

TARTU ÜLIKOOL
ÖKOLOOGIA JA MAATEADUSTE INSTITUUT
ZOOLOOGIA OSAKOND
TERIOLOOGIA ÕPPETOOL

Max Michael Lautre

**RAJAKAAMERATE RAKENDAMINE
TEADUSLIKUS UURIMISTÖÖS**

Bakalaureusetöö

Juhendajad: PhD Harri Valdmann

PhD Egle Tammeleht

PhD Ants Tull

Tartu 2025

Infoleht

RAJAKAAMERATE RAKENDAMINE TEADUSLIKUS UURIMISTÖÖS

Rajakaamerad on automaatse kaamera vorm, mis tajudes liikumist või temperatuuri muutust teeb pildi. Rajakaamerad on uurimismeetodina mitteinvasiivne, mis tähendab, et häiring loomale on minimaalne. Lisaks andmete kogumise automaatsusele, on võimalik viia läbi uuringuid ka suurematel aladel erinevatel loomaliikidel.

Töös on tutvustatud lähemalt, kuidas on rajakaameratega teostatud loomade aktiivsus- ja käitumisuuringuid, asustustiheduse ja populatsiooni struktuuri uuringuid ning röövlusuuringuid. Kõigis neis uuringutes on rajakaamerate rakendamisel teatud sarnasused ja erinevused. Need sarnasused ja erinevused võivad väljenduda soovitatavate andmete kogumisrežiimide, kaamerate paigutuse ja lisavõtete kasutamise näol.

Eestis on rajakaamerad laiemal skaalal kasutusel jahimeeste ja loodushuviliste poolt. See asjaolu aga võimaldab ka võimalikke uusi uurimissuundi, et ühendada juba kasutusel olevad rajakaameraid ja võimaldades nende poolt kogutud andmete kasutamist ka teaduses.

THE APPLICATION OF TRAIL-CAMERAS IN SCIENTIFIC STUDIES

Trai-cameras are a form of automatic camera that takes a picture after sensing movement or a change in temperature. Trail-cameras as a study method are non-invasive, which allows the study to be conducted without causing any harm or stress to the animal. Thanks to the camera's automatic data collecting capabilities, they can be utilised for the study of many different species on large stretches of land.

In this thesis activity, behaviour, occupancy, population structure and predation studies will all be described. Furthermore, the difference in camera application methods will be addressed, while keeping in mind the differences in the studies themselves.

In Estonia trail-cameras are most used by hunters and other nature enthusiasts. Keeping that in mind would allow for greater scientific possibilities when allowing the already in use trail-cameras to be used by scientists to better understand the faunal structure and abundance in local forests.

Sisukord

Sissejuhatus.....	4
1. Ülevaade teostatud uuringutest kirjanduse põhjal	6
1.1. Rajakaamerate areng ja tehniline iseloomustus	6
1.2. Aktiivsus- ja käitumisuuringud	11
1.2.1. Aktiivsusuuringud.....	11
1.2.2. Käitumisuuringud	15
1.3. Ulukite asustustiheduse ja populatsiooni struktuuri uuringud	18
1.3.1. Asustustiheduse uuringud	18
1.3.2. Populatsiooni struktuuri uuringud	20
1.4. Röövluse uuringud	23
2. Arutelu.....	26
2.1. Rajakaamerate rakendamise metoodilised eelised	26
2.2. Rajakaamerate metoodilised piirangud	27
2.3. Rajakaamerate kasutus Eestis ja perspektiivsed arengusuunad	28
Kokkuvõte.....	30
Summary	32
Tänuavaldused	34
Kasutatud kirjandus	35
Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks	40

Sissejuhatus

Rajakaamerad on automaatsete kaamerate vorm, mis on mõeldud möödaliikuvatest loomadest piltide või videote tegemiseks (Rovero & Zimmermann, 2016). Seejärel on võimalik kaamerate poolt kogutud pildid ja videod rakendatud vaatlustena erinevates uuringutes. Rajakaamerad on bioloogias kiiresti arenev uurimismeetod, mis leiab ülemaailmselt rakendust, mida kasutatakse peamiselt imetajate ja lindude uurimiseks (Rovero & Zimmermann, 2016). Alates kahekümne esimesest sajandist on aset leidnud suur kasv uuringutes, mis rakendavad rajakaameraid (Rovero & Zimmermann, 2016), mis toob kaasa palju katsetamist uurimismeetodiga, luues uusi kasutusvõtteid ja rakendamist uutes uuringutüüpides.

Selles töös tutvustan rajakaamerate erinevaid rakendusi zooloogilises ja ökoloogilises uurimistöös. Töö eesmärk on anda ülevaade rajakaamerate erinevates uuringutes kasutamise meetodilistest plussidest ja miinustest. Lisaks tutvustan rajakaamera ajalugu ja lühidalt ka nende tehnikat, et seeläbi paremini mõista kaamerate tööpõhimõtet.

Uuringud, mida töös käsitlen on ulukite aktiivsus- ja käitumisuuringud, asustustiheduse ja populatsiooni struktuuri uuringud ja viimasena ka röövlusuuringud. Aktiivsusuuringute jaoks sobivad rajakaamerad seetõttu, et nende poolt tehtud videotel ja piltidel on olemas ka kuupäev ja kellaeg, mil vaatlus tehti. Aktiivsusperioodide kindlakstegemiseks on vaid vaja paigaldada rajakaamerad uurimisalale ja lasta neil automaatselt koguda vaatluseid sihtliigi kohta. Pikemate uuringuperioodide puhul on võimalik teha järelduisi liigi aktiivsusmuustrite sesoonsetest muutumisest.

Rajakaamerate kasutamisel käitumisuuringutes on suureks eeliseks mitteinvasiivsus, sest eriti looduslikus keskkonnas võib looma käitumine olla mõjutatud meetodiga seotud segavate faktorite poolt. Faktorid nagu kaamerate poolt tekitatud heli ja lõhn võivad mõjutada looma käitumist ja seeläbi mõjutada ka saadud tulemusi. Seetõttu on rajakaamerate suureks eeliseks minimaalne häiring loomadele käitumise uurimisel.

Asustustihedust väljendatakse tihti vastavate indeksite abil, rajakaamerad võimaldavad asustustihedust väljendada ka isendite arvu abil, andes seeläbi võimalust saada absoluutloendusele lähemaid tulemusi.

Populatsiooni struktuuri uurimisel on tähtsal kohal just isendi soo ja vanuse identifitseerimine. See võib vaid rajakaameraid kasutades olla teatud oludes raskem, kuid siiski on võimalik teatud sihtliikide korral saada ülevaade uurimisalal oleva populatsiooni soo- ja vanusegruppidest.

Röövluse uurimisel on alati olnud raskusi linnupesariüüstajate, saaklooma murdja või röövlinnu saagi täpsel määramisel. Rajakaamerate abil on võimalik saada vastavaid visuaalseid andmeid röövlusest.

Töös tutvustatud uuringutes esineb kaamerate rakendamisel nii sarnasusi ja erinevusi. Töö osades selgitan eelnimetatud uuringute põhimõtteid ning nende sobivust. Lisaks tutvustan täpsemalt eeliseid ja võimalikke meetoodilisi piiranguid, mis tekib rajakaamerate kasutamisel nendes uuringutes, tuginedes vastavale kirjandusele. Tuginedes kirjandusele on võimalik anda ka nõuandeid kaamerate paigutamiseks, kasutatava lisatehnika ja -võtete kohta, samuti režiimide kohta. Arutelu osas tutvustan ka Eestis teostatud uuringuid, kus on andmete kogumiseks rakendatud rajakaameraid. Lähtudes eelnevatest peatükkidest ja ka isiklikest kogemustest esitan ettepanekuid rajakaamerate edaspidiseks rakendamiseks uurimistöös.

1. Ülevaade teostatud uuringutest kirjanduse põhjal

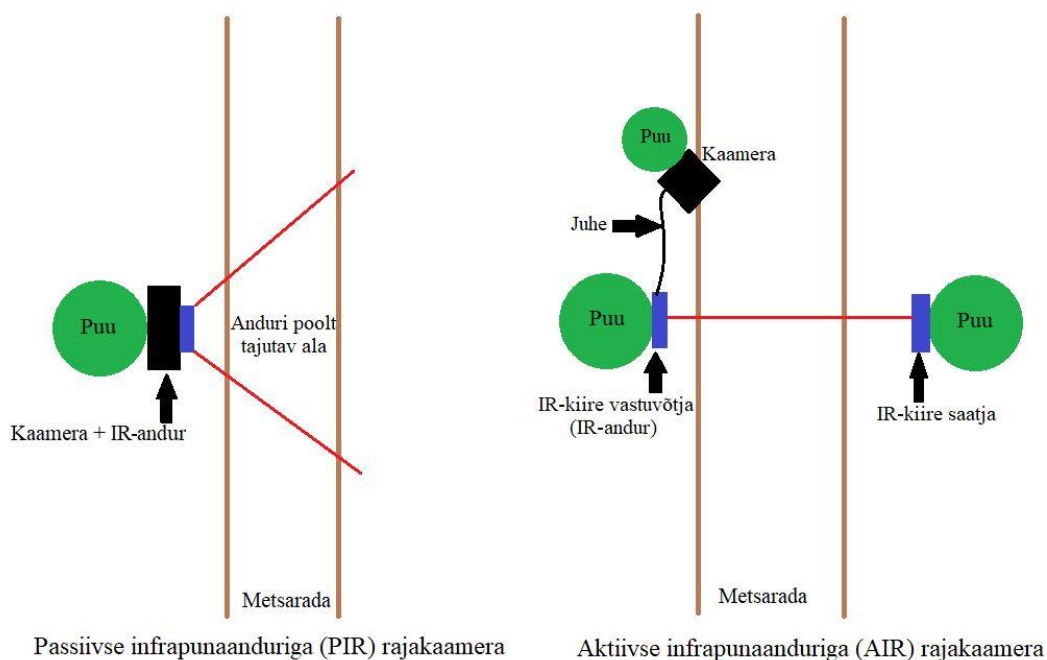
Selles peatükis tutvustan rajakaamerate ajalugu, tehnilist tausta ja erinevaid ökoloogilisi uuringuid, milles on rakendatud rajakaameraid. Alapeatükkides annan ülevaate uuringute põhimõtetest ja uuringute olulisusest ning selgitan, mida tuleks rajakaamerate rakendamisel silmas pidada. Lisaks käsitlen ka metoodilisi eeliseid ja piiranguid, mis kaasnevad rajakaamerate kasutamisega.

1.1. Rajakaamerate areng ja tehniline iseloomustus

Rajakaamerad võeti kasutusele üheksatestkümnenda sajandi lõpus George Shiras'e poolt, kes kinnitas kaameratele nõõri-pidi sööda, mille tõmbamisel tegi kaamera pildi, ilma et tema ise peaks kohapeal olema (Brower, 2008). Nii oli võimalik saada unikaalseid pilte, mis olid tehtud looduslikus keskkonnas loomadest (Bugler, 2020). Tänu sellele sai algus paljude ka jahimeeste seas alustada nii-öelda vereta jahiga, sest leiti et loomast pildi saamine nõuab suuremat pingutust kui looma küttimine (Brower, 2008). Hiljem hakati ehitama spetsiifilisi järjest täiuslikumaid automaatseid kaameraid. Kaasajal on rajakaameraid võimalik paigaldada uuritavale alale kus loomade liikumist tajudes passiivse (*passive infrared sensor*)(PIR) või aktiivse (*active infra-red sensor*)(AIR) infrapunaanduri abil kaamera rakendub (Eishen, 2022). Rajakaamerate kõige häirivamateks faktoriteks ulukite jaoks võib pidada inimese lõhna kaamera korpusel, vaikset ultra- või infraheli, mis võib kaasneda teatud mudelitega, või pilditegemisele eelnevat väikest valgust, mis tuleb kaamera välklambist (Rovero & Zimmermann, 2016).

