



Nahkhiirte uuring Vääna-Posti püsielupaigas seoses Paldiski mnt. rekonstrueerimisega

Koostööleping 19.04.2010 nr 1-6/13

Lõpparuanne

Töö tellija:	Maanteeamet
Töö teostaja:	Keskkonnaamet
Koostajad:	Meelis Leivits Monika Laurits-Arro



Sissejuhatus	2
Käsitiivalised ja kiirteed	3
Varasem praktika leevendusmeetmete kasutamisel	6
1 Materjal ja metoodika	8
1.1 Uuring teelõigul	8
1.2 Uuring maastikul	10
2 Tulemused	12
2.1 Teelõigu kasutus	12
2.1.1 Nahkhiirte liigiline koosseis ja suhteline arvukus	12
2.1.2 Nahkhiirte liikumine püsielupaigaga külgneva Tallinn-Paldiski mnt suhtes	13
2.1.3 Lennutrasside kasutusintensiivsus	13
2.1.4 Lennutrasside kasutusintensiivsus vaatlusperioodidel (kevad/sügis)	13
2.1.5 Lennukõrgused ja lennusuunad	13
2.2 Maastik	14
3 Kokkuvõte	16
3.1 Juhised negatiivsete tagajärgede leevendamiseks	16
3.1.1 Teeületusvõimaluste tagamine	16
3.1.2 Valgustus	18
3.2 Seire	18
A Tabelid	22
A.1 Joonloenduse tabelid	22
A.2 Punktloenduse tabelid	22
B Joonised	25
B.1 Joonloendus trassil	25
B.1.1 Teerassil registreeritud isendid kellaajati	25
B.1.2 Liikide suhtelised arvukused loenduse käigus	35
B.1.3 Joonloenduse tulemused 50 m lõikudes	38
B.1.4 Lennusuunad ja kõrgused	47
B.2 Punktloendus maastikul	49



SISSEJUHATUS

Keskkonnaameti ja Maanteeameti vahel sõlmitud koostöölepingu (19.04.2010 1-6/13) kohaselt oli läbiviidava uuringu eesmärgiks saada Harjumaal Saue vallas Vääna-Posti püsielupaigas (**KLO3000562**, kaitse alla võetud keskkonnaministri 12. juuli 2006.a määrusega nr 50) ülevaade nahkhiirte ruumilise liikumise kohta talvituspaika siirdumisel, toitumislendudel ja talvituspaigast lahkumisel ning saadud andmete põhjal maantee laiendamise/ehitamise mõju ja vajadusel võimalike leevendavate meetmete esitamine Tallinn-Paldiski mnt rekonstrueerimisprojekti km 11,4-24,0 alternatiivil 1B - olemasoleva teetrassi laiendamine (sh käsitledes kõrghaljastuse ja valgustuslahenduse aspekte). Käesolevas töös esitatakse:

1. Ülevaade töö metoodilisest ülesehitusest

Välitööd toimusid kevadperioodil aprillist maini ja sügisperioodil augustist novembrini. Loendusmeetoditena kasutati detektor-joonloendust ja detektor-punktloendust. Lisaks kaasati andmekogusse juhuvaatlustel saadud tulemused ja koopa tehtud loendused, teelõigul vaadeldi hukkunud loomade arvukust ja liigilist koosseisu.

2. Ülevaade vaatlustulemustest ning analüüs

Registreeriti 5 liiki. Tulemuste põhjal järeldub, et tee ületamiseks kasutati lendlaste poolt kevadperioodil kaht peamist lennukoridori. Suurimad lennuintensiiivsused (kõik liigid) osutusid kevaditi kuni 1,5 isendit/tunnis ning sügiseti kuni 2,5 isendit/tunnis. Lendlaseliikide teeületusvajadus seostub suure tõenäosusega üle tee asuva karjääriga, kus ärganud loomad joomas käivad. Sügisperioodil oli lendlaste arvukus teetrassi piirkonnas oluliselt väiksem. Sügisperioodil viidi läbi täiendav vaatlus punktloendusmeetodil ümber koopa suudme. Selle tulemused väidavad, et koopa ees registreeritud nahkhiirte peamine lennusuund sügiseti on läände ja loodesse.

3. Kokkuvõte ja soovitused Tallinn-Paldiski mnt rekonstrueerimisprojektile

Vastavalt loendustulemustele ja lendlaste esinemisele tuleb tee laiendamisel järgida nelja aspekti: a. tuvastatud lennukoridoridele tuleb projekteerida teeületust hõlbustavad rajatised juhindudes käesolevas töös esitatud soovitustele ning arvestades nende tehnilist teostatvust; b. tee valgustus lõikudel I-IV on lubamatu; c. vältimaks müra ja valgusreostust püsielupaigas ning võimalikku vajadust nahkhiirte lennukoridoride suunamiseks soovitage tee perimeetri blokeerida kõrghaljastuse või tehistaraga; d. arvestada rekonstrueerimisjärgse seire läbiviimisega.

4. Lisad

Lisades on esitatud kõik analüüsidega seonduvad tabelid ja joonised.

Töörühma koosseis:

Meelis Leivits - P-V regiooni looduskaitse bioloog, andmeanalüüs, aruandlus

Eike Vunk - Looduskaitse osakonna looduskaitse bioloog

Ilona Lepik - H-L-S regiooni looduskaitse bioloog

Riina Lillemäe - H-L-S regiooni looduskaitse bioloog

Monika Laurits-Arro - H-J-R regiooni looduskaitse bioloog, aruandlus

Elle Valtna - H-J-R regiooni looduskasutuse spetsialist

Rein Urman - H-J-R keskkonnakasutuse juhtivspetsialist

Katrin Jürgens - Viru regiooni looduskaitse bioloog

Asko Lust - Viru regiooni looduskaitse bioloog

Priit Voolaid - P-V-V regiooni looduskaitse bioloog

Käsitiiivalised ja kiirteed

Käsitiiivaliste hukkumist sõiduteedel peetakse võrdlemisi harvaesinevaks nähtuseks. Samas on tegu vähearvuka ja pikaajalise loomarühmaga, mistõttu iga kaotus omab populatsiooni elujõulisuse seisukohalt suurt kaalu. Paljudes uuringutes on kindlaks tehtud, et maantee rekonstrueerimisega neljarealiseks kaasneb nahkhiirte hukkumine sõiduteel.

