

TARTU ÜLIKOOL
ÖKOLOOGIA JA MAATEADUSTE INSTITUUT
ZOOLOOGIA OSAKOND
TERIOLOOGIA ÕPPETOOL

Selena Jõesuu

PUNAREBASE (*VULPES VULPES*) SÜGIS-TALVINE
TOITUMINE JA PARASITOFFAUNA

Magistritöö

Juhendajad: PhD Urmas Saarma,
PhD Harri Valdmann, PhD Ants Tull

TARTU 2023

Punarebase (*Vulpes vulpes*) sügis-talvine toitumine ja parasitofauna

Punarebane (*Vulpes vulpes*) on laia areaaliga oportunistlike toitumisharjumustega mesokarnivoor. Tema mitmekülgne toitumine võib põhjustada nakatumist erinevatesse parasiitidesse. Sellest tulenevalt võib rebane toimida kui reservuaar või levitaja zoonootilistele parasiitidele, mis võivad nakatada teisi metsloomi, koduloomi ning ka inimest. Kaasaja uuringutes on seni ebapiisavalt käsitletud rebase sesoonset toitumist Eestis ning parasiidinakkuste dünaamikat. Käesoleva tööga tehti oluline samm selle lünga täitmiseks ja viidi läbi Ida- ja Põhja-Eestist korjatud ekskrementide analüüs, milles käigus määrati kindlaks kiskjaliik, peamised toiduobjektid ja esinevad parasiidid. Eesmärgiks oli välja selgitada erinevate toiduobjektide ja parasiitide esinemissagedus ning nende omavahelised seosed. Lõplik valim koosnes 140 geneetiliselt tuvastatud rebase ekskrementidest. Kõige sagedasemaks sügis-talviseks toiduks osutus taimne toit (87.1%), täpsemalt antropogeenne taimne toit nagu õun, pirn ja luuviljad. Lisaks taimsele oli domineerivaks toidukategooriaks imetajad (80,7%), millest valdava osa moodustasid pisinärilised (70%). Analüüsitud proovidest olid nakatunud parasiitidega valdav enamik (91,4%). Esindatud olid parasiidid sugukonnast Taeniidae, perekondadest *Eucoleus/Trichuris*, *Toxocara* ja *Uncinaria* ning üherakulised protistid perekondadest *Isospora* ja *Cystoisospora*. Enim olid levinud ümarussid ning tri-infektsioonide kombinatsioonid. Selgus, et pisinärilistest toitumine suurendas nakkustaset paeluslastega 2,6 korda. Samal ajal oli taimse materjali tarbimine seotud nakatumise vähenemisega, näiteks vähendas taimse materjali tarbimine *Eucoleus spp./Trichuris spp.* nakkustaset umbes kolmandiku võrra. Saadud tulemused erinevad eelnevatest eeskätt väga suure taimse materjali esinemissageduse tõttu, sarnane oli aga pisinäriliste ja raibe rohke tarbimine. Käesolev töö näitab, et sügis-talvisel perioodil (peamiselt sügisel) tarbivad rebased ohtralt puuvilju, kui need on kättesaadavad ning sel perioodil on rebaste parasiteerituse tase väga kõrge. Edasised uuringud peavad näitama, milline on rebase toitumise ja parasiitide dünaamika aasta eri perioodide lõikes ning eri aastate vahel.

Märksõnad: geneetiline identifitseerimine; punarebane, Taeniidae; toitumine; *Toxocara canis*; *Trichuris*; *Uncinaria stenocephala*; *Vulpes vulpes*; zoonootilised parasiidid.

CERCS: B320 Süstemaatiline botaanika, zooloogia, zoogeograafia, B240 (Inimeste ja loomade) parasitoloogia

The autumn-winter diet and parasites of the red fox (*Vulpes vulpes*)

The red fox (*Vulpes vulpes*) is a widely distributed mesocarnivore with opportunistic dietary habits. Due to the varied diet, foxes can become infected with various parasites. Consequently, the fox can act as a reservoir or spreader of zoonotic parasites that can infect other animals, domestic animals and also humans. However, information of the long-term dietary behavior of foxes in Estonia and its dynamics with parasite infection is scarce. The aim of this study was to analyse food habits and parasite fauna, and their interrelationships of the red fox in autumn-early winter. Analysis of carnivore excrements collected from Eastern and Northern Estonia was carried out to identify: (i) the species who left the excrement (based on genetic analysis), (ii) the main food objects (morphological analysis) and (iii) the parasite fauna (morphological analysis). 140 samples were identified as fox excrements. The most frequent food category was plant material (87.1%), predominantly anthropogenic plant material such as apple, pear and plum. The other frequent food category was mammals (80.7%), consisting mostly of small rodents. Of 140 fox samples, 91.4% were infected with parasites. The most frequent parasite taxa were from the genera *Taenia*, *Capillaria*, *Toxocara*, *Strongyloides* and *Uncinaria*. Single-cell protozoa from the genera *Isospora* and *Cystoisospora* were also found. Analysis of diet-parasite relationships revealed that eating rodents increased the probability of being infected with parasites, for example, the probability of being infected with Taeniidae increased 2.6 times. At the same time, consumption of plant material was associated with a reduction in infection. For example, consumption of plants reduced infection intensity with *Eucoleus spp./Trichuris spp.* about 30%. This study revealed a very high frequency of plants in the fox diet, demonstrating that in autumn foxes eat apples and other fruits in abundance, and a very high infection rate with parasites.

Keywords: *Canis familiaris*; diet; food habits; genetic identification; red fox, Taeniidae; *Toxocara canis*; *Trichuris*; *Uncinaria stenocephala*; *Vulpes vulpes*; zoonotic parasites

CERCS: B320 Systematic zoology, zoogeography, B240 Parasitology (human and animal)

Sisukord

1. Sissejuhatus	5
2. Kirjanduse ülevaade	7
Rebase toitumine	7
Toiduniši potentsiaalne kattuvus teiste koerlastega	8
Rebaste energiavajadus	9
Rebase siseparasiidid	9
Rebase parasiitide ja toitumise vahelised seosed	11
3. Materjal ja metoodika	12
Proovide kogumine	12
Liikide geneetiline tuvastamine kiskjate ekskrementidest	13
Parasiidid	13
Toiduobjektid	14
Andmeanalüüs	14
Töö autori roll	15
4. Tulemused	16
Tuvastatud kiskjad	16
Rebase sügisesed toiduobjektid	17
Rebase parasiidid	19
Rebase sügishooaja toitumise ja parasiitide seosed	21
5. Arutelu	24
Ekskrementidest kiskja liigi usaldusväärse tuvastamise olulisus ja mitteinvasiivse geneetilise metoodika eelised	24
Rebase toitumine Eestis sügis-talvisel perioodil	25
Rebasel levinud parasiidid sügis-talvisel perioodil	28
Rebase toitumise ja esinevate parasiitide vahelised seosed	29
Vajadus edasisteks uuringuteks	30
Kokkuvõte	31
Summary	32
Tänuavaldused	33
Kirjandus	34

1. Sissejuhatus

Inimtegevus nagu suurenev linnastumine, intensiivne metsa- ja põllumajandus ning infrastruktuuride arendamine omavad reeglina loodusele negatiivset mõju, peamiselt elupaikade hävimise ja häirimise suurenemise tõttu. Elupaikade vähenemine on viinud paljude liikide (sh rebase) elupaiga valiku ja kasutuse ning käitumismustrite muutumiseni, Selle mõju üheks mõõdikuks on kahtlemata muutused neid elupaiku kasutavate imetajate toitumises. Inimtegevus võib luua uusi toiduressursse, muuta toitumist läbi looduslike elupaikade muutuste ja soodustada uute liikide levikut ja sellest tulenevalt mõjutada toiduahelaid.

Rebane (*Vulpes vulpes*) on nii Euroopas kui ka Eestis kõige arvukam mesokarnivoor, kelle lai levik tugineb kohanemisvõimelisusel väga erinevate elupaigatüüpidega (Eckert *et al.*, 2000) ja oportunistlikule toitumisviisile (Soe *et al.*, 2017). Samad autorid leidsid oma ülevaates, et rebase toitumine on Euroopas väga mitmekesine, koosnedes peamiselt väikestest imetajatest, lindudest, selgrootutest, puuviljadest ja korjustest, kuid mainitud toiduobjektide osakaal toidulauas on geograafiliselt erinevates piirkondades erinev.

Oportunistlik toitumine soodustab nakatumist erinevate parasiitidega. Lisaks võib rebane toimida ka reservuaarina mõnedele parasiitidele, mis võivad nakatada nii koeri kui ka inimesi. Näiteks on Eestis rebasele leitud zoonootilist parasiiti *Echinococcus multilocularis*, mille lõppperemehed on rebase, kes omakorda nakatuvad vaheperemeestest, näiteks pisinärilistest toitumise teel (Moks *et al.*, 2005). Teine levinud parasiit on *Toxocara canis* ehk kutsikasolge, kes teadaolevalt põhjustab inimestel toksokarioosi (Okulewicz *et al.*, 2012). Samuti on leitud, et zoonootiliste helmintide osas on rebastel suur kattuvus šaakali ja koerte helmintidega, mis viitab võimalikule ülekandevõimele metsloomade ja koduloomade vahel (Tull *et al.*, 2022b).

Antud uuringu eesmärgiks oli hinnata rebase toitumist Eestis sügis-talvisel perioodil ning leida potentsiaalseid seoseid toitumise ja parasiitide esinemise ning intensiivsuse vahel. Rebane on oma arvukusest ja levikust tulenevalt oluline Eesti imetajate fauna liige, kellel on märkimisväärne ökoloogiline roll. Nende leviku, käitumise ja ökoloogiliste iseärasuste mõistmine on oluline Eesti metsloomade majandamise ja kaitse seisukohalt (Plumer *et al.*, 2014). Puudulik on kaasaegne ülevaade rebase sesoonsesest toitumisest ja parasitofaunast. Peab märkima ka suurt ebakindlust rebase ekskrementide morfoloogial põhineval peremeesliigi määramisel, mis viib paratamatult valedele teaduslikele järeldustele, mistõttu on väga oluline rakendada selle juures kaasaegseid geneetilisi meetodeid.

Käesolev uurimus käsitleb sügistanalvise perioodi ning edaspidi on plaanis uurimist laiendada ka ülejäänud aastaegadele. Lisaks võimaldab kogutud materjal laiendada analoogseid uuringuid ka teistele kiskjalikele.

Lähtudes varasemalt teostatud uuringutest (Soe *et al.*, 2017; Tull *et al.*, 2022b) püstitati järgnevad hüpoteesid:

- 1) Rebaste sügis-talvise perioodi kõige levinum toiduobjekt on pisinärlised
- 2) Pisinärlistest toitumisel on kõrgeim paeluslaste esinemissagedus
- 3) Taimsete toiduobjektide suurem esinemine on seotud suurema geohelmintide esinemisega

Magistritöö eesmärkideks oli välja selgitada, (1) millised on erinevate toiduobjektide osakaalud rebaste toitumises sügis-talvisel perioodil, (2) milline on rebaste nakatumine erinevatesse parasiitidesse, (3) kas toitumise ja parasiitide vahel leidub olulisi seoseid.

2. Kirjanduse ülevaade

Eestis on koerlaste (*Canidae*) sugukonna kõige arvukamad esindajad rebane (*Vulpes vulpes*) ja kährikkoer (*Nyctereutes procyonoides*) (Keskkonnaagentuur, 2022). Rebane on Eestis kõige laialdasemalt levinud kiskjaline, kes elab erinevates elupaikades, sealhulgas metsades, põllumaadel ja heast kohanemisvõimest tulenevalt ka linnapiirkondades (Plumer *et al.*, 2014). Nad on tuntud oma võime poolest kasutada mitmesuguseid elupaiku, mis aitab kaasa nende edukale levikule kogu Euroopas (Lindström *et al.*, 1994). Lisaks looduslikele elupaikadele on rebane üle-maailmselt suutnud laiendada enda elupaika ka linnadesse (Bateman & Fleming, 2012). Ka Eesti puhul on leitud rebaseid enamikest linnadest (Plumer *et al.*, 2014). Tulenevalt rebaste tähtsast rollist toiduahelas on olulisel kohal nende elupaikade eelistuste ja ökoloogia mõistmine.

