

TARTU ÜLIKOOL
ÖKOLOOGIA JA MAATEADUSTE INSTITUUT
ZOOLOOGIA OSAKOND
LOOMAÖKOLOOGIA ÕPPETOOL

Anu Rätsep

TOITMISPINGUTUSE MÕJU MUST-KÄRBSENÄPI (*FICEDULA*
HYPOLEUCA) SULEBAKTERITE ARVUKUSELE

Magistritöö

Juhendajad: Pauli Saag, PhD

Grete Lüütsepp, MSc

TARTU 2013

SISUKORD

SISSEJUHATUS	3
2. KIRJANDUSE ÜLEVAADE	5
2.1 Bakterikoosluste arvukust mõjutavad tegurid	5
2.2 Bakterite mõju sulgedele ja linnu seisundile.....	7
3. MATERJAL JA METOODIKA	10
3.1 Uurimisobjekt	10
3.2 Uurimisala.....	10
3.3 Välitööde metoodika ja laboratoorsed tööd	10
3.4 Andmetöötlus	12
4. TULEMUSED	13
5. ARUTELU	19
KOKKUVÕTE.....	23
SUMMARY	24
TÄNUAVALDUSED	25
KASUTATUD KIRJANDUS.....	26

SISSEJUHATUS

Enamik elusorganismidest puutuvad elu jooksul kokku mitmete parasiitidega ja peavad toime tulema nende poolt põhjustatud tagajärgedega. Parasiidid võivad mõjutada peremehe elukäiku vähesel määral või üldsegi mitte, samas osa neist võivad olla peremehele surmavad. Parasiitide roll muutub oluliseks tingimustes, kus mingi organismidele vajalik ressurss on piiratud ning tekivad lõivsuhted erinevate elukäigukomponentide vahel. Näiteks toidupuuduse tingimustes võivad parasiitide mõjud avalduda selgemalt võrreldes tingimustega, kus toitu jagub kõigile piiramatult. Seda seepärast, et parasiitidega toimetulek nõuab energiat, mida muidu oleks võimalik suunata mujale (nt. järglaste kasvatamisse). Seega võivad parasiidid mängida olulist rolli peremeesorganismi elukäigus, mõjutades nii peremehe ellujäämist ja sigimist hetkel kui ka tulevikus (Newton 1998).

Linnu sulestikus elavad bakterid moodustavad olulise osa lindude pesa ja sulestiku elustikust ning mängivad lindude elukäigu kujundamisel tähtsat rolli. Osa baktereid võivad olla kahjuliku mõjuga. Näiteks on väidetud, et sulgilagundavad bakterid mõjutavad lõivsuhte kujunemist lindude sigimispingutuse ja sulestiku eest hoolitsemise vahel ja seega võivad avaldada mõju lindude kohasusele (Burt & Ichida 1999).

Sulgede kvaliteet mõjutab oluliselt linnu kohasust ja elumust. Kahjustatud suled vähendavad soojusisolatsiooni efektiivsust ja võivad seega põhjustada kehatemperatuuri kõikumisi, mis omakorda võib viia kehamassi vähenemisele ja mõjutada ellujäävust (Shawkey jt. 2007, Reneerkens jt. 2008). Sellises olukorras on linnud haavatavamad konkurentsi ja kiskluse suhtes ning samuti vastuvõtlikumad mitmesugustele nakkushaigustele (Shawkey jt. 2007, Goodenough & Stallwood 2010). Lisaks, kahjustatud suled võivad raskendada lendamist ja vähendada isendi atraktiivsust (kuna sulgede värvus on oluline partneri valikul; Shawkey jt. 2007, Ruiz-Rodríguez jt. 2009, Goodenough & Stallwood 2010).

Linnud kulutavad suhteliselt palju aega sulgede korrashoiule, et tagada nende võimalikult hea seisukord, mis on vajalik võimalikult suure kohasuse tagamiseks (Clayton 1999). Samas teatud perioodidel, nagu näiteks pesitsushooaeg on sulgede korrashoid raskendatud, kuna aega tuleb kulutada ka muudele tegevustele. Sellises situatsioonis tekib lõivsuhe enese korrashoiu ja pesaehitusele või järglaste kasvatamisele kuluva aja vahel.

Toitmispingutuse mõju uurimine linnu sulestiku bakterite arvukusele on oluline, et teada saada milline on lõivsuhte toitmispingutuse ja sugemiskäitumiseks kulutatava aja vahel. Lucas jt. (2005) on eelnevalt näidanud sulebakterite arvukuse ja toitmispingutuse vahelist suhet. Käesolevas töös valiti hüpoteesi kontrollimiseks katseobjektiks must-kärbsenäpp, samuti on teistsugused keskkonnatingimused ja kasutatud on ka mõnevõrra moodsamat tehnoloogiat.

Antud uuringu mudelliigiks valiti must-kärbsenäpp (*Ficedula hypoleuca*), kuna tegu on suluspesitsejaga, kes pesitseb meelsasti ka inimese paigaldatud pesakastides ja seega on sobilik eksperimentaalseteks uuringuteks. Teiseks, must-kärbsenäpi puhul on varem edukalt pesakonna suuruse manipulatsiooni läbi viidud ning on näidatud, et vanalinnud suurendavad oma sigimispingutust vastavalt pesakonna suurusele ja suudavad tagada kõigi järglaste normaalse arengu (Lundberg & Alatalo 1992).

Käesoleva töö põhieesmärgiks on eksperimentaalselt uurida, kas ja kuidas toitmispingutuse suurus mõjutab linnu sulestikus elavate bakterite arvukust. Lisaks on töös uurimise all võimalik biotoobi mõju, kuna varasemates töödes on leitud, et biotoop võib mängida olulist rolli must-kärbsenäpi toitumistingimustes ja seeläbi ka sigimisedukuses (Lundberg & Alatalo 1992) ning samuti võivad bakterikooslused ja arvukused biotoobiti varieeruda (Burt & Ichida 1999, Bisson jt. 2009, Saag jt. 2011)

Käesolevas töös viidi läbi eksperiment, mille käigus manipuleeriti pesitsusperioodil must-kärbsenäpi toitmispingutuse suurust. Selleks kas suurendati või vähendati pesakonna suurust või eemaldati ajutiselt isaslind. Seejärel hinnati manipulatsiooni mõju bakterite arvukusele. Biotoobi mõju hindamiseks kaasati eksperimenti linde kahest erinevast biotoobist (leht- ja okasmetsast).

Käesoleva töö hüpoteesidena eeldati, et sulgedel elavate bakterite arvukus sõltub toitmispingutusest ja biotoobist. Täpsemalt:

1. Toitmispingutuse katseline suurendamine suurendab bakterite arvukust ja vähendamine vastavalt vähendab.
2. Bakterite arvukus on biotoobiti erinev.
3. Toitmispingutus mõjutab bakterite arvukust eri biotoopides erinevalt.

2. KIRJANDUSE ÜLEVAADE

2.1 Bakterikoosluste arvukust mõjutavad tegurid

Mitmed uuringud on näidanud, et lindudel on omalaadne sulebakterite kooslus (Shawkey jt. 2007). Linnu sulestiku mikroorganismide kooslused on dünaamilised ning sulebakterite arvukus ja mitmekesisus varieerub liikide ja isendite vahel (Goodenough & Stallwood 2010) ning on mõjutatud paljude tegurite poolt. Näiteks võivad sulestiku bakterikooslused muutuda nii linnu aastase elutsükli erinevate faaside jooksul kui ka ümbritsevate keskkonnategurite mõjul (Bisson jt. 2007, Shawkey jt. 2007). Lisaks võib mikroorganismide arvukus sõltuda päraniapunäärmenõre keemilisest koostisest (Shawkey jt. 2005, Ruiz-Rodríguez jt. 2009), kokkupuutest teiste lindudega (Whitaker 2005, Bisson jt 2007), toitumisest (Burt & Ichida 1999, Bisson jt. 2009), elupaigast (Bisson jt. 2009, Saag jt. 2011), sulgimisest (Clayton 1999, Whitaker 2005) ja rändest (Bisson jt. 2009). Samuti võivad erinevused pesitsus- ja toitumiskäitumises emas- ja isaslindudel viia selleni, et eri sood omandavad erinevatelt substraatidelt (pinnas, puukoor jne) erinevad bakterikooslused (Gunderson jt. 2009, Saag jt. 2011).

Baktereid leidub kõikjal sulestikus, kuid nende arvukus ja koosluste dünaamika võivad erineda sulestiku eri piirkondade vahel, kuna kolonisatsiooni ulatus sõltub otsesest kontaktist mitmesuguste pindadega (Burt & Ichida 1999). Burt & Ichida (1999) poolt läbi viidud katses selgus, et baktereid esines kõige arvukamalt ventraalsel sulgedel ning kõige vähem dorsaalsel, millest võib järeldada, et muld on oluline sulestiku bakterite allikas (vt. ka Bisson jt. 2007, Shawkey jt. 2005). Lisaks võib kõhupoole sulgede suuremat bakterite arvukust seletada ka sagedasema kokkupuutega niiskete pindadega (nt. kastega kaetud lehed), mis soosib bakterite arengut (Burt & Ichida 1999). Bakteritega nakatumine võib toimuda ka kokkupuutel teiste lindudega (horisontaalne omandamine) või toimub bakterite ülekandumine vanemalt järglasele (vertikaalne omandamine; Whitaker 2005, Bisson jt 2007, Kulkarni & Heeb 2007).

