukite asustustiheduse hindamiseks kui ka spetsiifilises suurkiskjate, eeskätt hundi seires kasutusel tänaseni. REM-metoodikaga kogutud andmetest annab ülevaate tabel 3.

Tabel 3. KAURi poolt REM-metoodikaga läbi viidud seiretööd erinevatel seirealadel. REM-loenduse läbiviimise aeg, kasutuses olnud erinevate kaamerate arv, kaamera asukohtade arv, kogunenud fotofailide arv ja maht, eristatud liikide arv ja kasutatud kaamerate päritolu ehk vahendid, mille eest kaamerad soetati.

Aasta	Algus	Lõpp	Seireala	Kasutatud kaamerate arv	Kaamera asukohtade arv	Fotofailide arv	Eristatud liikide arv	Andmemaht (GB)	Kasutatud kaamerate päritolu
2018	04.05.2018	23.06.2018	Karilatsi-Ihamaru	24	140	32712	19	67,0	ELME
2019	08.04.2019	27.05.2019	Järvselja	20	140	13328	18	41,0	ELME
2020	08.04.2020	02.06.2020	Kulllavere-Pala-Kaiu jv	20	80	94261	21	325,0	KAUR eelarve
2020	02.11.2020	16.12.2020	Koimla-Kõrkküla	20	40	9438	12	5,6	KAUR eelarve
2021	07.04.2022	02.06.2022	Kooraste-Urvaste-Sulbi	16	64	16506	17	54,7	KAUR eelarve
2021	06.04.2022	01.06.2022	Lõõla-Vahastu	16	64	46051	17	64,2	ELME
2021	27.10.2021	21.12.2021	Valjala-Tagavere-Laimjal	16	32	8228	11	4,5	KAUR eelarve
2021	28.10.2021	22.12.2021	Linnuse (Eiklast põhjas)	16	32	5502	11	3,0	ELME
2022	28.01.2022	16.03.2022	Leluselja	18	18	5462	9	3,6	KAUR eelarve
2022	17.03.2022	18.04.2022	Kanapeeksi-Tahkuna	29	29	11350	13	13,0	KAUR eelarve
2022	19.04.2022	03.06.2022	Käina-Tubala	27	27	42960	*	54,5	KAUR eelarve
2022	18.10.2022	02.12.2022	Eidapere-Kadjaste-Vändr.	20	40	3262	*	2,0	ELME
2022	19.10.2022	30.11.2022	Valga-Õru	20	40	3014	*	2,1	KAUR eelarve

* fotode analüüs pooleli

Paraku on viie aasta jooksul ligi pooled 2018. aastal soetatud kaameratest kas osaliselt (osad funktsioonidest ei toimi) või täielikult oma töövõime kaotanud. Samas on KAUR oma eelarvelistest vahendites uusi rajakaameraid juurde soetanud. Näiteks ELME projektiga soetatud kaameramudelit on juurde hangitud kokku 51 tükki.

ELME projekti raames testitud REM-metoodika on KAURil plaanis laialdasemalt kasutusele võtta alates 2023. a sügisest / 2024. a kevadest. Selleks on KAURil 2023. aasta kevadel kavas viia läbi hange suurema hulga (esialgsete plaanide kohaselt 600–800) rajakaamera hankimiseks.

Rajakaameratega kogutud pildimaterjali kiiremaks analüüsiks arenes mh ELME raames tehtud katsetustest idee tehisintellektimetoodika rakendamiseks. 2019. a sügisel osaleti sel teemal nt üritusel [AccelerateEstonia Moonshot Hackaton](#), järgnesid arutelud Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumiga, kelle juhtimisel arendatakse nn krati- ehk tehisintellektiprojekte ning 2021. aastal valmiski tehisintellektil tuginev tarkvara prototüüp (SF projekt „Seire ja liigituvastus pildituvastuse abil (tehisintellekt)“ nr 2014-2020.12.03.20-0699. ERDF 2014-2020.12.3.1). Lisaks tehisintellekti poolt eristatavatele sisukatele (imetajaid või linde sisaldavatele) fotodele ja fotodel olevate isendite liigi tuvastamisele hinnatakse selles süsteemi poolautomaatselt ka kõik REM-metoodikaga asustustiheduse määramiseks vajalikud parameetrid (isendi asukoht vaatlusjuhtumi esimesel fotol, vaatlusjuhtumi kestvus ja isendi poolt vaatlusjuhtumi vältel läbitud vahemaa, isendite arv, liigi aktiivsuseindeks) ja lõpuks ka liigi REM-asustustihedus piirkonnas. Nagu selliste uudsete arenduste puhul ikka, vajab ka antud tarkvara prototüüp veel täiendavat arendamist, suurendamiseks süsteemi poolt tehtavate erinevate parameetrite määrangute täpsust ja liigituvastuskeskkonna kasutusmugavust ning vähendamaks spetsialistide ajakulu vigaste määrangute parandamisel. Liigituvastuskeskkonna arendamiseks tellis Keskkonnaministeeriumi infotehnoloogiakeskus (KEMIT) 2022. aastal vastavasisulise analüüsi ning KAURil on plaanis 2023. aasta teises kvartalis viia läbi hange süsteemi edasiarenduste tellimiseks.

Tehisintellektil ja REM-metoodikal põhineva kaameraseire arendamise ja kasutuselevõtmise esmane tegevuskava koostati KAURis juba 2019. a lõpus (Linder ja Veeroja, 2019), värsked

plaanid koos kuluefektiivsuse hinnangutega on detailselt lahti kirjutatud KAURis 2022. a lõpus valminud kaameraseire tegevuskavas (Veeroja, 2022b).

Hiljutisemaid ülevaateid REM-metoodikal ja tehisintellektil põhineva kaameraseire tegevuste kohta (seondvalt mh ELMEs alustatuga) leiab nt kogumikust „Kaugseire Eestis 2021“ (Veeroja et al., 2022), 24.–25.08.2022 toimunud Keskkonnaameti liigikaitse konverentsil tehtud ettekannetest (Kark, 2022; Veeroja, 2022a) ning 23.01.2023 ERRi saatel „Osoon“.

3. Droonid

Põhjaliku uuringu elurikkuse seires droonide ehk mehitamata õhusõidukite kasutamise praktikast, võimalustest ja soovitudest, sh linnuseires kasutamisel koostasid ELME projekti raames 2018.–2019. a Tartu Ülikooli teadlased Marko Kohv ja Edgar Sepp (Kohv ja Sepp, 2019; lisa 2). Droonide kasutamise võimalusi elurikkuse seires tutvustati ka KAURi seirefoorumil 14.11.2018 (Linder et al., 2018) ning Keskkonnaministeeriumis 20.02.2019 tehtud ettekandes (Linder et al., 2019).

Nimetatud ülevaate töö tellimisele ja droonide soetamisele eelnes 2018. a mehitamata õhusõidukite valdkonna rahvusvaheline koolitus, kus osales Madli Linder (kulud kaeti ELME vahenditest).

ELME projekti vahenditest hangiti 2019. a suvel neli drooni (mudel DJI Mavic 2 Zoom), mida kasutab KAURi eluslooduse osakonna seire töörühm ja partnerid. Droone on kasutatud linnustiku seires sigimisedukuse ja pesade asustatuse hindamiseks ning linnukolooniate loendamiseks. Peamised seiratud liigid on kormoran, hallhaigur, hõbehaigur, merikotkas, väike-konnakotkas, kanakull, kalakotkas, hiireviu ja must-toonekurg.

Kolme aasta jooksul on kontrollitud 620 röövlinnupesade, neist 482 on kotkaste pesad (tabel 4). Droonivaatlus võimaldab ilma linnude liigselt häirimata teha kindlaks järglaste arvu ja pesa asustatuse. Droon võimaldab paljudel juhtudel vähendada pesa juurde minekuks kuluvat aega ning kontrollida sama ajakuluga rohkem pesi. Lisaks pesade seiramisele kasutati drooni ka uute pesade otsimiseks nii metsamaastikus kui ka rabades.