Lesiński (2007) on kindlaks teinud, et 24-h tiheda liiklusega kiirteede tsoonis esineb nahkhiirte märgatavalt suurem suremus loomulikust suremusest. Nahkhiirte hukkumist kiirteedel mõjutavad **Lesiński (2007)** kohaselt viis faktorit. Esiteks liigiomane toitumisviis ning teiseks sellest tulenev lennukõrgus. Lendlaseliikidel, nagu veelendlane (*Myotis daubentonii*) on traaliv toitumisviis, mistõttu nende liigiomane lennukõrgus on väga madal (**Dietz jt., 2009**). Tiigilendlane (*Myotis dasycneme*), kes on haruldasem, lendab toitumiselendudel mõnevõrra kõrgemal. Samas, põhja-nahkhiirt (*Eptesicus nilsonii*), kes lendab toiduotsinguil valdavalt 6-10 m kõrgusel, kokkupõrgetes hukkunud nahkhiirte seas ei esine (**Lesiński, 2007**). Kolmandaks teguriks on biotoop, mis tuleneb osaliselt samuti liigist ja toitumisviisist. **Lesiński (2007)** tegid kindlaks, et enim hukub nahkhiiri lagendike ja puistute kontaktalade ümbruses, seda kuni 6,8 isendit kilomeetri kohta aastas. Seda fakti kinnitavad ka **Limpens & Kapteyn (1991)**, kes leidsid, et väikest kasvu nahkhiirlased nagu lendlased, eelistavad liikuda mööda servaalasid, kuna: 1) seal leidub ilmselt rohkem toitu; 2) serv pakub tuulevarju ning varjevõimalusi kiskjate eest; 3) serv kui lineaarne maastikuelement võimaldab ühtlasi paremini navigeerida. Neljas tegur on liigi fenofaas. Üldiselt on suremus suurem poegade lennuvõimestumise ajal, mil kogenematud noorloomad toiduotsinguil

teetrassile võivad lennata. Viiendaks teguriks on liigi üldine arvukus. Mida suurema asustihedusega on liik, seda tõenäolisemalt neid kokkupõrgetes autodega ka hakkub. Samas tuleb juhtida tähelepanu sellele, et seegi faktor on omakorda interaktsioonis toitumisviisiga. Arvukad, kuid kõrge lennuga liigid, nagu näiteks suurvidevlane (*Nyctalus noctula*), pörkavad senise kogemuse kohaselt autodega väga harva kokku. Seega, tänu üldisele arvukusele ja toitumisviisi eripäradele moodustasid Lesiński (2007) uuringus hukkunud nahkhiirtest pea 40% veelendlased. Tiigilendlasi oli hukkunutest vaid 1,5%, seda suure tõenäosusega just tänu nende haruldususele. Siiski, viimased uuringud näitavad, et hukkunud nahkhiirte arvu mingis piirkonnas kujundavad nii kohaliku nahkhiirekoosluse liigiline ja arvuline koosseis, kui ka ümbritseva maastiku struktuur (Lesiński jt., 2010). Vääna-Posti talvituspaik on Põhja-Eesti tiigilendlase populatsioonile väga oluline talvituskoht, mistõttu liigi isendeid esineb seal talvituskohta saabudes ja lahkudes arvatavasti normaalsest enam. Seega on põhjendatud kõrgendatud risk, et võimalik rekonstruktsioon põhjustab letaalse efekti tiigilendlase kohalikule populatsioonile.

Antud situatsioonis, kus Põhja-Eesti ühe oluliseima talvituspaiga vahetus läheduses asub tiheda liiklusega maantee, on põhjendatud küsimus, kuivõrd mõjutab suure liikluskoormusega kaherealise trassi rekonstrueerimine neljarealiseks trassiks nahkhiirte liikumisharjumusi ja nende võimalikku hukkumist kokkupõrgetes autodega. Mitmed uuringud näitavad, et nahkhiitrel on välja kujunenud kindlad liikumiskoridorid. Gaisler jt. (2009) on rekonstrueerimisjärgses uuringus kindlaks teinud, et nahkhiirte lennuaktiivsus trassi mingis osas ning samas kohas leitud nahkhiirte laipade arv korreleeruvad omavahel olulisel määral ($r_s = 0,37; p < 0,05$). Selle alusel võime põhjendatult eeldada, et tee rekonstrueerimisel esineb nahkhiirte normaalsest suurem hukkumine nende väljakujunenud liikumisteedel, juhul kui neid eksisteerib.

Nahkhiireliigid erinevad üksteisest liigiomase lennukõrguse poolest, mis on tingitud liigi ökoloogiast, tiibade ja kajaalokatsioonielundite ehitusest (Gaisler jt., 2009). Madalal lendavatel ja toitu otsivatel liikidel on mõistagi suurem oht kokkupõrkeks. Stratman (2006) on Euroopa liigid lähtuvalt kokkupõrkehust autodega jaganud nelja riskigruppi. Esitame need alljärgnevalt.

Riskigrupp I

Siia kuuluvad liigid, kelle tüüpiline lennukõrgus ühtib kõikvõimalike mootorsõidukite gabariitidega, sh. sõidu- ja veoautod. Kokkupõrge ja isendi hukkumine on vältimatu juhul kui isend satub samal ajal läheneva masina ette.