Mikroorganismide mitmekesisus ja arvukus sõltuvad ka toitumiskäitumisest, kuna toitumise viisist sõltub kokkupuude erinevate pindadega, mis võib mõjutada mikroorganismide arvukust ja mitmekesisust. Bisson jt (2007) uuringus leiti, et maas toituvatel lindudel oli suurem kogus perekonna *Bacillus* baktereid kui õhus toituvatel putuktoidulistel lindudel. Lisaks oli maas toituvatel liikidel ja veelindude sulestikus rohkem sulgi lagundavad baktereid võrreldes õhus

toitujatega. Ka Burt & Ichida (1999) katses selgus, et võrreldes veelindudega oli putukaid õhust, puukoorelt ja lehestikust otsivatel lindudel vähem sulgi lagundavaid baktereid, seejuures enim sulgi lagundavaid baktereid leiti maapinnal toituvatel lindudel (10,7% kõigist vaadeldud proovidest).

Samamoodi sõltub mikroorganismide mitmekesisus ka linnu elupaigast. Bisson jt. (2009) uurimus näitab, et bakterikooslused varieeruvad geograafiliselt ja lokaalselt elupaikade vahel nii nearktilises kui ka neotroopilises regioonis, kui ka sinna vahele jäänud piirkondades. Lisaks on leitud, et lehtmetsades on bakterite arvukus suurem, kuigi okasmetsas on fülotüüpide arv linnu kohta suurem (Saag jt. 2011). Samuti esineb erinevus rändlindude ja paigalindude sulestiku bakterikoosluste vahel (Bisson jt. 2009). Kuigi bakterite arvukus oli suurem rändlindudel, oli paigalindudel sulestiku bakterite mitmekesisus suurem (Bisson jt. 2009). Näiteks kardinali (*Cardinalis cardinalis*) sulestikus oli kaks korda rohkem liike, kui teistel uuritud rändlindudel (Bisson jt. 2009). Samuti erines punasaba-sääliku (*Setophaga ruticilla*) sulestiku mikrobioloogiline mitmekesisus sügisesel rände-eelsesel perioodil märkimisväärselt talvitumis- ja sigimisperioodidest, mis omavahel ei erinenud (Bisson jt. 2009).

Lisaks toitumisele ja elupaigale võib bakterite koosluste struktuuri mõjutada ka sulgimine (Clayton 1999, Whitaker 2005). Uutel sulgedel on sulenääpsudest väljumisel vähem baktereid kui vanadel sulgedel (Giraudeau jt. 2010b). Samas edaspidisel kasvamisel koloniseeritakse suled kiiresti bakteritega kokkupuutel vanade sulgede ja ümbritseva keskkonnaga, mis võib viia sarnasele bakterite koosseisule, nagu see on vanematel sulgedel (Giraudeau jt. 2010b). Selline tulemus leiti Giraudeau jt. (2010b) tehtud katses sinikaelpartidega (*Anas platyrhynchos*), kus sulgimisel ei olnud mingit püsivat mõju sulebakterite hulga. Sinikaelpartide sulgimine on võrdlemisi aeglane protsess, mis kestab mitu nädalat, mille jooksul uued ja vanad suled puutuvad kokku ning sulgede bakterikooslused ühtlustuvad (Giraudeau jt. 2010b). Samas teiste liikide puhul ei pruugi selline seaduspärasus kehtida. Näiteks Burt & Ichida (1999) teostatud uuringus leiti, et värvulistel oli pärast sulgimist väiksem sulgi lagundavate bakterite arvukus. Ka Bisson jt. (2009) töös leiti, et madalam sulebakterite arvukus võib olla seotud sulgimisega, kuna enamiku nearktiliste rändlindude sulgimine pärast pesitsemist ja enne rännet korreleerus negatiivselt bakterite arvukusega.

Sulestiku bakterite kooslusi mõjutab paljuski ka sugemiskäitumine ning linnud kulutavad suhteliselt palju aega sugemise peale (Shawkey jt. 2007). Sulgede puhastamise kestus sõltub sulgede olukorrast, aastaajast ja paljudest teistest tingimustest. Näiteks Cotgreave & Clayton (1994) läbi viidud uuringus 62 erineva linnuliigiga leiti, et keskmiselt kulutavad linnud 9,2 % oma päevast sulgede korrastamisele. Peale sulgede korrastamise nokaga on olulisteks võteteks bakterite arvukusega toimetulekuks veel päikese käes peesitamine eesmärgiga muuta sulestik kuivemaks (Clayton 1999). Samuti on kindlaks tehtud ka UV-kiirguse kahjulik mõju bakterite kasvule (Saranathan & Burt 2007). Ka aitab bakteriarvukusega võidelda pesadesse roheliste antibakteriaalsete omadustega taimeosade lisamine (Clayton 1999) ning sipelgate lubamine või paigutamine nokaga sulgedele (Revis & Waller 2004). Sipelgad eritavad niiviisi sulgedele antibiootiliste omadustega sipelghapet, mis võib funktsioneerida kaitsena sulgedel ja nahal elavate ektoparasiitide vastu (Clark jt. 1990, Revis & Waller 2004). Siiski hilisemad katsed on näidanud, et sipelghappel ei pruugi olla pärssivat mõju bakterite arvukusele (Revis & Waller 2004). Bakteritega võitlemise puhul kasutavad osad linnud ka suplemist, veepuuduse korral tolmus sees püherdamist, mis eemaldab sulgedelt niiskust (Haribal jt. 2005).

Üks kaitsemehhanism bakterite arvukuse piiramiseks sulgede korrastamisel on pärani punäärmenõre kasutamine enese puhastamisel (Haribal jt. 2005, Shawkey jt. 2005, Ruiz-Rodríguez jt. 2009). Pärani punäärmenõre võib otseselt tekitada füüsilise barjääri bakteritele, mistõttu nad ei pääse sulgede pinnani, samuti nõre keemilised ühendid võivad omada antimikroobset mõju (Gunderson jt. 2009). Ka võib pärani punäärmenõre pärssida ühtede mikroorganismide kasvu, samal ajal tagades süsiniku allika teistele (Shawkey jt. 2005, Gunderson jt. 2009), ning seega mitmed sümbiontsed antibiootikumid tootvad bakterid võivad olla kasvanud nõre sees pärssides teiste kahjulike bakterite kasvu (Giraudeau jt. 2010). Näiteks on leitud, et vaenukäo (*Upupa epops*) pärani punäärmes elavad sümbiontsed perekonna *Enterococcus* bakterid, kes eritavad antimikroobseid ühendeid, muutes pärani punäärmenõre koostist, mille tagajärjel muutub nõre kahjulikuks teistele bakteritele (Martín-Vivaldi jt. 2010).

2.2 Bakterite mõju sulgedele ja linnu seisundile

Bakterid võivad nii positiivselt kui ka negatiivselt mõjutada mitmesuguseid lindude tervisenäitajaid ja elukäiguomadusi. Samuti on ka suur hulk bakterid, kes on osa normaalsest sulefloorast ja ei mõjuta oma peremeest (Shawkey jt. 2007, Goodenough & Stallwood 2010).

Bakterid võivad oma elutegevuse tagajärjel nõrgendada sulgi, mistõttu võivad need kergemini murduda, mis omakorda võib vähendada sulgede soojusisolatsiooni või aerodünaamilist efektiivsust (Clayton 1999, Reneerkens jt. 2008, Shawkey jt. 2008), kuna kahjustunud sulgede pinnal on lennu ajal õhuvoolu liikumine häiritud (Clayton 1999). Nõrgenenud, haiged või nõrga immuunsüsteemiga peremehed ei pruugi olla võimelised efektiivselt tagama optimaalset keskkonda mutualistlikele bakteritele, mis võib avada soodsa võimaluse patogeensete bakterite paljunemiseks (Møller jt. 2009). Linnud on seejärel haavatavamad konkurentsi ja kiskluse suhtes ning vastuvõtlikumad nakkushaigustele (Shawkey jt. 2005, Shawkey jt. 2007, Goodenough & Stallwood 2010). Kõik see võib negatiivselt mõjutada nii isendi toitumuslikku seisundit (tagajärjeks kehamassi vähenemine) kui ka paljunemisedukust (Gunderson et al 2009).

Kasuliku bakteri näitena võib tuua bakteri *Enterococcus faecium*, kes suurendab must-kärbsenäpi (*Ficedula hypoleuca*) linnupoegade kohasust (Goodenough & Stallwood 2010). Samuti mitmed päraniapunäärmenõre sees elavad antimikroobseid ühendeid eritavad sümbiontsed *Enterococcus* bakterid aitavad linnul paremini võidelda kahjulikke bakterite vastu (Martín-Vivaldi jt. 2010). Peamised kahjulikud sulgede pinnal elutsevad bakterid on sulgi lagundava eluviisiga. Paljud bakterid on võimelised lagundama β -keratiini, valku, mis moodustab enam kui 90% sulgede massist (Shawkey jt. 2007, Gunderson jt. 2009). Sulgede lagunemisel ei pruugi olla surmav tagajärg, kuid nagu ka eelpool mainitud, on sellel siiski oluline mõju lindudele. (Whitaker 2005, Shawkey jt. 2008, Gunderson jt. 2009; Goodenough & Stallwood 2010).