Rebase toitumine

Rebane on tuntud kui oportunistlik toitaja, kes toitub Eestis sügis-talvisel perioodil eelkõige väikeimetajatest, raipest, teraviljast ja õuntest. Väikeimetajatest toituvad nad valdavalt pisinärlitest nagu hiirlased (*Muridae*) ja hamsterlased (*Cricetidae*). Harvemal juhul toitub rebane ka lindudest, kalast, selgrootutest ja jänestest (Remm *et al.*, 2015). Eelkõige on neil mesokarnivooridena oluline roll väikeimetajate populatsioonide kontrollimises (Plumer *et al.*, 2014). Eestis on täheldatud rebaste kiiret linnastumist, kus nad on edukalt kohanenud nii linna kui ka linnalähedase keskkonnaga. Inimasustusele lähedal elamine tagab neile juurdepääsu toiduressurssidele, pakkudes samal ajal peavarju ja kaitset kiskjate eest (Plumer *et al.*, 2014). Linnas või linnalähedases keskkonnas elavad isendid võivad tarbida suuremas koguses antropogeenset toitu, mis võib endas hõlmata toiduaineid prügikastide rüüstimisest, lemmikloomatoitu või põllukultuuride tarbimist (Contesse *et al.*, 2004). Maapiirkondades on levinud näiteks köögiviljade ja puuviljade tarbimine. Peab märkima ka nende zoohoorset rolli paljude taimeliikide levitajatena (Cancio *et al.*, 2017).

Rebase toiduobjektide osakaal on märkimisväärselt varieeruv sõltuvalt laiuskraadist, inimese mõjust ning soojadest ja külmadest perioodidest ehk aastaegadest (Soe *et al.*, 2017). Toidulaua mitmekülgsus väheneb kõrgematel laiuskraadidel külmal perioodil, kuid mitte soojal perioodil, ning suureneb suure inim mõjuga piirkondades. Närliste ja lindude esinemine toidus suureneb ühtlaselt laiuskraadiga, samas kui taimede ja selgrootute esinemine on laiuskraadidel erinev sõltuvalt soojast ja külmast perioodist. Taimne materjal ja selgrootud on olulised toiduobjektid

kõrgematel laiuskraadidel just soojadel aastaegadel, kui need on rohkem kättesaadavad. Ka globaalsel tasandil on täheldatud rebase toitumise varieeruvust kogu liigi levikuala piires, kuid üldine tendents näitab, et kõige sagedasemad toiduobjektid on väikesed imetajad ja selgrootud (Castañeda *et al.*, 2022).

Tšehhi uuringus (Hartová-Nentvichová *et al.*, 2010) leiti kõige sagedasema toiduobjektina nii suvi-sügis (28,5% proovidest) kui ka talv-kevad (40,8% proovidest) perioodil just närilisi. Suvi-sügis perioodil olid teised sagedased toiduobjektid taimne materjal (14,6%), sõraliste esindajad (17,2%), puuviljad (15,0%) ja mardikad (13,4%). Üldine rebase toitumismuster viitas kiskjaliste, roomajate, kahepaiksete, vihmausside, limuste, puuviljade, mardikaliste ja muude putukate proportsionaalsele suurenemisele ning näriliste, sõraliste ja lindude osakaalu vähenemisele suvi-sügis perioodil võrreldes talv-kevad perioodiga. Sarnaselt on ka Taanis ja Saksamaal leitud näriliste osakaalu vähenemist toidus suveperioodil ja varasügisel (Saeed *et al.*, 2006). Nagu ka mujal, on Eestis rebase kõige tõenäolisem, just peamiselt sügisel, toiduobjekt näriline. Kevadel lähevad rebased närilistelt üle teistele toiduallikatele nagu linnud, kahepaiksed, roomajad, jänesed ja kalad (Laurimaa *et al.*, 2016).

Toiduniši potentsiaalne kattuvus teiste koerlastega

Sarnaselt rebasele on oma oportunistlike toitumisharjumuste ja erinevate toiduallikate ärakasutamise poolest tuntud ka kährikkoer. Kährikkoer on segatoiduline, kes toitub Eestis ligi poolest sügisest varakevadeni antropogeensest taimsest materjalist, peamiselt teraviljast ja õunadest. Lisaks sellele sööb ta looduses kättesaadavast toidust sügisel selgrootuid, metsamarju ning raipeid, talvel ja varakevadel raipeid, kahepaikseid ja pisiimetajaid: putuktoidulisi ja uruhiiri. (Remm *et al.*, 2015).

Lisaks kährikule on uuritud ka hariliku šaakali (*Canis aureus L.*) toitumisökoloogiat ja võrreldud seda rebasega. Ungaris leiti (Lanszki *et al.*, 2006), et mõlema liigi niši laius oli pigem kitsas ja rebane osutus rohkem generalistiks. Kahe liigi toiduobjektide kattumise indeks oli kõrge (keskmiselt 73%) ja varieerus koos väikeste imetajate kättesaadavuse ja tarbimise vähenemisega. Võrreldes šaakaliga tarbisid rebased rohkem väikeseid imetajad ja vähemal määral taimset materjali.

Rebase energiavajadus

Rebase energiavajadus võib erineda sõltuvalt vanusest, soost, aktiivsuse tasemest, reproduktiivsest seisundist ja muidugi keskkonnatingimustest. Üldiselt võib metsloomade täpse kalorivajaduse hindamine nende looduslikes elupaikades olla keeruline, kuna toidu kättesaadavus ja energiakulu on väga erinev.

Täiskasvanud rebase päevane kalorivajadus on hinnanguliselt paigutatud vahemikku 250-600 kilokalorit (kcal) päevas, sõltuvalt nende kehakaalust ja aktiivsusest. Näiteks leidis Iisraelis läbi viidud uuring, et keskmise suurusega rebane (umbes 5 kg) vajab ligikaudu 360 kcal päevas (Gortázar *et al.*, 2000). Austraalias leiti keskmiselt 5,6 kg raskuse kehamassiga isaste rebaste energiavajaduseks 556 kcal/päevas ja keskmiselt 5,4 kg raskustel emastel energiavajaduseks 387 kcal (Winstanley *et al.*, 2003). Oluline on märkida, et kalorivajadus võib aastaringselt kõikuda, eriti sigimisperioodil või ekstreemse külma ajal, kui kehatemperatuuri säilitamiseks võib vaja minna lisaenergiat. Kuna tegu on kõrge kohanemisvõimega kiskjatega, suudavad nad kohandada oma energiakulu vastavalt toidu kättesaadavusele ja saakloomade populatsioonide hooajalistele erinevustele.

Rebase siseparasiidid

Sarnaselt teistele koerlaste sugukonda kuuluvatele liikidele on rebased mõjutatud väga suure hulga siseparasiitide poolt. Siseparasiidid ehk endoparasiidid elavad ja sigivad peremehe kehas (Saava, 2015). Rebased võivad siseparasiitidesse nakatuda toitumisel, kokkupuutest saastunud keskkonnaga või kokkupuutest teiste nakatunud loomadega. Nakatumise riski võib seetõttu oluliselt mõjutada tarbitud toit ja elukeskkond.

Teadaolevalt levinuimad siseparasiidid rebaste seas on ümarussid (*Toxocara canis*, *Toxascaris leonina*), kõõrpead (*Ancylostoma caninum*, *Uncinaria stenocephala*) ja paelussid (*Taenia spp.*, *Echinococcus spp.*). Lisaks nendele on ulatuslikult leitud ka nakatumist ainuraksete protistidega nagu *Isospora spp.* või *Cystoisospora spp.* (Martínez-Carrasco *et al.*, 2007; Gomes *et al.*, 2023). Viimase paarikümne aasta jooksul on mitmes Euroopa riigis läbi viidud terve rida rebaste parasiitidesse nakatumise uuringuid. Suurbritannia uuring (Smith *et al.*, 2003) leidis kõige sagedasemateks sooleparasiitideks kõõrdpea *U. stenocephala* (41,3%) ja ümarussi *T. canis* (61,6%). Ka kümme aastat hiljem tehtud Sloveenia uuring (Vergles Rataj *et al.*, 2013) leidis kõige sagedasema nakatumise just parasiitidesse *U. stenocephala* (58,9%) ja kutsikasolkmesse (*T. canis*) (38,3%), millele lisaks esines ka *Capillaria sp.* (2,8%), *T. leonina*

(2,5%), *Trichuris vulpis* (0,7%). Kõige levinumad paelussid olid *Mesocestoides sp.* (27,6%) ja *Taenia crassiceps* (22,2%) ning tuvastati ka kaks algloomaliiki - *Sarcocystis* ootsüstid (2,8%) ja *Isospora* (0,4%).

Eesti rebastelt on varasemalt leitud 17 erinevat endoparasiitide taksonit, sealhulgas kümme zoonootilist liiki (Laurimaa *et al.*, 2016). Kõrgeimat nakatumise määra täheldati *Alaria alata* (90,7%), *Eucoleus aerophilus* (87,6%) ja *U. stenocephala* (84,3%) puhul ning märkimisväärne oli ka inimesele ohtliku paelussi *Echinococcus multilocularis* ehk alveokokk-paelussi esinemissagedus (31-5%). Hilisemas Lääne-Eesti rannikualale keskendunud uuringus (Tull *et al.*, 2022b) kinnitati rebaste kõrget nakatumist parasiitidesse (92,4%), sealhulgas kõige sagedamini oldi nakatunud nematoodidesse *Eucoleus spp./Trichuris spp.* (80,2%), sugukonda Taeniidae (76,3%) ja kõõrpeasse *U. stenocephala* (18,3%). Võrreldes koerte ja šaakalitega oli rebastel oluliselt suurem koinfektsiooni määr (80,2%), millest kõige sagedasem koinfektsioon oli Taeniidae ja *Eucoleus spp./Trichuris spp.* (62,9%). Kui varasem Eesti uuring näitas kõrgemat kutsikasolkmesse nakatumist (29,6%) (Laurimaa *et al.*, 2016), siis rannikuala uuringu oli parasiidi esinemissagedus pigem madal (6%).

Parasiitide esinemises on pikka aega täheldatud hooajalisi muutusi. Üks esimesi Saksamaal kuue aasta jooksul läbi viidud väikekiskjate, sh rebaste, parasiitide hooajalise dünaamika uuring näitas *M. leptothylacus* madalat esinemissagedust just hilissuvel, kõõrpea *U. stenocephala* sagedasemat esinemist nii suvel kui ka talvel ja vähemal määral oli hooajaline ka kutsikasolge, kes esines veidi vähem kevadel ja sügisel kui suvel ja talvel (Loos-Frank & Zeyhle, 1982). Nakatumine paelusslastega Taeniidae näitas küll läbi aastate nakatumise kõikumist, kuid mitte olulist sõltuvust hooaegadest. Ka Taanis on leitud üldine madalam nakatumine trematoodidesse ja tsestodididesse suvel ja sügisel, võrreldes talve ja kevadega (Saeed *et al.*, 2006). Täiskasvanud isendite puhul täheldati märkimisväärset hooajalist varieeruvust ainult *Uncinaria* ja *C. aerophila* nakkuste puhul, samas kui noorloomadel oli hooajaliselt oluliselt erinev *Toxocara*, *Uncinaria*, *C. plica* ja *Angiostrongylus* esinemissagedus. Horvaatias on leitud kõige suurem arv kõõrpeasse *U. stenocephala* nakatunud rebasteid just hilissügisel/varatalvel (Rajković-Janje, 2002). Hooajalisuse ja vanuse vahel on samuti leitud seoseid (Reperant *et al.*, 2007), näiteks on kutsikasolkme esinemissagedus noorloomadel kõrgeim kevadel, langedes suvel ja sügisel ja stabiliseerudes talvel, mil see jõuab samale tasemele täiskasvanud isenditega. Noorloomadel oli madalaim levimus kõõrpeaga *U. stenocephala* kevadel ja kõrgeim sügisel, kuid täiskasvanud isenditel oli esinemissagedus madalaim suvel ja kõrgeim talvel.

Rebase parasiitidesse nakatumise uurimine on oluline eelkõige nii zoonootiliste helmintide kui ka ainuraksete protistide tõttu, mis suudavad nakatada loomi ja inimesi, kujutades seeläbi endas potentsiaalset ohtu inimese tervisele. Probleem on üha aktuaalsem, kuna rebaste arvukus on paljudes riikides suurenenud ja liik koloniseerib üha kiiremini ka linnapiirkondi (Contesse *et al.*, 2004). Ka Eesti puhul on hinnanguliselt parasiitidega nakatumise oht inimestele märkimisväärselt suurenenud (Plumer *et al.*, 2014; Laurimaa *et al.*, 2015). Lisaks on leitud, et ulukimetajate ja maal elavate koerte zoonootiliste helmintide osas esineb suur kattuvus, mis on ohuks inimeste tervisele (Tull *et al.*, 2022b).