Tänapäevaks on välja kujunenud peamiselt kahte tüüpi rajakaameraid. Esimeseks ja ka veidi algelisema süsteemiga on aktiivse infrapunaanduriga ja uuem ja nüüdseks rohkem kasutatud passiivse infrapunaanduriga rajakaamerad (Bugler, 2020). AIR toimimiseks on vaja kahte osa, esimeseks on infrapuna kiir ja teiseks on infrapunaandur, mis kiirt tajub (Kelly & Holub, 2008). Kui miski liigub kiirest läbi ja katkestab anduri poolt kiire tajumist, teeb kaamera pilti (Kelly & Holub, 2008) (vt joonis 1). See meetod ei ole alati kõige tõhusam, kuna väiksematel loomadel on võimalik liikuda kiire alt ja mitte aktiveerida kaamerat (Bugler, 2020). Seevastu PIR-andur tunnetab anduri ees oleva objekti temperatuuri vahet taustaga (Welbourne *et al.* 2016) (vt joonis 1). Passiivse infrapunaanduri poolt temperatuuri erinevuse tajumisel teeb rajakaamera pildi. PIR-anduri kasutamine võib tuua kaasa olukordasid, kus kaamera kas teeb pilti ei millestki, näiteks kui soojem õhk liigub kaamera eest läbi (Rovero *et al.* 2013).

Vastupidises olukorras, kus andur on saanud kogu päeva otse päikeselt kuumust ja on üle kuumenenud, ei pruugi andur kaamerat aktiveerida kuniks andur on maha jahtunud (Rovero *et al.* 2013). Viimastel aastatel on väljakujunenud PIR kaameratest kahte eri versiooni. Esimese versiooni puhul tuleb piltide või videote kättesaamiseks minna füüsiliselt kaamera asukohta, kus andmed tuleb kas mälukaardilt arvutisse laadida või vaatlused otse kaamerast läbi vaadata. Viimastel aastatel on ka väljakujunenud PIR kaamerad, mis võimaldavad piltide ja videote saatmist kaamerasse paigaldatava SIM-kaardi abil kasutaja telefoni numbrile või meiliaadressile (vt pilt 1).



Joonis 1. Passiivse infapunaanduriga (PIR) ja Aktiivse infrapunaanduriga (AIR) rajakaamerate töö põhimõtteid seletav joonis. Lühend IR tähendab joonisel infrapuna. (Autori joonis)



Pilt 1. Kaks versiooni PIR rajakaameraid. Vasakul mittesaatev ja paremal saatev versioon. (Autori pilt)

Rajakaameratel on teatud tunnused, millega tuleb uuringuteks nende valimisel arvestada.

Kaamera reaktsiooniaeg näitab aega, mis kaameral võtab, et teha peale liikumise või temperatuuri muutuse tajumist pilt (Rovero & Zimmermann, 2016). Standard reaktsiooniaeg kaameratel on alla ühe sekundi, mis tähendab, et hetkest mil loom liigub IR-anduri tajutavasse alasse, teeb kaamera alla ühe sekundi jooksul pildi.

Rajakaamerate välk võib olla infrapuna- või valge LED-lambiga. Valge LED-lambiga välk võimaldab ka öösel saada värvilisi pilte, seevastu infrapunalambiga varustatud kaamerad toodavad öösel must-valgeid pilte (Rovero & Zimmermann, 2016). Nähtava välgu tõttu segavad valged LED-lambiga kaamerad loomi rohkem kui infrapunalampidega kaamerad. Infrapunalambid tekitavad pilditegemisel kerget punast kuma, mis võib siiski vähesel määral loomi segada, küll aga on olemas ka teatud kaameratel mustad (*no-glow*) infrapunalambid, millel puudub punakas kuma. Värvilised pildid ka öösel on kasulikud näiteks

populatsioonistruktuuri uuringutes, kus isendi põhine soo ja vanuse määramine on tähtis. Seevastu maksimaalne loomade poolt varjatuna jäämine on tähtis näiteks käitumisuuringutes, kus oluline on näha minimaalse segamisega looma käitumist.

Rajakaamera tajutava ala suurus on kaamera omadus, mis näitab kui infrapunaandurite poolt tajutava ala suurst. See suurus ei ühti alati kaamera vaatevälja suurusega (Rovero & Zimmermann, 2016). Suurem tajutav ala võrreldes vaateväljaga võib aidata kaamerate puhul, mille reaktsiooniaeg on ($>1s$), võimaldades loomal jõuda kaamera vaatevälja enne pildi või video tegemist (Rovero & Zimmermann, 2016). Nüüdseks pakuvad mõned firmad eri objektiivide vaateväljaga mudeleid samadest kaameratest, mille valimisel tuleks sarnaselt tajutava ala suurusest lähtuda kaamera kaugusest loomarajast.

Rajakaamerad võimaldavad teha mööda liikuvatest loomadest vaatlusi nii piltide kui videote abil. Neid režiime on lisaks võimalik kombineerida, et tulemuseks ühe looma mööda liikumisest on üks või mitu pilti ja video. Paljudel kaameratel on võimalik valida piltide tegemise vahelist aega (Rovero & Zimmermann, 2016). Videorežiimi kasutamise korral tuleb arvestada reaktsiooniaja pikenemisega ($<1s$) kuni umbes kuue sekundini (Rovero & Zimmermann, 2016). Videorežiimi kasutamine aitab kõige rohkem kaasa käitumis- ja röövlusuuringutes, kus kogu tegevuse salvestamine võimaldab koguda usaldatavaid andmeid.

Infrapunaanduriga varustatud rajakaamera tundlikus väljendab kui tundlik kaamera on temperatuurierinevustele looma ja keskkonna vahel (Rovero & Zimmermann, 2016). Kõrgem tundlikus võimaldab kergemini saada vaatlusi väikestest loomadest, küll aga suurendab see võimalust kaameral aktiveeruda näiteks taimede liikumisele või sooja õhu liikumisele (Rovero & Zimmermann, 2016).

Kaamera välgu tugevuse valimisel tuleks arvestada kaamerast mööda liikuva looma kaugust. Olukordades kus loom liigub kaamera eest lähedalt mööda on vaja seadistada välgu tugevus maha (Rovero & Zimmermann, 2016), et pildil olev loom ei oleks välgu tõttu üleni valge. Seevastu loomarajast kaugemal olevatel kaameratel on välg vaja pigem tugevamaks seadistada.

Pildi resolutsioon ehk lahutusvõime väljendab kaamera pildil oleva objekti selgust (Rovero & Zimmermann, 2016). Parema lahutusvõime korral on saadud pildil kergem määrata looma või saakobjekti. Eriti tähtis on väikeste loomade uurimisel kasutada suurema lahutusvõimega kaameraid, et vähendada valesti määramist.

Kaamera säriaeg väljendab kui kaua pildi tegemine ise aega võtab. Suurema lahutusvõimega kaamera säriaeg pikeneb, mistõttu võivad liikuvad objektid pildil paista udused (Rovero & Zimmermann, 2016). Hea lahutusvõimega kaamerate valimine on tähtis näiteks populatsiooni struktuuri uuringutes, kus tähtis on saada edasiseks soo ja vanuse määramiseks võimalikult terav pilt loomast.

1.2. Aktiivsus- ja käitumisuuringud

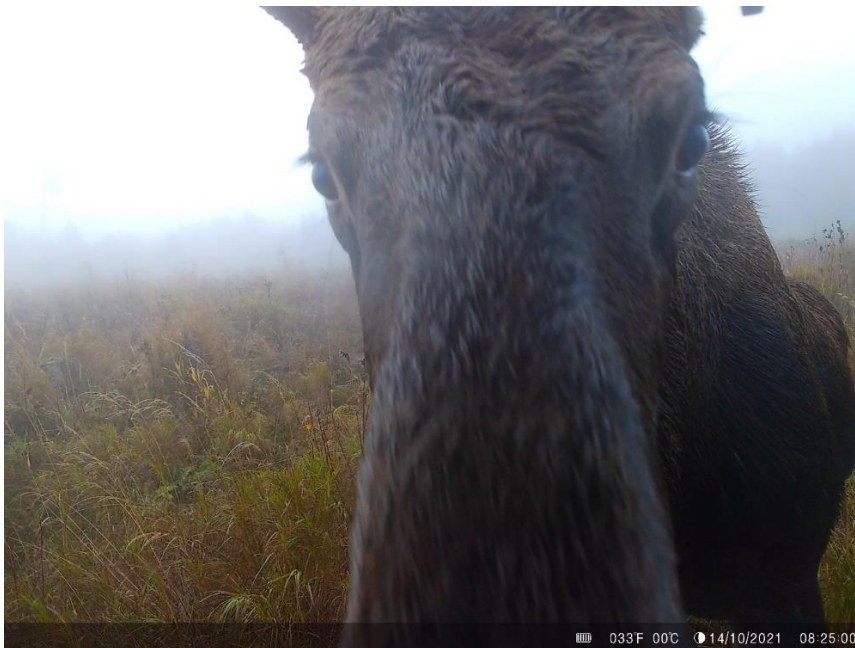
Uuringud, mis põhinevad sihtliigi käitumise tundmisel ja seeläbi ka aktiivsusmuustrite tuvastamisel aitavad paremini mõista liigi ökoloogilist nišši ja füsioloogiat (Iannino *et al.* 2024). Samuti aitavad need paremini planeerida liigikaitset (Iannino *et al.* 2024), aga ka tõsta ohustatud liikide sigimis- ja taasisustamis-programmide edukust (Martin, 1998). Ulukite käitumist uurides on võimalik rajakaameratel saadud andmeid kasutada liigi aktiivsusmuustrite dokumenteerimiseks. Seevastu uurides vaid aktiivsust võib jääda andmetest puudu käitumisuuringute jaoks, kui just ei rakendata teatud meetmeid aktiivsusuuringutes, mis aitab rajakaamerate andmetelt saada teavet käitumise kohta. Näiteks aitab kaamera videorežiimi kasutamine paremini eristada eri käitumuslikke mustreid saadud salvestistelt (Rovero & Zimmermann, 2016). Küll aga puudub aktiivsusuuringutes otsene vajadus kasutada videorežiimi, kuna tähtis on teada kellaega, mil isend liikus kaamera eest läbi, samas võib kaamera ees viibimise aeg samuti sisaldada vajalikku infot.

Uurimuste kohaselt on täheldatud, et ulukite aktiivsust ja käitumist võib suuresti mõjutada inimtegevus, näiteks helireostus ja inimeste pidev liikumine loomade elupaikade läheduses (Iannino *et al.* 2024). Suur osa uluki käitumise ja aktiivsuse muutumisest on tingitud inimesest hoidumisest: loom kasutab oma energiat ja aega inimeste vältimisele selle asemel, et täita teisi vajadusi (Eishen, 2022). Eesmärgid, nagu toidu otsimine, järglaste kasvatamine või paaritumise jaoks kaaslase otsimine, võivad jääda teisejärguliseks, mis pikemas perspektiivis võib hakata mõjutama populatsiooni edukust (Eishen, 2022). Arvestades seda on just mitteinvasiivsed uurimismeetodid eelistatud, kuna need vähendavad võimalikku inimtegevuse mõju tulemustele.