Sugulise valiku teooria ennustab, et nakatumine bakteritega võib kaudselt mõjutada paaritumisedukust, muutes teiste seksuaalsete tunnuste omaduste avaldumist (Gunderson jt. 2009). Näiteks on teada, et karotenoididepõhise sulestikuvärvuse toon on esmane kriteerium aed-karmiinleevikeste (*Carpodacus mexicanus*) emaslindudel kaaslase valikul (Hill & Farmer 2005). Erinevalt endoparasiitidest, kes mõjutavad väliste tunnuste avaldumist linnu tervise kaudu, võivad ektoparasiidid mõjutada väliste sugulise valiku tunnuste omadusi ka otseselt (Gunderson jt. 2009). Bakterid võivad olla olulised sulgede värvuse moodustumisel, lagundades värvust moodustavaid struktuure sulgimise ja sigimishooaja vahepeal (Shawkey jt. 2007, Shawkey jt. 2008). Samuti ka Gunderson jt. (2009) korraldatud katses isaslindudega oli suhe sulgi lagundavate bakterite ja ereduse vahel positiivne (aga mitte oluline). Sellest järeldub, et sulgede kulumine ja peegeldumisomaduste muutumine on osaliselt põhjustatud

sulgilagundavate bakterite poolt (Shawkey jt. 2007). Eredama sulestikuvärvusega isased võivad kulutada rohkem aega uhkeldamisele ja territooriumi kaitsmisele ning vähem aega sulgede korrastamisele, mis viib omakorda bakterite arvukuse suurenemisele (Shawkey jt. 2007, Saag jt. 2011) Mõnikord ei pruugi sulgi lagundavad bakterid olla alati täielikult kahjulikud, vaid hoopis muuta isaslindude sulgede värvust emaslindudele atraktiivsemaks. Näiteks Shawkey jt. (2007) poolt läbi viidud katses selgus, et emased ida-sinilinnud (*Sialia sialis*) eelistavad eredama sulestikuvärvusega isaseid. Selles katses siiski leiti, et eredamatel isastel oli rohkem baktereid kui tuhmimatel, mis lõpptulemusena võib mõjutada elumust negatiivselt. Võimalik, et sulgi lagundavad bakterid mõjutavad ühte sugupoolt rohkem, kui teist. Näiteks Gunderson jt. (2009) poolt tehtud korrelatiivses uuringus, kuidas bakterid mõjutavad linde looduses, leiti, et emaslindude sulestik muutub tuhmimaks kõrgema sulgi lagundavate bakterite arvukuse korral, isaslinnud näisid samades tingimustes muutuvat eredamaks, (aga suhe ei olnud oluline).

3. MATERJAL JA METOODIKA

3.1 Uurimisobjekt

Must-kärbsenäpp on värvuliste seltsi (*Passeriformes*) kuuluv väike (ca 12-14 g) suluspesitseja. Must-kärbsenäpp talvitub Lääne-Aafrikas (Silveri jt. 2004), saabudes Eestisse aprillis. Isaslinnud saavad pesitsuspaika 1-2 nädalat enne emaslinde (Silveri jt. 2004). Must-kärbsenäpid pesitsevad puuõõnsustes ja meelsasti ka pesakastides nii leht- kui ka okasmetsades (Svensson 2009). Pesaehitamise ajal vooderdavad must-kärbsenäpid oma pesa männikoorebemetega, heina, puulehtede või väheste sulgede ja karvadega. Emaslind muneb ühe muna päevas kuni kurna täitumiseni (harilikult 5-7 muna), järelkurna ei ole. Haude vältus on 11–14 päeva, haub ainult emaslind, keda toidetakse isaslinnu poolt. Poegi toidavad mõlemad vanalinnud, kuid peamiselt siiski emased. Pojad on pesahoidjad ja lahkuvad pesast kahenädalastena (Lundberg & Alatalo, 1992). Must-kärbsenäpp on peaaegu täielikult putuktoiduline, hankides toitu peamiselt puuvõrast, harvem maapinnalt (Svensson 2009). Isalind on üldjuhul mustvalge sulestikuga: pea, selg ja tiivad mustad, kõht, tiivalaik ja laup valge, emaslinnul on kõhupool helehall, seljaosa pruunikashall (Svensson 2009).

3.2 Uurimisala

Välitööd viidi läbi Edela-Eestis Pärnumaal Kilingi-Nõmme ümbruses (58° 07'N, 25°05'E) 2011. aasta kevad-suvel (mai kuni juuni lõpp). Uurimisala suurus on ligikaudu 50 km² ning see hõlmab nii okas- kui lehtmetsatüüpe. Lehtmetsad paiknevad peamiselt endistel põllumaadel või piki jõgede orgusid ning seda iseloomustab viljakas muld ja rikkalik alustaimestik. Peamisteks puuliikideks lehtmetsas on hall lepp (*Alnus incana*) ja arukask (*Betula pendula*). Uurimisalal on valdavaks laiaulatuslikud okasmetsad, mis on esindatud nii kõrgemate kasvukohtade liivasel toitainetevaestel muldadel kui ka madalamate kasvukohtade turvasmuldadel. Okasmetsas on dominantliigiks harilik mänd (*Pinus sylvestris*), mis esineb liivasel pinnasel vahetevahel koos hariliku kuusega (*Picea abies*). Alustaimestikus on valdavateks liikideks harilik mustikas (*Vaccinium myrtillus*) ja harilik pohl (*Rhodococcum vitis-idaea*).

3.3 Välitööde meetodika ja laboratoorsed tööd

Pesakastid paiknesid ligikaudu 50 m vahedega erinevaid biotoope (leht- ja okasmets) läbivate teede ääres. Tavaliselt olid pesakastid paigutatud sirgjoonelise reana mõlemal pool teed,

kohati ainult ühes teeservas kahe reana (sel juhul jäi kahe rea vahele samuti ligikaudu 50 m). Lindude jaoks üles pandud pesakastid asusid maapinnast 1,5–1,8 m kõrgusel puutüvedel. Puidust pesakastide mõõdud olid u. $11 \times 11 \times 30$ cm, lennuava diameeter 3,5–4,0 cm. Vana pesamaterjal eemaldati enne pesitsushooaja algust. Lindude poolt hõivatud pesakaste kontrolliti regulaarselt, et määrata munemise algus, kurna suurus, haude vältus, poegade arv jne.

Toitmispingutuse mõju uurimiseks jagati erinevates biotoopides pesitsevad linnud nelja gruppi: kolm erinevat eksperimentaalgrupp (vähendatud pesakond, suurendatud pesakond, isase eemaldamine) ja kontrollgrupp. Pesade kuuluvus mingisse gruppi määrati juhuslikult. Kokku oli esialgselt uuringus 56 pesa aga üks pesa jäeti maha ja teine rüüstati ning lõppvalimisse jäi 54 pesa (kontroll ja vähendatud pesakonnaga eksperimentaalgruppides 13 ning suurendatud pesakonnaga ja isase eemaldamise eksperimentaalgruppides 14 pesa).

Erineva toitmispingutuse suuruse saavutamiseks manipuleeriti kas pesakonna suurust või eemaldati ajutiselt isaslind. Eeldati, et kõige suurem toitmispingutus võiks olla emasel, kes kasvatab poegi üksi, seejärel emasel, kes kasvatab suurendatud pesakonda ning kõige väiksem emasel, kes kasvatab vähendatud pesakonda. Pesakonna suuruse manipulatsiooniks moodustati sama koorumiskuupäevadega pesadest nelikud, milles ühest pesast (vähendatud pesakond) viidi kaks kahe päeva vanust poega teise pessa (suurendatud pesakond). Kindlustamaks, et linnupojad ei jahtuks maha, transporditi nad soojaveekotti sisaldanud pappkastis ja ümbertõstmise aeg püüti hoida alla kümne minuti. Kolmas pesakond jäeti kontrolliks ning neljandas pesakonnas eemaldati 6-päevaste poegade kasvatamise ajal isaslind, kes püüti pesakastidest automaatlõksudega ning toimetati laborisse, kus hoiti kuni eksperimendi lõpuni individuaalsetes puurides (mõõtmed $27 \times 51 \times 55$ cm).

Bakterite arvukuse määramiseks püüti pesitsusperioodil, poegade kasvatamise teisel ja kümnendal päeval, pesakastidest automaatlõksudega emaslinnud. Emaslinnud võeti pesakastidest, kasutades igakordselt uusi kummikindaid. 30 sekundi jooksul pärast linnu kätte võtmist eemaldati steriilsete pintsettidega (mida enne iga proovi võtmist puhastati 96%-lise etanooliga) umbes viis rinnasulge ning pandi steriilsetesse mikrotuubidesse. Proovid ladustati koheselt $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ juures ja transporditi jahutuskastis laborisse mõne päeva jooksul (maksimaalselt seitse päeva), kus neid hoiti $-80\text{ }^{\circ}\text{C}$ juures kuni edasiste analüüside tegemiseni.

Laboris lisati igasse tuubi 1 mL fosfaatpuhvrit (PBS, pH 7,2) ning loksutati “vortexil” seejärel üks minut. Sellisel viisil pesti sulgedelt maha vabaltelavad bakterid ja koguti PBS lahusesse. Kinnitunud bakterite eemaldamiseks asetati suled uude tuubi, lisati 1 mL PBS lahust, mis sisaldas 2,5 % polüetüleen 6000 ja 0,1 % naatrium deoksükolaati ja paigutati 10 minutiks ultrahelivanni (Lucas jt. 2003). Proovid ladustati -80 °C juures, bakterirakkude arvukus määrati vabaltelavate ja kinnitunud bakterite proovides eraldi. Bakterirakkude loendused teostati läbivoolu tsütomeetriga (BD LSR II), mis oli kalibreeritud tuvastama bakterisuurusi värvitud objekte. Värvimiseks kasutati DNA-ga seonduvat luminesentsvärvi SYBR Green. Suled kaaluti, et arvutada bakterite tihedus sule kaalu kohta. Kokku analüüsiti 54 proovi.