Riskigrupp II

Siia kuuluvad liigid, kelle isendite hukkumine esineb lähedalt mööduva sõiduauto põhjustatud turbulentses õhuvoos. Siiski, veoauto lähenemisel on kokkupõrge ja hukkumine vältimatu.

Riskigrupp III

Siia kuuluvad liigid, kelle hukkumine võib aset leida situatsioonis, kus nad lendavad

liigiomase lennukõrguse madalaimal piiril, mistõttu mööduva mootorsõiduki tekitatud turbulentne õhuvoog viib isendi lennutrajektoorilt välja ja järgneb kokkupõrge või isend saab letaalse trauma.

Riskigrupp IV

Siia kuuluvad liigid, kelle liigiomasest lennukõrgusest tulenevalt on kas otsene või kaudne oht kokkupõrkeks ja hukkumiseks juhul kui nende liikumisteed ühtivad sõiduteega.

Vääna-Posti talvituspaika kasutavad nahkhiired saab kõik lugeda riskigruppi I-II. Alates 1995. aastast on Vääna-Posti 1. koopas riikliku seire raames teostatud talvituvate nahkhiirte loendusi. Loenduste tulemused perioodil 1995-2010 on toodud joonisel 1. Viimaselt on näha, et nii talvituvate tiigi- kui ka veelendlane arvukus on 12 aastase seireperioodi vältel langenud vastavalt 17 ja 31 isendi võrra.

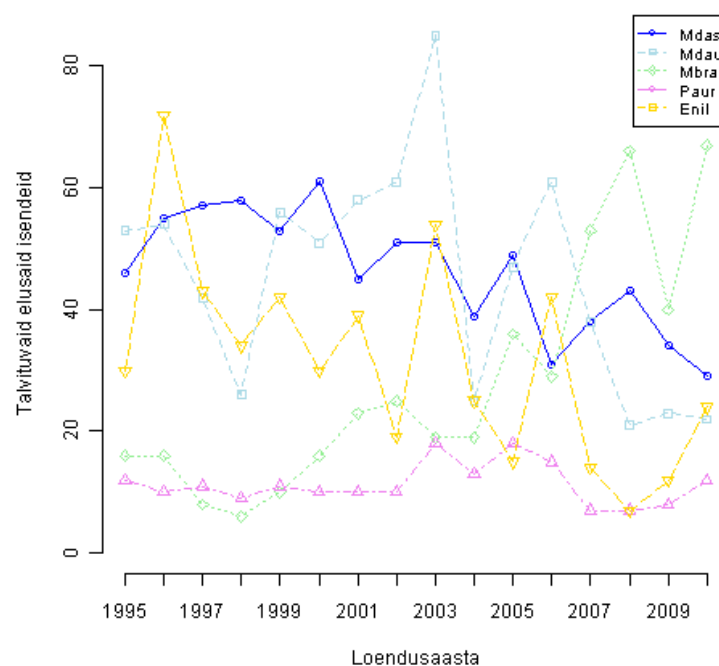
Tabel 1: Muutused talvituvate nahkhiirte arvukuses

Liik	Muutus, isendit/aastas ^a	τ^b	p^c
Tiigilendlane	-1.64	-0.59	***
Veelendlane	-1.35	-0.26	NS
Tõmmulendlane	3.35	0.75	***
Suurkõrv	0.00	-0.05	NS
Põhja-nahkhiir	-2.11	-0.50	**

^aSen'i tõusukordaja hinnang (Bronaugh & Werner, 2009)

^bMitteparametiline Mann-Kendall'i test (McLeod, 2009)

^ckahepoolne olulisusnivoo *** < 0,001; ** < 0,01; NS mitteoluline



Joonis 1: Elusad talvituvad nahkhiired (liigini määratud) Vääna-Posti koopas nr. 1

Varasem praktika leevendusmeetmete rakendamisel

Kiirteede rajamisega kaasneb nahkhiirtele kolm peamist negatiivset tagajärge: hukkumine kokkupõrgetes mootorsõidukitega, elupaikade valgusreostus ja mürareostus. Anname kirjanduse põhjal lühiülevaate nimetatud tagajärgede leevendamise võimalustest.

Vältimaks nahkhiirte sõiduteele lendamist, on kasutatud järgmisi lahendusi: 1) tee alla rajatakse tunnelid, mida nahkhiired hakkavad kasutama; 2) tõstetakse või blokeeritakse nahkhiirte lennuteed kõrghaljastuse või tehistaraga; 3) lennutee kohale konstrueeritakse sild, mis ühtlasi suunab nahkhiired üle tee ning varjestab autode poolt tekitatud turbulent-si. [Wray jt. \(2005\)](#) on koostanud juhise, kuidas tagada nahkhiirtele turvalised lennuteed. Üheks lahenduseks on paigaldada lennuteele sõiduteed alt läbiv tunnel või truup. Mõistlik on seda teha tee rekonstrueerimise käigus. Sellele eelneb alati uuring, mis selgitab välja lennukoridoride esinemise ja asukohad. Kuna põhiprobleem seisneb alati selles, et nahkhiired rajatud tunnelit ka kasutama hakkaksid, siis kasutusefektiivsuse tõstmiseks täiendatakse tunneli ava ümbrust haljastusega. Haljastus täidab siinkohal ka suunavat ja tee negatiivset mõju blokeerivat rolli. Üldiselt raporteeritakse headest tulemustest, nagu ka hiljem teiste riikide näidete varal näeme. Teine võimalus nahkhiirte sõiduteele liikumise takistamiseks on tehistarade rajamine. Paraku on selliste tarade korral miinuseks see, et teatud nahkhiireliigid manööverdavad lennus küll tara ületamiseks kõrgemale, kuid seejärel, olles sattunud tee kohale, laskuvad taas endisele lennukõrgusele. Selle vältimiseks on tara asemel kasutatud pidevaid kõrgusüleminekuid, see tähendab tee ümber pinnasevallide kuhjast või tee viimist kanalisse. Kolmas lahendus on kõrghaljastuse kasutamine (nn. rohelised sillad), et viia nahkhiirte lennukõrgus veelgi kõrgemale või sundida nad lendama piki alleed. Samas, puude kasvamine võtab aega, mistõttu see ei ole Vääna-Posti situatsioonis efektiivselt rakendatav.