Rebase parasiitide ja toitumise vahelised seosed

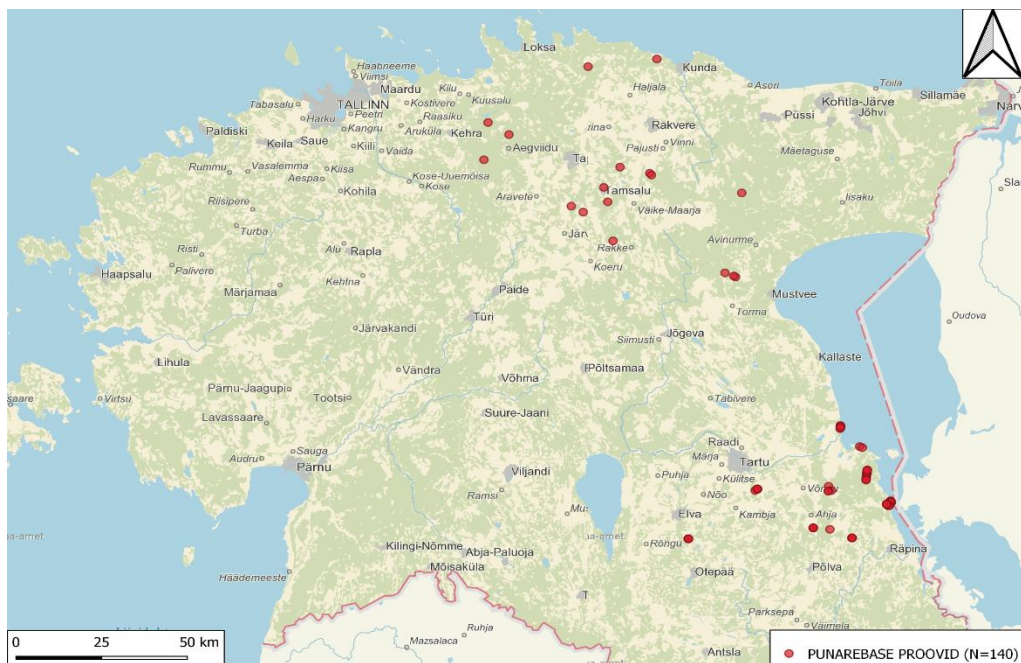
Rebase parasiitide esinemine ja levik on seotud tema toitumisega. Rebastelt on leitud nii otsese elutsükli ja ilma vaheperemehta geohelminthe kui ka kaudse elutsükli ja vaheperemeest vajavaid biohelminthe (Gherman, 2013). Saakloomadena võivad nad toituda parasiitide vaheperemeestest, kes võivad nakatada rebaseid endeid. Sellisteks saakloomadeks on näiteks väikeimetajad nagu närilised ja jäneselised, kes võivad olla vaheperemeesteks parasiitidele nagu nematoodid (nt kutsikasolge) ja tsestoodidele (nt alveokokk-paeluss) (Vuitton *et al.*, 2003; Okulewicz *et al.*, 2012). Toitudes lindudest võivad rebased nakatuda parasiitidega nagu kidakärssussid (nt *Polymorphus* spp.) ja nematoodid (nt *Spirocerca lupi*) (Willingham *et al.*, 1996; Ferrantelli *et al.*, 2010). Kuna rebased toituvad ka korjustest, võivad nad kokku puutuda lisaks vaheperemeestele ka teiste nakatunud loomadega. Näiteks võib nakatunud sõraliste korjustest toitumine viia nakatumiseni parasiitidesse nagu *Sarcocystis* spp. ja *Trichinella* spp. (Malakauskas & Griekienienė, 2002; Remonti *et al.*, 2005). Taimse materjali tarbimise puhul on välja pakutud seos rebase eneseravi ja taimede tarbimise vahel, et vähendada endoparasiitide koormust (Tull *et al.*, 2022b). Varasemalt on leitud, et kutsikasolkme nakkus suurenes, kui toit koosnes rohkem taimsest materjalist (Tull *et al.*, 2022b).

Kuna toiduobjektide osakaal on hooajaliselt muutuv, võib see mõjutada ka endoparasiitide esinemist aasta lõikes. Näiteks on ennustatud, et kutsikasolkme madal levimus kevadel võib olla seotud ümberlülitamisega näriliste tarbimiselt teistele saakloomadele (Tull *et al.*, 2022b).

3. Materjal ja metoodika

Proovide kogumine

Uuringusse kaasati 194 kiskja ekskrementi proovi, mis on kogutud Põhja- ja Ida-Eesti piirkondadest (Joonis 1) vahemikus september 2022 kuni jaanuar 2023. Proovid on kogutud suurema kiskjate toitumise ja parasiitide projekti raames, kuid antud töösse kaasati sügish-talvise perioodi proovid, et keskenduda just selle perioodi analüüsile. Proove koguti nii metsast kui ka metsateede äärest, kus iga proov pandi eraldi kilekotti ja märgistati unikaalse ID-ga, millele lisaks talletati iga proovi globaalse positsioneerimissüsteemi koordinaadid. Kõik proovid külmutati ja hoiti -80 °C juures vähemalt 7 päeva, et inaktiveerida zoonootiliste parasiitide munad/ootsüstid (Valdmann & Saarma, 2020; Tull *et al.*, 2022a,b).



Joonis 1. Uuringusse kaasatud rebase ekskrementide leiukskohad (Maa-ameti geoportaal, 2023).

Liikide geneetiline tuvastamine kiskjate ekskrementidest

Ekskrementide korjates määrati igale proovile morfoloogia alusel kõige tõenäolisem peremeesliik. Eelkõige kaasati uuringusse proovid, mis olid morfoloogia alusel määratud väikekoerlaste ekskrementideks. Kuna koerlaste ekskrementide eristamine on siiski liigiti raske eristada, viidi usaldatava identifitseerimise eesmärgil läbi geneetiline uuring, mis on kõige usaldusväärsem teaduslik meetod, välistamaks teiste liikide sattumist rebaste valimisse. Ekskrementidest isoleeriti genoomne DNA, milleks kasutati NucleoSpin DNA Stool Kit'i (Macherey-Nagel, Saksamaa).

Kiskjate eristamiseks PCR-amplifitseeriti ja sekveneeriti mitokondriaalse DNA (mtDNA) kontrollregiooni fragment, kasutades praimeritena Canis7R CCCTATGTACGTCGTGCATTA (uus praimer) ja Canis3R TGTGTGATCATGGGCTGATT (Plumer *et al.*, 2018), mis annavad PCRi produkti pikkuseks 361 aluspaari (bp). Reaktsioonisegu (kokku 20 µl) sisaldas 1 µl puhastatud DNA-d, 1 µl primereid (lõppkonts. 0.25 µM), 4 µl 5 x HOT FIREPol MultiPlex Mix-i (Solis BioDyne, Tartu, Eesti) ning 14 µl milliQ vett. PCRi läbiviimiseks kasutati järgmisi parameetreid: algne denaturatsioon 12 min temperatuuril 95 °C; millele järgnes 10 tsüklit: 20 s 95°C, 30 s 55°C (alandades 0,5°C iga tsükli kohta), 45 s temperatuuril 72°C; seejärel 35 tsüklit: 20 s 98°C, 30 s 50°C, 45 s 72°C ja lõpuks 2 min 72°C. PCR-produktid puhastati FastAP ja ExoI ensüümidega (Thermo Fisher Scientific, USA), mõlemat lisati 1 ühik. Puhastatud PCR-produktid saadeti sekveneerimiseks Tartu Ülikooli genoomika instituudi tuumiklaborisse. Kiskjaliigi tuvastamine toimus programmi *Nucleotide BLAST* (National Library of Medicine, USA) abil, mis leiab kõige suurema homoloogiaga vasted geneetiliste järjestuste andmebaasist.

Parasiidid

Proovide uurimiseks kasutati McMasteri rikastatud meetodit (Järvis, 2011). Parasiitide esinemine tehti kindlaks nende kontsentratsiooni määramiseks, milleks kasutati flotatsiooni meetodit (NaCl- ja glükoosilahus, erikaaluga 1,3 g cm⁻³) (Roepstorff & Nansen, 1998), millele järgnes munade/ootsüstide loendamine McMasteri kambrites, kasutades mikroskoopi (Leica DM3000 LED, 100 – 200x suurendus). Leitud parasiidimunad ja ainuraksete protistide ootsüstid määrati morfoloogia alusel (Bowman, 2013) ning loendati kuni 100 muna/ootsüsti taksoni kohta. Enamik parasiitide taksonid identifitseeriti perekonna tasemel, välja arvatud *Toxocara canis* ja *Uncinaria stenocephala*.

Parasiitide levimust defineeriti kui kindla taksoniga nakatunud peremeeste arv jagatuna kõigi peremeeste arvuga, keda uuriti. Nakatumise intensiivsus defineeriti kui kindla taksoni munade arvu (kuni 100) kindlas proovis. Parasiitide intensiivsus ühe grammi kohta leiti korrutades iga leitud taksoni munade arv kahekümnega (Tull *et al.*, 2022a,b).

Toiduobjektid

Toiduobjektide identifitseerimiseks töödeldi ekskrementide proove vastavalt Valdmanni ja Saarma (2020) poolt kirjeldatud standardsetele laboratoorsetele protseduuridele (Reynolds & Aebischer, 1991). Kiskjate ekskrementidest leitud imetajate jäänused tuvastati uurides kutikulaarmustrit ja karva säsi, kasutades võrdlusjuhendeid (Teerink, 1991; Tóth, 2017). Ekskrementidest leitud mitte-imetajate (nt lindude) ja taimsed jäänused identifitseeriti võrdlusmaterjalidega võrreldes.

Määratud toiduobjektid jagati kuute suuremasse kategooriasse: taimne materjal, imetajad, selgrootud, linnud, kala ja muu. Taimne materjal jagunes omakorda antropogeenseks ja mitte-antropogeenseks taimseks materjaliks. Antropogeense taimse materjali alla kuulusid õun, pirn, luuviljad ja teravili ning mitte-antropogeense taimse materjali alla kuulusid rohttaimed, marjad ja seemned. Imetajate kategooria jagunes pisinäriks ja raipeks. Selgrootuid, linde ja kalu ei määratud liigini. Kategooriasse “muu” kuulub koeratoit. Teisi objekte, mida ilma täpsema analüüsita kategooriasse määrata ei olnud võimalik, käsitleti määramata objektidena (lihamass, sidekude, luufragmendid).

Iga toidukategooria kohta arvutati esinemissagedus, mis näitab mitmest protsendist ekskrementidest kindlat toidukategooriat esines. Kuna ekskrementid võivad sisaldada rohkem kui üht toiduobjekti, võib erinevate toidukategooriate protsentide kogusumma ületada arvu 100.

Andmeanalüüs

Uuritavateks tunnusteks olid diskreetsed muutujad nagu erinevate toiduobjektide esinemine (esines/ei esinenud), nakkuse esinemine (nakatunud/mitte-nakatunud), koinfektsiooni esinemine (esines/ei esinenud), erinevatesse parasiitidesse nakatumise esinemine

(nakatunud/mitte-nakatunud) ning pidevad muutujad nagu parasiitide intensiivsus, iga taksoni intensiivsus.

Andmete analüüsimiseks kasutati programmi MS Excel ja statistikaprogrammi R (versioon 4.3.0, The R Foundation, 2023). MS Excel-it kasutati toiduobjektide ja üldise nakatumise, erinevatesse parasiitidesse nakatumise esinemissageduse ning üldise nakkuse intensiivsuse leidmiseks. Programmis R viidi esmalt läbi Pearsoni χ^2 - testid, et kontrollida seoseid toidukategooriate ja nakkuse esinemise (sh. erinevate parasiitide kaupa) vahel. Statistiliselt oluliseks tulemusteks arvestati tulemusi, mille $p < 0,05$.

Toiduobjektide ja parasiitide vaheliste tunnusekombinatsioonide seoste paremaks hindamiseks kasutati üldistatud lineaarsete mudelite (GLM) paketti "glmmTMB". Saadud mudeleid võrreldi Akaike informatsioonikriteeriumi (AIC) abil ning valiti välja kõige parema Akaike kaaluga mudelid $w_i(\text{AIC})$ ($\Delta\text{AIC}_c < 2$). Toiduniši laiuse mõõtmiseks kasutati Levins'i indeksit.