Tabel 4. Kontrollitud röövlinnupesade ja must-toonekure pesade arv aastate kaupa.

liigirühm	2019	2020	2021	kokku
kotkas	151	135	196	482
kulliline	33	35	62	130
kakuline	0	4	4	8
must-toonekurg	3	1	6	10
kokku	187	175	268	630



Joonis 2. Merikotka noorlinnud pesal. Foto: Aarne Tuule.

Droone on kasutatud edukalt ka linnukolooniate loendamisel. Drooniloendust on siiani kasutatud hallhaigru, hõbehaigru ja kormorani kolooniate puhul, kuna antud liikide pesad on ümbritsevast keskkonnast sageli hästi eristuvad ja fotodelt tuvastatavad. Kahe aastal vältel on drooniga loetud üle 10 300 haudepaari, 2020. aastal loendati 520 pesa, kuid 2021. aastal loendati juba ligi 9800 pesa (tabel 5). Suur kasv tuleneb droonide kasutamisest kormorani kolooniate loendamisest Soome lahe laidudel.

Tabel 5. Loendatud pesade arv haigrute ja kormoranide kolooniates.

Liik	2020	2021	kokku
haigrud	190	950	1140
kormoran	330	8841	9171
kokku	520	9791	10 311

KAURi töötajate ja koostööpartnerite poolt kasutati droone 2019.–2021. aastal kokku 677 pesa kontrollimisel. Lisaks loendati lennuvahendiga 54 linnukolooniat. Hinnanguliselt võimaldas droonide kasutamine säästa vähemalt 550 töötundi (tabel 6).

Tabel 6. Droonide kasutamine KAURi töötajate ja partnerite poolt poolt linnustiku seires (pesade arv, v.a kolooniate puhul).

	2019	2020	2021	kokku	Ajavõit
Herilaseviu	3	1	0	4	
Hiireviu	22	13	21	56	
Kanakull	8	21	38	67	
Raudkull	0	0	1	1	
Merikotkas	122	103	163	388	400 h
Kaljukotkas	0	2	0	2	
Kalakotkas	11	10	12	33	50 h
Konnakotkas	18	20	21	59	30 h
Tuuletallaja	0	0	2	2	
Händkakk	0	0	2	2	
Kassikakk	0	1	1	2	
Kõrvukräts	0	3	0	3	
Laululuik	0	3	7	10	10 h
Ronk	3	6	2	11	
Must-toonekurg	3	1	6	10	10 h
Hallhaigru kolooniad	0	1	1	2	10 h
Hõbehaigru kolooniad	0	4	3	7	
Kormorani kolooniad	0	3	15	18	40 h
	190	192	295	677	550 h



Joonis 3. Kormorani koloonia Uhtju laiul Foto: Aarne Tuule.

Drooniseire plussid:

- võimalik on vähendada ühe pesa seiramiseks kuluvat ajakulu ja suurendada seiratud pesade hulka;
- teostada seiret ohutumalt, ilma droonita on sageli, röövlindude ja must-toonekure puhul, vajalik ronida puu otsa, millega kaasnevad riskid seirajale;
- võimalik on (efektiivsemalt) otsida pesasid, mille täpne asukoht pole teada, või leida ulatuslikult maastikult või metsamassiivist päris uusi pesasid, ning kiiresti selgeks teha nende asustatus ja neid asustav liik;
- võimalik on kontrollida pesasid, mille juurde ei saa ronida (nt ohtlikud puud, kalakotkapesad kõrgepingeliinide elektripostide otsas);
- võimalik on efektiivsemalt loendada aladel, kuhu on raske ligipääs või mis on kaugel (nt roostikud, järsakud, laiud, rabad vms);
- võimalik on loendada suuri kolooniad, minimeerides lindude häirimist ning vähendades tööaega (haigrud, kormoranid, luiged jne);
- väheneb lindude häirimine.

Drooniseire puudused:

- Drooniseiret saab kasutada vaid osade röövlinnu- ja must-toonekure pesade puhul, kõik pesad ei ole drooniga nähtavad ja neile pole okste tõttu võimalik piisavalt lähedale lennata.

4. Helisalvestajad (akustilised sensorid) ja liigituvastustarkvara

4.1. Helisalvestajad linnuseires ja helituvastus masinõppega

ELME projekti raames 2019. a soetatud kümnest helisalvestajast (mudel *Song meter SM4*) kaheksat on kasutatud I kaitsekategooriasse kuuluva kassikaku ja rabakana ning II kategooriasse kuuluva põldtsiitsitaja ja mudanepi seire ning uuringute tarbeks. Enim on salvestajad kasutatud leidnud kassikaku seires, kontrollimaks potentsiaalsete elupaikade asustatust. Kassikaku seire aruanded on leitavad Keskkonnaseire infosüsteemist [seireprogrammi kassikakk](#) alt. Kontrollitud kassikaku elupaikade arv on toodud tabelis 7.

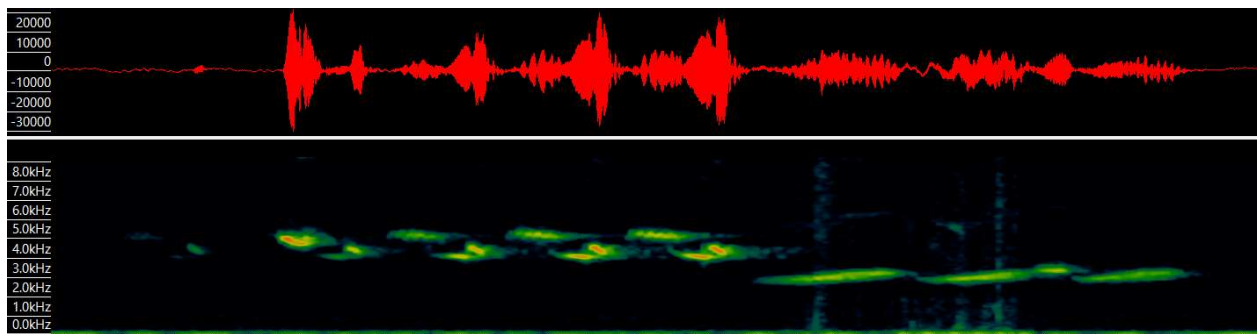
Tabel 7. Helisalvestajatega kontrollitud kassikaku elupaikade hulk.

Salvestaja (5 tk)	2019	2020	2021	kokku
Kontrollitud kassikaku elupaiku	6	9	15	30

Helisalvestajad võimaldavad jälgida elupaigas toimuvat pika aja vältel. Üks helisalvestaja aku peab hetkel vastu umbes 10 päeva. Seega on kokku salvestajaid kasutatud u 300 päeva jooksul ja salvestatud ligi 3000 tunni vältel. Ühtegi uut kassikaku pesitsusterritooriumit ei ole leitud, mis viitab liigi asurkonna jätkuvalt halvale seisule.

Helisalvestiste analüüsimiseks ja liikide tuvastamiseks soetati ELME projekti vahenditest masinõppe meetodil põhinev tarkvara Kaleidoscope Pro 5. Tarkvara võimaldab grupeerida sarnaseid helisid ning luua kindlatest liigimäärangutest klassifikaatorid, mis võimaldavad hiljem sihipäraselt kindlat liiki otsida. Tarkvara potentsiaal on suur, kuid kuna see ei sisalda andmebaasi liikide kohta, on töövoog ajakulukas. Sihtliigi tuvastamiseks on vaja kõigepealt treeningandmete põhjal luua vastavad klassifikaatorid või läbi vaadata suur hulk grupeeritud helifaile. Tarkvara võimekus eristada helisid sõltub suuresti ka liigist ja vastavast helist. Lisaks klassikakule on helisalvestistes suur potentsiaal ka muude liikide tuvastamiseks, mida me hetkel kasutada veel ei ole suutnud. Edaspidi plaanime võimalusel katsetada ka muid tarkvaralisi lahendusi, mis võiksid töövoogu kiirendada ja efektiivsemaks muuta.