Saksamaal, kus kõikvõimalikke kiirteid on Euroopas arvukaimalt, pärineb ka arvukalt uuringuid, mis käsitlevad kiirteede mõju nahkhiirte liikumisteededele ning võimlikke leevendusmeetmeid. [Bach jt. \(2004\)](#) on võtnud kokku rea uuringuid, mis käsitlevad tunnelite ja sildade kasutust nahkhiirte poolt. Nimetatud uuringute kohaselt kasutavad vähemalt 11 liiki nahkhiiri teede ületamisel eri mõõtmetega tunneleid, kui ka sildu. Kirjeldatud ületuskohad olid rajatud peamiselt metsa- ja põllumajandusmasinate jaoks. Ilmnes, et sildade tähtsus teeületuskohana on siiski tunneliga võrreldes marginaalne. Kuigi spetsiaalselt nahkhiirtele rajatud sildade kohta esineb häid näiteid ([Fuhrmann & Kiefer, 1996](#)), tuuakse põhjuseks tee tasandist kõrgemal asetseva silla liigne avatus. Mis puutub tunnelite mõõtmesse, siis leiti, et väiksemad liigid võivad kasutada tunneleid, mis on vähemalt 1,5 m kõrged. Suuremate liikide puhul piisas 2-3 m kõrgusest tunnelist. Tunnelite pikkus ei näi olevat nende kasutuse seisukohalt oluline. Vaatlused kinnitasid, et nii 31 kui ka 45 m pikkusi tunneleid kasutatakse ühtviisi arvukalt ([Bach jt., 2004](#)).

Iirimaa Teedeamet on koostanud sisuka juhise parima praktika rakendamistest teede planeerimisel, lähtudes just nahkhiirte kaitsest tulenevate nõudmistega ([National Roads](#)

Authority, 2005). Siinkohal esitame tabelis 2 mõningad leevenduse eesmärgid ning rakendatavad meetmed.

Tabel 2: Tee-ehitusest tulenevate negatiivsete mõjude mõningad leevendusmeetmed

1. Olemasoleva looduskeskkonna säilitamine
 - (a) piirangud valgustusele
2. Turvaliste teeületuskohtade tagamine
 - (a) "roheliste sildade" ja tunnelite rajamine
3. Alternatiivsete toitumisalade rajamine ja liikumisteede suunamine
 - (a) lennutee suunamine valgustuse abil
 - (b) lennutee tõstmine kõrghaljastuse abil

Sõltuvalt liikuskoormusest, on kiirtee arvestatavaks müra allikaks. Schaub jt. (2008) on laborikatsetes leidnud, et müra esinemise korral on nahkhiirte toitumistingimused olulisel määral raskendatud. See väljendub suuremas ajakulus saaki positsioneerimisel ning edukate saagitabamiskatsete vähenemises. Veelgi enam, Siemers & Schaub (2010) on kiirtee kui müraallika mõju analüüsinud detailsemalt ning toob oma uurimuses välja ka seosed toitumisefektiivsuse ja müraallika st. kiirtee kauguse vahel. Selgub, et absoluutselt kindel negatiivne mõju toitumisefektiivsusele esineb vähemalt 60 m kauguseni teeservast.



1 MATERJAL JA METOODIKA

1.1 Uuring teelõigul

Kuna käesoleva uurimuse eesmärgiks oli koguda teavet nahkhiirte esinemise, liikumissuundade ja lennukõrguste kohta kogu uuritava teekoridori pikkuses, tuli andmekogumise disainimisel paika panna loenduse teostamise viis ja sellest tulenev vajalik detailsuse aste. Vaatluse all oli ca. 1 km pikkune teelõik, kus esineb erinevaid biotoope ning mis on varjekohast erineval kaugusel. Need faktorid võivad olulisel määral põhjustada varieeruvust teelõigu kasutamisel nahkhiirte poolt. Kuna tööde planeerimisel puudus eeldus, miks mõnda teelõiku peaks nahkhiired kasutama enam kui teisi lõike, on loendamine fikseeritud punktides oli küsitav vaid juhul, kui need punktid ei paikne tee ulatuses ühtlaste vahedega ning neis ei teostata vaatlusi samaaegselt. Mõõduva nahkhiire sonari maksimaalne kuulderaadius varieerub liigiti 3-150 meetrini, olles pruun suurkõrval 3-7 m, tiigi- ja veelendlasel 40-50 m ning suurvidevasel kuni 150 m (Skiba, 2009). Seetõttu, absoluutselt kõigi liikide avastamiseks peaks distantis loenduspunktide vahel olema vähemalt 3 meetrit. Sellise vahemaa puhul ilmneb aga enamike liikide puhul ülelugemine, ehk teisisõnu nii vaatluste ajaline kui ka ruumiline autokorrelatsioon. Kui nahkhiirte lennuaktiivsuse jaotus teelõiguti oleks meile teada, oleks lahendus loendusi teostada väheses arvus punktides, kuid kuna meie jaoks olid kõik tee osad võrdse tähtsusega, puudus meil alus fikseeritud loenduspunktide kasutamiseks. Seega, vältimaks autokorrelatsiooni nähtust, lahendasime andmete kogumise transektloenduse meetodil. Kuna uuritaval teelõigul esineb valdavalt nelja liiki maastikku, jagasime kogu vaatluse all olnud tee neljaks alamõiguks ehk liiniks.