Töö autori roll

Magistritöö autor osales töö valmimise kõigis etappides. Töö teema valik ja katsete planeerimine toimus juhendajate eestvedamisel. Autor osales proovide kogumisel, kuid protsessi olid kaasatud ka teised terioloogia õppetooli töörühma liikmed. Analüüside läbiviimine toimus algselt juhendajate kaasabil, kuid pärast töövõtete omandamist viis kõik analüüsid läbi töö autor. Tulemuste andmeanalüüsid viidi läbi suures osas iseseisvalt läbi juhendajate soovitude ja nõuannete. Töö kirjutati iseseisvalt juhendajate nõuannetele tuginedes.

4. Tulemused

Tuvastatud kiskjad

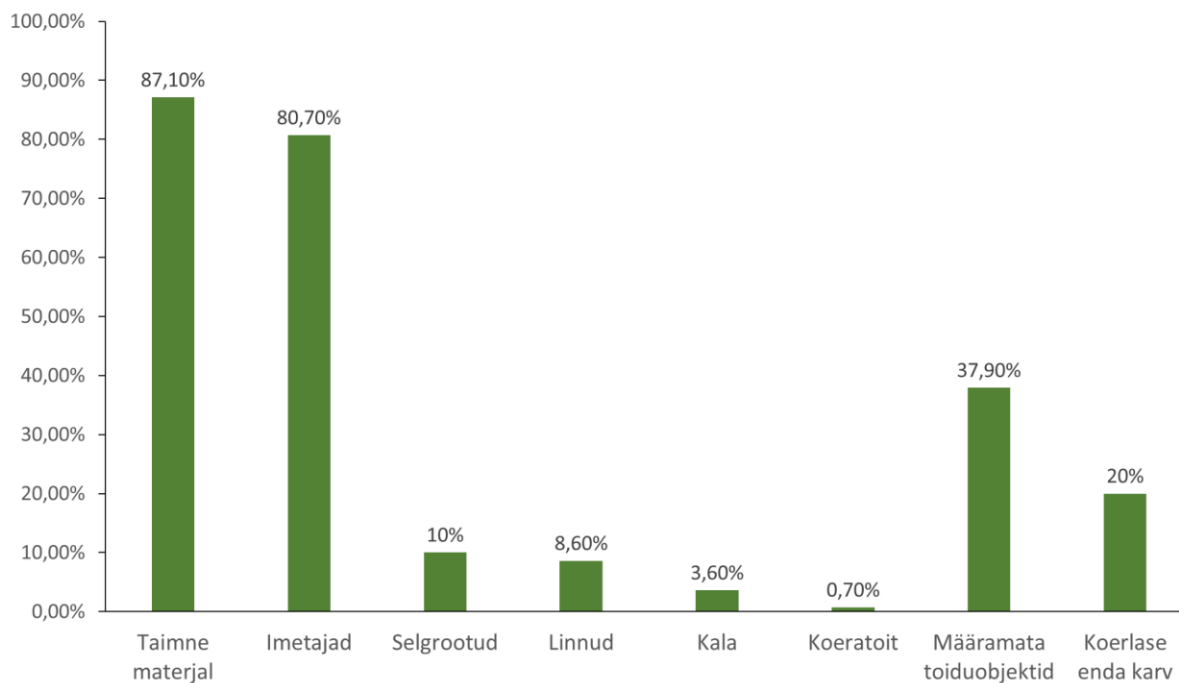
Analüüsitud 194 ekskrementist õnnestus liigini määrata 95% (n=184) proovidest. Määratud liikidest moodustasid enamuse rebane (76%), kährikkoer (9%), hunt (6%) ja koer (5%) (Tabel 1). Morfoloogia järgi õigesti määratud liikide osakaal oli 46% (n = 85). Peremeesliik määrati õigesti 36% (n=50) rebaste ekskrementidest.

Tabel 1. Kiskjate ekskrementidest geneetiliselt määratud liigid (n=184)

Liik	N
Rebane (<i>Vulpes vulpes</i>)	140
Kährikkoer (<i>Nyctereutes procyonoides</i>)	17
Hunt (<i>Canis lupus</i>)	11
Koer (<i>Canis familiaris</i>)	9
Metsnugis (<i>Martes martes</i>)	4
Pruunkaru (<i>Ursus arctos</i>)	2
Saarmas (<i>Lutra lutra</i>)	1

Rebase sügised toiduobjektid

Kõige suurema osa rebase toidust moodustas taimne materjal (87,1%), täpsemalt antropogeenne taimne materjal (72,3%), millele järgnesid imetajad (80,7%) (Joonis 2), valdavalt pisinärilised (70%) (Tabel 2).



Joonis 2. Toidukategooriate esinemine rebase ekskrementides sügis-talvisel perioodil (n = 140)

Tabel 2. Rebase toiduobjektide kategooriad ja nende esinemissagedus

Kategooria	Proovide arv (n)	Esinemissagedus (%)
Taimne materjal	122	87,1%
<i>Antropogeenne taimne materjal</i>	104	72,3%
Õun	78	55,7%
Pirn	24	17,1%
Luuviljad	16	11,4%
Teravili	3	2,1%
<i>Mitte-antropogeenne taimne materjal</i>	84	60%
Rohttaimed	80	57,1%
Marjad	2	1,4%
Seemned	5	3,6%
Imetajad	113	80,7%
Pisinärlised	98	70%
Raibe	32	22,9%
Metskits	21	15%
Metssiga	12	8,6%
Mutt	1	0,7%
Selgrootud	14	10%
Linnud	12	8,6%
Kala	5	3,6%
Koeratoit	1	0,7%
<i>Määramata toiduobjektid</i>	53	37,9%
Luufragmendid	43	30,7%
Seedimata sidekude	18	12,9%
Rebase/koerlase enda karv	28	20%
Proovide arv	140	

Toiduobjekti kategooria “luuviljad” moodustasid proovid, mis sisaldasid ploomi-ja kreegipuu viljade jääke. Kategoorias “marjad” leiti proovidest vaid mustikate jääke. “Selgrootute” kategoorias leiti valdavalt erinevate putukate jalgasid, tagakeha osasid, vastseid ja kitiinkesta fragmente, kuid ka hulkjalgsete ning vihmausside (*Lumbricus*) kehaosasid. Kategoorias

“linnud” leiti erinevaid objekte nagu suled, suletüved, luufragmendid ning jalad. Näiteks leiti ühest proovist morfoloogiliselt määratud perekond varese (*Corvus*) esindaja jalapaar. Kategoorias “kalad” leiti kalaluid, soomuseid ning otoliite.

Lisaks eelnevatele toiduobjektidele tehti kindlaks objekte, mida ei saa ilma täpsema analüüsita määrata mainitud toidukategooriatesse. Tuvastamatuks jäänud objektid olid luufragmendid, mida leiti 30,7% (n=43) proovidest, ja seedimata sidekude, mida leiti 12,9% (n=18) proovidest. Nende puhul ei olnud morfoloogia järgi võimalik kindlaks teha liigilist kuuluvust. Lisaks leiti 20% proovidest (n=28) koerlase karvu, mille osakaalu arvestades võib oletada, et tegu on rebase enda karvaga, mis jõudis seedesüsteemi läbi enda karvastiku korrastamise.

Rebase toiduniši ulatuseks Levins’i indeksi järgi on mainitud kuue kategooria põhjal 2,5. Peamise osa toidust moodustas sügis-talvisel perioodil taimne materjal ning imetajad. Linnud ja selgrootud moodustasid tarbitud toidust keskmiselt väiksema osa ning kala ja muid toiduobjekte esines väga vähe.

Rebase parasiidid

Kõigist analüüsitud ekskrementidest tuvastati parasiite 91,4% (n = 128). Leiti helmindimune perekondadest *Taenia/Echinococcus*, *Eucoleus/Trichuris*, *Toxocara*, ja *Uncinaria* ning ainurakseid protiste perekondadest *Isospora* ja *Cystoisospora*. Enim tuvastati ümarusse (Tabel 3). Tuvastatud parasiitidest üks takson on biohelmint (sugukond paeluslased), mida esines 61,7% parasiitidega proovides (n=79) ning ülejäänud geohelmindid, mida esines 84,8% (n=103) proovides.

Tabel 3. Rebase ekskrementidest tuvastatud parasiitide esinemissagedused

	Proovide arv (n)	Esinemissagedus (%)
Nematoodid		
<i>Eucoleus spp./</i>	84	65,6%
<i>Trichuris spp.</i>		
Kõõrpead	14	10,9%
<i>Ancliyostoma</i>	1	0,8%
<i>Uncinaria</i>	1	0,8%
<i>stenocephala</i>		
<i>Strongyloides spp.</i>	2	1,6%
<i>Capillaria putorii</i>	1	0,8%
Paeluslased (Taeniidae)	79	61,7%
Kutsikasolge (<i>T. canis</i>)	50	39,1%
Ainuraksed protistid		
<i>Isospora</i>	45	35,2%
<i>Cystoisospora</i>	35	27,3%
<i>Coccidia</i>	1	0,8%
Muu	10	7,1%
Proovide arv	128	

Kõigist nakatunud proovidest 22,7% (n=29) olid nakatunud ühe parasiidiga ja koinfektsioon esines 77,3% proovidest. Koinfektsiooniga ekskrementidest kõige sagedasem oli tri-infektsioon (28,1%), millele järgnesid samuti kõrge osakaaluga di-infektsioon (25,8%) ja tetra-infektsioon (20,3%). Kolme ekskremendi (2,3%) puhul leiti ka penta-infektsioon. Kokku leiti 38 erinevat koinfektsioonide kombinatsiooni. Kõige sagedasemad parasiitide kombinatsioonid on leitavad tabelist 4.

Tabel 4. Kõige sagedasemad koinfektsioonide kombinatsioonid rebastel

	Proovide arv (n)	Esinemissagedus (%)
Taeniidae+ <i>Eucoleus spp./Trichuris spp.</i>	9	7%
<i>Eucoleus spp./Trichuris spp.+T.canis</i>	4	3,1%
Taeniidae+ <i>Isospora</i>	4	3,1%
Taeniidae+ <i>Eucoleus spp./Trichuris spp.+T.canis</i>	12	9,4%
Taeniidae+ <i>Eucoleus spp./Trichuris spp.+Isospora</i>	6	4,7%
Taeniidae+ <i>Eucoleus spp./Trichuris spp.+Cystoisospora</i>	4	3,1%
Taeniidae+ <i>Eucoleus spp./Trichuris spp.+T.canis+Isospora</i>	8	6,3%
Taeniidae+ <i>Eucoleus spp./Trichuris spp.+</i> <i>Isospora+Cystoisospora</i>	5	4%
Taeniidae+ <i>Eucoleus spp./Trichuris spp.+T.canis+Cystoisospora</i>	5	4%

Erinevates koinfektsiooni kombinatsioonides esines kõige rohkem koos Taeniidae ja *Eucoleus spp./Trichuris spp.* (44,5%), millele järgnesid Taeniidae ja *T. canis* kombinatsioon (27,3%) ning *Eucoleus spp./Trichuris spp.* ja *T. canis* kombinatsioon (27,3%). Tri-infektsiooni kombinatsioonina oli levinud Taeniidae, *Eucoleus spp./Trichuris spp.* ja *T. canis* kombinatsioon (14,1%).

Rebase sügishooaja toitumise ja parasiitide seosed

Tulenevalt toiduobjektide esinemissagedustest kaasati toitumise ja parasiitide seoste analüüsi mudelitesse enim esinenud toiduobjektide kategooriad nagu taimne materjal, pisinärlised, raibe ja koerlase enda karv. Kuna luufragmentid ja seedimata sidekude on täpsemalt tuvastamata, ei hõlmatud neid kindlate parasiitide analüüsi. Täpsemate taimse materjali kategooriate puhul leiti seoseid parasiitidega, kuid kuna nende esinemissagedus osutus madalaks, ei viidud läbi mudelanalüüsi. Samuti kaasati analüüsi ainult enimesinenud parasiitide taksonid, *Eucoleus spp./Trichuris spp.*, Taeniidae, *T. canis*, *Isospora* ja *Cystoisospora*.

Nakkuse esinemise seos toitumisega

Üldine endoparasiitidesse nakatumine ei olnud olulises seoses sagedasemalt esinenud toiduobjektidega ($p > 0.05$).