3.4 Andmetöötlus

Statistiline analüüs viidi läbi kasutades programmi Statistica 7.0 (Statsoft). Tehti kolme tüüpi analüüse: esimesel juhul uuriti parameetrite olulisust esimese ja teise püügi proovides eraldi, teisel juhul võeti sõltuvaks tunnuseks bakterite arvukuse muutus esimese ja teise püügi vahel ning kolmandal juhul võrreldi esimese ja teise püügi proove omavahel. Esimese ja teise püügi proovide omavaheliseks võrdlemiseks kasutati analüüsides korduvmõõtmiste ANOVAt, muudel juhtudel GLM analüüse. Gruppidevaheliste erinevuste tuvastamiseks kasutati *post-hoc* testi (Fischer LSD). Järgnevad parameetrid kaasati mudelisse olenemata nende olulisusest: biotoop (lehtmets või okasmets) ja eksperiment (vähendatud pesakond, suurendatud pesakond, kontroll, isase eemaldamine pesakonnast). Teised parameetrid (munemise algus, haude vältus, kurna suurus, emase kaal, sademed, temperatuur, lennuvõimestumise edukus) eemaldati algsest mudelist, kui parameeter oli mitteoluline ($P > 0,05$), kasutades tagurpidist samm-sammulist meetodikat. Algses mudelis kaasati samuti kõik potentsiaalselt informatiivsed interaktsioonid parameetrite vahel.

Autori osa käesolevas töös oli statistiliste analüüside teostamine ja mõningate laboritööde tegemine. Andmete kogumisel osalesid paljud tööühma liikmed.

4. TULEMUSED

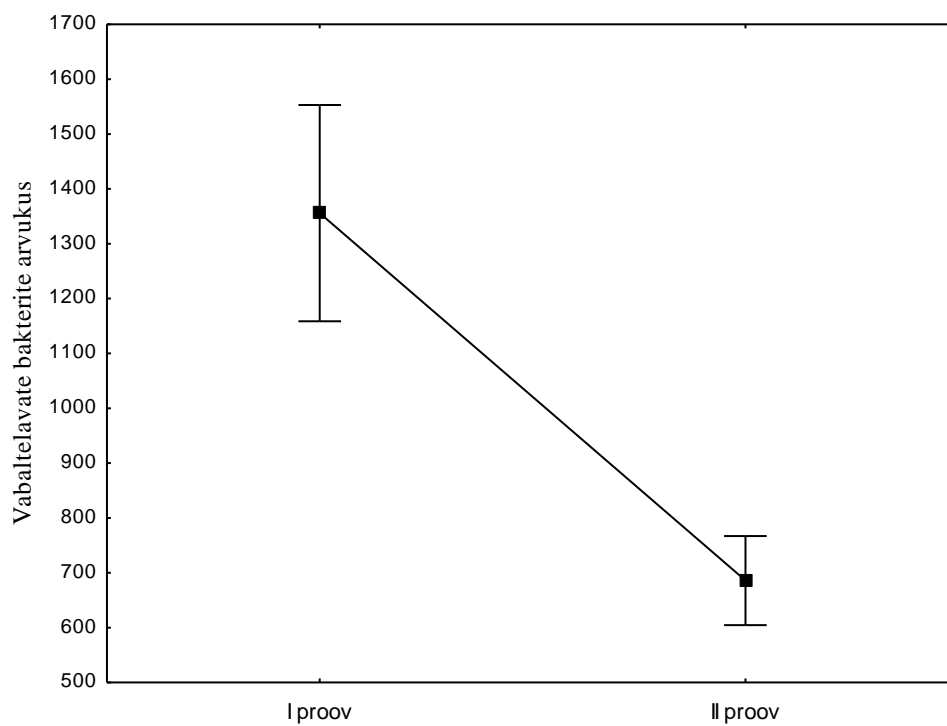
Vabaltelavate bakterite arvukuses toimus oluline langus kahe proovivõtukorra vahel ning emaslindude sulebakterite arvukus langes poegade kasvades (tabel 1, joonis 1a; vabaltelavate bakterite keskmine arvukus sule mg kohta esimesel proovivõtul oli 1356 ± 708 SD ja 686 ± 292 teisel proovivõtul).

Toitmispingutuse manipulatsioon mõjutas oluliselt vabaltelavate bakterite arvukust (tabel 1) ning oluline interaktsioon manipulatsiooni ja proovivõtu korra vahel (tabel 1) näitas, et vabaltelavate bakterite arvukuse langus oli suurim emastel, kes kasvatasid vähendatud pesakonda ja väikseim emastel, kes kasvatasid poegi isaslinnuta (Post-hoc $p = 0.02$). Lisaks manipulatsioonile leiti oluline biotoobi ja kurna suuruse peamõju (tabel 1). Emastel, kes pesitsesid lehtmetsas, oli sulgedel oluliselt rohkem vabaltelavaid baktereid kui okasmetsas pesitsevatel lindudel (joonis 3). Emased, kellel oli suurem kurn esimese proovivõtu ajal, kandsid sulgedel vähem vabaltelavaid baktereid, pesitsuse lõpuks kurna suuruse mõju kadus. Sellest on tingitud ka proovivõtukorra ja kurna suuruse vahelise koosmõju olulisus (tabel 1). Lisaks leiti, et sademed mõjutasid oluliselt vabaltelavate bakterite arvukuse langust (tabel 1), mida rohkem oli sademeid pesitsuse lõpul (ning suurem esimese ja teise proovi sademete erinevus), seda suurem oli bakterite arvukuse langus. Samas teistel uuritud faktoritel (nt munemise algus, haude vältus, emase kaal) olulist mõju ei leitud.

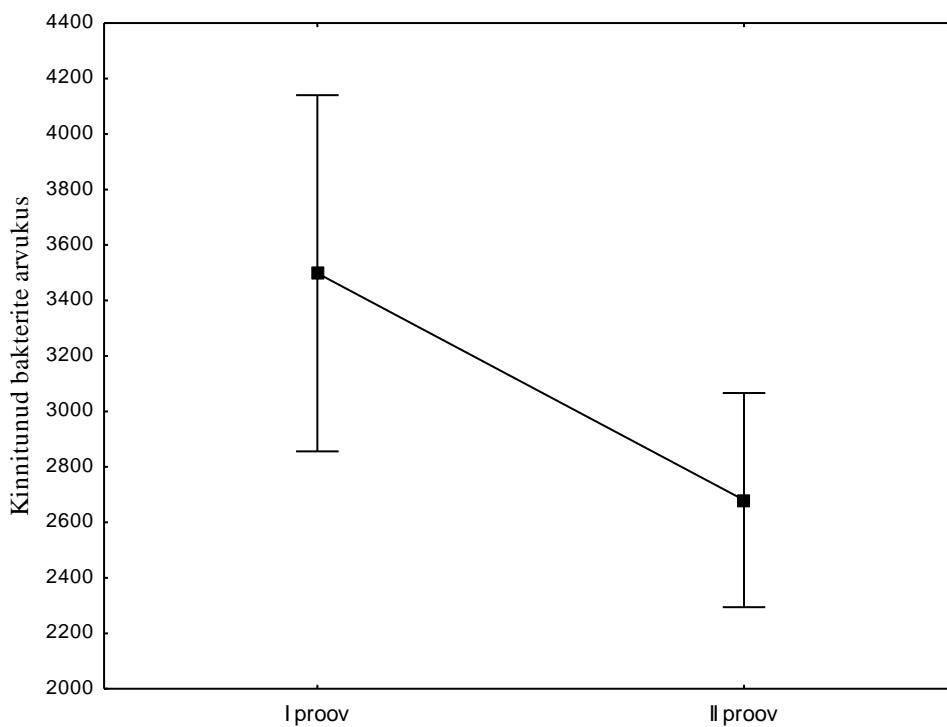
Tabel 1. Vabaltelavate bakterite arvukust mõjutavad faktorid

Faktor	df	F	p	β I proov	β II proov
Biotoop	1	10,20	0,003		
Eksperiment	3	2,91	0,045		
Kurna suurus	1	5,73	0,021		
Sademed	1	0,77	0,385		
Proovivõtu kord	1	10,48	0,002		
Proovivõtu kord*Biotoop	1	3,80	0,057		
Proovivõtu kord*Eksperiment	3	5,63	0,002		
Proovivõtu kord*Kurna suurus	1	9,39	0,004	-0,40	0,07
Proovivõtu kord*Sademed	1	12,93	0,001	0,28	-0,40
Viga	45				