Helisalvestajaid on kasutatud ka põldtsiitsitaja lauluaktiivsuse uurimiseks. 2020. aastal koguti ühest leiukohast kahe seadmega 627 vaatlustundi. Meetod on liigi lauluaktiivsuse hindamiseks toimiv ja võimaldab kirjelda liigi käitumist. Samas on salvestuste läbitöötamise ja liigi tuvastamise ajakulu väga suur (16 töönädalat), Kaleidoscope Pro 5 tarkvara abil võiks aja kokkuhoid olla märkimisväärne.



Joonis 4. Põldtsiitsitaja spektrogramm Kaleidoscope Pro 5 tarkvara tööaknas.

Kokkuvõtvalt on bioakustiliste meetodite kasutamise potentsiaal suur, kuid hetkel on vajalik paremini läbi mõelda helianalüüsi etapp. Hetkel kulub helifaile analüüsiks liiga palju aega. Kaaluda tuleb mõne muu tarkvara proovimist, hetkel on plaanis katsetada tehisintellektil põhineva tarkvara BirdNet kasutamist.

4.2. Helisalvestajad ulukiseires

ELME projekti raames 2019. a soetatud kümnest helisalvestajast (mudel *Song meter SM4*) kaks on alates 2020. aastast kasutusel hundiseires. Salvestajad kasutab KAURi eluslooduse osakond huntide pesitsusperioodil maist oktoobri lõpuni, need aitavad selgitada järglaskonna olemasolu. Aparaadid on seni leidnud kasutust 60–90 ööpäeva seadme kohta aastas.

Seadmed paigutatakse huntide pesitsusterritooriumidele. Asukohavalik tehakse olemasoleva teadmise, tegevusjälgede jm eelinfo alusel. Kuna Eestis on hundipesakondi vähe, siis pole asukohti raske valida.

Salvestajaid on hea kombineerida rajakaameratega. Uuemad kasutusel olevad rajakaamerad teevad küll ka videoid ja neil on ka mikrofonid, aga need pole eriti head, kuna nad pole otseselt selleks otstarbeks mõeldud.

Helisalvestajad aitavad tuvastada, kas on pesitsuse, s.o kutsikate hääli. Vanad hundid pole pesitsusajal nii vokaalsed, aga on võimalik ka nende infot saada. Võimalik on seejuures tuvastada selliseid vanaloomi, kes ei vasta peibutusele, aga omavahel suhtlevad – see jääb salvestisele. Aparaadid toimivad pesast isegi 400–500 m kaugusel.

Praeguse seisuga tuleb salvestised füüsiliselt ise läbi kuulata, sest automaattuvastuseks on õpetusandmed puudulikud. Õpetusandmete väljatöötamine pole ka väga lihtne, sest hundi hääliksused on väga varieeruvad.

Helisalvestajate kasutamisel on sihtliigiks olnud hunt, kuid salvestistelt saab infot ka teiste liikide kohta, loomadest nt karu, ilvese, põdra, metssea kohta. Ilvestel pole pesakondi helisalvestajatega siiski võimalik tuvastada, kuna pojad eriti ei häälitse ja ka vanaloomad teevad vähe häält – ilveste puhul töötavad seega paremini siiski visuaalsed vaatlused (rajakaamerad, keegi näeb oma silmaga, jäljed lumel).

Kasutusel olevad helisalvestajad on väga töökindlad ja kuluefektiivsed ning tegemist on levinud meetodikaga, nt kasutavad samu aparate ja mudelit hundiuurijad ka USAs. Kuna hundid on aktiivsed just öösi, on helisalvestajate kasutamine juba praeguseks väga palju metsas viibimise aega kokku hoidnud.

Salvestatud materjali koguneb palju ja seda on aeg-ajalt tarvis sorteerida. Seadmetega kaasa olnud 256 GB mahutavale mälukaardile mahub 10–14 päeva (olenevalt, milliseid helisid salvestas) materjal.

4.3. Helisalvestajate ning liigituvastustarkvara plussid ja miinused

Plussid:

- helisalvestajad võimaldavad koguda väliandmeid pika perioodi vältel ja teha seda kuluefektiivselt;
- pikk vaatlusperiood võimaldab otsida vähearvukaid ja raskesti leitavaid liike;
- ühe liigi otsimisel saab koguda infot ka teiste piirkonnas esinevate liikide kohta;
- liike on võimalik salvestistelt otsida, kasutades liigituvastustarkvara, hetkel on vaja sel suunal veel teadmisi ja oskuseid täiendada.

Miinused:

- hoolimata liigituvastustarkvara olemasolust on helisalvestiste läbi töötamine veel väga ajamahukas. Vajalik on tegeleda oskuste parandamisega ja erinevate tarkvaralahenduste katsetamisega.

5. DNA-uuringud ja elurikkuse seire

5.1. Näiteid eri liigirühmadest Eestist

Eluslooduse seirega, sh liikide ja isendite tuvastamise ja populatsioonide arvukuse hindamisega seonduvaid DNA-uuringuid on Eestis läbi viidud juba üsna pikka aega. Lisaks traditsioonilisemale konkreetset isendilt võetud DNA analüüsimisele on hiljutisemateks lähenemisteks nn eDNA (*environmental DNA*) ehk keskkonna DNA meetodid, mis põhinevad organismidest nende elutegevuse käigus keskkonda (nt pinnasesse, veeorganismidest vette vm) eraldunud DNA kogumisel ja analüüsimisel. Väljaheidetes sisalduva DNA kasutamine on midagi nn traditsioonilise lähenemise ja eDNA meetodika vahepealset.

Geneetiliste uuringute seires kasutamise vajalikkus on mh välja toodud mitmetes värsketes eri elustikurühmadesse kuuluvate liikide kaitse tegevuskavades jm uuringute dokumentides.

Aastateks 2021–2025 koostatud **suur-konnakotka** kaitse tegevuskavas (Väli, 2020) sedastatakse, et geneetiline seire (s.t., liigi tuvastamine DNA põhjal) on suur-konnakotka asurkonna seisundi jälgimiseks hädavajalik, sest visuaalsete vaatluste põhjal tuleb märkimisväärselt sageli ette eksimääranguid (Väli, 2018).

Lendorava kaitse tegevuskavas aastateks 2023–2028 (Timm et al., 2023) märgitakse, et üks perspektiivne moodus Eesti lendoravapopulatsiooni arvukuse hindamiseks on geneetiliste meetodite kasutamine, mis võimaldab väljaheidetest eraldatud DNA põhjal indiviidide eristamist ning seeläbi nii minimaalse isendite arvu määramist kui ka efektiivse populatsiooni suuruse arvutamist. Esmane kogemus DNA-põhiseks lendoravapopulatsiooni uurimiseks on olemas (Nummert et al., 2020). Tegevuskava kohaselt on edaspidi plaanis välja töötada ülegenoomne Eesti lendoravapopulatsiooni seisundiseire meetodika ning selle alusel läbi viia Eesti lendoravapopulatsiooni tervikanalüüs.

Mereelustiku puhul on hea näide Eestist tuua projektist „Eesti mereala keskkonna ja loodusväärtuste hindamise ja seire innovaatilised lahendused“ (nn **mereRITA**), mille raames töötasid teadlased välja eDNA-põhised meetodid **võõrliikide varajaseks avastamiseks** Läänemeres (Panksep et al., 2021) ning **haugi arvukuse hindamiseks** (Vasemägi, et al., 2021). Projekti aruandes on antud ka konkreetset soovitused eDNA meetodika integreerimiseks riiklikku mereseiresse, eelkõige võõrliikide varajaseks avastamiseks. eDNA-põhised meetodid on hinnatud võõrliikide seire otstarbel rakendamiseks äärmiselt kulutõhusaks ning välja toodud DNA-põhiste meetodite mitmeid eeliseid traditsiooniliste loomade püüdmisel põhinevate meetodite ees, nt küllaltki väiksemahuliste ja pisteliste proovide abil võõrliikide leviku kontrollimine suurtel aladel, liikide tuvastamine juba nende väikeste arvukuste juures jne (Martin, 2022). 2022.–2023. a on vastavad tegevused mereseires juba ka käivitunud ning teadus-arendusprojektide abil edasiarendamisel (info Keskkonnaministeeriumi mereosakonnalt 15.03.23 Keskkonnaministeeriumi teadusuuringuid tutvustaval infopäeval).