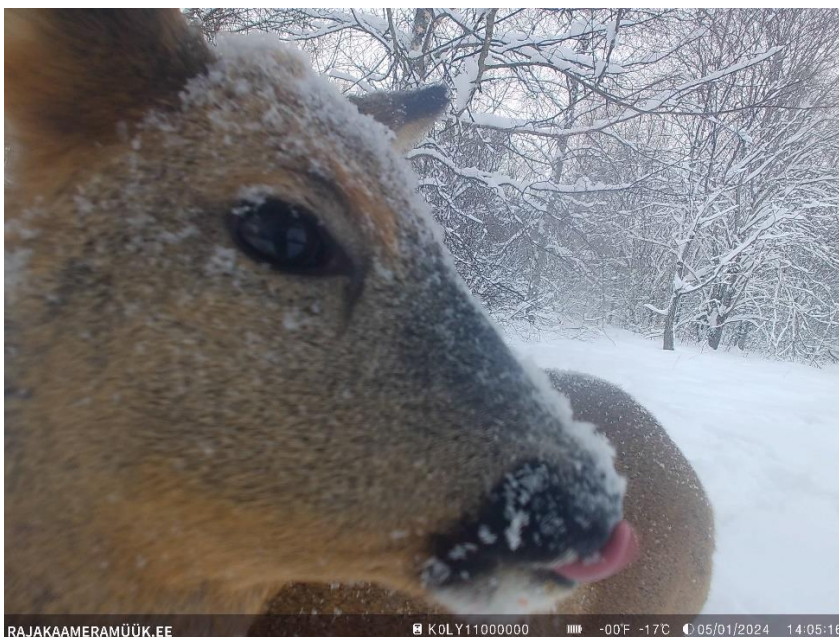
1.2.1. Aktiivsusuuringud

Ulukite aktiivsuse uurimisel tuleb suuresti silmas pidada, kas ja kui palju uurimistööde käigus tekkivad häiringud tulemusi mõjutavad. Enamasti on ulukite aktiivsuse uurimiseks kasutatud aktiivsussensoritega varustatud GPS-kaelused (Iannino *et al.* 2024). GPS-kaelused annavad väga hea ülevaate isendite aktiivsusest, aga tegemist on üsna invasiivse meetodiga. Kaeluste paigaldamise eeliseks on võimalus kindlaks teha isendi vanus ja sugu (Iannino *et al.* 2024). Kaeluste aktiivsussensorid on varustatud liikumissensoritega, mille abil on kaela ja ülakeha liikumiste kaudu võimalik kategoriseerida aktiivsus eri tegevusteks (Iannino *et al.* 2024). Viimasel ajal on hakatud ulukite aktiivsust uurides rakendama üha rohkem rajakaameraid.

Siiski ei jää kaamerad alati loomadele märkamatuks oma heli või kuju tõttu (vt pilte 2, 3, 4 ja 5). Nende faktorite mõjusid uluki käitumisele on siiski peetud minimaalseks võrreldes mõjudega, mis kaasnevad looma kinni püüdmise ja käitlemisega (Rovero & Zimmermann, 2016). Rajakaamerad saab hõlpsasti peale paigaldamist jätta uuringualale nädalate või isegi kuude kaupa, vajades vaid akude/patareide või mälukaartide vahetamist, seeläbi vähendades veel vähem seirealal olevat inimtegevust.



Pilt 2. Rajakaamera avastanud põdrapull (*Alces alces*). (Autori pilt)



Pilt 3. Rajakaamera avastanud metskits (*Capreolus capreolus*) (Autor: Harri Valdmann)



Pilt 4. Rajakaamera avastanud kährikkoer (*Nyctereutes procyonoides*). (Autori pilt)



Pilt 5. Rajakaamera avastanud euraasia ilves (*Lynx lynx*). (Autor: Ants Tull)

Teostatud aktiivsusuuringute kohaselt võimaldavad rajakaamerad saada väga hea ülevaate loomade aktiivsusest. Kaameraid on võimalik seadistada nii, et igal pildil, mis kaamera teeb, on registreeritud pildi tegemise kellaeg, seeläbi on võimalik teada saada, millal on ulukid aktiivsemad. Küll aga peab arvestama, et rajakaamera saab koguda andmeid vaid nendel hetkedel, kui loom liigub kaamera eest mööda, seepärast ei saa tihtipeale eristada erinevaid käitumisviise vaid pigem piirduda vaid looma liikumise registreerimisega (Iannino *et al.* 2024). Aktiivsusuuringutes tulemuste saamiseks on vajalik kaamera paigutamine nii, et saada sihtliigist rohkem pilte, et seeläbi oleks võimalik luua aktiivsuse muster. Uuringu käigus kogutud

pildid saab aktiivsusemuustrite väljatöötamiseks grupeerida liikide kaupa ja seejärel reastada kuu, päeva ja tundide järgi (Jácomo *et al.* 2004). 2024. aastal Iannino ja teiste poolt tehtud euraasia ilveseid uurivas töös jagati üheteistkümne aasta jooksul saadud rajakaamera andmed algselt liikide ja siis päevas olevate tundide kaupa rühmadesse. Neid tekkinud rühmi võrreldi aktiivsensoriga varustatud kaelustelt saadud aktiivsuseandmetega. Uuringu käigus prooviti ka välja töötada kui mitu rajakaamera poolt tehtud pilti on vaja, et teada saada liigi aktiivsusemuster. Selleks võeti aastaaja päikesevalguse koguse kohta erineval arvul pilte, alustades 350-st ja lõpetades 10-ga ja pandi vastavusse GPS-kaelustelt saadud aktiivsusemuustritega. Tulemuseks saadi, et minimaalselt on vaja 75 rajakaamera vaatlust, et kaeluste ja rajakaamerate kokkulangevus oleks üle 90%. Sellest arvust üles minnes ei kasvanud kokkulangevus märgatavalt. Siinkohal tuleb küll rõhutada, et tegemist pole reeglina, mida saab rakendada igal uuringul, kuna iga uuring erineb oma uuritava ala suuruse ja sihtliigi poolest (Iannino *et al.* 2024).

Sobiva kaamera asukoha leidmine eeldab head sihtliigi bioloogia tundmist. Sõltuvalt uuringust on soovitatav teada alasid, kus isendid on kõige tõenäolisemad liikuma, ja asetama kaamerad nendesse kohtadesse (Rovero & Zimmermann, 2016). Olukordades, kus ei teata, kas sihtliik elutseb valitud alal, või kui uuritakse mitmeid liike, on kuldne reegel asetada kaamerad loomaradadele või loomaradade ristumisaladele (Rovero & Zimmermann, 2016). Suurt rolli mängib ka kaamerate arv, mida läheb vaja, et välja uurida sihtliigi aktiivsusemuustreid. Kaamerate arv oleneb mitmest faktorist: sihtliigi populatsiooni suurus, asustustihedusest ja kaamerate positsioneerimisest (Iannino *et al.* 2024). Seetõttu ei saa alati täpselt öelda, kui mitut kaamerat iga seire jaoks on vaja, aga võttes arvesse eelnimetatud faktoreid, on võimalik adekvaatselt hinnata vajaminevate kaamerate arvu.

Rajakaamerate paigaldamiseks saab tavaliselt kasutada puud, mis kasvab loomaraja kõrval. Olenevalt sihtliigi üldistest kehamõõtmetest, kaamera objektiivi laiusest ja sellest tuleneva aktiveerimis-kaugusest tuleb leida raja keskmisest punktist sobival kaugusel olev puu, standard aga jääb 3 ja 5 meetri vahele (Rovero & Zimmermann, 2016). Olenevalt uuritava liigi suurusest saab paika panna kõrguse. Keskmise ja keskmisest suurema suurusega ulukite puhul on umbes pool meetrit maapinnast sobiv kõrgus (Rovero & Zimmermann, 2016). Kaamerad tasuks tavaliselt asetada loomarajaga risti, nii saab mööda liikuvast ulukist parima pildi (Rovero & Zimmermann, 2016) (vt pilt 6). Küll aga uuringutes, kus on oluliseks ka teada karjasust, näiteks hallhundi (*Canis lupus*) või metssea (*Sus scrofa*) puhul, tuleks kaamera asetada rajaga veidi kaldu, et ühele pildile jääks mitu isendit (Rovero & Zimmermann, 2016). Selliste andmete

saamiseks on sobilikum kasutada videorežiimi. Tähtis on aga rajakaamerat mitte paigaldada horisontaalselt teega vähem kui 45 kraadise nurga all, muidu näeks suure tõenäosusega vaid uluki pead või saba. Lisaks võib tekitada see olukorra, kus loom ristub infrapunaanduritega liiga kaugelt ja pildi tegemine ei õnnestu (Rovero & Zimmermann, 2016).



Pilt 6. Rajakaamera (punases ringis) asetus loomaraja ääres (Autor: Ants Tull)

1.2.2. Käitumisuuringud

Ulukite käitumisuuringute käigus saadakse teada, kus, millal ja kui tihti sihtliik teatud viisil käitub, näiteks territooriumi märgistamisel, toitumisel, paaritumisel ja magamisel. Lisaks üksikisendi tegevusele on võimalik käitumisuuringutes saada andmeid karja suuruselt ja dünaamikast (Rovero & Zimmermann, 2016). Lindude uurimisel aitavad käitumisuuringud paremini mõista nende käitumist pesitsusajal, aspekte nagu tööjaotust vanemate vahel pesaehitamisel, haudumisel ja poegade toitmisel, aga ka pesitsusaja algusaega, mis aitavad paremini mõista uuritavat liiki ja seeläbi ka paremini planeerida liigikaitset või aidata hoida pesitsusrahu tundlikumatel liikidel (Yordanov *et al.* 2023).

Siiani on enim kasutatud uurimismeetod käitumisuuringutes olnud inimeste poolt tehtud vaatlused, mis võivad tekitada palju küsimusi vaatlejate oskuste üle või võimest mõista uluki käitumist (Caravaggi *et al.* 2020). Seevastu rajakaamerad võimaldavad kogu teadusrühmal üheaegselt vaadata üle rajakaameratelt saadud videod ja pildid ning jõuda ühiselt järeldusteni sihtliigi käitumuslike harjumuste ja nende muutlikkuses. Ulukite käitumisuuringutel tuleb tunda sihtliigi ökoloogiat, sealjuures hooajalist käitumist, mil liik võiks olla rohkem aktiivne, näiteks jooksuaeg imetajatel ja pesitsusaeg lindudel. Olenevalt uuringu mõttest võivad

väljaspool neid aktiivsemaid perioode tulla tulemused oodatust väiksemad, mis võib viia suure raisatud ajani. Jooksuaegadel võib looma liikumine olla paremini ennustatav ja rajakaameratele asukohtade leidmine seeläbi ka kergem (Crowley *et al.* 2013), küll aga võib see põhjustada kallutatud tulemusi.

Uuringud, mille eesmärgiks on andmeid koguda sihtliigi käitumise kohta, vajavad tihti rajakaamerate kasutamist videorežiimis. Kasutades kaamera videorežiimi saab parema ülevaate looma tegevustest (Rovero & Zimmermann, 2016). Videorežiimi kasutamine tähendab paljude kaamerate puhul kaamera reaktsioonikiiruse langust, mis tihti tähendab, et loom võib olla kaamera ees teatud aja enne kui kaamera salvestama hakkab (Rovero & Zimmermann, 2016). Pildirežiimi reaktsioonikiirus on tavaliselt kuni üks sekund, olenevalt mudelist võib videorežiimi kasutamine tõsta selle aja kuni kuuele sekundile (Rovero & Zimmermann, 2016). Puudujääva info vältimiseks tuleb valida uuringu jaoks võimalikult tundlik kaamera või tegema kindlaks, et juba soetatud kaameral oleks tundlikus seatud võimalikult kõrgele (Rovero & Zimmermann, 2016). Uuringutes, kus on tähtsal kohal isendite identifitseerimine tuleks kaamera valimisel arvestada piltide tegemisel kiire säriajaga ja videote tegemisel video resolutsiooniga. Kiire säriaeg kindlustab, et pildile jäänud liikuv objekt ei jää udune, kõrge video resolutsioon tagab, et detailid ei lähe kaduma (Rovero & Zimmermann, 2016). Tuleb arvestada, et videod ja eriti kõrge resolutsiooniga videod võtavad mälukaardil rohkem ruumi kui pildid, mis tähendab, et uuringu käigus peab tihedamini käima mälukaarte vahetamas.