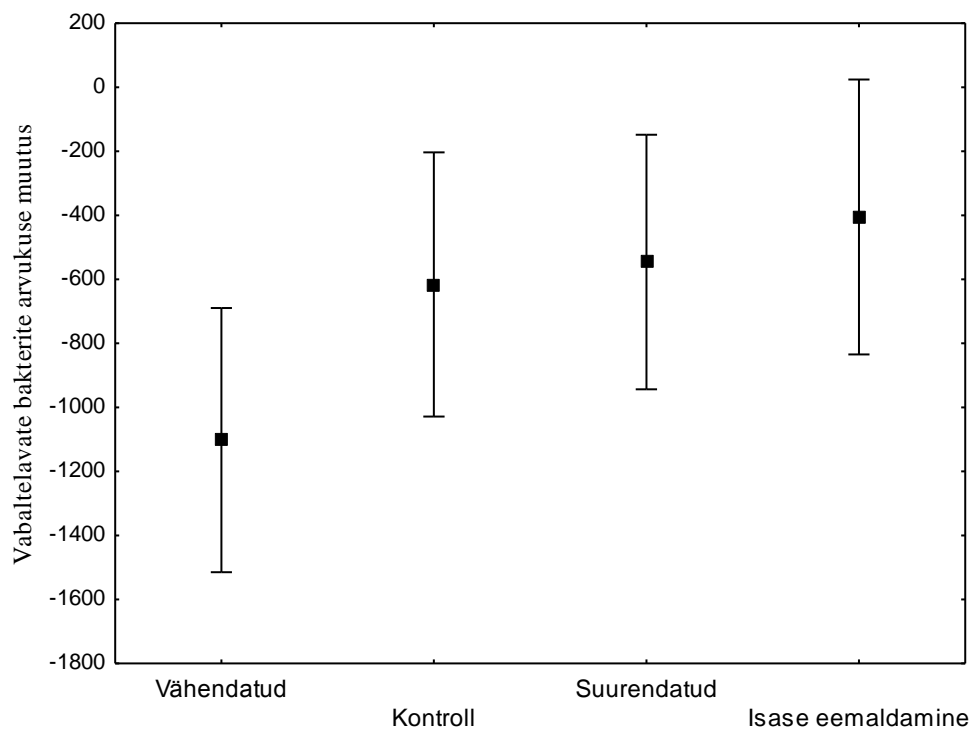
a)



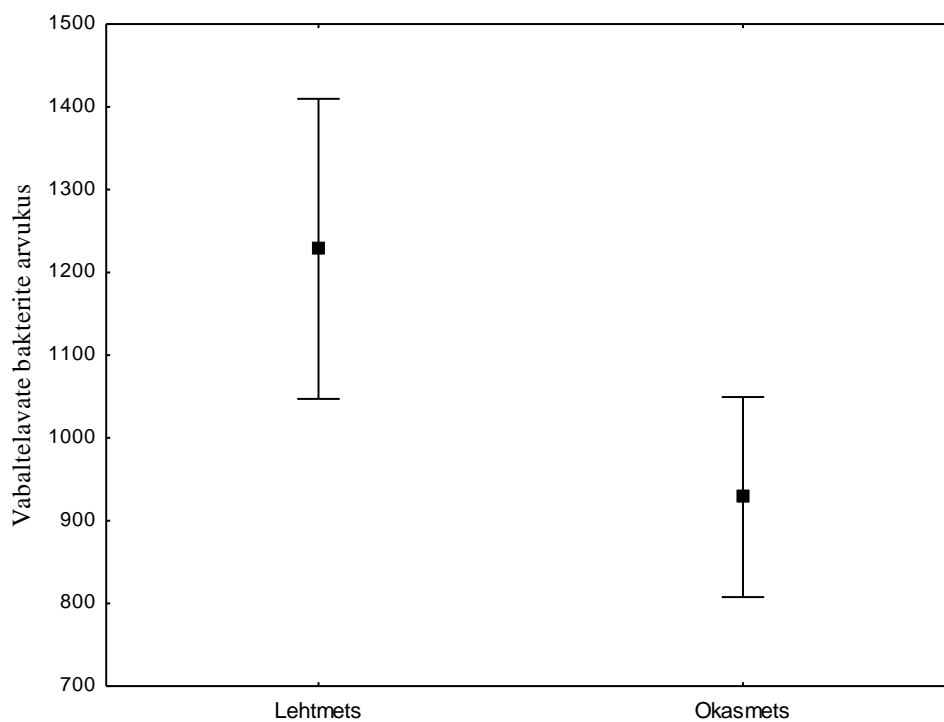
b)



Joonis 1. Vabaltelavate (a) ja kinnitunud (b) bakterite arvukus esimesel ja teisel proovivõtul. Vurrud tähistavad 95% usalduspiire.



Joonis 2. Vabaltelavate bakterite arvukuse muutus erinevates eksperimendi gruppides. Vurrud tähistavad 95% usalduspiire.



Joonis 3. Vabaltelavate bakterite arvukus eri biotoopides. Vurrud tähistavad 95 % usalduspiire.

Sarnaselt vabaltelavatele bakteritele toimus oluline arvukuse langus kahe proovivõtukorra vahel ka kinnitunud bakteritel (tabel 2, joonis 1b; kinnitunud bakterite keskmine arvukus sulle mg kohta esimesel proovivõtul oli 3220 ± 1867 SD ja 2520 ± 1132 teisel proovivõtul). Samas ei leitud manipulatsioonil, biotoobil ega ühelgi teisel uuritud faktoril olulist mõju kinnitunud bakterite arvukusele ega selle muutusele proovivõttude vahel (tabel 2).

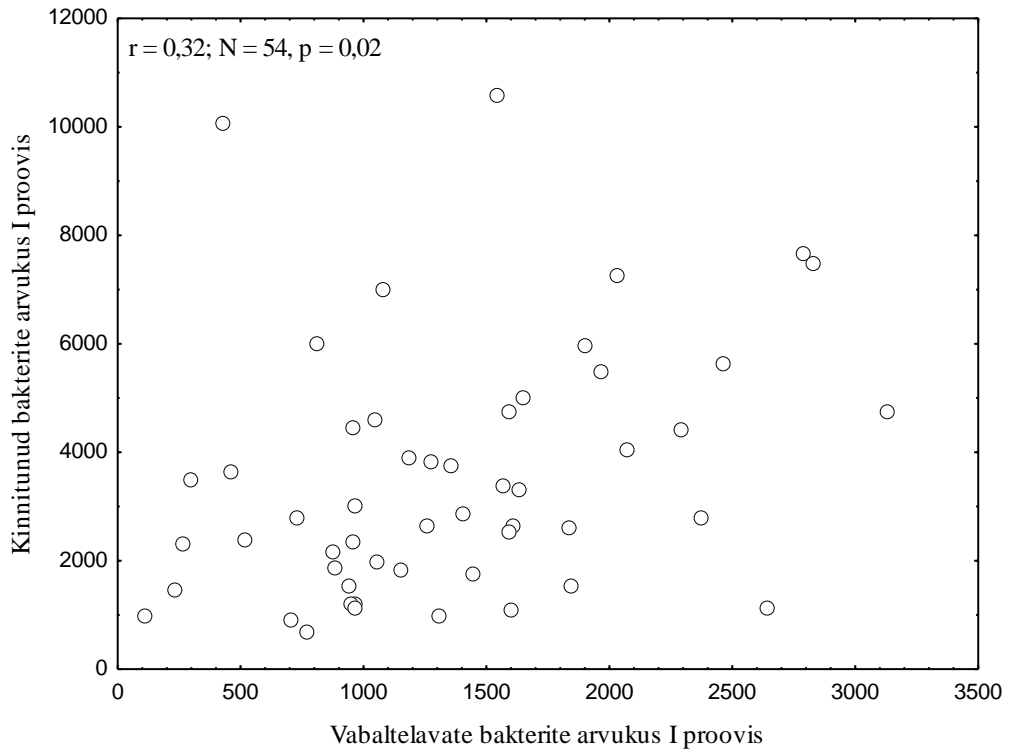
Tabel 2. Manipulatsiooni ja biotoobi mõju kinnitunud bakterite arvukusele.

Faktor	df	F	p
Biotoop	1	0,30	0,58
Eksperiment	3	1,34	0,27
Proovivõtu kord	1	4,41	0,04
Proovivõtu kord * Biotoop	1	0,06	0,81
Proovivõtu kord * Eksperiment	3	0,54	0,66
Viga	48		

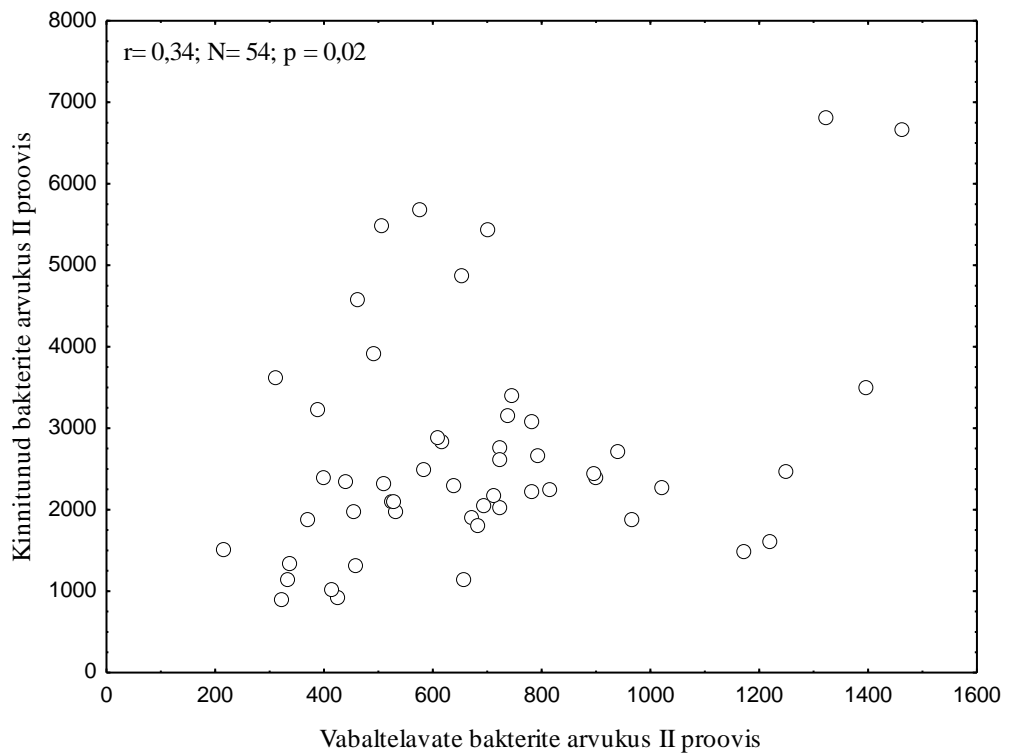
Vabaltelavate ja kinnitunud bakterite arvukused korreleerusid omavahel nii esimesel kui teisel proovivõtul (vastavalt $r=0.32$, $N=54$, $p=0.02$; joonis 4a ja $r=0.34$, $N=54$, $p=0.02$; joonis 4b). Samas ei korreleerunud omavahel kahe järjestikuse proovi vabaltelavate ($r=0.05$, $N=54$, $p=0.71$) ega kinnitunud bakterite arvukused ($r=0.14$, $n=54$, $p=0.30$).