Samuti on keskkonna DNA meetodika kasutamine perspektiivikas **võõrvähiliikide** ja nendega leviva vähikatku tuvastamiseks ja uurimiseks. Meetodit arendatakse mitmes Euroopa riigis ning see on leidnud rakendamist ka praktikas. Koostöös Norra, Rootsi, Soome jt riikide ekspertidega on vajalik meetodi arendamine ja rakendamise võimaluste selgitamine Eesti tingimustes (jõevähi kaitse tegevuskava aastani 2025 – Hurt, 2021).

Suurkiskjate arvukuse DNA-põhist hindamist on praeguseks pilootprojektidena Eestis katsetatud mitu korda (vt ka peatükk 5.2.4 ning Veeroja, 2017 ja Veeroja et al., 2023), neist mastaapseim üritus toimus ELME projekti raames (vt peatükk 5.2).

5.2. Mandri-Eesti hundipopulatsiooni arvukuse geneetiline uuring

Hundiseire toimub Eestis praegu juhuvaatluste ja spetsiaalsete liigipõhiste vaatluste, kütitud isendite biomaterjali, kahjustuste info, jäljeinfo jm alusel. Nende nn traditsiooniliste meetoditega võivad aga kaasneda hinnanguvead, millel on erinevaid põhjuseid, nagu jäljeloenduseks ebasobivad lumevaesed talved, ebaühtlane küttimissurve jne. Ka on nii jälgede kui ka loomavaatluste järgi eri isendeid raske kindlaks teha, mistõttu tekib sama isendi mitmekordse loendamise oht. Mõned karjad võivad aga hoopis tuvastamata jääda.

Hindamaks, kui hästi on Eestis rakendatav juba mitmes riigis katsetatud DNA-põhine lähenemine hundi arvukuse hindamiseks, testiti ka ELME projekti raames Eesti hundipopulatsiooni suuruse määramist geneetilise uuringu abil.

Tegemist oli mahuka ja kompleksse tööga, mis võttis aega 2018. a suvest 2020. a kevadeni. Järgnevalt on alapeatükkidena kirjeldatud töö käiku etappide kaupa.

5.2.1. Eelinfo kogumine, töö planeerimine

Töö planeerimisega, sh töörühma kokkupanekuga alustati KAURis mais-juunis 2018. Uuringut juhtis KAUR (Marko Kübarsepp, Rauno Veeroja, Peep Männil, Uudo Timm, Inga Jõgisalu, Madli Linder) koos toonase Keskkonnainspektsiooni (Liivi Plumer) ja Keskkonnaametiga (Margo Tannik jt) – edaspidi nimetatud ka põhitöörühmaks; lisaks löid kaasa Eesti Jahimeeste Selts (Tõnis Korts, Andres Lillemäe jt) ja Keskkonnaministeerium (Tõnu Traks, Karli Ligi jt). Suuremad nõupidamised algasid augustis 2018.

Kogu töö otsustati üles ehitada, toetudes Soome selleks ajaks juba kolme aasta pikkusele hundiseires DNA-põhise meetodika katsetamise kogemusele. Töörühma kuuluv hundigeneetik Liivi Plumer (tegeleb oma teadustöös mh hundigeneetikaga) ja KAURi hundiekspert Marko Kübarsepp käisid ELME vahenditest 2018. a augustis väljaõppel Soome hundiekspertide juures kogemusi omandamas. Soomlastelt saadi praktilist nõu materjali kogumisest, sh juhendi koostamisest geneetiliste analüüside tehniliste detailideni, mis olid abiks ja aluseks laborianalüüside hanke lähteülesande koostamisel.

5.2.2. Analüüsitava materjali kogumine

Analüüsideks koguti järgmine materjal:

- ekskremendid ning vere- ja süljeproovid loodusest;
- kütitud huntide koeproovid;
- murtud lammastelt võetud murdja süljega kokku puutunud villaproovid;
- koerte vereproovid (koerte ja hübriidide välistamiseks).

5.2.2.1. Väljaheidete kogumine

Väljaheidete kogumise ettevalmistamisega alustati 2018. a suvel, mis hõlmas

- proovide kogumise juhendi koostamist,
- proovide kogumise võrgustiku loomist ja teavitamist,
- kogumiskottide ettevalmistamist ja üle Eesti laialijagamist.

Proovide kogumisel ohutuse tagamiseks ning proovi võimalikult kvaliteetsena kogumiseks ja säilitamiseks koostati juhend (vt lisa 3; avalikustati ka KAURi kodulehel [siin](#)).

Kõikidesse maakondadesse (sh igaks juhuks Hiiu- ja Saaremaale) loodi võrgustik, kuhu proove koguda ja neid sobilikes tingimustes (sügavkülmikutes) enne laborisse viimist vaheladustada. Lepiti kokku kogumise kohta juhiseid ja materjale jagavad ning proove koondavad nn koordinaatorid ja kogumiskohtade kontaktisikud (kokku 28 inimest), tehti avalikuks nende kontaktid ning kogumiskohtade asukohad (üle Eesti 16: jahimeeste seltside, -klubide ja -liitude ning Keskkonnaameti ja KAURi kontorid; vt lisa 4; nimekiri avalikustati ka KAURi kodulehel [siin](#)).

Komplekteeriti ja märgistati unikaalsete ID-dega proovide kogumiskomplektid. Komplekt sisaldas kummikindaid, kilekotti väljaheite jaoks, ankeeti ja kilekotti jäetavat sedelit unikaalse ID-ga. Komplektid jagati kogumiskohtadesse, koordinaatoritele ja kontaktisikutele.

Lisaks isiklikule suhtlusele jahimeeste jt-ga **teavitati kogumisest meedias**, nt ilmus artikkel ajakirja Eesti Jahimees 2018. a oktoobrinumbris (Linder, 2018) ning 2019. a algul Eesti Jahimeeste Seltsi kodulehel (Eesti Jahimeeste Selts, 2019); samuti artiklid Looduskalendri veebilehel (Looduskalender, 2018), Postimehe lisalehes Sinu Mets (Sinu Mets, 2018), Lääne Elus (Reiljan, 2018), Eesti Päevalehes (Orav, 2019), Põhjarannikus (Põhjarannik, 2019), Pärnu Postimehes (Pärnu Postimees, 2019) jm.

Avalikkusele tutvustati uuringut ka KAURi seirefoorumil 14.11.2018 (Linder et al., 2018) ning Keskkonnaministeeriumis haldusala laiemale huviliste ringile 20.02.2019 (Linder et al., 2019), samuti käidi rääkimas eri huvigruppidele, nt terioloogidele 14.09.18 Eesti Terioloogia sügiskoolis ja jahimeestele, nt tehti ettekanne 01.02.2019 Tartu Jahindusklubis jahiseltside juhtidele.

Lisaks **põhitöörühmale** ja **vabatahtlikele** koguti väljaheiteid (kindlustamaks minimaalset materjali hulka) ELME vahenditest tasustatud ekspertide teostatud nn **sõltumatu seire raames**. Mandri-Eesti jaotati teadaolevate hundipesakondade paiknemise järgi neljaks piirkonnaks (joonis 5), kust proovide kogumiseks küsiti varasema sobiliku välitöökogemusega ekspertidelt hinnapakkumised. Tööd teostasid füüsilisest isikust ettevõtja Algirdas-Andrus Martsoo, mittetulundusühing Arktos ja VS Kanarbik OÜ. Lepingud sõlmiti 2018. a lõpus–2019. a algul, tööd võeti vastu 2019. a kevadel. Osale nr 3 hinnapakkumust ei laekunud, selle katsid põhitöörühma liikmed (peamiselt Marko Kübarsepp) ise.