2013. aastal tehtud uuring, mille viisid läbi Crowley jt, uuriti rajakaamerate abil kanada ilvese (*Lynx canadensis*) käitumist jooksuajal. Selleks, et paremini teada, kus ilvesed liiguvad, viidi enne kaamerate paigaldamist läbi jäljeuuringud lumel, et teada saada, kuhu panna kaamerad. Lisaks jälje uuringute käigus leitud jäljeradadele, asetati kaamerad ka järvede kallaste ja jõgede äärde. Iga rajakaamera ette riputati sööt ja objektid, mida ilves sooviks märgistada. Uuring koosnes kolmest kahenädalasest vaatlusperioodist, mille käigus vahetati peale esimest nädalat sööt ja lisati võimalikku markeerimispinda. Selle meetodika abil saadi kahe nädala jooksul teada, kui tihti ja mitu isendit käib iga kaamera juures paaritumisperioodil (Crowley *et al.* 2013). Sööda vahetamine ja markeerimispindade lisamine uurimisnädalate vahel aitas hoida loomade uudishimu kaameratega aladel, mis võimaldas uurida ilveste käitumist kogu uurimisperioodi vältel (Crowley *et al.* 2013).

Lindude pesitsusaegsed käitumisuuringud rajakaameratega annavad piltide abil andmeid rändejärgsest vanemate naasmise ajast pesakohtadesse, aga ka ajast, mil munad munetakse, munade koorumisest ja poegade kasvamisest. Lisaks saab pesa paigaldatud rajakaamerate abil koguda andmeid toidust, mida vanemad poegadele toovad, saades seeläbi, nt röövlindude puhul teada nende röövluse kohta (Yordanov *et al.* 2023). Veel võimaldavad rajakaamerad koguda infot pesitsusajal toimuvast kisklusest munadele ja poegadele (Major & Gowing, 1994). Lindude pesitsemise käigus tehtud käitumisuuringute tegemisel tuleb pidada silmas linnu tundlikkust inimese poolt põhjustatud häiringute vastu (Yordanov *et al.* 2023). Tuleks arvestada ka lindude tunduvalt paremat nägemist nii tundlikkuse kui ka spektraalse ulatuse osas võrreldes imetjatega. Häiringute vähendamiseks saab kasutada uuringu käigus ja kaamerate kalibreerimises mitut eri võtet. Linnu pesa kaamerate paigaldamine tuleks teha enne pesitsusaega ja maskeerida, et kaamera ei paistaks lindudele välja (Yordanov *et al.* 2023). Enamus rajakaamerate mudelid on algselt juba maskeeritud värvusega, küll aga kaamerate paigaldamisel linnu pesa tuleks maskeerida kaamera nii, et lisaks värvusele sulanduks ka selle kuju pesa või kaamera kinnituskohaga (Yordanov *et al.* 2023). Selleks, et mälukaardi ja akude vahetamine oleks minimaalne pesitsusajal, tuleks kasutada kaamera pildi tegemise režiimi ja kasutada patareide asemel näiteks väikest mootorsõiduki akut. Uuringu käigus vajaminevad mälukaardi ja aku vahetamised tuleks ajastada perioodidel, kui oleks võimalikult kindel, et vanemate poolt pesa maha jätmise oleks minimaalne. Kaamera peaks olema seadistatud pilte tegema vaid päevasel ajal selleks, et vähendada võimalust, et kaamera välg häiriks linde (Yordanov *et al.* 2023).

1.3. Ulukite asustustiheduse ja populatsiooni struktuuri uuringud

Uluki asustustiheduse uuringute käigus hinnatakse ulukite asustustihedusi uurimisalal ja vanuselist-soolist struktuuri, mis on väga olulised eeskätt just ohjamise seisukohalt. Uuringute käigus saadud andmeid saab rakendada mitmetes edasistes ökoloogilistes uuringutes ja looduskaitsepoliitikas (Stanley & Royle, 2010). Rajakaamerad võimaldavad korraldada asustustiheduse seireid ka suurtel maa-aladel, võimaldades andmeid koguda aastaringselt, vajades vaid kontrollimist umbes kord kuus või isegi vähem.

Populatsiooni struktuuri uuringute puhul pööratakse tähelepanu liigisiseste soo- ja vanusegruppides olevate isendite arvule. Need uuringud võimaldavad paremini arvestada liigi juurdekasvu ja seeläbi ka planeerida liigi ohjamist (Ruiz-Mondragón *et al.* 2025). Nii asustustiheduse kui ka struktuuri uurimisel on rajakaamerate rakendamisel nii sarnasusi kui erinevusi, mida tuleb arvestada, eriti kui proovitakse kahte uuringut samaaegselt teha.

1.3.1. Asustustiheduse uuringud

Asustustiheduse uuringud on olulised registreerimaks arvukuse trende ja seeläbi planeerida vastavalt liigikaitset või ohjamist. Selleks, et asustustiheduse uurimismeetod oleks võimalik kasutada ka seires peab meetodit olema võimalik korrata aastast-aastasse saamaks ülevaadet populatsiooni muutumisest ajas (MacKenzie *et al.* 2002). Seda reeglit silmas pidades töötati välja meetod algselt Indias elavate tiigrite (*Panthera tigris*) asustustiheduse uurimiseks. Arvestades tiigri käitumuslikke harjumusi kõndida mööda metsaradu, märgistades puid ja jättes oma väljaheiteid rajale, on võimalik liikuda mööda teid kogudes andmeid tegevusjälgedest (Hines *et al.* 2010). Korrates sama metoodikat mitmes eri punktis uuritava alal on võimalik saada asustustiheduse indeksi, mis annab teavet populatsiooni trendist. Loomulikult on vastavalt modifitseerides võimalik rakendada sarnast meetodit paljudel teiste liikidega (Thorn *et al.* 2011). Rajakaamerad võimaldavad läbi viia pikema aja jooksul ja suurematel aladel loendust, seda tänu odavusele ja mitteinvasiivsusele (Steenweg *et al.* 2016). Kasutades rajakaamerasid asustustiheduse uuringutes tuleks esmalt uuringu alaga tutvuda, et aru saada, kus ulukid võiksid potentsiaalselt liikuda. Radade leidmisel võib olla abiks kui teha enne rajakaamerate paigaldamist talvisel ajal uurimisalal jälgede uuring (Crowley *et al.* 2013). Lisaks tuleks rajakaamerad asetada kohtadesse, kuhu loomad satuksid sagedamini nagu jõgede, kraavide või järvede ääred ja muud sihtliigile tähtsad eluks vajaminevad kohad (Meek *et al.* 2011). Üks peamisi fundamentaalseid näitajaid, millega tuleks enne uuringu alustamist arvestada on maa-ala uurimiseks vajaminev kaamerate arv. See arv oleneb esmalt maa-ala

suurusest ja sihtliigi või liikide haruldusest (Meek *et al.* 2011; Rovero & Zimmermann, 2016). Kiskjaliste ja teiste liikide puhul, kelle kaamerate poolt tabamise tõenäosus on üleüldiselt madalam tuleks hoida kaamerad sama koha peal mitmeid kuid, et vähendada valede tulemusteni jõudmist (Steenweg *et al.* 2016). Liigi territoriaalsus võib lisaks mängida rolli kaamerate paigutamisel, tiigrite uurimisel võtsid uurijad J. E. Hines jt arvesse keskmise isendi koduterritooriumi. Võttes seda arvesse paigutati kaamerad küllalt kaugemale üksteisest, et vähendada tõenäosust erinevate isendite sattumist ühe kaamera ette, saades seeläbi reaalsemad tulemused (Hines *et al.* 2010). Kõike seda arvestades vajavad asustustiheduse uuringud reeglina suurel hulgal rajakaameraid, et saada usaldatavad tulemused (Rovero & Zimmermann, 2016). Tavaliselt tuleb arvestada rajakaamerate arvuga, mis võib langeda 30-90 kaamera vahele. Siinkohal oleneb kaamerate arv uuritava ala suurusest. Kaamerate ja maa-ala suuruse suhe peaks jääma umbes üks kaamera iga kahe ruutkilomeetri kohta (Rovero *et al.* 2013). Juhtudel, kus seda kogust on raske saavutada, tuleks uuritav ala jagada osadeks ja siis kasutada väiksem kogus kaameraid väiksemal maa-alal (TEAM Network, 2011; Rovero & Zimmermann, 2016). Eesmärk on saada uurimisala kohta sobiv arv kaameraid nii, et need oleksid ühtlaselt alal paigutatud.

Rajakaamerate rakendamisel asustustiheduse uuringutes tuleb siiski arvestada asjaoluga, et kui paigutada kaamerad loomade kontsentratsioonikohtadesse, tõstab see uuringu tulemust reaalsusest palju suuremaks. Selline probleem esineb just asustustiheduse uuringutes, sest erinevalt näiteks aktiivsus- või käitumisuuringutega, kus eesmärgiks on saada võimalikult palju pilte või videoid sihtliigist, on asustustiheduse uuringute eesmärk saada teada reaalse arv isendeid uurimisalal. Seevastu näiteks käitumis-, aktiivsus- ja röövlusuuringutes on tarvis tulemuste saamiseks saada võimalikult palju vaatlusi sihtliigist. Kasutades rajakaameraid, et saada teavet asustustihedusest, mängib saadud piltide kogusel rolli nii liigi tegelik asustustihedus kui ka tõenäosus kaamera ette sattuda (Kolowski & Forrester, 2017). Tõenäosus kaamera ette sattuda oleneb omakorda faktoritest nagu koduterritooriumi suurus (Sollmann *et al.* 2013) ja liigi arvukus (Tobler *et al.* 2008). Selleks, et vähendada ülepaisutatud tulemusi on võimalik näiteks kasutada täielikult juhuslikke kaamera paigalduskohti (Kolowski & Forrester, 2017). Valides kaamera punktid juhuslikult on võimalik saada reaalsusele lähemad tulemused, vähendades seeläbi tulemustest saadud valeinformatsiooni tekkimist liigi edukusest piirkonnas. Lisaks on võimalik rakendada meetodit, mis kasutab nii valitud kui ka juhuslikke kaamera punkte, võimaldades saada infot nii loomaradadelt kui ka nendest eemal (Blake & Mosquera, 2014; Di Bitetti *et al.* 2014). Siiski enamus asustustiheduse uuringud on ülesehitatud valitud

kaamerate positsioonidel ja juhuslikud kaamera punktid on vähe rakendatud (Kolowski & Forrester, 2017). Belize'is Harmsen jt poolt tehtud uuring näitas, kuidas metsaradadel tihti liikuvatest loomadest, näiteks jaaguaridest (*Panthera onca*) ja puumadest (*Puma concolor*) oli uuringu lõpus kordades rohkem vaatluseid kui teistest, radadel vähem liikuvatest loomadest, näiteks taapirlaste (*Tapiridae*) perekonda kuuluv liik (*Tapirus bairdii*) ja opossum (*Didelphis marsupialis*) (Harmsen *et al.* 2010). Uuringust sai järeldada, et vaid valitud kaamera positsioonide kasutamine võib anda eri liikide puhul erinevaid asustustiheduse tulemusi. Olukordades, kus siiski kasutada vaid valitud rajakaamera positsioonid tuleb lihtsalt arvestada, et suure tõenäosusega saadud tulemus on kõrgendatud.