- Taimse materjali esinemine toidus oli seoses nematoodidesse *Eucoleus spp./Trichuris spp.* nakatumisega ($\chi^2 = 3.63$; $df = 1$; $p = 0.056$). Kõige paremad *Euc/Tri* esinemist kirjeldavad mudelid ($w_i = 0.23$; $w_i = 0.22$) näitasid, et taimsest materjalist toitumine vähendab *Eucoleus spp./Trichuris spp.* nakatumise taset 0.3 korda ($\beta_{\text{TAIMNE MATERJAL}} = -1.3$, $SE = 0.67$, $p = 0.048$);
- Teistest imetajatest toitumine oli olulises seoses paeluslaste (Taeniidae) ($\chi^2 = 4.19$; $df = 1$; $p = 0.04$) esinemisega, täpsemalt oli parasiit oluliselt seotud pisinäriilistest toitumisega. ($\chi^2 = 5.32$; $df = 1$; $p = 0.02$). Kõige parem paeluslaste esinemist kirjeldav mudel ($w_i = 0.27$) näitas, et rebased, kes toituvad pisinäriilistest on 2.6 korda enam nakatunud paeluslastega ($\beta_{\text{PISINÄRILINE}} = 0.97$, $SE = 0.39$, $p = 0.01$);
- Teistest imetajatest toitumine oli olulises seoses *Isoospora* ($\chi^2 = 5.64$; $df = 1$; $p = 0.02$) esinemisega, täpsemalt oli parasiit oluliselt seotud pisinäriilistest toitumisega. ($\chi^2 = 7.64$; $df = 1$; $p = 0.006$). Kõige parem *Isoospora* esinemist kirjeldavad mudelid ($w_i = 0.25$; $w_i = 0.23$) näitasid, et pisinäriilistest toitumine suurendab nakkustaset parasiitse ainuraksega *Isoospora* 3.9 korda ($\beta_{\text{PISINÄRILINE}} = 1.4$, $SE = 0.5$, $p = 0.006$).
- Parasiidid nagu kutsikasolge (*T.canis*) ja *Cystoisospora* ei olnud olulises seoses ühegi toiduobjektiga.

Koinfektsioonide esinemise seos toitumisega

Koinfektsioonide esinemisel oli oluline seos kala tarbimisega ($\chi^2 = 4.2$; $df = 1$; $p = 0.04$). Enamlevinud toiduobjektidega koinfektsioonil seost ei esinenud ($p > 0.05$).

Nakkuse intensiivsuse seos toitumisega

Veel esines olulisi seoseid nakatumise intensiivsusega parasiitide taksonite kaupa.

- Paeluslastega (Taeniidae) nakatumise intensiivsust kirjeldav mudel ($w_i = 0.28$) näitas, et pisinäriilistest toitumine suurendab nakkuse intensiivsust 5.8 korda ($\beta_{\text{PISINÄRILINE}} = 1.8$, $SE = 0.4$, $p < 0.001$).
- Nematoodidesse *Eucoleus spp./Trichuris spp.* nakatumise intensiivsust kirjeldav mudel ($w_i = 0.48$) näitas, et nakkuse intensiivsust mõjutavad nii taimse materjali kui ka pisinäriilise

tarbimine. Taimse materjali tarbimine vähendab nakkuse intensiivsust 0.3 ($\beta_{\text{TAIMNE}} = -1.2$, $\text{SE} = 0.5$, $p = 0.02$) korda ning pisinäriiliste tarbimine suurendab 3.2 korda ($\beta_{\text{PISINÄRILINE}} = 1.2$, $\text{SE} = 0.5$, $p = 0.02$).

- Pisinäriilistest toitumine tõstis nakatumise intensiivsust 6.2 kordaperekonnaga *Isospora* ($\beta_{\text{PISINÄRILINE}} = 1.8$, $\text{SE} = 0.6$, $p = 0.002$).
- Parim nakkuse intensiivsust kirjeldav mudel ($w_i=0.49$) näitas, et pisinäriiliste tarbimine suurendas nakkuse intensiivsust perekonnaga *Cystoisospora* 4.8 korda ($\beta_{\text{PISINÄRILINE}} = 1.6$, $\text{SE} = 0.6$, $p = 0.02$) ning koerlase enda karv suurendas nakkuse intensiivsust 8.8 korda ($\beta_{\text{KOERLASEKARV}} = 1.6$, $\text{SE} = 0.6$, $p = 0.02$).

5. Arutelu

Ekskrementidest kiskja liigi usaldusväärse tuvastamise olulisus ja mitteinvasiivse geneetilise meetodika eelised

Mitteinvasiivne ekskrementide kogumine, ehk meetod, mida kasutati käesolevas uuringus, ei eelda loomade kinnipüüdmist ega tapmist. Seetõttu on mitteinvasiivne proovide kogumine eelistatud meetod loomadega seotud teadusuuringutes. Väga sobiv on see ka uuringutes, mille eesmärgiks on analüüsida keskkonna patogeenidega saastatust, sest ekskrementidega satub keskkonda neist väga suur osa. Lisaks patogeenide tuvastamisele võimaldab ekskrementide analüüs teha kindlaks ekskrementi omanikliigi ja analüüsida tema toitumist. Et ekskrementidel põhinevaid analüüse teaduslikus mõttes korrektselt läbi viia, on vaja usaldusväärset tuvastada ekskrementi omaniku liigiline kuuluvus. Paraku ei ole võimalik ainult ekskrementi kuju ja suuruse järgi usaldusväärset kindlaks teha, millisele kiskjaliigile ekskrement kuulub. Metsikud koerlased on selles osas sageli väga problemaatilised, eriti juhtudel, kui valimis pole ainult värsked proovid. Ka kogenud eksperdid teevad liigi määramisel ekskrementi morfoloogia põhjal sageli vigu ja teadusuuringud on näidanud, et valesti võidakse määrata suur osa proovidest (Davison *et al.*, 2002; Janecka *et al.*, 2008; Monterosso *et al.*, 2013; Mumma *et al.*, 2016). Ka käesolev töö näitas, et enam kui pooled (56%) ekskrementidest olid morfoloogia põhjal valesti määratud. Põhjuseid selleks on mitmeid, kuid peamised neist on ebatiüpiline ekskrementi kuju ja suurus, mis varieerub sõltuvalt ekskrementi vanusest, keskkonnamõjudest ja söödud toiduobjektidest. Nii oli suurem osa valemääranguid tehtud ekskrementide põhjal, mis sisaldasid rohkesti puuvilju. Sisuliselt ainus teaduslikult korrektne viis liikide tuvastamiseks ekskrementide põhjal on kasutada geneetilist identifitseerimist, mis seisneb ekskrementidest DNA eraldamises ja kiskjaliigi tuvastamises DNA järjestuse alusel. Korrektne tuvastamine on ülioluline vältimaks teiste liikide ekskrementide sattumist valimisse. Terioloogia töörühmas on välja töötatud meetodika, mis võimaldab geneetiliselt tuvastada kas ekskrementi või muu eritise (nt. sülje) jätnud omanikliigi ja seda lähenemist on kasutatud ka mitmes eelnevas uuringus (Plumer *et al.*, 2018; Valdmann & Saarma, 2020; Tull *et al.*, 2022a,b). Käesolevas töös modifitseeriti algset protokollit (Plumer *et al.*, 2018), kasutades PCRi praimerit Canis1F asemel uut praimerit Canis7F. Võrdluses vana meetodikaga osutus uus tundlikumaks, võimaldades paremini tuvastada ekskrementi omanikliigi ja seeläbi kaasata enam proove edasistesse analüüsidesse (U. Saarma, suulised andmed).

Rebase toitumine Eestis sügis-talvisel perioodil

Erinevalt varasematest uuringutest, (Lampio, 1953; Aul *et al.*, 1957; Naaber, 1974; Hockman & Chapman, 1983; Jędrzejewski & Jędrzejewska, 1992; Cavallini & Volpi, 1996; Dell'Arte *et al.*, 2007; Soe *et al.*, 2017) osutus rebase kõige esinduslikumaks toiduobjektiks taimne materjal, mis oli märkimisväärselt kõrge (87,1%). Sellele järgnes imetajate kategooria (80.7%), millest sarnaselt eelnevatele uurimustele oli kõige suurem esindus pisinärilistel (70%) (Naaber, 1974; Jędrzejewski & Jędrzejewska, 1992). Valdavalt on teada, et rebane toitub kõigest, millest ta on võimeline jagu saama. Näiteks võib ta kevadel edukalt hakkama saada ka metskitse talle maha murdmisega (Aul *et al.*, 1957). Lähtudes raskustest ekskrementide peremeesliigi morfoloogilisel tuvastamisel võib oletada ka osalisi valemääranguid, mis võivad omakorda viia valedele hinnangutele toitumisuuringutes, mistõttu tuleb varasematesse uuringutesse suhtuda teatud reservatsioonidega.

Euroopa ülevaateuuring (Soe *et al.*, 2017) liigitas rebaste tähtsaimateks toiduobjektideks närilised, jänepsed ja raipe, kuid sõltuvalt laiuskraadist ja aastaajast esines tulemustes kohalikke erinevusi. Arvestades Eesti asukohaga on mainitud tulemustega vastavuses näriliste suurem ja selgrootute väiksem tarbimine, eriti külmal perioodil. Samal ajal ei ole täiesti ebatavaline, et närilised ei olnud rebaste kõige sagedasem toiduobjekt, kuna ka varasemalt on täheldatud nende osakaalu vähenemist toidus varasügisel (Saeed *et al.*, 2006). Märkimisväärne erinevus seisneb taimse materjali hulgas. Varasemalt on leitud, et taimed on just soojal perioodil rebase toitumises tähtsad ning puuviljade ja marjade tarbimine sügis-talvel on iseloomulik madalamatel laiuskraadidel, kus need ressursid on kättesaadavamad pikema aja jooksul aastas. Erinevus võib tuleneda ajalise vahemiku ja konkreetse taimse materjali erinevusest. Nimelt leiti sel korral enim just antropogeense taimse materjali tarbimist, mis sisaldab endas erinevaid puuvilju, mis valmivad just sügisel ja on siis kättesaadavamad. Sama fenomen seisneb ka marjade tarbimisega. Kuna puuviljade ja marjade puhul on tegu sel perioodil valmivate laialdaselt levinud toiduobjektidega, võib oodata nende laialdast tarbimist. Rebase puhul on tegu oportunistliku toitujaga, kes toitub objektidest, mis on parasjagu kõige kättesaadavamad. Sõltuvalt elupaigast on leitud neid ka sügisel oluliselt rohkem taimedest toitumas (Hockman & Chapman, 1983). Mõnede uuringute põhjal võib oletada ka toiduselektiivsuse esinemist rebasele (Dell'Arte *et al.*, 2007).

Varased põhjalikud rebase toitumisuuringud Eestis (Aul *et al.*, 1957) kinnitasid hiljem Euroopas levinud trendi, kus rebaste toidu põhimassi moodustasid kogu aasta jooksul pisinärlised (täpsemalt hiirlased), kellele järgnesid linnud (kuni 36%), jäneseid (kuni 30%), putukad (kuni 50%) ja taimeosad (30-50%). Lindude, jäneste ja putukate puhul oli oluline aastaaeg, kuna enim esines neid just kevadperioodil. Hilisem ja veelgi laiahaardelisem rebase toitumise uuring (Naaber, 1974), kui hinnati toitumise sesoonsust ja elupaigalist erinevust, tuvastas, et metsaaladel, mis ühtib käesoleva uuringu alaga, olid kõige olulisemateks toiduobjektideks samuti imetajad (75,6%, sh. närlisi 53,3%), linnud (14,4%) ja putukad (8,3%). Erinevus praeguste tulemustega võib tuleneda mitmest asjaolust. Käesolev uuring keskendus sügis-talvisele perioodile, millest tulenevalt on väiksem kättesaadavus nii jänestele kui ka putukatele. Jäneste tarbimine on suurim just kevadel, kui sünnib uus põlvkond ning langeb seejärel seoses üldise suurema toiduküllusega (Naaber, 1974). Tulenevalt uuringu alast võis oodata lindude ja kala esinemist ekskrementides, kuna tegu on osaliselt Peipsi-äärse alaga, kus rebastel on neile suurem ligipääs. Samal ajal on nende kättesaadavus talvisel perioodil raskendatud, mis võis põhjustada võrreldes eelnevate uurimustega nende väiksemat esinemist rebaste toidus. Samuti on tõenäoline, et neid tarbiti juba raipena ning rebane ei pidanud neid otseselt küttila.

Rebase toitumine on märkimisväärselt varieeruv sõltuvalt hooajast. Linde süüakse rohkem kevadel ja suvel, kui noored linnud õpivad lendama ja on haavatavamad. Selgrootuid süüakse rohkem kevadel ja suvel, kui neid on arvukamalt ja nad on aktiivsemad. Taimi ja puuvilju tarbitakse ajast, mil need muutuvad küpseks ja kättesaadavaks. Aastaringselt püsib üsna stabiilsena vaid pisinärliste tarbimine, kuigi tulenevalt paljunemisest suureneb nende arvukus kevadest kuni sügiseni. Jällegi ei kirjelda see otseselt rebase eelistusi, vaid keskkonnast tulenevaid tingimusi, mida ta eluks ära kasutab (Cavallini & Volpi, 1996). Pigem kirjeldab rebase toitumise koostis kliimavööndit ja ökosüsteemi, kus ta elab ning piirkondlikku saagi kättesaadavust (Fleming *et al.*, 2021). Siiski on rebasele oluline tagada hea füüsiline seisund läbi aastaegade vahetuse, et tagada kevadel edukas paaritumine ja poegade kasvatamine (Winstanley *et al.*, 1999).