Joonis 5. Proovide korjamise piirkonnad grupeerituna neljaks, kogumaks ekskrementide (palgaliste) ekspertide poolt.

Kogumisperioodina kuulutati välja 1. detsember 2018 kuni 31. märts 2019. Suurem osa proovidest korjatigi loodusest 2018. a detsembrist 2019. a märtsini, üksikud proovid laekusid juba ka 2018. a novembris ja viimased jäid 2019. a aprilli.

Eesmärgiks oli proovidega katta eelkõige Mandri-Eesti. Proove laekus ka Hiiumaalt. Uuringu toimumise ajal kuvati proovide korjamise kohti ka spetsiaalsel veebikaardil.

Spetsialistid (põhitöörühm ja sõltumatu seire palgalised) kogusid võimaluse korral lisaks ekskrementidele ka muid proove (veri, sülg).

Loodusest korjati kokku 343 proovi, neist **329** olid ekskrementid ning **14** veri või sülg. Proovidest 61% (208 tk) koguti sõltumatu seire lepinguliste tegijate poolt, 22% (77 tk) põhitöörühma liikmete poolt ja 58 tk ehk 17% teised ehk jahimehed, Keskkonnaamet, teadlased, loodushuvilised, -fotograaf ja -filmimees jt vabatahtlikud. Laborisse jõudsid 44 erineva inimese kogutud proovid.

5.2.2.2. Muud proovid

Murtud lammaste villaproovid (murdja sülg villal) saadi Keskkonnaametist, kes neid kogub ning neid korraliselt KAURi analüüside tellimiseks toimetab. Kokku kasutati neid uuringus 31.

Kütitud huntide koeproove kogub jahimeestelt KAUR. 2018/2019 jahihooaja koeproove kasutati uuringus 58. Lisaks viidi laborisse kaks šaakali koeproovi.

Koerte vereproove kasutati uuringus 59, need saadi tasuta Loomade Kiirabikliniik OÜ-lt, kus need olid kogutud märtsis ja aprillis 2019. a. ELME projektis kasutamiseks anti need koerte omanike nõusolekul.

5.2.3. Laboriuuring

Laboriuuringu teostamiseks viidi läbi rahvusvaheline riigihange. Hanke ettevalmistamine algas 2018. a augustis. Kuivõrd eesmärk oli kaasata Euroopa oskusteave, arvestati juba hanke korraldamisel võimalusega, et lepingupartneriks saab välismaa pakkuja, mistõttu kõik hanke materjalid tõlgiti, mõeldi läbi ja arvestati hanke korraldamisel analüüsitava materjali mujale Euroopasse toimetamisega seonduvad potentsiaalsed küsimused (sh asjaolu, et biomaterjal nõuab mh CITES sertifikaati) jm.

Hange kuulutati välja ja pakkumuskutse saadeti Eesti viiele potentsiaalselt hankes osaleda soovivale teaduslaborile ja veel kaheksa Euroopa riigi ulukite geeniuuringutega tegelevale laborile 2018. a novembris. Laekus kaks pakkumust – üks Eestist ja teine Soomest.

Leping sõlmiti 01.03.2019 Tallinna Tehnikaülikooliga. Vahetult pärast seda tegid töörühma liikmed Marko Kübarsepp, Liivi Plumer ja Peep Männil märtsi algul Tallinna Tehnikaülikooli tudengitele külalisseminaril ka vastava ettekande ning avaldati pressiteade koostöö algamisest, mida kajastati omakorda muudes eri kanalites (nt Bioneer, Delfi, Postimees, Lääne Elu).

Laboritöö üleandmise-vastuvõtmise akt allkirjastati 07.04.2020. Laboriuuringu aruande tekst on lisas 5 (Sarmiento Guerin, 2020).

5.2.4. Hundi DNA-uuringu tulemustest kuluefektiivsuse võtmes

Laboris analüüsitud proovide arv on toodud tabelis 8. Kirjanduse soovitusel tuleks piisava täpsusega loendustulemuse saamiseks analüüsimiseks koguda asurkonna oletatava suurusega võrreldes umbes kolm korda rohkem proove (Solberg et al., 2006). Kuivõrd hundi oletatav arvukus Eestis koos poegadega oli uuringu teostamise hetkel 19 pesakonda ehk u 190 isendit, oleks ideaalis tulnud proove koguda 570.

Laborianalüüsi hanke lähteülesandesse (kuivõrd hange pidi läbi viidama juba paralleelselt materjalide kogumisega, ei saanud täpseid arve anda) anti ette laiemad piirid (tabel 8), et pakkumust esitav labor teaks arvestada töömahuga.

Tabel 8. Proovide eeldatav hulk oli laborianalüüsi lähteülesandes ja laboris analüüsitud proovid.

Proovid	Proovide eeldatav hulk laborianalüüsi lähteülesandes	Laboris analüüsitud proovid
ekskremendid	vähemalt 300 kuni 600	329
vere- ja süljeproovid loodusest		14
koeproovid (kütitud hundid)	vähemalt 50 kuni 120	58
koeproovid (šaakalid)		2
lamba murdja süljeproovid	kuni 30	31
koerte vereproovid	vähemalt 50 kuni 70	59
Kokku		493

Murtud lammaste proovidest kaks välistati laborianalüüsi käigus esialgu kui hübriidid, kuid täpsem analüüs näitas, et tegu oli siiski lambaid murdnud koertega (suuline info Liivi Plumerilt). Seega oli **hundiproove lõppkokkuvõttes kokku 430**. Loodetud miinimum sai täidetud ning väga palju ei jäänud proovide koguhulga mõttes puudu ka soovitatavast kogusest.

Seega on vajaliku koguse proovide kokkusaamine võimalik, kuid täiesti vabatahtlikus korras taoline spetsiifiline ja küllaltki keeruline seire (tuleb osata otsida, mõnikord ka pikalt jälitada) siiski ei toimi, nagu antud tööst saadud kogemus näitas. Rohketest üleskutsetest ainuüksi ei piisa. 83% proovidest korjati loodusest nn põhitöörühma ja kolme nn sõltumatu seiret teinud palgalise poolt. Vaid 58 proovi ehk 17% laekus vabatahtlikelt, s.t jahimeestelt jt vabatahtlikelt ning nn põhitöörühma välistelt riigitöötajatelt, kes uuringus kaasalöömise eest tasu ega kompensatsioone ei saanud. Uuringu planeerimise ajal arutati ka proovide vabatahtliku kogumise premeerimist/sümboolset kompenseerimist, kuid see idee läbi ei läinud. Järgmine kord tuleks seda siiski kaaluda, et kogumine motiveeritum oleks, arvestades seejuures loomulikult ka kaasnevaid muid riske (et ei hakataks teadlikult ja pahatahtlikult nt koeraproove tooma vms). Nii proovikogujate kui ka koordineerijate premeerimise ja vähemalt kulude kompenseerimine (kütus, võib-olla ka ajakulu) tuleks saadud kogemust arvestades paremini läbi mõelda.

Kui edaspidi kaaluda katsetatud meetodika rakendamist, siis võiks seirevõrgustiku loomisel eeskujuna võtta soomlastelt. Antud uuringust saadud kogemuse põhjal saab öelda, et vabatahtliku seire töödeks (sh koordineerimiseks) on ilmselt tarvis tasustatud tööjõudu (praegu tegeles koordineerimisega peamiselt KAUR, sh enamjaolt Marko Kübarsepp oma tööajast, ühtegi spetsiaalselt palgatud koordinaatorit polnud).

61% proovidest kogunud kolmele eksperdile maksti ELME vahenditest 18 900 eurot, mis sisaldas kõiki nende tehtud kulutusi. Kütusekulu võimaldab seejuures hinnata nende läbitud kilometraaži, mis kõigi kolme peale kokku oli autoga 15 800 km + jalgsi hinnanguliselt üle 300 km. KAURi peamine koordinaator Marko Kübarsepp, kes ühtlasi tegi sõltumatut seiret piirkonnas, mis pakkumust ei saanud – läbis autoga ligi 20 000 km, lisaks jalgsi/suuskadel u 600 km – neid ega teiste töös osalenute kulusid ELMEst ei kaetud ning pole siinkohal ka välja arvestatud.