Rajakaamerate kasutamisel asustustiheduse uurimisel on tähtis, et loom jääks pildile, selleks tuleks kasutada kaamerat, mille reaktsiooniaeg oleks võimalikult kiire (Rovero & Zimmermann, 2016). Sihtliikide puhul, kellel esinevad isendispetsiifilised tunnused nagu karval laigud, näiteks ilves (*Lynx sp.*) või hirvlastel (*Cervidae*) esinevad sarved, tuleks isendi eristamiseks teistest paigaldada ühe koha peale kaks kaamerat, kus üks kaamera teeb looma ühest küljest pildid ja teine teisest küljest (Karanth & Nichols, 1998). Tänu neile isendispetsiifiliste tunnustele on rajakaameratega võimalik saada täpsem liigi asustustihedus, sest vaatluste arvu asemel saadakse isendite arv (Steenweg *et al.* 2016). Erinevalt liikidel, kellel ei esine isendile spetsiifilisi tunnuseid, näiteks pruunkaru (*Ursus arctos*) ja hallhunt (*Canis lupus*) peab piirduma nende asustustiheduse väljendamise indeksite järgi (Stanley & Royle, 2010; Steenweg *et al.* 2016). Seevastu on hakatud rakendama projektis *BearID project* tehisintellekti, et eristada isendeid üksteisest näo omaduste järgi (BearID, 2025). Asustustiheduse uuringutes võib väärtusliku andme koguse saamiseks võtta mitmeid kuid, küll aga saab vähendada andmete kogumiseks kuluvat aega kui rakendada rohkem kaameraid. Selleks et pikendada aega kaamera kontrollimiste vahel tuleks kasutada kaamera pildirežiimi, kinnitama kaamerale lisa akud ja kasutada kaamerates võimalikult suuri mälukaarte (Rovero & Zimmermann, 2016). Kõige lõpuks on iga uuring oma sihtliigi ja ala suuruselt erinev ja ei ole konkreetseid reegleid kaamerate rakendamisel (Meek *et al.* 2011).

1.3.2. Populatsiooni struktuuri uuringud

Populatsiooni struktuuri puhul on suurem fookus ühe liigisiseste soo- ja vanusegruppides olevate isendite arvus. Uuringu lõpptulemusena omandatakse ülevaade vanuselisest ja soolisest struktuurist uurimisalal. Sellist infot on võimalik rakendada populatsiooni kaitses ja ohjamises (Ruiz-Mondragón *et al.* 2025). Siinkohal saab tuua palju paralleele eelnevalt tutvustatud

asustustiheduse uurimisega, mistõttu on palju sarnasusi rajakaamerate rakendamise­ga. Siiski kuna struktuuri uurimisel on suurem rõhk isendipõhisel identifitseerimisel, on kaamerate rakendamisel ka erinevusi.

Struktuuri uuringutes on isendipõhine identifitseerimine tähtsal kohal, võrreldes asustustiheduse uuringutega, kus tulemust on võimalik väljendada ka vaid vaatluste arvu abil. Seevastu populatsiooni struktuuri uuringutes on vaja saada isendi kohta teada sugu ja üldine vanusegrupp, mis rajakaamerate kasutamisel võib muutuda meetodiliste piirangute tõttu raskeks. Selleks, et hõlbustada isendite soo ja ligikaudse vanuse määramiseks tasuks kasutada igas kaamera punktis kahte kaamerat, et saada looma mõlemast küljest pilt (Karanth & Nichols, 1998; Rovero & Zimmermann, 2016). Kuigi populatsiooni struktuuri uuringutes lõppeesmärk saada teavet erinevatesse soo- ja vanusegruppidesse kuuluvate isendite arvu kohta, aitab siiski isendite eristamine üksteisest. Isendite identifitseerimine on kindlasti hõlbustatud liikidel nagu euraasia ilves ja teised liigid kellel esinevad karval täpid, triibud või muud markeeringud. Selleks, et piltide ülevaatamisel oleks isendite identifitseerimine kergem peaks kaamera valimisel võtma eeskätt just kaamera pildi lahutusvõime ja säriaeg (Rovero & Zimmermann, 2016). Kasutades kaamera pildirežiimi peaks piltide vahele jääv aeg olema võimalikult minimaalne, et suurendada identifitseerimismaterjali ühe looma kohta võimalikult palju (McBride & Sensor, 2015). Samas saab kasutada ka videorežiimi, arvestades sellega reaktsioonaja pikenedust (Rovero & Zimmermann, 2016) ja mälu­kaardil ühe vaatluse mahu võtmise suurenemist.

Populatsiooni uurimisel rajakaameratega kaasneb olenevalt sihtliigist palju probleeme. Eriti komplitseeritud on rajakaamerate piltidelt isendi identifitseerimine liikidel, kellel puuduvad isendile spetsiifilised mustrid karval (Steenweg *et al.* 2016) või aastaring­sed sarved. Paigaldades kaamerad loomade poolt kasutatud märgistamispuude lähedusse või luues ise loomade jaoks märgistamispuud (Long *et al.* 2003) on võimalik pikendada aega mil isend kaamerate ees aega veedab ja seeläbi muuta isendi soo ja vanuse identifitseerimise kergemaks (McBride & Sensor, 2015). Isendi identifitseerimisel tuleks arvesse võtta kõike, mis looma kehal välja paistab, olgu selleks, kas sarvede suurus, kuju, harude arv ja sümmeetrilisus lisaks sugutunnused, keha suurus, kehal leiduvad armid ja laigud (Ruiz-Mondragón *et al.* 2025). Vanuse määramine piltidelt on hirvlaste (*Cervidae*) puhul kõige kergem just isastel nende sarvede tõttu, aga siiski ei ole võimalik alati vanuses kindel olla, eriti just emastel, kellel sarvi ei esine. Siinkohal võib aidata ka mõõdupuude rakendamine kaamera vaateväljas. Mõõdupuudeks sobib näiteks kaamera vaateväljal olev puu, millele on silmapaistva värviga

kõrguse märkimiseks tõmmatud jooned. Mõõdupuude abil on pildil olevat looma võrrelda mõõdupuuga ja seeläbi eristada isendeid nende turjakõrguse abil. Kiskjatel on parimal juhul võimalik eristada väga noort looma täiskasvanust. Soo määramist võib kiskjate puhul kergendada kaamerate paigaldamisel märgistamis- või kratsimispuudele suunatuna. Lisaks võib isendi identifitseerimisele kaasa aidata poegade olemasolu ja nende arv (McBride & Sensor, 2015).

1.4. Röövluse uuringud

Röövluse uuringud võimaldavad saada paremaid teadmisi sihtliigi vaenlastest või toitumisobjektidest. Need teadmised aitavad saada andmeid liigi paiknemisest toiduahelas (Harrison *et al.* 2019). Röövlus on olnud ajalooliselt üheks keerulisemaks protsessiks, mida uurida (Irschick & Reznick, 2009), kuna isegi selle toimumine looduses on raskesti ettearvatav. Siiani on peamiseks uurimismeetodiks kasutatud saaklooma savist või muust materjalist kujutist ja sellelt röövlooma jälgede uurimine (Akcali *et al.* 2019). Selline meetod toob küll kaasa palju ebaselgust, sest raske on olla kindlad, kelle küüne, hamba või noka jäljed kujul on. Rajakaamerad koos eelmainitud meetodiga annaks täpsemaid tulemusi kiskjate kohta (Akcali *et al.* 2019).

Röövluse uuringutes, kus kasutatakse röövloomade uurimiseks saaklooma kuju, on tähtsal kohal saada rajakaameratega kujust hea vaade, lisaks on tähtis, et piltidelt või videotelt ei läheks detaile kaduma (Akcali *et al.* 2019). Selleks et vähendada võimalust, et tähtis info läheb kaotsi, tasuks kasutada ühe kuju kohta mitu kaamerat, mis vaatavad eri suundades (Akcali *et al.* 2019). Kasutada tuleks võimalusel kindlasti videorežiimi ja salvestatava video pikkus peaks olema pigem pikem kui lühem, umbes ühe minuti pikkune (Akcali *et al.* 2019). Loomulikult toob videorežiimi kasutamine kaasa ka vajadust suuremate mälukaartide kasutamisele, kuna videofailid võtavad mälukaardil rohkem ruumi.

Teine osa röövluse uuringust on linnupesi puudutav poegade ja munade röövlus, aga ka toitumise uurimine, sest on võimalik fikseerida saakloomi, keda vanemad poegadele toiduks toovad. Sellised uuringud aitavad paremini mõista liigi pesitsusedukust ja liigi toitumisharjumusi. Lisaks aitavad uuringud paremini mõista liigi ökoloogilist nišši (Harrison *et al.* 2019). Lindude puhul ja siinkohal just röövlindude toitumise kohta info teadasaamiseks tuleks uurida nende poolt kinnipüütud saakloomade jäänuseid, ilma et nad oleksid seda veel seedinud (Marti *et al.* 2007). Selleks tuleks leida saakloomade asukoht, koguda jäänused ja siis peab need identifitseerima (Marti *et al.* 2007), mis kõik võib kaasa tuua suurt ajakulu (García-Salgado *et al.* 2015). Tuleb ka arvestada iga liigi erinevaid toitumisharjumusi, sest osad liigid (nt kakud) kugistavad saaklooma tervelt alla, mis toob kaasa vähem jäänuseid ja rohkem räppetompe (Marti *et al.* 2007). Lisaks võib mängida rolli liigispetsiifiline maohappe pH tase, põhjustades vähemat jäänuste hulka räppetompudes (Duke *et al.* 1976; Cummings *et al.* 1976) ja isegi saaklindude kitkumine peale saagi surmamist (Simmons *et al.* 1991; Mersmann *et al.* 1992) võib suuresti mõjutada uuringu tulemusi (García-Salgado *et al.* 2015). Rajakaamerate

kasutus võimaldaks mitmeid pesi üheaegselt uurida pikema aja jooksul, võimaldades kergemat saaklooma tuvastamist ja luues ülevaatliku andmebaasi, mida on võimalik tuleviku uuringutes rakendada erinevatel otstarbetel (Delaney *et al.* 1998; Margalida *et al.* 2005; Rogers *et al.* 2005).