Lisaks leiti olulised korrelatsioonid nii vabaltelavate kui kinnitunud bakterite esimese proovivõtu arvukuse ja arvukuse languse vahel (vastavalt $r = -0,92$, $N = 54$, $p < 0,001$; joonis 5a ja $r = -0,83$, $N = 54$, $p < 0,001$; joonis 5b), mis näitasid, et emastel, kelle sülestikus oli algselt rohkem baktereid, oli bakterite arvukuses suurem langus.

a)

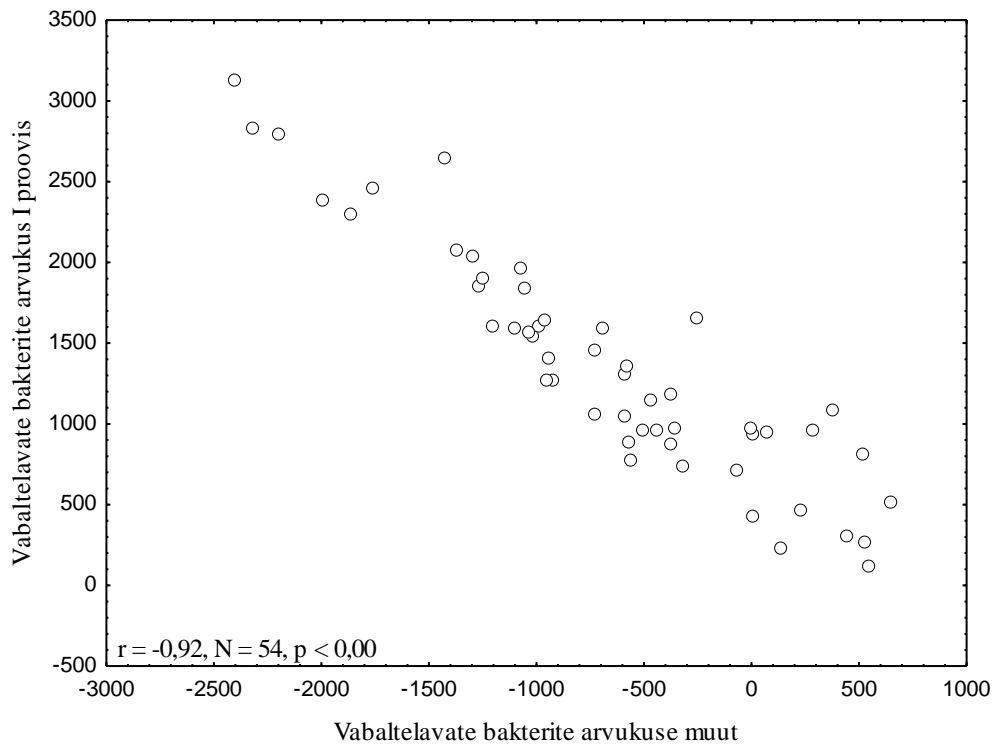


b)

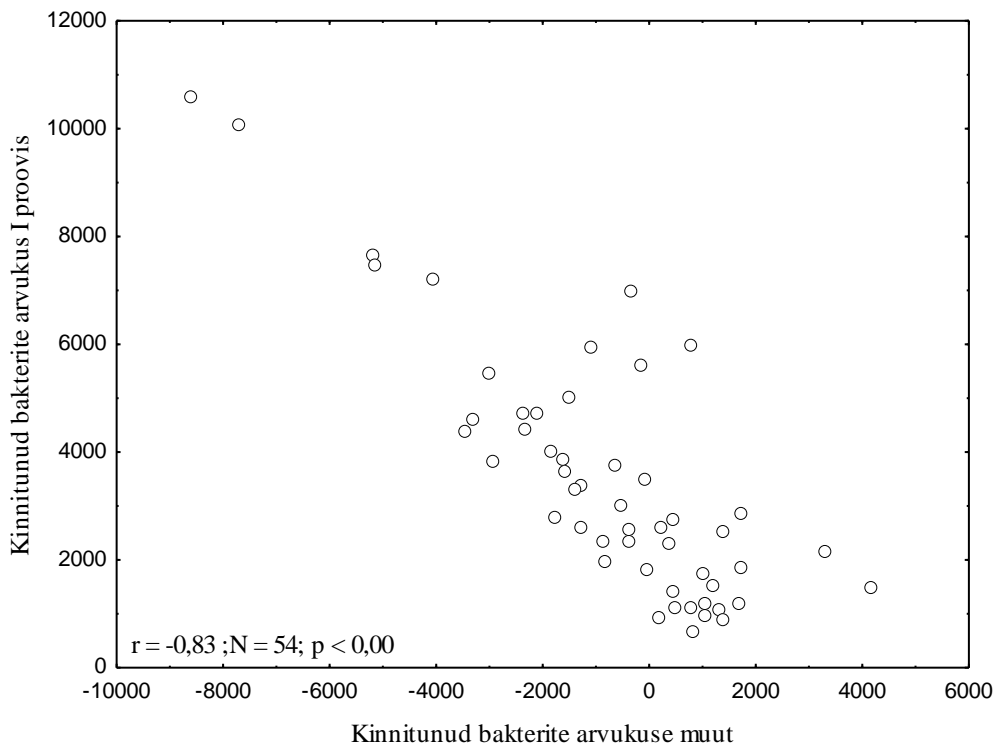


Joonis 4: Esimese proovi (a) ja teise proovi (b) kinnitunud ja vabaltelavate bakterite arvukuse vaheline korrelatsioon

a)



b)



Joonis 5: Vabaltelavate (a) ja kinnitunud (b) bakterite esimese proovi ja arvukuse muudu vaheline korrelatsioon

5. ARUTELU

Käesoleva magistritöö eesmärgiks oli eksperimentaalselt uurida, kas ja kuidas toitmispingutus mõjutab linnu sulebakterite arvukust. Analüüsid viidi läbi nii vabaltelavate kui ka kinnitunud bakterite arvukuse kohta eraldi.

Nii vabaltelavate kui ka kinnitunud bakterite arvukus oli esimesel proovivõtuperioodil suurem võrreldes teise proovivõtuperioodiga. Esimese proovi suurema bakterite arvukuse põhjuseks võib olla asjaolu, et proov on võetud vahetult peale haudumise lõppu, kui pojad olid kahepäevased. Seega võisid proovivõtu ajal kujundada bakterikooslusi veel pesaehituse ja haudumise perioodi tegurid. Näiteks Kilgas jt. (2012) leidsid, et sulebakterite arvukus suureneb rasvatihastel (*Parus major*) suhteliselt lühikese ajavahemiku jooksul pesa ehituse alguse ja valmimise vahepeal. Ka Saag jt. (2011) leidsid, et rasvatihaste pesitsuseelne bakterite arvukus oli suurem võrreldes esimese ja teise kurna aegsete proovidega. Must-kärbsenäpid vooderdavad oma pesa lisaks männikoorebemetele ka heina, puulehtede ning väheste sulgede ja karvadega, mida nad koguvad maapinnalt ning eelnevalt on tõestatud, et muld on oluline bakterite allikas (Bisson jt. 2007, Shawkey jt. 2005). Kuigi on kindlaks tehtud, et haudumine vähendab bakterite arvukust munakoorel (Shawkey jt. 2009), siis haudumise mõju sulestikubakterite arvukusele pole uuritud – võimalik, et selline mõju puudub. Teise proovi madalama bakterite arvukuse põhjuseks võib olla asjaolu, et teise proovi võtmise ajal olid pojad keskmiselt kümnapäevased ehk tegemist oli juba pesitsusperioodi lõpuga. Samuti on must-kärbsenäpid peamiselt puuvõras toitujad, ehk siis pärast pesaehituse perioodi kokkupuude mullaga väheneb ja see võib samuti viia bakterite arvukuse vähenemisele linnu kehal. Bakteriavukuse erinevust sõltuvalt toitumiskäitumisest on eelnevalt kirjeldanud ka Bisson jt (2007) ja Burt & Ichida (1999), kes leidsid, et õhus toituvatel lindudel on vähem baktereid sulestikus võrreldes maastoitujatega.

Analüüsi käigus leiti oluline mõju ka kurna suurusel, ehk manipulatsioonieelsel munade arvul pesas. Iga muna munemine nõuab linnult energiat, seega on ka kurna suurus osa sigimispingutusest. Kvaliteetsemad ja paremas konditsioonis emaslinnud peaksid olema võimelised munema suurema kurna. Analüüsi tulemusena selgus, et suurema kurnaga lindudel oli sulgedel vähem baktereid, mis võib näidata, et heas konditsioonis linnud on võimelised enda sulestiku eest paremini hoolitsema.