Seega on piisava hulga proovide kogumine ressursimahukas ja seda isegi nii vähearvuka liigi kui hundi puhul ja isegi kui kogumine toimub soodsates oludes – 2018/2019 talv oli küllaltki külm ja lumine ehk väljaheited säilisid hästi ning nende otsimine oli lumevaesema talvega võrreldes suhteliselt lihtne.

DNA-põhiste analüüside integreerimisel seiresse tuleb vaadata ka **kogumaksumust**. ELME raames läbi viidud uuringu kogumaksumus koos käibemaksuga oli ligi 122 000 eurot (sisaldab vaid ELME vahenditest tasutud kulusid). Sellest üle 100 000 euro moodustas laborianalüüs. Sõltumatu seire (mille abil koguti 61% väljaheidetest) läks maksma ligi 19 000 eurot. Detailselt on ELME vahenditest tasutud kululiigid toodud tabelis 1. Neile kuludele lisandub KAURi jt haldusala nn põhitöörühma tööaja- ja vahendite (nt kütuse) kulu. Kaudse kuluna lisandub murtud loomade karvaproovide analüüsimise jm kulude maksumus teistest lepingutest (mida küll nagunii tehakse).

Kui ELME raames teostatud DNA-põhise katsetuse eelarve oli ainuüksi sisseostetud tööde-teenuste-vahenditena (s.t., arvestamata aja- jm ressursside kulusid, mida ELMEst ei kaetud) käibemaksuta umbes 100 000 eurot, siis Veeroja et al. (2023) on pakkunud, et ilvese asurkonna suuruse hindamine kujuneks tõenäoliselt umbes kaks ja karu asurkonna suuruse hindamine isegi kolm-neli korda kulukamaks, sest mida rohkem on asurkonnas erinevaid isendeid, seda rohkem tuleb koguda ja analüüsida DNA-proove. Seega kujuneks kõigi kolme suurkiskjaliigi arvukuse hindamise maksumuseks DNA-meetodiga hinnanguliselt ligi 700 000 eurot. See summa on üle

kolme korra suurem kui KAURil täna kulub kõikide jahiulukiliikide seirele aastas kokku (sisaldab nii ulukiseirega tegelevate KAURi töötajate palga, transpordi ja töövahendite kulusid ning ka erinevate tellitavate seiretööde kulusid kokku) (Veeroja et al., 2023).

Vaatamata piisavale kogusele analüüsimaterjalile mängib uuringu õnnestumisel olulist rolli ka laborianalüüside edukus ja labori võimekus. Teiste riikide kogemusest oli ette teada, et teatud hulgast proovidest tulemust ei saadagi, kuid kuigi ELME uuringu raames õnnestus varasemate uuringutega võrreldes koguda suur kogus huntide väljaheiteid DNA materjali eraldamiseks, siis laboris õnnestus analüüsiks vajaliku kvaliteediga DNA eraldada vaid umbes 25% proovidest.

Ka on paindumatu ja aeganõudev riigihangete läbiviimise süsteem, sh on hankes kvaliteedinõudeid (lisaks madalaima hinna kriteeriumile) raske seada, mistõttu hanke võitja ei pruugi olla valdkonna parim. Laborianalüüside eeldatava maksumuse tõttu aga muud varianti peale riigihanke korraldamise antud juhul polnud. Paremini toimiks, kui analüüse oleks võimalik operatiivselt tellida mõnelt olemasolevalt ja pidevalt taoliste analüüsidega tegelevalt laborilt. Hankes ei osalenud Eestist paraku ka ükski varem loomade-lindude DNA-analüüse teinud labor, kuigi neile pakkumuskutsed saadeti, ning Soomest pakkumuse esitanud, hundigeneetika valdkonnas kogenud labor jäi kõrvale pakutud hinna tõttu.

Võrreldes varasemate katsetustega oli ELME projektis läbiviidu senistest töödest aga mastaapsem nii kogutud proovide hulga, eelarve kui ka kogu korralduse mõttes, andes kogu taolise töö järjekordseks läbiviimiseks (ja võimalikuks integreerimiseks seiresse) vajalikest eeltingimustest ettekujutuse.

Suurkiskjate arvukuse DNA-põhist hindamist on pilootprojektidena ka varem Eestis läbi viidud, kuid need ei ole olnud kuigi edukad. Tehtud on nii hundi kui ka karu DNA-põhiseid rakendusuuringuid. Kokku kaheksa hundi geeniuuringut aastatel 2006–2014 andsid vastuseid populatsiooni geneetilise struktuuri, karjade vahelisele geenitriivi, hundi ja koera ristandite olemasolu jne kohta, kuid otseselt seirele antud uuringud kaasa ei aidanud, olgugi et see oli üks lähteülesandes püstitatud eesmärkidest. Kahe rakendusuuringuga (aastatel 2007–2008 ja 2011), mille otsene eesmärk oli DNA-põhise meetodiga kontrollida olemasolevat karu seiremetoodikat, läks aga hoopis kehvemini. Esimese uuringuga (DNA saamiseks koguti väljaheiteid) ei saadud kokku kontrolliks vajalikku valimit ning tulemusena selgus, et meie tingimustes ei ole karude arvukuse hindamiseks väljaheidetest kogutav DNA meetod kuluefektiivne (Saarma, 2009). Teises uuringus, kus DNA saamiseks kasutati karvalõkse, jäi tulemus üldse saavutamata (Veeroja et al., 2023).

Kokkuvõtlikult on KAURi ulukiseire töörühm pakkunud, et kui DNA-analüüsiks vajalikud vahendid oleksid olemas ning varasemad tulemused annaksid kindlust meetodika rakendamiseks, siis võiks selliseid uuringuid läbi viia teatud pikema aja tagant kontrolliks, kuid see ei pea olema ilmtingimata riikliku seire osa. DNA-põhist arvukuse hindamist on erinevate suurkiskja liikide puhul ka mitmetes teistes riikides edukalt või vähem edukalt katsetatud, kuid üleriigiliselt iga-aastase seire osaks ja siseriiklikest seirevahenditest rahastatavaks see valdavalt ka mujal veel kujunenud ei ole (Veeroja et al., 2023).

6. Muu

6.1. Välitööarvutid

2018. a hangiti ELME vahenditest kaks eluslooduse seire välitöödeks vajalikku ja sobilikku (ilmastiku-, vibratsiooni- ja põrutuskindlat, varustatuna GNSS-vastuvõtjatega jne) välitööarvutit, mis on töökorras ja kasutusel KAURi eluslooduse osakonnas siiani. Edaspidi arvutite juurdehankimise soovi ning rahaliste vahendite olemasolu korral tuleb loomulikult arvutite soovitatavad tehnilised parameetrid tehnoloogia vahepealset arengut möödunud viie aasta jooksul arvestades üle vaadata.

6.2. Andmehoidla

2018. a septembris tõstatas KEMIT ELME juhtrühma koosolekul vajaduse, et uute meetodikate kasutuselevõtul tuleb läbi mõelda ja planeerida ka, kuhu ja kuidas tekkivad materjalid majutatakse, millised on vajalikud (IT-)tehnilised nõuded ning GIS-funktsionaalsused jne. Sellest sai alguse tegevus nn andmehoidla (nimetatud ka: eluslooduse IT-taristu ja KAUR FH ehk failihoidla) loomiseks koostöös KEMITiga. 2019. a toimus vajaduste koondamine ja alustati prototüübi loomisega. Prototüüp-ketas läks aktiivselt kasutusse 2020. a septembrist.