Suurel kogusel taimsel materjalil rebase toitumises võib olla mitu põhjendust. Peamised taimsed toiduobjektid olid puuviljad, mis on tuntud enda kõrge süsivesikutesisalduse, vitamiinide ja mineraalainete poolest (Willson, 1993; Lanszki *et al.*, 2019). Keskmise õun sisaldab endas 48.3 kcal/100g kohta, keskmine pirn 46.4 kcal/100g kohta, keskmine

luuviljaline 45.7 kcal/100g kohta (Tervise Arengu Instituut, 2023). Arvestades, et rebaste keskmine energiavajadus jääb vahemikku 250-600 kcal/päevas, võib rebane teoreetiliselt enda päevase vajaliku toidukoguse kätte saada vaid paarist õunast. Puuviljade esinemine rebase toidus piirkondades kus nad on kättesaadavad on küllaltki tavapärane. Näiteks on osades Itaalia maapiirkondades rebase iga-aastasteks hooajalisteks toiduallikateks viinamarjad (Lucherini *et al.*, 1995; Carter *et al.*, 2012). Rebasele on omane sügisel endale talve üle elamiseks teatavad rasvavarud koguda, mis ennast talve jooksul ammendavad. Kuna puuviljad ja marjad on ühed peamised süsivesikute allikad rebase toidus, on leitud, et sügisel ladestunud rasva hulk on seoses viljade ja marjade osakaaluga rebase toitumises (Lindström, 1983). Siiski võis sel korral leitud kõrge puuviljade esinemissagedus peegeldada hoopis nende toiduainete kättesaadavust 2022. aasta sügishooajal. Teadaolevalt oli uurimispiirkonnas konkreetisel aastal tegu väga hea õuna ja luuviljaliste saagikuse aastaga (H. Valdmann, suulised andmed). Asjaolu, et kogu rebaste poolt tarbitud taimsest materjalist 72,3% oli antropogeenne taimne materjal, viitab, et uuritud piirkonnas on rebased aktiivselt elutsemas inimasustuste läheduses.

Laialdasem taimse materjali tarbimine võib samuti seotud olla inimasustuste ja koduaedadega (Contesse *et al.*, 2004). Suurbritannias läbi viidud uuringud on näidanud, et linnade vahetusläheduses elavatel rebastel esinevad küll toiduobjektide sesoonsed suundumused, ent need ei ole nii silmatorkavad kui maapiirkondade rebastel (Harris, 1981). Linnapiirkondades elavad rebased tarbivad rohkem inimtoitu ja söövad selle võrra vähem närilisi kui rebased looduslikus keskkonnas (Contesse *et al.*, 2004; Hegglin *et al.*, 2007). Tulenevalt antropogeense toidu kättesaadavusest ja tarbimisest on üha tõenäolisem rebaste esinemine asulates ja linnades, seda eriti talveperioodidel kui toiduressursse on vähem (Savory *et al.*, 2014) Ka Eestis on asulates elutsevad rebased tõusvas trendis ning nende olulisem ohjamismeetod oleks toiduainetele juurdepääsu vähendamine, sh. ligipääsu piiramine prügikastide ja koduloomade toidu juurde (Plumer *et al.*, 2014). Kuna käesolevas uuringus tarbiti eelkõige puuvilju, on tõenäoline, et rebased liikusid ka inimeste viljapuudega aedades, mida saab vältida aiapiirete rajamise abil. Lisaks on võimalik, et puuviljad söödi metsistunud viljapuude alt. Süües väga paljusid erinevaid vilju ja olles suure liikuvusega territooriumide sees ja vahel, võivad rebased toimida vektorina seemnete allaneelamisel ja hilisemal eritamisel (endozoohooria), mis võib kaasa aidata seemnete kauglevile (D'hondt *et al.*, 2011) ja seeläbi näiteks metsikute viljapuude tekkele.

Rebasel levinud parasiidid sügis-talvisel perioodil

Võrreldes hiljutiste Eesti andmetega on rebase nakatumine endoparasiitidesse jätkuvalt kõrge (91,4% võrreldes varasema 92,4%) (Tull *et al.*, 2022b). Sarnaselt oldi ka sel korral enim nakatunud parasiitidega *Eucoleus spp./Trichuris spp.*, millele järgnesid paeluslased (sugukond Taeniidae). Peamisteks erinevusteks osutusid nakatumine kutsikasolkmega (*T. canis*), mis oli oluliselt kõrgem kui varasemalt ning nakatumine untsinaariaga (*U. stenocephala*), mis oli eelnevalt laialdaselt esindatud, kuid käesolevas uuringus vähe leitud. Võimalik erinev põhjus kutsikasolkme esinemises võib tuleneda sellest, et varasem uuring keskendus rannikualale, mille keskkond võis olla vähem antud parasiitide poolt saastunud või asjaolust, et tegu oli kevadperioodi uuringuga, mis võib viidata vähesemale närilistest toitumisele. Teistes riikides on sarnaselt praegusele uuringule leitud üsna kõrged kutsikasolkmega nakatumise määrad (Gicik *et al.*, 2009; Bružinskaitė-Schmidhalter *et al.*, 2012; Karamon *et al.*, 2018). Võrreldes varasemaga (80,2%) oli koinfektsioon väiksem ning kõige rohkem esines tri-infektsiooni parasiitidega Taeniidae, *Eucoleus spp./Trichuris spp.* ja *T. canis*. Kõõrpead *U. stenocephala* on varasemalt Eestist leitud oluliselt kõrgema nakatumis- ja intensiivsuse määraga (Laurimaa *et al.*, 2016)

Leitud parasiitidest mitmed on tuntud zoonootilistena (perekonnad *Taenia*, *Echinococcus*, *Capillaria*, *Toxocara*, *Uncinaria*), kujutades nii ohtu ka inimese tervisele. Ka käesolev uuring kinnitab juba leitud andmeid (Tull *et al.*, 2022a,b), et maapiirkonnad on suurel määral helmintidega saastunud, mistõttu oleks vajalik keskenduda sellistes piirkondades tervishoiuprobleeme ennetavatele tegevustele, näiteks testida pisteliselt lemmikloomade ja inimeste nakatumist erinevate helmintidega. Lisaks maapiirkondade kaardistamisele on teada, et rebased asustavad üha aktiivsemalt ka linnu, mistõttu on nad ka linnakeskkonnas koduloomadele ja inimestele zoonooside levitajate ja parasiitide reservuaaridena ohtlikud (Bouchard *et al.*, 2021, Deplazes *et al.*, 2004; Laurimaa *et al.*, 2015). Mõnedel puhkudel on aga leitud, et rebaste nakatumine on linnapiirkonnas suurem kui maapiirkonnas (Mohammad, 2014).

Euroopas on viimaste kümnendite jooksul tehtud mitmeid põhjalikke uuringuid rebase parasitoloogiast (Wolfe *et al.*, 2001; Al-Sabi *et al.*, 2014; Onac *et al.*, 2015; Karamon *et al.*, 2018). Võrreldes lõunapoolsemate riikidega nagu Türgi (Gicik *et al.*, 2009) on Eesti rebaste helmintidesse nakatumine märkimisväärselt kõrgem (*T. canis* (15%), *Capillaria spp.* (15%),

Taenia spp. (15%)). Vaadates lähemalt Baltimaid on Leedus varasemalt leitud, et rebased on Eestis olulisemad parasiitide edasikandjad kui teised koerlased (Bružinskaitė-Schmidhalter *et al.*, 2012; Bouchard *et al.*, 2021). Parasiitidega seotud nakkuste seire on oluline, et saada rohkem eelteadmisi oluliste haigustekitajate, nende leviku ja aastaajalise dünaamika kohta.

Rebase toitumise ja esinevate parasiitide vahelised seosed

Varasemalt on leitud, et sügisel kogutud rebaste ekskrementides leidis keskmiselt rohkem helmindiliike, kuid sel korral oli nakatumine (keskmine helmintide arv 2.4 vs 7.7) väiksem (Laurimaa *et al.*, 2016). Põhjuseks võib olla erinevus kahepaiksetest toitumises või pisinäriiliste väiksema esinemissageduse vahel, kes on mõlemad potentsiaalsed nakkusallikad.

Erinevalt varasemalt koostatud mudelile (Tull *et al.*, 2022b) ei esinenud sel korral kutsikasolkme (*T. canis*) ja ühegi toiduobjekti tarbimise vahel olulist seost. Tugev seos esines see-eest pisinäriilistest toitumise ja paeluslaste (Taeniidae) vahel, kus pisinäriilistest toitumine suurendab nakkustaset paeluslastega üle kahe korra. See on igati loogiline, arvestades, et just pisinäriilised on vaheperemehed paeluslastele enne lõpp-peremeestesse (rebastesse) jõudmist. Üldiselt oli märgatav trend, et erinevate parasiitide nakatumist ja selle intensiivsust mõjutab pisinäriilistest toitumine positiivselt, mis viitab asjaolule, et karnivoorsus tõstab riski nakatuda erinevatesse helmintidesse. Samal ajal on märkimisväärne, et osade parasiitidega nakkuse korral (*Eucoleus spp./Trichuris spp.*) vähendas taimne materjal nii nakatumise esinemist kui ka selle intensiivsust. Rebase mitmekülgne toitumine võib parasiite seega mõjutada erinevalt. Ühest küljest võib kaasneda suurem nakkustase erinevate parasiitidega, teisalt väheneb kindlate toiduobjektidega seotud parasiitide koormus (Soe *et al.*, 2017). Sel korral oli valimis küll palju erinevaid toiduobjekte, kuid märkimisväärse valimiga toiduks jäid vähesed, mis tähendab, et ei olnud võimalik teha olulisi analüüse osade toiduobjektide ja parasiitide vahel. Selle piirangu saaks ületada suurema valimiga.

Kõrge taimse materjali tarbimine võib seotud olla endoparasiitide vastase kaitsega. Kõige sagedamini kasutavad taimi sooleparasiitide kaitseks koerad ja kassid (Hart, 2008). Taimedest, eriti kõrrelistest toitumist on märgatud ka huntidel ja teistel metsloomadel (Stahler *et al.*, 2006). Teooria kohaselt aitab taimede tarbimine vähendada parasiitide koormust, pannes loomad parasiite kiiremini väljutama. Lisaks on võimalik, et taimed sisaldavad parasiite pärssivaid aineid (Lopez, 1978). Siiski ei ole jõutud kokkuleppele, kas taimede sellisel otstarbel tarbimine

omab konkreetset bioloogilist eesmärk, mille võiks lahendada täiendavate uuringutega (Sueda *et al.*, 2008)

Vajadus edasisteks uuringuteks

Peamisteks arengukohtadeks on: (i) valimi suurendamine, et lisaks sügis-talvisele perioodile oleks proove kogu aasta lõikes ja mitmel aastal järjestikku. See võimaldaks analüüsida nii toitumise kui parasitofauna dünaamikat; (ii) analüüsi võiks edaspidi võimalusel kaasata ka metatriipkodeerimist, et DNA järjestuste alusel määrata täpsemalt toiduobjektide ja parasiidikoosluste liigiline koosseis. Plaanis on jätku-uuringud nii rebase kui teiste Eesti mesokarnivooride toitumise ja parasiitide detailsemaks analüüsimiseks. Täiendavate andmete põhjal on võimalik saada juba täiesti uudne tervikülevaade rebase ja teiste mesokarnivooride toitumisest ja levitatavatest zoonootilistest parasiitidest ning nende ajalisest varieerumisest.