Röövluuse uuringute läbiviimist röövlindude puhul on kasulik viia läbi just pesitsusaegadel, kuna siis on teada, kuhu täiskasvanud linnud oma saagi viivad (García-Salgado *et al.* 2015). Enne kaamerate paigaldamist tuleb kindlaks teha, millised pesad on aktiivsed sel aastal, mille jaoks tuleb eelnevalt teha seiret, et otsida tegevusjälgi (nt pesa on värskelt kaunistatud kuuse- või männiokstega) leitud pesade ümbrusest (García-Salgado *et al.* 2015, Harrison *et al.* 2019). Lindude väga hea nägemismeele tõttu tuleb lisaks kaamerate paigaldamisele arvestada ka nende maskeerimise võimalusega (Harrison *et al.* 2019), maskeerimine on siinkohal tähtis, et vähendada pesahülgamis võimalust vanemate poolt. Olenevalt uuringu ülesehitusest ja pesade ligipääsetavusest, on võimalik käia iga paari päeva tagant pesade juures, et pesast räppetompe ja saagi jäänuseid korjata ja vajadusel kaamera üle vaadata (Harrison *et al.* 2019). Pesadesse ronimine on siinkohal vaid selleks, et saada saakobjektide kohta ka geneetilist teavet, aga rajakaamerateaga on võimalik ka piltide ja videote abil saakloomade identifitseerimine (García-Salgado *et al.* 2015). Rajakaamerate rakendamisel sellistes uuringutes on võimalik kasutada nii pildi- ja/või videorežiimi, arvestades video suurema mälu mahuga. Pildirežiimi kasutades peaks liigse pildikoguse vältimiseks kasutama piltide viibeajaks ühte minutit (Harrison *et al.* 2019). Lisaks on paljudel kaameratel võimalik kombineerida pildi- ja videorežiimi, näiteks et kaamera teeb kaks pilti ja seejärel pikema video, siinkohal tuleb vaadata, milline režiim sobib kõige paremini antud uuringus. Kaamera tundlikkus peaks olema valitud olenevalt kaamera kaugusest pesast, ehk kaamera kaugemal olemine nõuaks suuremat kaamera tundlikust, et pesas olev tegevus aktiveeriks kaamera (Harrison *et al.* 2019). Uuringutes, kus pesast ei käida vahepeal jäänuseid korjamas, peaks kasutama suuremat mälukaarti, alates 32 GB (Harrison *et al.* 2019), et vähendada võimalust, et see saab enne uurimisperioodi täis. Kaamera valimisel tuleks eelistada paremat lahutusvõimet, et piltidelt ja videotelt oleks saakobjektide määramine kergem.

Lindude pesauuringutes on lisaks vanemate poolt toodud saagiobjektide kohta võimalik saada infot ka pesa rüüstavate liikide kohta. Lisaks röövlindude pesauuringute kohta on selliseid uuringuid võimalik viia läbi ka maas või ka pesakastides pesitsevate liikidega. Pesakastides olevate lindude puhul on uuringuid tehtud näiteks Ameerikas pesitseva mõrsjapardiga (*Aix sponsa*), kus uurijad ehtasid pesakastid mille lakke oli paigaldatud rajakaamera (Bakner &

Ringelman, 2023). Selle uuringu käigus uuriti täpsamalt mõrsjapardi põhilist pesarüüstajat, kelleks on pähkli-leeträhn (*Melanerpes carolinus*), et mõista paremini nende ökoloogiat ja nende mõju mõrsjapardile (Bakner & Ringelman, 2023). Maaspesitsevate lindude puhul on võimalik kasutada tehispesi, milles on munade mulaažid või värvitud kana munad. Kaamerad on võimalik panna, kas otse pesade juurde või pesade ümber (Hernandez *et al.* 1997). Kõige tähtsam siinkohal on, et kaamera ei modifitseeriks kiskjate käitumist või jääks seda takistama. Sellised uuringud maas ja pesakastides elutsevate lindude uurimisel annavad paremat teavet pesarüüstajatest, võimaldades seega paremini korraldada pesitsevate liikide kaitset (Hernandez *et al.* 1997; Bakner & Ringelman, 2023).

2. Arutelu

2.1. Rajakaamerate rakendamise meetodilised eelised

Esimeseks suuremaks eeliseks on mitteinvasiivsus, mis põhjustab väga vähe häiringut ja stressi ning käitumuslikke muutusi. Kuigi mõnel juhul on loomad tulnud rajakaamerat uudistama ja on juhuseid, kus loomad on neid ka lõhkunud (vt pilt 7), ehkki taolisi juhtumeid on siiski ainult üksikuid. Mitteinvasiivsus on eriti tähtis uuringutes, kus uuritakse loomade käitumismustreid ja aktiivsust. On täheldatud, et igasugused häiringud, aga siinkohal just inimese poolt põhjustatud häiringud põhjustavad loomade puhul muudatusi käitumises ja aktiivsuses (Frid & Dill, 2002), mis loomulikult muudab uuringu tulemust (Eishen, 2022). Rajakaamerate mitteinvasiivsus võimaldab peale uuringute alguses kaamerate paigaldamist vaid lasta neil teha pilte või videoid mööduvatest loomadest, segades loomi minimaalselt. Võrreldes raadiokaeluste meetodiga, mille paigaldamiseks on loom vaja eelnevalt kinni püüda, seetõttu on rajakaamerad tunduvalt vähem invasiivsemad. Mõistagi on kaelustel ka teatud eelised.



Pilt 7. Rajakaamerat hammustav pruunkaru. (Autor: Egle Tammeleht)

Järgmiseks positiivseks aspektiks kaamerate rakendamise puhul on nimelt see, et kaamera teeb kõigest pilte, mis selle eest läbi liigub. Kaamerate omadus teha kõigest pilte tähendab, et lisaks sihtliigile on võimalik sama uurimisperioodi jooksul koguda andmeid paljude teiste loomaliikide kohta, kes uuritavas elupaigas viibivad. See võimalus on viinud uute liikide avastamiseni ja arvatavalt väljasurnud liikide taasavastamiseni (Rovero & Zimmermann, 2016). 2006 avastati tänu rajakaameratele (PIR kaamera valge LED välguga) Tansaania elavate elevant-karihiirte perekonda (*Rhynchocyon*) kuuluv liik, kellest saadi rajakaameraga

värviline pilt, mille abil oli võimalik määrata isend uueks liigiks (Rovero & Rathbun, 2006; Rovero *et al.* 2013). Rajakaamerate abil taasavastati 2010. aastal liik saarmaid Sabah'i piirkonnas Malaisias, liiginimega sumatra saarmas (*Lutra sumatrana*), keda poldud piirkonnas nähtud umbes sada aastat (Wilting *et al.* 2010; Wai *et al.* 2021).

Kolmas positiivne omadus kaamerate kasutamisel on see, et neid on võimalik rakendada väga paljudes eri otstarbe ja disainiga uuringutes. Lisaks ei ole vaja iga erineva uuringu jaoks soetada uusi kaameraid kuna neid saab ka edaspidi kasutada. Tänu sellele on võimalik uuringurühmal soetada esimese uuringu jaoks vajaminevad kaamerad ja siis kasutada neid ka järgnevates uuringutes, vajades vaid muuta režiime või tundlikkuse astet ja vajadusel olenevalt uuringuala suurusest soetada lisakaameraid.

Kombineeritavus koos teiste uurimismeetoditega on veel üks positiivne omadus rajakaamerate rakendamisel uurimistöös. Talvel on võimalik kasutada näiteks aktiivsus mustrite, käitumis- ja asustustihedusuuringutes jäljeseireid koos rajakaamerateaga, aidates seeläbi valida paremaid kaameraposisioone, aga ka võimalus liita kaameratelt ja jäljeuuringutelt saadud andmeid. Sarnaselt uuriti Kanada ilvese käitumist (Crowley *et al.* 2013), kus uuringus rakendati paremate kaamerakohtade otsimiseks ka jäljeuuringuid, et paremini mõista, kus loomad liiguvad, et vähendada kasutatud aega ja ressursse. Veel on võimalik rakendada karvalõkse rajakaamerate kohtade juures, et seeläbi saada lisaks video- või pildimaterjali ka geneetilist materjali konkreetselt liigi isendilt.

Võrreldes paljude teiste uurimismeetoditega, kus uuritakse tegevusjälgi (jäljed, väljaheited vms), annavad rajakaamerad pilti või videot tehes faktina teada liigi olemasolust piirkonnas (Rovero & Zimmermann, 2016). Lisaks on piltidel ja videotel võimalik teada saada ka täpne kellaaeg, mil loom kaamera eest läbi liikus ja seeläbi anda lisaks olemasolule ka andmeid aktiivsusperioodidest (Rovero & Zimmermann, 2016). Siinkohal tasub siiski kaameraid kontrollimas käies veenduda, et kaamera aeg on õigeks jäänud, eriti perioodidel, kus toimub kellakeeramine.

2.2. Rajakaamerate meetodilised piirangud

Esimeseks negatiivseks aspektiks rajakaamerate kasutamisel uurimistöodes on mõneti limiteeritud informatsioon, mida on võimalik rajakaamerateaga saada. Liikide uurimisel, kellel puuduvad isendispetsiifilised eraldusmärgid, ei pruugi kaamerate rakendamine olla viis, kuidas isendeid eristada (Steenweg *et al.* 2016). Selle piirangu likvideerimiseks on võimalik näiteks

kasutada karvalõkse koos rajakaameratega, on võimalik saada nii DNA proov ja pilt karva omanikust. Isendi identifitseerimisel piltidelt või videotelt võib aidata ka kratsimis-, määrgistus- või mõõdupuude rakendamine kaamerate vaateväljas.

Teine aspekt rajakaamerate rakendamisel, millega tuleb arvestada, eriti asustustiheduse uuringutes, on asjaolu, et rajakaamerate paigaldamine näiteks söödakohtadesse ei pruugi anda usaldatavaid asustustiheduse hinnanguid. Seda seetõttu, et kui paigaldada kaamerad ainult kõige tõenäolisematesse kohtadesse, kus loom liigub, võib saadud tulemus näidata tegelikust kõrgemaid asustustihedusi (Kolowski & Forrester, 2017). Lisaks sellele võib esineda liikuvuses varieeruvus liigi soo- ja vanusegruppide vahel. Sellist probleemi saaks kõrvaldada kasutades juhuslikke kaamera paigalduspunkte, pannes kaamerad looma radadele olenevalt sihtliigi ökoloogiast ja üldistest liikumisest uuritava alal (Kolowski & Forrester, 2017).

2.3. Rajakaamerate kasutus Eestis ja perspektiivsed arengusuunad

Rajakaameraid on Eestis seni massiliselt kasutatud jahipraktikas jahimeeste poolt soolakute ja söödaplatside juures ja ka loodushuviliste poolt, kes soovivad teada mis loomad nende aias käivad. Kuna Eestis on registreeritud üle 3000 söödakoha, siis on neid kaameraid ka vähemalt 3000 (Keskkonnaamet, ametlikud andmed). Lisaks on algselt järelevalveks paigaldatud rajakaameratega võimalik samaaegselt teha vaatluseid piirkonnas liikuvatest loomadest. Kurioosne on 2025. aasta mais aset leidnud hundi salaküttimisjuhtum Viljandis, kus abielupaar jäi väärteoga vahele tänu Keskkonnaagentuuri rajakaamerale (kokku on neid selles projektis rakendatud üle 700), mis oli paigaldatud piirkonda (Suurmägi, 2025). Kohus ei oleks saanud abielupaari süüd tõendada, kui ei oleks rajakaamerat seal loomade vaatlemiseks varasemalt paigaldatud.

Eesti teaduses on rajakaameraid näiteks kasutatud kahlajate (*Charadriiformes*) pesade röövluse (Kaasiku *et al.* 2022), väike-konnakotka (*Clanga pomarina*) pesitsus käitumise (Väli, 2018) ja musta-toonekure (*Ciconia nigra*) pesitsusedukuse (Väli *et al.* 2024) uurimiseks. Ragne Oja jt on rajakaameraid rakendanud söödakohtade ja pesarüüstajate uuringutes (Oja *et al.* 2018). Veel on rajakaameraid rakendatud mitmesugustes keskkonnamõju uuringutes ja ökoduktide ja muude rohesildade seiretes. Elupaikade killustumine on suureks põhjuseks liikide populatsioonide kahanemisele või piirkonniti väljasuremisele. Seetõttu võiksid rajakaamerad olla kasutusel keskkonnamõjude hindamisel, et korraldada paremaid elupaike siduvaid elemente. Peale selle saaks kaameraid ka rakendada juba olemasolevate rohevõrgustike sidususe ja seeläbi ka kvaliteedi hindamisel.