Andmehoidla on suuremahuliste ELME/eluslooduse materjalide majutamise koht ehk ketas, mis on nüüdseks igapäevaselt kasutuses ELME eesmärkide saavutamiseks tehtavas arendustöös, sh eelkõige ökosüsteemide ja nende teenuste hindamise ja kaardistamisega seondult, aga nt ka rajakaameratööde jm seotud suuremahuliste andmekihtide, fotopankade jm materjalide mahutamiseks ja nende kättesaadavuse tagamiseks, sh nende andmehoidla kaudu nt GIS-programmides otse kasutamiseks (nt ei pea analüüside tegemiseks suuremahulisi materjale oma arvutisse laadima). Materjalide hoidmine mõne konkreetse inimese arvutis ei ole võimalik materjalide suure mahu tõttu. Välistel kõvaketastel hoiustamine ei ole turvaline. Kumbki variant ei võimalda ka eri isikute andmetele ligipääsu. Andmehoidlale saab ligi kogu haldusala ning materjalid on turvaliselt hoiustatud.

ELME juhtrühmas läbiräägitult paikneb ketas koos materjalidega 2021. a juulist Telia pilves ning teenuse eest tasumine toimub aastatel 2021–2023 ELME (ja edaspidi KEMITi) vahenditest KEMITi ja Telia pilveteenuse lepingu ning kasutusel oleva mahu alusel. Kulu käesoleva kokkuvõtte tegemise hetkel (2023. a veebruar) on olnud 2,5 TB eest 1494 eurot kvartalis.

7. Kokkuvõte

ELME projekti raames testiti mitmeid uudseid eluslooduse seireseadmeid ja -metoodikaid, neist igapäevases eluslooduse seires on nüüdseks kasutusel ja ka edasiarendamisel kolm: rajakaamerasire koos REM-metoodikaga, drooniseire ning helisalvestajad koos liigituvastustarkvaraga. Rajakaamerasid on pikalt juba varemgi kasutatud, nende kombineerimine REM-metoodikaga viidi aga esmakordselt läbi ELME raames, mis omakorda viis metoodika arendusteni tehisintellekti kasutuselevõtuks loomade tuvastamisel. Droone enne ELME projekti KAUR eluslooduse seires polnud kasutanud, samuti helisalvestajaid linnu- ja hundiseires. ELME raames testiti esmakordselt Eestis ka seni mahukaima uuringu raames suurkiskjaliigi DNA-põhise geneetilise seire võimalusi ja saadi sellest väärtuslik kogemus.

ELME TORT käskkirja¹ seletuskiri sedastab, et täpsem info väljavalitud metoodikate kohta tuuakse välja lõpparuandes. Antud kokkuvõttes toodud info (2023. a veebruari seisuga) on juba põhimõtteliselt sobilik lõpparuandes kasutamiseks, vajadusel tehakse lõpparuandeks täpsustusi.

Viited

- Eesti Jahimeeste Selts. 2019. Jahimehed aitavad hundiuringuks proove koguda. https://www.ejs.ee/jahimehed-aitavad-hundiuringuks-proove-koguda/?fbclid=IwAR1p_mfPcPlaQHEyid-90YVaG493Ka8UpQX9GPs3y4VZNp0zzAz4M2gJ5ac (vaadatud 28.02.2023).
- Hurt, M. 2021. Jõevähi (*Astacus astacus*) kaitse tegevuskava. Kinnitatud Keskkonnaameti peadirektori asetäitja 20.10.2021 käskkirjaga nr 1-1/21/192. <https://keskkonnaamet.ee/media/3362/download> (vaadatud 28.02.2023).
- Jüssi, M., Piirimäe, K. 2017. Eesti elurikkuse seiretööde ja nende meetodite indikaatiivsuse analüüs. Töövõtuleping nr 4-5/17/5, 17.02.2017. Ühtekuuluvuspoliitika fondide rakenduskava 2014-2020 tegevus nr 8.1.8 „Elurikkuse sotsiaalmajanduslikult ja kliimamuutustega seostatud keskkonnaseisundi hindamiseks, prognoosiks ja andmete kättesaadavuse tagamiseks vajalikud töövahendid” (ELME projekt; SFOS: 2014-2020.8.01.16-0112). Lihthange nr 179738. Mittetulundusühing Pro Mare. 107 lk. Aruanne asub Keskkonnaagentuuri keskkonnaanalüüsi ja aruandluse osakonnas.
- Kark, T. 2022. Eluslooduse seire ei ole kosmoseteadus! Või siiski? Uudsed meetodid ohustatud liikide seires. Posterettekanne 24.–25.08.2022 Keskkonnaameti liigikaitse konverentsil. <https://keskkonnaamet.ee/media/5244/download> (vaadatud 28.02.2023).
- Kohv, M., Sepp, E. 2019. Tehnilised soovitusel mehitamata õhusõidukite kasutamiseks Eesti elurikkuse seires. Ühtekuuluvuspoliitika fondide rakenduskava 2014-2020 tegevus nr 8.1.8 „Elurikkuse sotsiaalmajanduslikult ja kliimamuutustega seostatud keskkonnaseisundi hindamiseks, prognoosiks ja andmete kättesaadavuse tagamiseks vajalikud töövahendid” (ELME projekt; SFOS: 2014-2020.8.01.16-0112). Töövõtuleping nr 4-5/18/31, 19.09.2018. Tartu Ülikool. 65 lk.
- Linder, M. 2018. „Kui palju meil hunte tegelikult on? DNA tuleb appi.“ Eesti Jahimees, oktoober 2018. <https://www.ejs.ee/kui-palju-meil-hunte-tegelikult-on-dna-tuleb-appi/?fbclid=IwAR2ovBK1O6VM1FMDzqFAYaCKwlfCqy662ghF5bqmiAndfBZdbwfOo5uQDDw> (vaadatud 28.02.2023).
- Linder, M., Kohv, M., Sepp, E., Veeroja, R., Plumer, L., Kübarsepp, M., Tuule, A. 2018. Kuidas kuningas kuu peale kippus. ELME ja uued seiremeetodid. Ettekanne Keskkonnaagentuuri Seirefoorumil 14.11.2018 Tallinna Loomaaia keskkonnahariduskeskuses. <https://www.youtube.com/watch?v=aK128Dwgpfc>; <https://keskkonnaagentuur.ee/media/1651/download> (vaadatud 28.02.2023).
- Linder, M., Veeroja, R. 2019. Tegevuskava masinõppe meetodite rakendamiseks ulukite seires. Tartu. Käsikiri Keskkonnaagentuuris.
- Linder, M., Veeroja, R., Plumer, L., Kübarsepp, M., Nellis, R., Leivits, M., Timm, U. 2019. ELME II plokk – uudsed seiremetoodikad. Ettekanne Keskkonnaministeeriumis 20.02.2019. <https://keskkonnaagentuur.ee/media/1477/download> (vaadatud 28.02.2023).
- Looduskalender. 2018. Rahvuslooma seire vajab abi - vabatahtlikud on oodatud kakatalgutele. https://www.looduskalender.ee/n/node/2927?utm_source=dlvr.it&utm_medium=facebook&fbclid=IwAR2y4zA8JiMIZ8KwQVp7_JSxOGZUe_MBPUf2tr-zdtFTnCvDkrfsSW-k (vaadatud 28.02.2023).

Martin, G. 2022. Eesti merekeskkonna seireprogrammi täiendamise ettepanek. Projekt „Eesti mereala keskkonna ja loodusväärtuste hindamise ja seire innovaatilised lahendused“ (Deliverable 5.1.1. Proposal for updating Estonian marine monitoring programme). Lepingu RITA1/02-60-01 aruanne, Tallinn, Tartu Ülikooli Mereinstituut. https://sisu.ut.ee/sites/default/files/mererita/files/5_1_1_eesti_merekeskkonna_seireprogramm_i_taiendamise_aruanne.pdf (vaadatud 28.02.2023).

Nummert, G., Aaspõllu, A., Kuningas, K., Timm, U., Hanski, I., K., Maran, T., 2020. Genetic diversity in Siberian flying squirrel (*Pteromys volans*) in its western frontier with a focus on the Estonian population. *Mammal Research*. <https://link.springer.com/article/10.1007/s13364-020-00509-8> (vaadatud 28.02.2023).