Kokkuvõte

Punarebane (*Vulpes vulpes*) on üks suurima leviku ja arvukusega mesokarnivoore Euroopas, kes on tuntud oportunistliku toitumise poolest. Lai toiduobjektide spekter on üheks põhjuseks, miks rebased on nakatunud paljude erinevate parasiitidega ja miks rebane on neist paljude, sh zoonootiliste, üks olulisemaid levitajaid Eestis. Hetkel on vajaka teadmistest rebase aastaringsest toitumisest ja parasiitidesse nakatumise dünaamika kohta. Käesolev uurimus on esimene samm selles suunas, andes ülevaate rebase sügis-talvise perioodi levinuimastest toiduobjektidest, parasiitidest ja nende omavahelistest suhetest. Eesmärgiks oli välja selgitada erinevate toiduobjektide osakaalud, nakatumine parasiitidesse ning tuvastada, kas nende vahel leidub olulisi seoseid. Selleks viidi läbi Ida-Eestist korjatud ekskrementide analüüs, millega tuvastati kiskja liik, peamised toiduobjektid ning määrati esinevad parasiidid. Andmeanalüüsi abil leiti iga toiduobjekti esinemissagedus, parasiitide esinemissagedused, intensiivsus ja koinfektsioonid ning seejärel analüüsiti, kas kindlate toiduobjektide ja parasiitide esinemise või intensiivsuse vahel esines olulisi seoseid. Geneetilise analüüsi järel valiti edasisteks uuringuteks 140 rebase ekskrementi. Kõige sagedasemaks sügis-talviseks toiduks osutus mõneti üllatuslikult taimne materjal (87.1%), täpsemalt antropogeenne taimne materjal nagu õun, pirn ja luuviljad. Lisaks taimsele oli populaarseks toidukategooriaks imetajad (80,7%), millest valdava osa moodustasid pisinärlised (70%). Analüüsitud proovidest olid nakatunud parasiitidega valdav enamik (91,4%). Esindatud olid parasiidid sugukonnast Taeniidae ja perekondadest *Eucoleus/Trichuris*, *Toxocara*, *Strongyloides* ja *Uncinaria* ning ainuraksed protistid perekondadest *Isospora* ja *Cystoisospora*. Enim olid levinud ümarussid ning triinfektsioonide kombinatsioonid. Enim seostus parasiitidesse nakatumisega pisinärlistest toitumisega, mis suurendas nakkustaset paeluslastega (Taeniidae) 2.6 korda. Saadud tulemused erinevad osaliselt varasematest sarnastest uuringutest Eestis, kuna kunagi varem ei ole taimse toidu osakaal rebase toitumises olnud nii suur. Põhjuseks võib olla konkreetse aasta puuviljade rohkus. Selleks, et toitumise ja parasiteerituse dünaamikaid täpsemini hinnata, on vajalik läbi viia aastaringsed uuringud mitmel järjestikusel aastal, mis annaks detailse ülevaate, kuidas eri toiduobjektide tarbimine ja parasitofauna ajas muutub, ning millised on nende omavahelised seosed.

Summary

The red fox (*Vulpes vulpes*) is one of the most widespread and abundant mesocarnivores in Europe, known for its opportunistic feeding habits. Diverse diet can result in high infection rate with various parasites, including zoonotic. Current knowledge about the dynamics of the fox's year-round diet and parasite infection is scarce. The aim of this study is to reveal the most frequent food items, parasites and their mutual relationships of red fox in the autumn-winter period in Estonia. For this purpose, analysis of excrements collected from Eastern and Northern Estonia was carried out. For correct identification of predator species who left the excrement, we used genetic analysis. For identification of food objects and parasites we used morphological analysis. The frequency of occurrence for each food object and parasite taxa/infection intensity and co-infection rates were estimated. The relationship between each food object and parasite taxa was tested, to evaluate associations between specific food objects and parasite occurrence or intensity. After the genetic analysis, 140 fox excrements were selected for further analysis. The most frequent autumn-winter food turned out to be plant material (87.1%), more precisely anthropogenic plant material such as apples, pears and drupes. In addition to plants, a popular food category was mammals (80.7%), which consisted mostly of small rodents (70%). Of 140 fox samples, 91.4% were infected with parasites. Parasites from the genera *Taenia/Echinococcus*, *Eucoleus/Trichuris*, *Toxocara*, and *Uncinaria*, but also protozoa from the genera *Isoospora* and *Cystoisospora* were found. Roundworms and combinations of tri-infections were the most common. Consuming small rodents was associated with parasite infection, which for example increased the odds to be infected with Taeniidae by 2.6 times. The results partly differ from previous dietary studies in Estonia. Never before has the proportion of plant food in the fox diet been so high. The reasons may be the fruit yield of a particular year. In order to reveal the food habits and parasite fauna in a more detailed manner, it is necessary to include other seasons, and perform the study in several consecutive years.

Tänuavaldused

Soovin esmajärjekorras tänada enda juhendajaid Urmas Saarmad, Harri Valdmanni ja Ants Tulli, kelle teadmistepagasid minu abistamisel on olnud lõpmatud ja kelle panus töö valmimisse on olnud kuldaväärt. Tänaksin veel kõiki terioloogia õppetooli liikmeid, kes on vankumatult välitöödel käinud ja kelle abiga magistritöö tegemine reaalsuseks sai. Tänan enda kaaskamraade Marlen Laanepit, Sharon Ihastet, Kadi Kaljuranda ja Anti Biedermanni, tänu kellele läks laboritöö lustakamalt kui muidu. Olen äärmiselt tänulik Aivar-Erik Pärnale, kes oli abiks ja toeks igas andmeanalüüsi mülkas ja truu sõber kõiges muus. Tänan Kelly Kittust, kes enda motivatsiooni ja sihikindlusega alati bioloogina eeskujuks on. Olen väga tänulik enda perele, eriti ema, Riina Jõesuule, kõikvõimaliku toe eest. Lisaks sooviksin tänada kõiki entusiaste, kes käesoleva töö ellu viimisel käe külge panid ja uskumatu tugivõrgustiku moodustasid: Sandra Kaldasau, Kristin Kontro, Frederik Mathias Helm, Ingel-Brit Parmas, Karen Saksakulm, Rauno Põlluäär, Anne-Marie Vaabel.

Kirjandus

1. Al-Sabi, M. N. S., Halasa, T., & Kapel, C. M. O. (2014). Infections with cardiopulmonary and intestinal helminths and sarcoptic mange in red foxes from two different localities in Denmark. *Acta Parasitologica*, 59(1), 98-107.
2. Aul, J., Ling, H., Paaver, K. 1957. *Eesti NSV imetajad*. Tallinn: Eesti Riiklik Kirjastus, 351 lk
3. Bateman P. W., & Fleming P. A. (2012). Big city life: carnivores in urban environments. *Journal of Zoology*, 287, 1–23.
4. Bouchard, É., Schurer, J. M., Kolapo, T. U., Wagner, B. A., Massé, A., Locke, S. A., Leighton, P. A., & Jenkins, E. J. (2021). Host and geographic differences in prevalence and diversity of gastrointestinal helminths of foxes (*Vulpes vulpes*), coyotes (*Canis latrans*) and wolves (*Canis lupus*) in Québec, Canada. *International Journal for Parasitology: Parasites and Wildlife*, 16, 126-137.
5. Bowman, D. D. (2013). *Georgis' parasitology for veterinarians 10th ed*. St. Louis, Missouri, Elsevier Saunders.
6. Bružinskaitė-Schmidhalter, R., Šarkūnas, M., Malakauskas, A., Mathis, A., Torgerson, P. R., & Deplazes, P. (2012). Helminths of red foxes (*Vulpes vulpes*) and raccoon dogs (*Nyctereutes procyonoides*) in Lithuania. *Parasitology*, 139(1), 120-127.
7. Cancio, I., González-Robles, A., Bastida, J. M., Isla, J., Manzaneda, A. J., Salido, T., & Rey, P. J. (2017). Landscape degradation affects red fox (*Vulpes vulpes*) diet and its ecosystem services in the threatened *Ziziphus lotus* scrubland habitats of semiarid Spain. *Journal of Arid Environments*, 145, 24-34.
8. Carter, A., Luck, G. W., & McDonald, S. P. (2012). Ecology of the red fox (*Vulpes vulpes*) in an agricultural landscape. 2. Home range and movements. *Australian Mammalogy*, 34(2), 175-187.
9. Castañeda, I., Doherty, T. S., Fleming, P. A., Stobo-Wilson, A. M., Woinarski, J. C., & Newsome, T. M. (2022). Variation in red fox *Vulpes vulpes* diet in five continents. *Mammal Review*, 52(3), 328-342.
10. Cavallini, P., & Volpi, T. (1996). Variation in the diet of the red fox in a Mediterranean area. *Revue d'Ecologie, Terre et Vie*, 51(2), 173-189.
11. Contesse, P., Hegglin, D., Gloor, S., Bontadina, F., & Deplazes, P. (2004). The diet of urban foxes (*Vulpes vulpes*) and the availability of anthropogenic food in the city of Zurich, Switzerland. *Mammalian biology*, 69(2), 81-95.

12. Davison, A., Birks, J. D., Brookes, R. C., Braithwaite, T. C., & Messenger, J. E. (2002). On the origin of faeces: morphological versus molecular methods for surveying rare carnivores from their scats. *Journal of Zoology*, 257, 141-143.
13. Dell'Arte, G. L., Laaksonen, T., Norrdahl, K., & Korpimäki, E. (2007). Variation in the diet composition of a generalist predator, the red fox, in relation to season and density of main prey. *Acta oecologica*, 31(3), 276-281.
14. Deplazes, P., Hegglin, D., Gloor, S., & Romig, T. (2004). Wilderness in the city: the urbanization of *Echinococcus multilocularis*. *Trends in parasitology*, 20(2), 77-84.
15. D'hondt, B., Vansteenbrugge, L., Van Den Berge, K., Bastiaens, J., & Hoffmann, M. (2011). Scat analysis reveals a wide set of plant species to be potentially dispersed by foxes. *Plant Ecology and Evolution*, 144(1), 106-110.
16. Eckert, J., Conraths, F. J., & Tackmann, K. (2000). Echinococcosis: an emerging or re-emerging zoonosis?. *International journal for parasitology*, 30(12-13), 1283-1294.
17. Ferrantelli, V., Riili, S., Vicari, D., Percipalle, M., Chetta, M., Monteverde, V., Gaglio, G., Giardina, G., Usai, F., & Poglayen, G. (2010). Spirocerca lupi isolated from gastric lesions in foxes (*Vulpes vulpes*) in Sicily (Italy). *Polish journal of veterinary sciences*, 13 3, 465-71 .
18. Gherman, C. M. (2013). *Textbook of Veterinary Parasitology: Acanthocephala and Nematoda*. AcademicPres.
19. Gıcık, Y., Kara, M., Sari, B., Kilic, K., & Arslan, M. Ö. (2009). Intestinal parasites of red foxes (*Vulpes vulpes*) and their zoonotic importance for humans in Kars province. *Kafkas Univ Vet Fak Derg*, 15(1), 135-140.
20. Gomes, F. R., Hipolito, D., Aliacar, S. C., Fonseca, C., Torres, R. T., de Carvalho, L. M., & Figueiredo, A. M. (2023). Endoparasites of the Iberian wolf (*Canis lupus signatus*) and mesocarnivores in Central Portugal. *Parasitology Research*, 122(2), 435-440.
21. Gortázar, C., Travaini, A., & Delibes, M. (2000). Habitat-related microgeographic body size variation in two Mediterranean populations of red fox (*Vulpes vulpes*). *Journal of Zoology*, 250(3), 335-338.
22. Harris, S. (1981). The food of suburban foxes (*Vulpes vulpes*), with special reference to London. *Mammal Review*, 11(4), 151-168.
23. Hart, B. L. (2008). Why do dogs and cats eat grass?. *Veterinary medicine*, 103(12), 648.
24. Hartová-Nentvichová, M., Šálek, M. E., Červený, J., & Koubek, P. (2010). Variation in the diet of the red fox (*Vulpes vulpes*) in mountain habitats: Effects of altitude and season. *Mammalian Biology*, 75, 334-340.