Kõnealuse teelõigu kasutust nahkhiirte poolt uuriti neljal liinil. Liinid piiritleti vastavalt biotoopide esinemisele maastikul ning nummerdati Keila poolt vastavalt I, II, III ja IV. Liinide paiknemine on kujutatud joonisel B.1. Esimese liini algus valiti rooduvarjendi varemete juurde (bussipeatuse vastas). Siin on mõlemal pool teed valdavalt kadastik. Teise liini algus paigutati lageala algusesse peale eramut. Teine liin jääb seega alasse, kus mõlemal pool teed on valdavalt lagendik. Kolmas liin algas parklast ning kulges Saue teeristini. Kolmas liin jääb alasse, kus mõlemal pool teed on mets. Neljas liin paigutati teeristist edasi kuni lauda teeotsani vasakul pool teed. Viimase liini äärde jääb nii karjamaad, põõsastikku, kui ka metsa. Liinide pikkus oli vahemikus 200-300 m ning kordusloendamise vältimiseks eraldati liinid 50 m lüngaga.

Nahkhiiri uuriti loendusliinidel transektloenduse meetodil. Lõigu ühekordset loendustulemust replitseeriti koheselt järgneva kordusloendusega samal liinil. Kuna liinide pikkused on vahemikus 200-300 m, kulus liini ühekordseks läbimiseks ca. 10-15 min. Seega, viie-tunnise loenduse käigus replitseeriti vaatlusi antud liinil kuni 30 korda. Loenduse käigus registreeriti kõik minuti jooksul eristatud kontaktid. Juhul kui üks ja sama nahkhiir püsis detektori kuuldeulatuses rohkem kui ühe minuti vältel, läks see kirja kahe vaatlusena. Seejuures märgiti ka uuele vaatlusele ka uus asukoht.

Loendamiseks kasutati Pettersson d1000x ultraheli detektoreid (Pettersson Elektronik AB, 2007), mis võimaldavad mööduva hiire sonarit digitaalkujul lindistada hilisema liigimäärangu täpsustamiseks. Detektorit kasutati heterodüünrežiimil, heterodüünimissagedusega 30 kHz (Masing jt., 1998, 2005). Lindistuste läbivaatamiseks ja esmaste liigimäärangute andmiseks (M. Leivits) kasutati tarkvara BatSound 3.31 (Pettersson Elektronik AB, 2003). Sellekohane näide on toodud ekraanifotol 1.

Liigimääranguid täpsustati hilisema kameraaltöö käigus (M. Masing) kontaktidest jäädvustatud lindistuste põhjal. Igas lindistuses määrata õnnestunud liikidel hinnati ka liigimäärangu kindlust, mis jäädvustati faili nimes. Määramiskindluse tasemed on järgmised:

- liiginimi = tase A (100%)
- liiginimi, lisaks x = tase B (ca 90-95%)
- liiginimi, lisaks xx = tase C (ca 50%, liik pole tõestatud)

Seega, tiigilenlase korral näeks lindistuse failinimi välja nt. M00013_das.WAV või M00013_dasx.WAV.

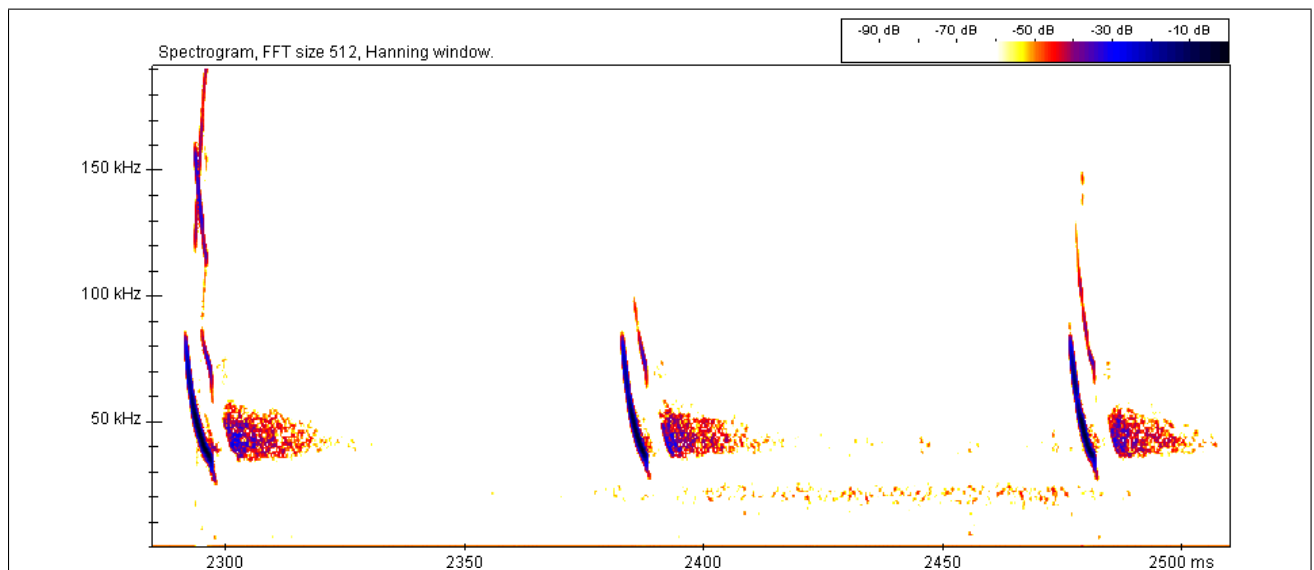


Foto 1: Loendajale lähenev tiigilendlane rakenduses BatSound 3.31 (lindistus M00013.WAV, 26.04.2010, pf=38-40 kHz)