Samuti leiti oluline koosmõju sademete ja proovivõtukorra vahel ning selgus, et sademed mõjutavad oluliselt vabaltelavate bakterite arvukust. Mida rohkem oli sademeid kahe proovivõtu vahel, seda suurem oli vabaltelavate bakterite arvukuse langus. Kuigi eelnevalt on kindlaks tehtud, et bakterid on aktiivsemad siis, kui tingimused on niiskemad (Reneerkens jt. 2008), siis antud katses ei leitud sademetel bakterite kasvu soodustavat mõju. Võib eeldada, et niiskemates tingimustes pühendavad linnud rohkem aega sulgede korrashoiule ning sellepärast ei pruugi ilmnedada sademete bakterikasvu soodustav mõju.

Katse läbiviimisel eeldati, et katsegruppide omavahelises võrdluses võiks kõige suurem toitmispingutus olla emaslinnul, kes kasvatab poegi üksi, seejärel emasel, kes kasvatab suurendatud pesakonda, kolmandana kontrollgrupis oleval emasel ning kõige väiksem võiks olla toitmispingutus vähendatud pesakonda kasvataval emasel. Eelnevalt on Lucas jt. (2005) läbi viinud sarnase katse toitmispingutuse mõju uurimiseks kuldnokkadega (*Sturnus vulgaris*), kus leiti, et esineb lõivusuhe toitmispingutuse ja enesekorrashoiu vahel ning suurendatud pesakondadega lindude sulgedes oli rohkem vabaltelavaid baktereid kui vähendatud pesakondadega lindudel. Käesoleva magistritöö tulemusena leiti samuti, et toitmispingutuse katseline suurendamine suurendab vabaltelavate bakterite arvukust. Analüüsi käigus selgus, et kõige suurem oli toitmispingutus eksperimendigrupis, kus emaslind kasvatas poegi üksi. Kui ülejäänud gruppides oli isaslind poegade eest hoolitsemisel abiks ja aega jäi rohkem üle enese korrashoiuks, siis üksi poegi kasvatavat emaslind oli sunnitud rohkem aega kulutama poegade eest hoolitsemisele enese korrashoiu arvelt. Ka nendes pesakondades, kus suurendati toitmispingutust poegade lisamisega pessa, oli suurem vabaltelavate bakterite arvukus võrreldes kontrollgrupi ja vähendatud pesakondadega, kuid erinevus polnud statistiliselt oluline. Seega saab väita, et iga järglaste eest hoolitsemine kulutab energiat suurendades toitmispingutust. Vähendatud pesakondades oli vabaltelavate bakterite arvukus madalaim, järelkult ka toitmispingutus kõige väiksem. Tulemused näitasid, et toitmispingutuse manipuleerimine mõjutab vabaltelavate bakterite arvukust ja saab väita, et esineb lõivusuhe enese korrashoiu ja järglaste eest hoolitsemise vahel.

Samuti oli töö eesmärgiks teada saada, kas bakterite arvukus erineb biotoobi. Näiteks Bisson jt. (2009) läbi viidud uurimusest selgus, et bakterikooslused varieeruvad geograafiliselt ja lokaalselt elupaikade vahel nii nearktilises kui ka neotroopilises regioonis, kui ka sinna vahele jäänud piirkondades. Kahe biotoobi oodatavat erinevust võib seletada sellega, et lehtmetsad on oma olemuselt mitmekesisemad ehk loovad mikrotasandil rohkem erinevamaid

elupaigatüüpe bakterite elutegevuseks kui okasmetsad. Samuti on lehtmetsad niiskemad, eriti võrreldes uurimisalal laialt levinud nõmmemännikutega, mistõttu on tõenäoline, et bakterite arvukus võiks olla lehtmetsades suurem. Biotoobi mõju on eelnevalt uurinud ka Saag jt. (2011), kes leidsid, et bakterite arvukus erineb biotoopide vahel. Nimelt leiti, et okasmetsas oli fülotüüpide arv linnu kohta suurem, lehtmetsas oli aga bakterite arvukus suurem. Antud töö oli läbi viidud rasvatihastega (*Parus major*), aga Saag jt. (2011b) katses must-kärbsenäppidega biotoobi mõju bakteri arvukusele ei leitud. Käesolevas töös, kus samuti oli katseliigiks valitud must-kärbsenäpp, leiti mõlema proovi korral lehtmetsas suurem vabaltelavate bakterite arvukus võrreldes okasmetsaga. Selline erinevus võis tuleneda sellest et Saag jt (2011b) katses oli valimis väiksem arv linde, käesolevas töös aga oli suurem katselindude arv ja seega võib tulemust pidada usaldusväärsemaks. Nüüd kui on leitud, et biotoop mõjub kahe erineva linnuliigi bakterite arvukusele erinevalt on tõenäoline, et biotoobi mõju bakteri arvukusele võiks kehtida ka paljude teiste linnuliikidele puhul.

Käesoleva töö käigus selgus, et toitmispingutuse manipuleerimine ei mõjutanud kinnitunud bakterite arvukust. Ka Lucas jt. (2005) leidsid oma katse tulemusena, et kinnitunud bakterite arvukus ei sõltunud manipulatsioonist. Samuti ei erinenud käesolevas katses kinnitunud bakterite arvukus biotoobiti. Sellised tulemused olid oodatavad, kuna eelnevalt on kindlaks tehtud, et kinnitunud bakterid on vähem tundlikud mitmesugustele muutustele peremehe käitumises võrreldes vabaltelavate bakteritega (Saag et al, 2011), kuna nad moodustavad oma elutegevuse käigus biofilmi tagamaks enesele stabiilse elukeskkonna (Lucas jt. 2003).

Kolmandaks hüpoteesiks oli, et toitmispingutus mõjutab bakterite arvukust eri biotoopides erinevalt. Töö käigus ei leidnud see hüpotees kinnitust, sest toitmispingutuse manipulatsioon ei mõjutanud erinevalt vabaltelavate ega ka kinnitunud bakterite arvukusi biotoobiti. Arvukuse muutused olid küll eri biotoopides sarnased, kuid nagu eespool juba mainitud, üldarvukus siiski erines.

Töö käigus selgus ka, et positiivne korrelatsioon esineb vabaltelavate ja kinnitunud bakterite arvukuse vahel esimeses proovis ehk poegade kasvatamise perioodi alguses. Samuti esines selline seos ka pesitsuse lõpus, ehk teises proovis vabaltelavate ja kinnitunud bakterite arvukuse vahel. Olukorras kus vabaltelavaid baktereid oli proovis palju, oli rohkem ka kinnitunud baktereid ning vastupidiselt, kui vabaltelavate bakterite arvukus oli väike, oli seda ka kinnitunud bakterite arvukus. See tulemus oli oodatav, kuna soodsad tingimused kasvuks

ja vähenenud linnupoolne puhastamiskäitumine soosib võrdselt nii vabaltelavate kui kinnitunud bakterite kasvu. Tingimuste ebasoodsaks muutumisel pärsib selline olukord aga mõlema rühma kasvukiirust. Nii vabaltelavate kui kinnitunud bakterite arvukuse ja arvukuse muudu vahel poegade kasvatamise perioodi algul esines negatiivne korrelatsioon, teisisõnu mida rohkem oli baktereid esimeses proovis seda suurem oli langus teiseks prooviks ja vastupidiselt, mida vähem oli baktereid esimeses proovis, seda väiksem oli muutus. Tõenäoline seletus sellele tulemusele on arutlus, et linnul, kelle sulestikus on rohkem baktereid, sellel saab ka bakterite arvukus rohkem langeda ja arvatavasti toimub pesitsuse lõpul teatav arvukuse ühtlustumine

KOKKUVÕTE

Osa linnu sulestikus elavaid baktereid võivad oma elutegevusega kahjustada sulgede kvaliteeti. Kahjustunud suled võivad mõjutada negatiivselt linnu tervisenäitajaid ja paljunemisedukust. Seega on sulgede korrashoid linnu jaoks vajalik võimalikult suure kohasuse tagamiseks. Linnud kulutavad suhteliselt palju aega oma päevast sulgede korrashoiuks. Samas, näiteks pesitsushooajal tuleb aega kulutada ka muudele tegevustele ning võib seega tekkida lõivsuhe enese korrashoiu ja järglaste kasvatamisele kuluva aja vahel.

Käesolevas töös uuriti toitmispingutuse mõju linnu sulestiku bakterite arvukusele. Katse korraldati 2011. aasta kevad-suvel Pärnumaal Kilingi-Nõmme ümbruse metsades ja katseobjektiks valiti must-kärbsenäpp, kes pesitseb meelsasti ka inimese poolt paigaldatud pesakastides ning on seega sobilik eksperimendalseteks uuringuteks. Toitmispingutuse mõju uurimiseks korraldati eksperiment, mille käigus kas suurendati või vähendati pesakonna suurusi või eemaldati ajutiselt isaslind. Katsesse oli kaasatud ka kaks erinevat biotoopi: lehtmets ja okasmets, et hinnata elupaiga mõju bakterite arvukusele. Analüüsid viidi eraldi läbi vabaltelavate ja kinnitunud bakterite kohta.

Töö tulemusena selgus, et toitmispingutuse katseline suurendamine suurendab vabaltelavate bakterite arvukust ja vähendamine vastavalt vähendab. Samuti leiti, et biotoobil on mõju vabaltelavate bakterite arvukusele ning selgus, et lehtmetsas oli bakterite arvukus suurem kui okasmetsas. Kinnitunud bakterite puhul toitmispingutuse katseline muutmine bakterite arvukust ei mõjutanud. Samuti puudus biotoobil mõju kinnitunud bakterite arvukusele. Samas on teada, et kinnitunud bakterid on vähem tundlikud peremehe käitumisele kui vabaltelavad bakterid ning seega ei olnud need tulemused väga üllatavad. Toitmispingutus ei mõjutanud ei vabaltelavate ega ka kinnitunud bakterite arvukust biotoobiti erinevalt.