Orav, A. T. 2019. „„Pabula rasa”. Hundijulgad lumel reedavad Eesti sute arvu.“ *Eesti Päevaleht*, 05.02.19.

Panksep, K., Kisand, V., Vasemägi, A. 2021. eDNA meetodi väljaarendamine (krüptiliste) võõrliikide varajaseks tuvastamiseks. Projekt „Eesti mereala keskkonna ja loodusväärtuste hindamise ja seire innovaatilised lahendused“ (Deliverable 2.4.1. Applicability of eDNA based methodology for early detection of alien (cryptic) species). Lepingu RITA1/02-60-05 aruanne, Tartu, 30.06.2021. https://sisu.ut.ee/sites/default/files/mererita/files/2.4.1_edna_meetodi_valjaarendamine_krupti_liste_voorliikide_varajaseks_tuvastamiseks_aruanne_final.pdf (vaadatud 28.02.2023).

Põhjarannik. 2019. Jahimehed aitavad hundiuuringuks proove koguda. *Põhjarannik*, 05.02.19.

Pärnu Postimees. 2019. Kütid hakkavad jahtima võsavillemite väljaheidet. *Pärnu Postimees*, 26.01.19.

Reiljan, K. 2018. „Huntide arvu selgitab väljaheidete loendamine.“ *Lääne Elu* 6.11.18.

Rowcliffe, J. M., Field, J., Turvey, S. T., Carbone. C. 2008. Estimating animal density using camera traps without the need for individual recognition. *J. Appl. Ecol.* 45, 1228– 1236.

Saarma, U. 2009. Karu võrdlusloendus mitteinvasiivsel DNA meetodil. Töövõtulepingu nr nr 2-24/Trt-8 (24.3.2008) aruanne. Metsakaitse- ja Metsauenduskeskus, MTÜ Naturalia.

Sarmiento Guerin, M. C. 2020. Mandri-Eesti hundipopulatsiooni arvukuse geneetiline uuring. Lõpparuanne. Ühtekuuluvuspoliitika fondide rakenduskava 2014-2020 tegevus nr 8.1.8 „Elurikkuse sotsiaalmajanduslikult ja kliimamuutustega seostatud keskkonnaseisundi hindamiseks, prognoosiks ja andmete kättesaadavuse tagamiseks vajalikud töövahendid“ (ELME projekt; SFOS: 2014-2020.8.01.16-0112). Riigihanke viitenumber: 200710, töövõtuleping nr 4-5/19/7, 1. märts 2019. a Tallinna Tehnikaülikool. Tallinn, 2020. <https://keskkonnaagentuur.ee/media/1515/download> (vaadatud 28.02.2023).

Sinu Mets, 2018. Huntide uuring vabatahtlike abiga. *Sinu Mets*, november, 2018. https://www.eramets.ee/metsandusuudised/ilmus-oppelehe-sinu-mets-talvenumber/?fbclid=IwAR22S4NW1H93xid0X_HLlc4h3kGfyH0QYsm9NrQFZEKrb6tWuAx4B8GZDo (vaadatud 28.02.2023).

Solberg, K., H., Bellemain, E., Drageset, O.-M., Taberlet, P., Swenson, J., E. 2006. An evaluation of field and non-invasive genetic methods to estimate brown bear (*Ursus arctos*) population size. *Biological Conservation*, 128, 158–168.

Timm, U., Rennel, L., Kont, R. 2023. Lendorava (*Pteromys volans*) kaitse tegevuskava. Kinnitatud Keskkonnaameti 4.01.2023 korraldusega nr 1-3/23/2. <https://keskkonnaamet.ee/media/5999/download> (vaadatud 28.02.2023).

Vasemägi, A., Diaz Suarez, A., Gross, R., Kisand, V., Panksep, K., Haugjärv, K., Rohtla, M., Svirgsden, R., Vetemaa, M. 2021. DNA-põhise meetodika välja töötamine ja tõhususe hindamine haugi efektiivse kudekarja suuruse seiramiseks Saaremaa rannikumeres. Projekt „Eesti mereala keskkonna ja loodusväärtuste hindamise ja seire innovaatilised lahendused“ (Deliverable 2.7.1. Development and evaluation of the performance of the proposed DNA-based procedure for estimation of effective number of pike breeders in the pilot spawning areas at coastal sea of Saaremaa). Lepingu RITA1/02-60-05 aruanne, Tartu, 11.06.2021. https://sisu.ut.ee/sites/default/files/mererita/files/2_7_1_aruanne.pdf (vaadatud 28.02.2023).

Veeroja, R. 2017. Ulukite loendamine mitteinvasiivsel DNA-meetodil. Eesti Jahimees, 6/2017.

Veeroja, R., Linder, M. 2019. Rajakaamerate kasutamine ulukite arvukuse hindamiseks juhusliku kohtamise mudeli abil. Aruanne. Keskkonnaagentuur. <https://keskkonnaagentuur.ee/media/1516/download> (vaadatud 28.02.2023).

Veeroja, R., Linder, M. 2020. Ulukite loendamine rajakaameratega. Juhusliku kohtamise mudelist ja selle katsetamisest Eestis. Eesti Jahimees, veebruar 2020.

Veeroja, R. 2022a. Ulukiseires kasutatavate rajakaamerate fotode analüüsiks loodud liigituvastustarkvara prototüübist. Ettekanne 24.–25.08.2022 Keskkonnaameti liigikaitse konverentsil. <https://www.youtube.com/watch?v=Xao1R8VWXRk> (vaadatud 28.02.2023).

Veeroja, R. 2022b. REM-metoodikal põhinev ulukite asustiheduse hindamine rajakaameratega. Tegevuskava tehiseintellektil ja REM-metoodikal põhineva kaameraseire arendamiseks ja kasutusele võtmiseks. Käsikiri Keskkonnaagentuuri eluslooduse osakonnas.

Veeroja, R., Thalfeldt, M., Kärgerberg, E., Kark, T. 2022. Kaamerate kasutamine riiklikus seires ning tehiseintellekti loomine tulemuste analüüsimiseks. Artiklikogumikus „Kaugseire Eestis 2021“. Peterson, U (toim), Tartu Ülikooli Tartu observatoorium.

Veeroja, R., Männil, P., Jõgisalu, I., Kübarsepp, M. 2023. „Suurkiskjate seire on teaduspõhine“. Keskkonnaagentuuri blogi, <https://keskkonnaagentuur.ee/node/1081> (vaadatud 28.02.2023).

Väli, Ü. 2018. Projekti „Konnakotkaste liigilise kuuluvuse ja hübriidsuse tuvastamine DNA meetodil“ aruanne. Käsikiri.

Väli, Ü. 2020. Suur-konnakotka (*Clanga clanga*) kaitse tegevuskava. Kinnitatud Keskkonnaameti peadirektori 23.12.2020 käskkirjaga nr 1-1/20/252. <https://keskkonnaamet.ee/media/726/download> (vaadatud 28.02.2023).

Väli, Ü., Nellis, R., Kaldma, K., Vainu, O., Sellis, U. 2021. Must-toonekure arvukus, sigimisedukus ja ellujäämus Eestis aastatel 1991–2020. Hirundo, 34 (2) 20–39. <https://www.eoy.ee/hirundo/files/Vali-et-al-2021.pdf> (vaadatud 28.02.2023).

Lisad

Lisa 1. Eesti elurikkuse seiretööde ja nende meetodite indikatiivsuse analüüs.

Lisa 2. Tehnilised soovitused mehitamata õhusõidukite kasutamiseks Eesti elurikkuse seires.

Lisa 3. Hundi väljaheidete kogumise juhend.

Lisa 4. Hundi DNA-uuringu proovide kogumispunktid, koordinaatorid ja kontaktisikud.

Lisa 5. Hundi DNA laboriuuringu aruande tekst.