Kontaktide asukohtade ja vaatlusandmete ülesmärkimiseks kasutati kahte viisi. Esimesel juhul märgiti lindistuse nr. kontakti kellaeg ja muud vaatlusandmed ankeedile või loeti detektorisse. Loendaja oli varustatud GPS-vastuvõtjaga Garmin GPS60, mille rajalogi alusel vaatlustele koordinaadid anti. Teisel juhul oli loendaja varustatud GPS-pihuarvutiga Trimble Recon või Trimble Nomad, kus ArcPad 7.1 tarkvara abil kanti kõik andmed otse kaardikihile. Visuaalse kontakti saamiseks nahkhiirega ning lennukõrguse määramiseks kasutati 100 W võimsusega laetavat halogeenprojektorit. Märkmel kontakti kohta tähendati kas märkmikku või salvestati detektori diktofoniga. Kuna loetletud toimingud osutusid keerukaks, kasutati kevadistel loendustel abiloendajat, kes tegeles andmete ülesmärkimisega. Detektoriga opereerimine ja valgusvihuga lendava hiire otsimine jäi loendaja hooleks. Lisaks

olid abiloendajad side pidamiseks ja loenduse organiseerimiseks varustatud raadiosaatjatega.

Lisaks teabele nahkhiirte liikumisest maastikul, oli uuringu juures ülioluline teada, milal toimub nahkhiirte välja- ja sisselend nende talvituskoopasse. Koopa ees tegutsevate nahkhiirte loendamiseks oli iga loenduse eel koopa suudme ette paigutatud automaatloendur, mis kujutab endast d1000x detektorit installeerituna niiskuskindlasse kasti koos toiteallikaga (vt. foto 2).



Foto 2: Automaatloendur

1.2 Uuring maastikul

Selgitamaks, millised on üldised liikumissuunad maastikul, sooritati järgneva ülesehitusega eksperiment. Koopa ava ümbritseval maastikul valiti välja seitse statsionaarset punkti, milles teostati registraatorite abil loendusi. Paralleelselt loendab kaheksas registraator koopa suudme ees. Kõik loendused toimusid samaaegselt, kusjuures registraatorite kellad on sünkroniseeriti kuni 2 sekundi täpsusega. Vaatlused teostati öhtuse lennu ajal, 3-5 h jooksul.

Loenduse tulemuseks on risttabel, kus esimeses veerus on loendusminut ning teistes veergudes on vastavas vaatluspunktis registreeritud nahkhiirte arv antud minutil ($n=1110$). Lisaks on minuti täpsusega tulemused agregeeritud 5 min. intervalliga tabeliks.

Esmalt huvitasid meid vaatluspunktide aegridade vahelised seosed. Seoste tuvastamiseks arvutasime autokorrelatsioonifunktsiooni kahe loenduspunkti aegridade vahel, ehk nende ristkorrelatsioonifunktsiooni. Laagi max. absoluutväärtuseks valisime 10 minutit.

Järgnevalt pakkus meile huvi antud punktis loendatud hiirte arvukuse sõltuvus teises loenduspunktis samal ajal ning varasematel ajahetkedel loendatud nahkhiirte arvukusest. Antud juhul tuleb silmas pidada loendatud nahkhiirte arvu kausaalsust naaberpunktis loendatuga, st. nahkhiirtel kulub teatav aeg naaberpunktist B uuritavasse punkti A jõudmiseks. Matemaatiliselt väljendub, see nii, et $Y(t)$ ei sõltu vaatlusest $X(t+1)$. Seoste

uurimiseks konstrueerisime autoregressiivse dünaamilise lineaarse mudeli (Grothendieck, 2009), milles prognoositavaks tunnuseks Y on nahkhiirte arv antud loendusminutil t ja prognoosivateks tunnusteks nahkhiirte arv naaberpunktis antud loendusminutil t ja varasematel loendusminutitel $(t - 1..t - \tau)$.

$$Y(t) = X(t) + X(t - 1) + .. + X(t - \tau) \quad (1.1)$$

Kuna arvatavasti sõltub loendatud nahkhiirte arv mitte ainult naabervaatluspunkti loendustulemustest, toome sisse ka kõigi teiste loenduspunktide $X_2..X_n$ vaatlused ajahetkedel t kuni $t - \tau$.

$$\begin{aligned} Y(t) = & X_1(t) + X_1(t - 1) + .. + X_1(t - \tau) + \\ & + X_2(t) + X_2(t - 1) + .. + X_2(t - \tau) + \\ & ... \\ & + X_n(t) + X_n(t - 1) + .. + X_n(t - \tau) \end{aligned} \quad (1.2)$$

Küllastunud mudelist, mis sisaldab kõigi vaatluspunktide hetke ja laagitud vaatlustulemusi, eemaldasime mitteolulised prognoostunnused. Sellega oleme saanud taandatud mudeli, mis seob nimetatud vaatluspunkti loendustulemuse antud minutil teiste punktide loendustulemustega samal minutil ning varem. Juhul, kui mudeli võrrandist taanduvad koopaesise liikmed välja, võib öelda, et lennuaktiivsus nimetatud punktis ei seostu lennuaktiivsusega koopa ees. Arvestades laagitud liikmete väljajätmist, võib ka öelda, et nahkhiired ei liigu koopast antud punkti. Eelduste kohaselt peaks tulemus olema sarnane autokorrelatsioonanalüüsiga. Kui viimase puhul hindame seose tugevust kahe punkti vahel, siis mudel arvestab ka teiste punktide mõju.