25. Hegglin, D.R., Bontadina, F., Contesse, P., Gloor, S., & Deplazes, P. (2007). Plasticity of predation behaviour as a putative driving force for parasite life-cycle dynamics: the case of urban foxes and *Echinococcus multilocularis* tapeworm. *Functional Ecology*, *21*, 552-560.
26. Hockman, J. G., & Chapman, J. A. (1983). Comparative feeding habits of red foxes (*Vulpes vulpes*) and gray foxes (*Urocyon cinereoargenteus*) in Maryland. *American Midland Naturalist*, *110*, 276-285.
27. Janecka, J. E., Jackson, R., Yuquang, Z., Diqiang, L., Munkhtsog, B., Buckley-Beason, V. A., & Murphy, W.J. (2008). Population monitoring of snow leopards using noninvasive collection of scat samples: a pilot study. *Animal Conservation*, *11*, 401–411.
28. Jędrzejewski, W., & Jędrzejewska, B. (1992). Foraging and diet of the red fox *Vulpes vulpes* in relation to variable food resources in Biatowieza National Park, Poland. *Ecography*, *15*(2), 212-220.
29. Järvis, T. (2011). *Veterinaarparasitoloogia 2: diagnoosimine ja tõrje*. Tartu Ülikooli kirjastus.
30. Karamon, J., Dąbrowska, J., Kochanowski, M., Samorek-Pieróg, M., Sroka, J., Różycki, M., Bilaska-Zajac, E., Zdybel, J., & Cencek, T. (2018). Prevalence of intestinal helminths of red foxes (*Vulpes vulpes*) in central Europe (Poland): a significant zoonotic threat. *Parasites & Vectors*, *11*.
31. Keskkonnaagentuur. (2022). Ulukiasurkondade seisund ja küttimissoovitus 2022. Tartu. https://keskkonnaportaal.ee/sites/default/files/SEIREARUANNE_11072022.pdf
32. Lampio, T. (1953). Tutkimuski ketum ravinnosta (On the food of the fox). *Suomen riista*, *8*, 156-164.
33. Lanszki, J., Heltai, M., & Szabó, L. (2006). Feeding habits and trophic niche overlap between sympatric golden jackal (*Canis aureus*) and red fox (*Vulpes vulpes*) in the Pannonian ecoregion (Hungary). *Canadian Journal of Zoology*, *84*(11), 1647-1656.
34. Lanszki, Z., Purger, J.J., Bocz, R., Szép, D., & Lanszki, J. (2019). The Stone Marten and the Red Fox consumed predominantly fruits all year round: a case study. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, *65*, 45-62.
35. Laurimaa, L., Moks, E., Soe, E., Valdmann, H., & Saarma, U. (2016). *Echinococcus multilocularis* and other zoonotic parasites in red foxes in Estonia. *Parasitology*, *143*(11), 1450-1458.
36. Laurimaa, L., Davison, J., Plumer, L., Süld, K., Oja, R., Moks, E., Keis, M., Hindrikson, M., Kinkar, L., Laurimäe, T., Abner, J., Remm, J., Anijalg, P., & Saarma, U. (2015). Noninvasive detection of *Echinococcus multilocularis* tapeworm in urban area, Estonia. *Emerging infectious diseases*, *21*(1), 163–164.

37. Lindström, E. (1983). Condition and growth and Red Foxes (*Vulpes vulpes*) in relation to food supply. *Journal of Zoology*, 199(1), 117–122.
38. Lindström, E. R., Andrén, H., Angelstam, P., Cederlund, G., Hörnfeldt, B., Jäderberg, L., Lemnell, P.-A., Martinsson, B., Sköld, K., & Swenson, J. E. (1994). Disease Reveals the Predator: Sarcoptic Mange, Red Fox Predation, and Prey Populations. *Ecology*, 75(4), 1042–1049.
39. Lopez, B. (1978). *Of wolves and men*. Simon and Schuster.
40. Loos-Frank, B., & Zeyhle, E. (1982). The intestinal helminths of the red fox and some other carnivores in southwest Germany. *Zeitschrift für Parasitenkunde*, 67, 99-113.
41. Lucherini, M., Lovari, S., & Crema, G. (1995). Habitat use and ranging behaviour of the red fox (*Vulpes vulpes*) in a Mediterranean rural area: is shelter availability a key factor?. *Journal of Zoology*, 237(4), 577-591.
42. Maa-ameti geoportaal. 2023.
43. Malakauskas, M., & Grikienienė, J. (2002). Sarcocystis Infection in Wild Ungulates in Lithuania. *Acta Zoologica Lituanica*, 12, 372-380.
44. Martínez-Carrasco, C., Ybanez, M.D., Sagarminaga, J., Garijo, M., Mo-Reno, F., Acosta, I., Hernández, S., & Alonso, F. (2007). Parasites of the red fox (*Vulpes vulpes* Lin-naeus, 1758) in Murcia, southeast Spain. *Revue De Medecine Veterinaire*, 158, 331-335.
45. Moks, E., Saarma, U., & Valdmann, H. (2005). Echinococcus multilocularis in Estonia. *Emerging infectious diseases*, 11(12), 1973.
46. Monterroso, P., Castro, D., Silva, T.L., Ferreras, P., Godinho, R., & Alves, P.C. (2013). Factors affecting the accuracy of mammalian mesocarnivore scat identification in South-western Europe. *Journal of Zoology*, 289, 243–250.
47. Mumma, M. A., Adams, J. R., Zieminski, C., Fuller, T. K., Mahoney, S. P., & Waits, L. P. (2016). A comparison of morphological and molecular diet analyses of predator scats. *Journal of Mammalogy*, 97, 112–120.
48. Naaber, J. 1974. *Rebane ja kährikkoer meie looduses. Jaht ja Ulukid. Eesti NSV Jahimeeste Seltsi aastaraamat 1969-1972*. Valgus, Tallinn, 102-115.
49. Tervise Arengu Instituut. (2023). *NutriData toitumisprogramm*. Veebileht: www.nutridata.ee/tap.
50. Okulewicz, A., Perec-Matysiak, A., Buńkowska, K., & Hildebrand, J. (2012). Toxocara canis, Toxocara cati and Toxascaris leonina in wild and domestic carnivores. *Helminthologia*, 49, 3-10.

51. Onac, D., Oltean, M., Mircean, V., Jarca, A., & Cozma, V. (2015). Red foxes, an important source of zoonotic parasites in Romania. *Sci. parasitol*, *16*(3), 112-117.
52. Plumer L., Davison J., & Saarma U. (2014). Rapid Urbanization of Red Foxes in Estonia: Distribution, Behaviour, Attacks on Domestic Animals, and Health-Risks Related to Zoonotic Diseases. *PLoS ONE* *9*(12): e115124.
53. Plumer L., Talvi T., Männil P., & Saarma U. (2018). Assessing the roles of wolves and dogs in livestock predation with suggestions for mitigating human-wildlife conflict and conservation of wolves. *Conservation Genetics*, *19*, 665–672.
54. Rajković-Janje, R., Marinculić, A., Bosnić, S., Benić, M., Vinković, B., & Mihaljević, Ž. (2002). Prevalence and seasonal distribution of helminth parasites in red foxes (*Vulpes vulpes*) from the Zagreb County (Croatia). *Zeitschrift für Jagdwissenschaft*, *48*(3), 151-160.
55. Remm, J., Kalda, O., Valdmann, H., & Moks, E. (2015). Eesti Imetajad. Liikide tundmaõppimise teejuht. Tartu Ülikooli ökoloogia- ja maateaduste instituut. Tartu.
56. Remonti, L., Balestrieri, A., Domenis, L., Banchi, C., Lo Valvo, T., Robetto, S., & Orusa, R. (2005). Red fox (*Vulpes vulpes*) cannibalistic behaviour and the prevalence of *Trichinella britovi* in NW Italian Alps. *Parasitology Research*, *97*, 431-435.
57. Reperant, L. A., Hegglin, D., Fischer, C., Kohler, L., Weber, J. M., & Deplazes, P. (2007). Influence of urbanization on the epidemiology of intestinal helminths of the red fox (*Vulpes vulpes*) in Geneva, Switzerland. *Parasitology research*, *101*, 605-611.
58. Reynolds, J. C. & Aebischer, N.J. (1991). Comparison and quantification of carnivore diet by faecal analysis: a critique, with recommendations, based on a study of the fox *Vulpes vulpes*. *Mammal Review* *21*(3), 97–122.
59. Roepstorff, A., & Nansen, P. (1998). *Epidemiology, diagnosis and control of helminth parasites of swine*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
60. Saava, A. (2015). Keskkonnatervishoiu eesti-inglise seletussõnaraamat. Tartu Ülikooli Kirjastus. https://www.terviseamet.ee/sites/default/files/content-editor/Terviseametist/Trukised/trukis-keskkonnatervishoiu_eesti-inglise_seletussonaraamat.pdf
61. Saeed, I., Maddox-Hyttel, C., Monrad, J., & Kapel, C. M. O. (2006). Helminths of red foxes (*Vulpes vulpes*) in Denmark. *Veterinary parasitology*, *139*(1-3), 168-179.
62. Savory, G. A., Hunter, C. M., Wooller, M. J., & O'Brien, D. M. (2014). Anthropogenic food use and diet overlap between red foxes (*Vulpes vulpes*) and arctic foxes (*Vulpes lagopus*) in Prudhoe Bay, Alaska. *Canadian Journal of Zoology*, *92*(8), 657-663.

63. Smith, G. C., Gangadharan, B., Taylor, Z., Laurenson, M. K., Bradshaw, H., Hide, G., Hughes, J. M., Dinkel, A., Romig, T., & Craig, P. S. (2003). Prevalence of zoonotic important parasites in the red fox (*Vulpes vulpes*) in Great Britain. *Veterinary parasitology*, *118*(1-2), 133–142.
64. Soe, E., Davison, J., Süld, K., Valdmann, H., Laurimaa, L., & Saarma, U. (2017). Europe-wide biogeographical patterns in the diet of an ecologically and epidemiologically important mesopredator, the red fox *Vulpes vulpes*: a quantitative review. *Mammal Review*, *47*(3), 198-211.
65. Stahler, D. R., Smith, D. W., & Guernsey, D. S. (2006). Foraging and feeding ecology of the gray wolf (*Canis lupus*): lessons from Yellowstone National Park, Wyoming, USA. *The Journal of nutrition*, *136*(7), 1923S-1926S.
66. Sueda, K. L. C., Hart, B. L., & Cliff, K. D. (2008). Characterisation of plant eating in dogs. *Applied Animal Behaviour Science*, *111*(1-2), 120-132.
67. Teerink, B.J. (1991). *Hair of west-European mammals: Atlas and identification key*. 1st edn. Cambridge, Cambridge University Press.
68. Tóth, M. (2017). *Hair and fur atlas of central European mammals*. Pars Limited.
69. Tull, A., Valdmann, H., Rannap, R., Kaasiku, T., Tammeleht, E., & Saarma, U. (2022a). Free-ranging rural dogs are highly infected with helminths, contaminating environment nine times more than urban dogs. *Journal of helminthology*, *96*, e19.
70. Tull A., Valdmann H., Tammeleht E., Kaasiku T., Rannap R., & Saarma U. (2022b). High overlap of zoonotic helminths between wild mammalian predators and rural dogs – an emerging One Health concern?. *Parasitology*, *149*(12), 1565–1574.
71. Valdmann, H., & Saarma, U. (2020). Winter diet of wolf (*Canis lupus*) after the outbreak of African swine fever and under the severely reduced densities of wild boar (*Sus scrofa*). *Hystrix*, *31*(2), 154-156.
72. Vergles Rataj, A., Posedi, J., Žele, D., & Vengušt, G. (2013). Intestinal parasites of the red fox (*Vulpes vulpes*) in Slovenia. *Acta Veterinaria Hungarica*, *61*(4), 454-462.
73. Vuitton, D.A., Zhou, H., Bresson-Hadni, S., Wang, Q., Piarroux, M., Raoul, F., & Giraudoux, P. (2003). Epidemiology of alveolar echinococcosis with particular reference to China and Europe. *Parasitology*, *127*, S87 - S107.
74. Willingham, A.L., Ockens, N., Kapel, C.M., & Monrad, J. (1996). A helminthological survey of wild red foxes (*Vulpes vulpes*) from the metropolitan area of Copenhagen. *Journal of Helminthology*, *70*, 259 - 263.

75. Willson, M. F. (1993). Mammals as seed-dispersal mutualists in North America. *Oikos*, 159-176.
76. Winstanley, R. K., Buttemer, W. A., & Saunders, G. (2003). Field metabolic rate and body water turnover of the red fox *Vulpes vulpes* in Australia. *Mammal Review*, 33(3-4), 295-301.
77. Winstanley, R. K., Buttemer, W. A., & Saunders, G. (1999). Fat deposition and seasonal variation in body composition of red foxes (*Vulpes vulpes*) in Australia. *Canadian Journal of Zoology*, 77(3), 406-412.
78. Wolfe, A., Hogan, S., Maguire, D., Fitzpatrick, C., Vaughan, L., Wall, D., Hayden, T. J., & Mulcahy, G. (2001). Red foxes (*Vulpes vulpes*) in Ireland as hosts for parasites of potential zoonotic and veterinary significance. *Veterinary Record*, 149(25), 759-763.

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina, Selena Jõesuu,

1. annan Tartu Ülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) minu loodud teose

Punarebase (*Vulpes vulpes*) sügis-talvine toitumine ja parasitofauna, mille juhendajad on Urmas Saarma, Harri Valdmann 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.

Selena Jõesuu
26.05.2023