Kuna jahimeeste poolt on kasutuses väga märkimisväärne hulk rajakaameraid oleks kasulik ka neid rakendada üleriigilises seiresüsteemis, näiteks integreerides neid olemasolevasse infosüsteemi JAHIS. Algselt oli JAHIS mõeldud jahimeestele jahilubade, suuruluki laskekatsete ja jahihõiguse väljastamiseks ja täitmiseks, kuid nüüdseks on rakenduses võimalik ka lisada vaatlusandmeid, mis on aidanud riigi poolt lisajahilubade väljastamiseni vaatluspiirkondades. Oleks vaja luua või võimaldada olemasoleval süsteemil kogu Eesti vabariigi jahimeestel ja teistel rajakaamera kasutajatel oma kaamerate poolt tehtud vaatlused üles laadida keskkonda, kus uurijad saaksid vajadusel neile ligi ja analüüsida pilte ja videoid uurimistöödeks. Sealt edasi oleks võimalik tehisaru abil ja süsteemi haldajatel kategoriseerida vaatlused liigi ja asukoha järgi. Tulemuseks oleks pidevalt kasvav ja täienev andmebaas rajakaamerate vaatluseid, mis on kategoriseeritud asukohtade ja liikide järgi. Lisades sellisele olemasolevale süsteemile võimaluse jagada vaatlused ka teadusgruppidega, võimaldaks kogu riigil nii teaduses, jahinduses kui ka väljaspool saada paremat teavet metsas toimuvast ja seeläbi viia ka parema ulukite kaitse ja ohjamiseni. Sellise kõigi poolt vaatluste tegemisvõimalusega andmebaasil ja selle kasutamine uurimistöös võib tuua kaasa probleeme. Asjaolu, et enamus jahimeeste ja loodushuviliste poolt kasutatud kaamerate positsioonidest (soolakud, söödaplatsid), võib kiiresti viia ülepaisutatud vaatluste arvuni ja sealt valede järeldusteni loomade asustustihedusest. Sellist probleemi aitaks leevendada vaatluse tegemisel lisa teabe andmine kaamera positsiooni kohta. Veel võib probleeme tuua maa-aladel kaamerate mitteühtlane paigutamine. Siinkohal oleks tegu probleemiga, mida oleks peale andmebaasi lisatud kaamerate asukohtade teadasaamist võimalik leevendada uute kaamera kohtade lisamisega tühjadele aladele.

Kokkuvõte

Kasutatud kirjanduse analüüsil on selgunud, et rajakaameraid on efektiivselt kasutatud mitmesugust tüüpi andmete kogumiseks. Siinkohal automaatne andmete kogumine rajakaamerate poolt võimaldab ka väiksel tööühmal koguda ka suurtel aladel vaatluseid, säästes seeläbi raha ja aega. Lisaks on kaameraid võimalik taaskasutada mitmetes uuringutes, lisades veelgi ressursside kokkuhoiule. Siiski igal tööriistal õige ja vale viis nende kasutamiseks, seetõttu on kasulik teada, kuidas uurimismeetodit korrektselt rakendada, et uurimistöö tulemusteni jõudmine oleks lihtsustatud.

Rajakaamerate kasutamisel näiteks käitumisuuringutes on eesmärgiks vaatlusmeetodil erinevate tegevuste nagu märgistamise, saagi otsimise või puhkeperioodi määramine. Määramise hõlbustamiseks on eelistatud videorežiimi kasutamine. Sarnaselt aktiivsusuuringutega tuleks kaamera paigutusel pidada silmas kohti, kus loomad tõenäoliselt liiguvad, sest suurem vaatluste arv tõstab võimalust, et uuritav käitumine jääb videole. Lisaks tuleks kaamerate paigaldamisel arvestada ka teatud perioodidega, mil loomade liikumine on prognoositavam, nagu imetajatel jooksuaeg ja lindudel pesitsusaeg.

Asustustiheduse uuringutes rajakaamerate rakendamisel tekib võimalus tulemuste väljendamist otsese isendite loenduse meetodil (absoluutne loendus) mitte indekse abil. Seda võimaldab isendite eristamine üksteisest. Erinevate isendite eristamine ja nende soo ja ligikaudse vanuse määramine on kõige tähtsam just populatsiooni struktuuri uuringutes. Eri isendeid saab eritada lihtsamalt liikidel, kellel esinevad isendile spetsiifilised tunnused, aga viimastel aastatel on ka hakatud katsetama isendi eristamist liikidel, kellel otsesed tunnused puuduvad. Siiski näiteks kratsimis-, märgistus- või mõõdupuude paigaldamine kaamera vaatevälja võib hõlbustada protsessi. Kaamera asupaikade valimisel tuleb arvestada, et ei paigutataks kaameraid ulukite kontsentratsioonikohtadesse. Sobilik viis on kasutada näiteks juhuslikult valitud kaamera positsioone.

Rajakaamerate kasutamine röövlusuuringutes võimaldab uurijatel dokumenteerida näiteks pesarüüset või ka muid pesade ümbruses toimuvaid tegevusi. Näiteks saaki, mille linnud poegade jaoks pessa toovad või saaklooma kuju rünnanud looma liiki. Uuringu jaoks kaamera valimisel tuleks eelistada paremat lahutusvõimet, et teha väikeste saakobjektide määramine piltidelt ja/või videotelt kergemaks. Lisaks olenevalt uuringu disainist on mõistlik kasutada nii video- või pildirežiimi.

Kokkuvõtavana võib järeldada, et rajakaameraid on võimalik küllaltki laialdaselt rakendada zooloogilistes ning ökoloogilistes uuringutes. Nende mitteinvasiivsus, kombineeritavus teiste uurimismeetoditega ja võime koguda üheaegselt andmeid mitme erineva liigi kohta, teeb rajakaameratest kasuliku tööriista mitmete probleemide lahendamiseks. Küll aga peab olema teadlik teatud metoodilistest piirangutest ja võtetest, et saada uuringu käigus piisavalt kvaliteetseid tulemusi. Töös tutvustatud võtete nagu kaamera paigutuse, andme kogumise režiimide ja mõnede lisavõtete kasutusele võtmine võimaldab kasutada kaameraid efektiivsemalt. Lisaks, kasutades kirjanduse läbitöötamisel saadud tulemusi, tegin ka ettepanekuid täiendavateks rajakaamerate kasutamiseks Eesti tingimustes. Võimaldades kõikidel rajakaamerate omanikel laadida oma vaatlused üles süsteemi, kus need oleks teadlastele läbipääsetavad, suurendades nii rajakaamerate poolt tehtud vaatluste arvu. Taoline tegevus kodanikuteaduse ühe vormina võiks kindlasti aidata kaasa Eestis olevate loomaliikide seisundi hindamisele.

Summary

The application of trail-cameras in scientific studies

After analysing previously done studies that have used trail-cameras as a tool for data collecting. It can be concluded that trail-cameras are an efficient method for collecting data in many different scientific studies. Thanks to the camera's automatic data collecting capabilities and a relatively cheap price, even a small team is able to collect scientific data from a large study area. Furthermore, the possibility of using the same cameras in many studies add to their appeal as a study method. However, each tool has a right and a wrong way of using it and having the knowhow to use a tool properly, leads to greater success in study conclusions.

When using trail-cameras for studying the behaviour of animals, it is important to be able to distinguish the behaviour that the animals is doing in the image or video. The behaviours can range from hunting to mating displays. For it to be easier to distinguish the behaviour, it is recommended to use the cameras video mode. That way the conclusions can be made on full video evidence, instead of static images. In both behaviour and activity studies, the trail-cameras should be placed in spots with the highest probability of animals walking past the camera. This allows for more data of the studied species and therefor allows for greater chance that certain behaviours get captured on video. A factor to consider when placing cameras are the yearly periods that animal behaviour and movements might be easier to predict. Such can be the mating and nesting periods of mammals and birds.

The use of trail-cameras in occupancy studies allows for describing the results with the number of individuals instead of indexes (number of tracks or excrement). And in the case of studies that are based on understanding the structure of the population in the study area, the sex and approximate age of the individual is of at most importance. The identification of individuals is made easier on species that have distinct markings like spots, stripes or antlers. However, in recent years the possibilities of identifying the individuals of species that lack such markings have been tested and show great promise. The process of identification can be made easier by implementing sent, scratching or measuring trees in the view of the cameras. The placement of trail-cameras in occupancy and population structure studies should not be picked while keeping in mind the highest possibility of sightings. This can result in the results being unrealistic and giving an impression of there being more individuals then there actually is. Instead in these

studies the positions of cameras should be picked at random to give a more accurate depiction of occupancy and population structure.

The application of trail-cameras in predation studies allows for a better understanding of egg targeting carnivores. Furthermore, it allows to better understand the prey that parents bring for their young or the identity of the predator that attacked the decoy that resembles prey. The data collecting mode should be chosen depending on the study. When picking out a camera of predation studies, the model with better resolution of taken videos or pictures should be preferred.

In conclusion trail-cameras can be used in many different zoological and ecological studies. Non-invasiveness, compatibility with other study methods and the ability to collect data from many different species at once make trail-cameras a very useful tool in scientific studies. However, it is important to be conscious of certain limitations and application methods (data collecting modes and positioning) to be able to use cameras effectively.

In addition, the analysis of previous studies has allowed for better understanding of potential advancements in the application of trail-cameras in Estonian science. The possibility of Estonian scientists having access to cameras that have already been deployed on the field by hunters and nature enthusiasts would allow for greater understanding of the state of animals living in local forests.

Tänuavaldused

Soovin tänada oma juhendajaid Harri Valdmann, Egle Tammeleht ja Ants Tull pideva abi, nõu andmiste ja koostöö eest.