Kõik andmetöötlusprotseduurid ja analüüsid on läbi viidud vabavaralise statistikapaketiga R 2.11.0 (R Development Core Team, 2010; Logan, 2010), koos vajalike laiendustega.



2.1 Teelõigu kasutus

Esmased vaatlused uurimisalal toimusid vahemikus 19.04-23.04. Kevadised loendused toimusid vahemikus 26.04-12.05. Tabel toimumisaegade ja kestustega on toodud [A.1](#). Asetades kevadised loendustulemused 1 min intervalliga graafikule, kusjuures koopaloendus ja liinid on paigutatud paralleelselt, saame nahkhiirte õist aktiivsust iseloomustavad diagrammid, mis on toodud joonistel [B.2-B.4](#). Abtsissil on loendusminut alates kl. 20.30, ordinaadil minutis loendatud hiirte arv. Hall diagramm kirjeldab aktiivsust koopa ees. Allolevail diagrammidel on toodud aga aktiivsus liinidel, kusjuures lendlaseliigid (vee-, tiigi- ja määramata lendlane) ning suurtõrv on sinise värviga ja kollase värviga on tähistatud teised liigid, sh. põhja-nahkhiir.

26. aprilli loendusööl ei toiminud koopa ees olev registraator, mis väljandub ka joonisel [B.2](#). 27. aprilli loendusööl seevastu toimus koopa ees väga aktiivne parvlemisnähtus, mille tipphetkedel ja veidi hiljem loendati mõningaid nahkhiiri ka liinil nr. 2 (joonis [B.2](#)). 11. mai loendusel (joonis [B.4](#)) on parvlemisnähtus mõnevõrra raugenud ning hilisemaks nihkunud.

Sügiseste loenduste alusel koostatud diagrammid koopa ja liinide aktiivsustega on toodud joonistel [B.5-B.7](#). Abtsissil on loendusminut alates kl. 19.00, ordinaadil minutis loendatud hiirte arv. Jooniselt [B.5](#) on näha lendlaste suurem esinemine koopale lähemates teelõigudes, mis seostub hästi ka koopast väljalennu algusega. Liini 1 ja 2 sarnasus viitab võimalikule nahkhiirte liikumisele piki teed. Kuna liiklusintensiivsus oli sügiseste loenduste ajal ca. 10 korda väiksem tänu teeremondile uurimisalast 2,5 km Tallinna poole, siis nahkhiirte liikumine piki teed on väga tõenäoline nähtus. Selle fakti poolt räägib ka joonis [B.6](#), mil loenduse ajal esines enneneägematult suur põhja-nahkhiirte aktiivsus. Kuna autosid liikus vähe, täheldati põhja-nahkhiiri liikumas ka piki teed.

2.1.1 Nahkhiirte liigiline koosseis ja suhteline arvukus

Kevad- ja sügisperioodil loendatud nahkhiirte suhteline arvukus liigiti on toodud joonisel [B.14](#). Sügisestes tulemustes prevaleerivad põhja-nahkhiirte vaatlused. Seejuures tuleb silmas pidada, et ilmselt on tegu 2-3 isendiga, kuna lendamas kuuldi korraga kahte isendit. Põhja-nahkhiirte arvukat esinemist sügisel saab ilmselt seostada liikluskoormuse vähenemisega, mis muutis tee atraktiivseks toitumisalaks. Analüüsides lendlaseliikide arvukust, sh. määramata lendlased (vt. joonis [B.15](#)), on näha, et kevadperioodil moodustavad 51% vaatlustest tiigilendlased. Sügisel seevastu loendati lendlaseliike pea poole võrra vähem. Sellest võib järeldada, et talvituspaika saabumine on nii ajaliselt kui ruumiliselt hajusam ning ei seostu nii olulisel määral teetrassi kasutamisega kui kevadperioodil. Seda hüpoteesi kinnitab ka sügisel läbi viidud registraator-eksperiment talvituskoobast ümbritseval maastikul.

Vaadeldes liigilist arvukust loendusliinide (biotoopide) lõikes (joonised [B.16-B.18](#)), on

näha, et enamus kontakte pärinevad liinilt II ja III, st. vastavalt lagedalt alalt ja metsa vahelt. Seejuures esineb tiigilendlaste ja teiste liikide vahel üks erisus. Nimelt, kui üldiselt esines nahkhiiri kõige arvukamalt liinil 3, siis tiigilendlasel täheldati suurimat esinemist liinil 2. Jooniste B.16 kevadiste ja sügiseste osade võrdlemisel on näha, et nahkhiirte esinemine jaotub liinide (biotoopide) lõikes sarnaselt - kasvades kuni III liinini, misjärel arvukus liinis IV kahaneb veidi madalamaks kui liinil II. Seega võib järeldada, et kuna kevadel ja sügisel saadi sarnane tulemus, on tegu üldise seaduspäraga.

2.1.2 Nahkhiirte liikumine püsielupaigaga külgneva Tallinn-Paldiski mnt suhtes

2.1.3 Lennutrasside kasutusintensiivsus

Eelnenuga oleme juba välja toonud üldised seaduspärasused nahkhiirte liikumisel kevaditi ja sügiseti. Järgnevalt tekkis küsimus, kuivõrd juhuslik on nahkhiirlaste esinemine loenduslõikude sees. Kas esinevad mingid kindlad liikumiskoridorid või paiknevad kõik kontakstid liini ulatuses juhuslikult? Kuna joonloendusel loendatud nahkhiirte kohta on olemas GPS-punktid kontaktide asukohtadega, saadi nahkhiirte esinemist uurida detailsemalt. Esmalt koostati kolmemõõtmelised diagrammid (Ligges & Mächler, 2003), kus on kujutatud loendatud nahkhiirte arv uuritaval teelõigu distantisi (0-1250 m) ja loendusaja väljal (vt. joonised B.8-B.13). Kõik kogutud kontaktid, nii sügiseseid ja kevadiseid on kujutatud joonisel B.19. Juba selle põhjal on ilmne, et vähemalt lendlaste puhul eksisteerivad teatud kohad, kus neid sõidutee vahetus ümbruses tavapäraselt rohkem kohtab. Need partitsioneeriti 50 m lõikude kaupa ning arvutati tunnised lennuaktiivsused. Lennuaktiivsused on esitatud joonistel B.21 ja B.22, vastavalt kõigile liikidele ning lendlaseliikidele. Joonistel B.23-B.26 on samad näitajad liikidele tiigilendlane, pruun-suurkõrv ja põhja-nahkhiir.