SUMMARY

The influence of feeding effort to bacterial density in pied flycatcher's (*Ficedula hypoleuca*) plumage

Certain types of bacteria living in avian plumage can be harmful to the feather quality. Damaged feathers have a negative influence on bird's health and reproductive success. Therefore, well-maintained feathers are important for the birds to ensure the greatest obtainable fitness. Birds spend remarkable amount of their day on feather maintenance, but some cases, for example during breeding period, they need to spend time on other activities as well and may be faced with trade-offs between self-maintenance and raising off-spring.

The aim of this study was to examine the influence of feeding effort on bacterial densities in plumage. Experiment was conducted in spring/summer of 2011 near Kilingi-Nõmme and the object of the study was the pied flycatcher who can nest in man-built nest boxes and is thus suitable for experimental studies. An experiment was designed to find out how feeding effort influences bacterial density. The brood size was either increased or decreased or the male bird was removed temporarily from the nest. Two habitat types (deciduous and coniferous forests) were included to find out whether bacterial density depends on the habitat type. Analyzes were carried out with both the free-living and attached bacteria.

The result of this study was finding that the experimental enlargement of feeding effort increases free-living bacterial density and reduction decreases accordingly. It was also found that free-living bacteria densities were different in two habitat types: in deciduous forest the bacterial density was higher than in coniferous forest. Attached bacterial density was not influenced by feeding effort and neither by the habitat type. These results are not that suprising, considering it is previously found that attached bacteria are less sensitive to changes in host behavior than free-living bacteria. Feeding effort did not influence free-living nor attached bacterial densities between habitat types differently.

TÄNUAVALDUSED

Täna käesoleva magistr töö juhendajaid Pauli Saagi ja Grete Lütseppa, kes olid igakülselt abiks töö valmimisel. Samuti kõiki töögrupi liikmeid, kellel on olnud osa töös kasutatud andmete kogumises.

Käesolevat tööd rahastati Eesti Teadusfondi grandiprojektist ETF8566 “Bakterite roll lindude süsteemis: uued võimalused seoses molekulaar- ja mikrobioloogiliste meetodite arenguga” (grandihoidja Raivo Mänd).

KASUTATUD KIRJANDUS

- Bisson I.-A., Marra P. P., Burt E. H., Sikaroodi M., Gillevet P. M. (2007) A molecular comparison of plumage and soil bacteria across biogeographic, ecological, and taxonomic scales. *Microbial Ecology* 54:61-81
- Bisson I.-A., Marra P. P., Burt E. H., Sikaroodi M., Gillevet P. M. (2009) Variation in plumage microbiota depends on season and migration. *Microb Ecol.* 58:212-220
- Burt E. H., Ichida J. M. (1999) Occurrence of feather-degrading bacilli in the plumage of birds. *The Auk* 116:364-372
- Clark C. C., Clark L., Clark L. (1990) „Anting“ Behavior by common Grackles and European Starlings. *The Wilson Bulletin* 102:167-169
- Clayton D. H. (1999) Feather-busting bacteria. *The Auk* 116(2):302-302
- Cotgreave P, Clayton D H. 1994. Comparative analysis of time spent grooming by birds in relation to parasite load. *Behaviour* 131:171-187
- Giraudeau M., Czirják G. A., Duval C., Bretagnolle V., Eraud C., McGraw K. J., Heeb P. (2010) Effect of restricted preen-gland access on maternal self maintenance and reproductive investment in mallards. *Plos ONE* 5:1-7
- Giraudeau M., Czirják G. A., Duval C., Guitierrez C., Bretagnolle V., Heeb P. (2010b) No detected effect of moult on feather bacterial loads in mallards *Anas platyrhynchos*. *J Avian Biol.* 41:678-680
- Goodenough A. E., Stallwood B. (2010) Intraspecific variation and interspecific differences in the bacterial and fungal assemblages of Blue Tit (*Cyanistes caeruleus*) and Great Tit (*Parus major*) nests. *Microb Ecol.* 59:221-232
- Gunderson A. R., Forsyth M. H., Swaddle J. P. (2009) Evidence that plumage bacteria influence feather coloration and body condition of eastern bluebirds *Sialia Sialis*. *J. Avian Biol.* 40:440-447
- Haribal M., Dhondt A. A., Rosane D., Rodriguez E. (2005) Chemistry of preen gland secretions of passerines: different pathways to same goal? Why?. *Chemoecology* 15:251-260
- Hill G. E., Farmer K. L. (2005) Carotenoid-based plumage coloration predicts resistance to a novel parasite in the house finch. *Naturwissenschaften* 92:30-34
- Kulkarni S., Heeb P. (2007) Social and sexual behaviours aid transmission of bacteria in birds. *Behavioural Processes* 74:88-92
- Kilgas P., Saag P., Mägi M., Tilgar V., Mänd R. (2012) Plumage bacterial load increases during nest-building in a passerine bird. *Journal of Ornithology.* 153:833-838

- Lucas F. S., Bertru G., Hofle M. G. (2003) Characterization of freeliving and attached bacteria in sediments colonized by *Hediste diversicolor*. *Aquat Microb Ecol* 32:165–174
- Lucas F. S., Moureau B., Jourdie V., Heeb P. (2005) Brood size modifications affect plumage bacterial assemblages of European starlings. *Molecular Ecology* 14:639-646
- Lundberg A., Alatalo R. V. (1992) *The Pied Flycatcher*. *Poyser*, London
- Martín-Vivaldi M., Peña A., Peralta-Sánchez J. M., Sánchez L., Ananou S., Ruiz-Rodríguez M., Soler J. J. (2010) Antimicrobial chemicals in hoopoe preen secretions are produced by symbiotic bacteria. *Proc. R. Soc* 277:123-130
- Møller A. P., Erritzøe J., Rózsa L. (2009) Ectoparasites, uropygial glands and hatching success in birds. *Oecologia*
- Newton I. (1998) *Population limitation in birds*. *Elsevier Academic Press*, London
- Reenerkens J., Versteegh M. A., Schneider A. M., Piersma T., Burt E. H. (2008) Seasonally changing preen-wax composition: red Knots (*Calidris Canutus*) flexible defense against feather-degrading bacteria. *The Auk* 125:285-290
- Revis H. C., Waller D. A. (2004) Bactericidal and fungicidal activity of ant chemicals on feather parasites: an evaluation of anting behavior as a method of self-medication in songbirds. *The Auk* 121:1262-1268
- Ruiz-Rodríguez M., Valdivia E., Soler J. J., Martín-Vivaldi M., Martín-Platero A. M., Martínez-Bueno M. (2009) Symbiotic bacteria living in the hoopoe's uropygial gland prevent feather degradation. *The Journal of Experimental Biology* 212:3621-3626
- Saag P., Tilgar V., Mänd R., Kilgas P., Mägi M. (2011) Plumage bacterial assemblages in a breeding wild passerine: relationships with ecological factors and body condition. *Microb Ecol* 61:740-749
- Saag P., Mänd R., Tilgar V., Kilgas P., Mägi M., Rasmann E. (2011b) Plumage bacterial load is related to species, sex and biometrics and fledging success in co-occurring cavity-breeding passerines. *Acta Ornithologica* 46
- Saranathan V., Burt E. H. (2007) Sunlight on feathers inhibits feather-degrading bacteria. *The Wilson Journal of Ornithology* 119:239-245
- Shawkey M. D., Mills K. L., Dale C., Hill G. E. (2005) Microbial diversity of wild bird feathers revealed through culture-based and culture-independent techniques. *Microbial Ecology* 50:40-47
- Shawkey M. D., Pillai S. R., Hill G. E., Siefferman L. M., Roberts S. R. (2007) bacteria as an agent for change in structural plumage color: correlation and experimental evidence. *The American Naturalist* 169:112-121
- Shawkey M. D., Pillai S. E., Hill G. E. (2008) Do feather-degrading bacteria affect sexually selected plumage color. *Naturwissenschaften* 96:123-128

- Shawkey M. D., Firestone M. K., Brodie E. L., Beissinger S. R. (2009) Avian incubation inhibits growth and diversification of bacterial assemblages on eggs. *PLoS ONE* 4
- Silveri B., Baillien M., Balthazart J. (2004) Territorial aggression, circulating levels of testosterone, and brain aromatase activity in free-living pied flycatcher. *Hormones and Behavior* 45:225-234
- Svensson L. 2009. Collins bird guide. *HarperCollins Publishers Ltd.* London
- Whitaker J. M., Cristol D. A., Forsyth M. H. (2005). Prevalence and genetic diversity of *Bacillus licheniformis* in avian plumage. *J. Field Ornithol* 76:264-270

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks

Mina _____ Anu Rätsep _____

(sünnikuupäev: 04.10.1988)

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

„Toitmispingutuse mõju must-kärbsenäpi (*Ficedula hypoleuca*) sullebakterite arvukusele“

mille juhendajad on Pauli Saag PhD, Grete Lütsepp MSc

1.1.reprodutseerimiseks säilitamise ja üldsusele kättesaadavaks tegemise eesmärgil, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace-is lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2.üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tartu Ülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas digitaalarhiivi DSpace'i kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. olen teadlik, et punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest tulenevaid õigusi.

Tartus/Tallinnas/Narvas/Pärnus/Viljandis, _____ 27.05.2013 _____