Kasutatud kirjandus

1. Akcali, C. K., Pérez-Mendoza, H. A., Salazar-Valenzuela, D., Kikuchi, D.W., Guayasamin, J. M., Pfennig, D. W. (2019) Evaluating the utility of camera traps in field studies of predation. PeerJ 7
2. Bakner, D. L., Ringelman, K. M. (2023) A simple trail camera modification reveals red-bellied woodpeckers as important egg predators of box-nesting wood ducks. Camera Traps and Food Web Ecology 35: 1-4
3. BearID Project. (2025) Kasutatud 13.05.2025, <https://bearresearch.org/>.
4. Blake, J. G., Mosquera, D. (2014) Camera trapping on and off trails in lowland forest of eastern Ecuador: does location matter? Mastozoologia Neotropical 21: 17-26
5. Brower, M. (2008) George Shiras and the circulation of wildlife photography. History of Photography 32: 169-175
6. Bugler, K. (2020) Impacts and outcomes of using infra-red trail cameras on captive red panda (*Ailurus fulgens*) behaviour. Magistritöö. Lincoln University. Animal Science
7. Caravaggi, A., Burton, A. C., Clark, D. A., Fisher, J. T., Grass, A., Green, S., Hobaiter, C., Hofmeister, T. R., Kalan, A. K., Rabaiotti, D., Rivet, D. (2020) A review of factors to consider when using camera traps to study animal behavior to inform wildlife ecology and conservation. Society for Conservation Biology 2: 1-9
8. Crowley, S. M., Hodder, D.P., Larsen, K. W. (2013) Canada Lynx (*Lynx canadensis*) detection and behaviour using remote cameras during breeding season. Canadian Field-Naturalist 127: 310-318
9. Cummings, J. H., Duke, G. E., Jegers, A. A. (1976) Corrosion of bones by solution simulating raptor gastric juice. Journal of Raptor Research 10: 55-57
10. Delaney, D. K., Grubb, T. G. (1998) An infrared video camera system for monitoring diurnal and nocturnal raptors. Journal on Raptor Research 32: 290-296
11. Di Bitetti, M. S., Paviolo, A., De Angelo, C. (2014) Camera trap photographic rates on roads vs. off roads: location does matter. Mastozoologia Neotropical 21: 37-46
12. Duke, G. E., Jegers, A. A., Loff, G., Evanson, O. A. (1976) Gastric digestion in some raptors. Comparative Biochemistry and Physiology, A, 50: 649-656
13. Eishen, G. (2022) Effects of human activity on wildlife activity on an urban nature preserve as assessed using motion-detection cameras. Magistritöö. Texas A&M University. Animal Science

14. Frid, A., Dill, L. (2002) human-caused disturbance stimuli as a form of predation risk. *Conservation Ecology* 6: 1-16
15. García-Salgado, G., Rebollo, S., Pérez-Camacho, L., Martínez-Hesterkamp, S., Navarro, A., Fernández-Pereira, J. M. (2015) Evaluation of trail-cameras for analyzing the diet of nesting raptors using the northern goshawk as a model. *PLoS ONE* 10: 1-15
16. Harmsen, B. J., Foster, R. J., Silver, S., Ostro, L., Doncaster, C. P. (2010) Differential use of trails by forest mammals and the implications for camera-trap studies: A case study from Belize. *Biotropica* 42: 126-133
17. Harrison, J. T., Kochert, M. N., Pauli, B. P., Heath, J. A. (2019). Using motion-activated trail cameras to study diet and productivity of cliff-nesting Golden eagles. *The Journal of Raptor Research* 53: 26-37
18. Hernandez, F., Rollins, D., Cantu, R. (1997) An evaluation of Trailmasters camera systems for identifying ground-nest predators. *Wildlife Society Bulletin* 25: 848-853
19. Hines, J.E., Nichols, Royle, J. A., MacKenzie, D. I., Gopalaswamy, A. M. Samba Kumar, N., Karanth, K. U. (2010) Tigers on trails: occupancy modeling for cluster sampling. *Ecological applications*, *Ecological society of America* 20: 1456-1466
20. Iannino, E., Linell, J. D. C., Devineau, O., Odden, J., Mattisson J. ja Thorsen N. H. (2024). Assessing the potential of camera traps for estimating activity pattern compared to collar-mounted activity sensors: a case study on Eurasian lynx *Lynx lynx* in south-eastern Norway. *Wildlife biology* 2025: 1-7
21. Irschick, D. J., Reznik, D. (2009) Field Experiments, introductions, and experimental evolution. Garland, T. (toim), Rose, M. R.(toim), *Experimental Evolution: Concepts, Methods, and Applications of Selection Experiments* (lk 173-196). Berkeley: University of California Press.
22. Jácomo, A.T.A., Silveira, L., Diniz-Filho, J.A.F. (2004) Niche separation between the maned wolf (*Chrysocyon brachyurus*), the crab-eating fox (*Dusicyon thous*) and the hoary fox (*Dusicyon vertulus*) in central Brazil. *Journal of Zoology* 262: 223-287
23. Kaasiku, T., Rannap, R., Männil, P. (2022) Predation-mediated edge effects reduce survival of wader nests at a wet grassland-forest edge. *Animal Conservation* 25: 692-703
24. Karanth, K. U., Nichols, J. D. (1998) Estimation of tiger densities in India using photographic captures and recaptures. *Ecological applications*, *Ecological society of America* 79: 2852-2862

25. Kelly, M. J., Holub, E. L. (2008) Camera trapping of carnivores: trap success among camera types and across species, and habitat selection by species, on Salt Pond Mountain, Giles County, Virginia. *Northeastern Naturalist* 15: 249-262
26. Kolowski, J. M., Forrester, T. D. (2017) Camera trap placement and the potential for bias due to trails and other features. *PLoS ONE* 12: 1-20
27. Long, E. S., Fecske, D. M., Sweitzer, R. A., Jenks, J. A., Pierce, B. M., Bleich, V. C. (2003) Efficiency of photographic scent stations to detect mountain lions. *Western North American Naturalist* 63: 529-532
28. MacKenzie, D. I., Nichols, J. D., Lachman, G. B., Droege, S., Royale, J. A., Langtimm, C. A. (2002) Estimating site occupancy rates when detection probabilities are less than one. *A Century of statistical Ecology Centennial Special: Notable Papers in ESA History* 83: 2248-2255
29. Major, R.E., Gowing, G. (1994) An inexpensive photographic technique for identifying nest predators at active nests of birds. *Wildlife Research* 21: 657-666
30. Margalida, A., Bertran, J., Boudet, J. (2005) Assessing the diet of nestling bearded vultures: a comparison between direct observation methods. *Journal of Field Ornithology* 76: 40-45
31. Marti, C. D., Bechard, M., Jaksic, F. M. Food habits. In: Bird, D. M., Bildstein, K. L. (2007) Food habits. Bird, D. M.(autor), Bildstein, K. L.(toim), Barber, D. R.(toim), Zimmerman, A.(toim), *Raptor research and management techniques* (lk 129-169) Wisconsin: Hancock house Publishers
32. Martin, K. (1998) The role of animal behavior studies in wildlife science and management. *Wildlife Society Bulletin* 26: 911-920
33. McBride, R., Sensor, R. (2015) Efficacy of trail cameras to identify individual florida panthers. *Southeastern Naturalist* 14: 351-360
34. Meek, P., Fleming, P., Ballard, G., Banks, P., Claridge, A., Sanderson, J., Swann, D. (2011) *Camera Trapping: Wildlife Management and Research*. Australia: CSIRO Publishing
35. Oja, R., Pass, E., Soe, E., Ligi, K., Anijalg, P., Laurimaa, L., Saarma, U., Lõhmus, A., Valdmann, H. (2018) Increased nest predation near protected capercaillie leks: a caveat against small reserves. *European Journal of Wildlife Research* 64: 1-8
36. Rogers, A. S., DeStefano, S., Ingraldi, M. F. (2005) Quantifying Northern goshawk diets using remote cameras and observations from blinds. *Journal of Raptor Research* 39: 303-309.

37. Rovero, F., Rathbun, G. B. (2006) A potentially new giant sengi (elephant-shrew) from the Udzungwa mountains, Tanzania. *Journal of East African Natural History* 95: 111-115
38. Rovero, F., Zimmermann, F. (2016) *Camera Trapping for Wildlife Research*. Ühendkuningriik: Pelagic Publishing
39. Rovero, F., Zimmermann, F., Berzi, D., Meek, P. (2013) “Which camera trap type and how many do I need?” A review of camera features and study designs for a range of wildlife research applications. *Hystrix, the Italina Journal of Mammology* 24: 148-156
40. Ruiz-Mondragón, E. J., Gastelum-Mendoza, F. I., Romero-Figueroa, G., Venegas-Barrera, C. S., Arrellano-García, M. E., Guerrero-Cárdenas, I., Lozano-Cavazos, E. A., Valdez, R., (2025) Use of trail cameras to estimate the abundance and population structure of bighorn sheep in Baja California, Mexico. *Agrociencia* (lk 1-15)
41. Simmons, R. E., Avery, D. M., Avery, G. (1991) Biases in diets determined from pellets and remains: correction factors for a mammal and bird-eating raptor. *Journal of Raptor Research* 25: 63-67
42. Sollman, R., Mohamed, A., Samejima, H., Wilting, A. (2013) Risky business or simple solution – Relative abundance indices from camera-trapping. *Biological Conservation* 159: 405-412
43. Stanley, T. R., Royle, J. A. (2010) Estimating site occupancy and abundance using indirect detection indices. *The Journal of Wildlife Management* 69: 874-883
44. Steenweg, R., Whittington, J., Hebblewhite, M., Forshner, A., Johnston, B., Petersen, D., Shepherd, B., Lukacs, P. M. (2016) Camera-based occupancy monitoring at large scales: Power to detect trends in grizzly bears across the Canadian Rockies. *Biological Conservation* 201: 192-200
45. Suurmägi, M. (2025) Peidetud kaamera ees hundi salaküttinud abielupaari tegu sai kohtus kinnituse. *Sakala-Postimees*, 1. mai. Kasutatud 13.05.2025, <https://sakala.postimees.ee/8240535/peidetud-kaamera-ees-hundi-salakuttinud-abielupaari-tegu-sai-kohtus-kinnituse>
46. TEAM Network (2011) *Terrestrial Vertebrate Protocol Implementation Manual*, v. 3.1. Tropical Ecology, Assessment and Monitoring Network
47. Thorn, B., Green, M., Bateman, P. W., Waite, S., Scott, D. M. (2011) Brown hyaenas on roads: Estimating carnivore occupancy and abundance using spatially auto-correlated sign survey replicates. *Biological Conservation* 144: 1799-1807

48. Tobler, M. W., Carrillo-Percastegui, S. E., Pitman, R. L., Mares, R., Powell, G. (2008) An evaluation of camera traps for inventorying large- and medium-sized terrestrial rainforest mammals. *Animal Conservation* 11: 169-178
49. Väli, Ü. (2018) Timing of breeding events of the lesser spotted eagle *Clanga pomarina* as revealed by remote cameras and GPS-tracking. *Ardea* 106: 1-10
50. Väli, Ü., Strazds, M., Kaldma, K., Treinys, R. (2024) Low juvenile survival threatens the black stork *Ciconia nigra* in northern Europe. *Bird Conservation International* 34: 1-7
51. Wai, L., Burger, R., Goossens, B. (2021) The first documented record of hairy-nosed otter (*Lutra sumatrana*) in the lower Kinabatangan Wildlife Sanctuary, Sabah, Malaysia. *IUCN/SSC Otter Specialist Group Bulletin* 38: 62-69
52. Welbourne, D. J., Claridge, A. W., Paull, D. J., Lambert, A. (2016) How do passive infrared triggered camera traps operate and why does it matter? Breaking down common misconceptions. *Remote Sensing in Ecology and Conservation* 2: 77-83
53. Wilting, A., Samejima, H., Mohamed, A. (2010) Diversity of Bornean viverrids and other small carnivores in Deramakot Forest Reserve, Sabah, Malaysia. *Small Carnivore Conservation* 42: 10-13
54. Yordanov, E. S., Vladimir, D. D., Jambon, A. (2023) Trail cameras reveal new details of the breeding behaviour of an endangered vulture species. *Acta zoologica bulgarica* 17: 67-73

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Max Michael Lautre,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose “RAJAKAAMERATE RAKENDAMINE TEADUSLIKUS UURIMISTÖÖS“, mille juhendajad on Harri Valdmann, Egle Tammeleht ja Ants Tull reprodutseerimiseks eesmärgiga seda säilitada, sealhulgas lisada digitaalarhiivi DSpace kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.

2. Annan Tartu Ülikoolile loa teha punktis 1 nimetatud teos üldsusele kättesaadavaks Tartu Ülikooli veebikeskkonna, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace kaudu Creative Commons'i litsentsiga CC BY NC ND 4.0, mis lubab autorile viidates teost reprodutseerida, levitada ja üldsusele suunata ning keelab luua tuletatud teost ja kasutada teost ärieesmärgil, kuni autoriõiguse kehtivuse lõppemiseni.

3. Olen teadlik, et punktides 1 ja 2 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

4. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei riku ma teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse õigusaktidest tulenevaid õigusi. Emilia Lukenskaite 19.05.2024