2.1.4 Lennutrasside kasutusintensiivsus vaatlusperioodidel (kevad/sügis)

Lahutades äsjasaadud tulemused kevad- ja sügisperioodi vahel, on saadud kasutusintensiivsused esitatud periooditi diagrammidel B.27-B.36.

2.1.5 Lennukõrgused ja lennusuunad

Lennukõrguste ja lennusuundade määramine osutus antud uuringu välitöödel kõige raskemaks ülesandeks. Kuna enamik kontakte nahkhiirtega on lühiajalised, siis peab loendaja väga valvas olema. Kuigi detektoritel oli eellindistusega profiil, mis tagab vähemasti korraliku lindistuse olemasolu, polnud enamikel juhtudel kõrgust ja suunda võimalik tuvastada. Prožektoritega hiire otsimine pimedusest osutus seega võrdlemisi tulutuks ettevõtmiseks, kuna visuaalset kontakti, just kõrguse määramiseks, ei suudetud tuvastada. Mõnevõrra lihtsam oli lennusuundadega. Suunates detektorit vastavalt ühele või teiselepoole teed oli kõvemini kostuva heli järgi nahkhiire oletatav lennusuund võimalik kindlaks teha. Paraku vajab ka

see protseduur vilumust, ning enamike vaatluste puhul oletatavaid lennusuundi tuvastada võimalik polnud. Kokkuvõtvalt võib öelda, et lennusuundade ja kõrguste tuvastamine sõltus suuresti loendaja varasemast kogemusest ja detektori käsitlemise oskusest.

Ülevaatekaart kevadel ja sügisel tuvastatud lennusuundadega on toodud joonisel B.37. Siit on näha, et lagedal (liin II) esineb 2 peamist lendlaste teeületuskohta, kusjuures mõlemad asetsevad lagendiku ja metsa/põõsastiku kontaktala läheduses. Neist kõige arvukamalt registreeriti tiigilendlast just parkla vahetus läheduses. Teine oluline teeületuskoht on liini II ja liini I vahelisel alal, kus algab kadastik.

Suure tõenäosusega saab lendlaste teeületamise vajadust seostada toitumislendudega üle tee asuvasse metsa ning karjääri.

Lennukõrguste hindamiseks kasutati kolmeklassilist süsteemi: A) lennukõrgus $h = 1 - 1,5$ m (sõiduauto); B) $h = 1,5 - 3,5$ m (veoauto); C) $h > 3,5$ m. Lennukõrgusel A ei tuvastatud lendamas ühtegi nahkhiirt. Tegelikult võib aga pruun-suurkõrva kontaktide puhul lennukõrguseks kirjutada A või B, sest liigi kuuldekaugus on sedavõrd väike, et korraliku kontakti saamiseks pidi isend mööduma ca. paari kuni mõne meetri kauguselt. Lennukõrgusel B registreeriti kaks tiigilendlast, üks veelendlane ja üks määramata lendlane. Lennukõrgusel C registreeriti 4 veelendlast, 2 tiigilendlast ja 1 määramata lendlane. Ülejäänud olid põhja-nahkhiired, mõni suurkõrv ja üksik määramata nahkhiirlane. Lennukõrgused liigiti on toodud joonisel B.38.

2.2 Maastik

Teeäärsete loenduspunktide kohad valiti välja eelnevate transektloenduste tulemuste alusel. Kaart loenduspunktide asukohtadega maastikul on toodud joonisel B.39. Loendused statsionaarsetes punktides toimusid vastavalt tabelile A.2. Enamus kontakte nahkhiirlastega koguti esimese kolme loenduse käigus. Kahel viimasel vaatlusööl (7.10 ja 19.10) esines nahkhiiri vaid koopa suudme ees. See on seletatav ilmade jähnenemisega ning talvitumisperioodi algusega.

Ristkorrelatsioonifunktsioonid (RKF) koopa aegrea ja teiste vaatluspunktide ridade vahel on toodud diagrammidel B.40-B.42. RKF alusel on koostatud korrelatsioonimaatriksid, mis kajastavad punkti A ja punkti B loenduste korrelatsiooni antud laagil. Funktsioonist oleme eraldanud max. korrelatsioonikordaja ja sellele vastava laagi. Vastavad maatriksid max. korrelatsioonidega loendusööde kaupa on toodud tabelites A.3, A.5, A.7. Vastavatele korrelatsioonidele vastavad laagid minutites on toodud tabelites A.4, A.6, A.8. Sama tabel max. korrelatsioonidega ning vastavate laagidega kogu andmestiku kohta on toodud tabelites A.9 ja A.10. Seletame lahti nende maatriksite sisu koos RKF diagrammidega. Tabeli veergudes on toodud lähtepunkt ja ridadel sihtpunkt. Korrelatsioonikordaja tähendab siin sisuliselt aegride maksimaalset sarnasust mingi negatiivse laagi korral, ehk kui mitu minutit varem registreeriti lähtepunktis sama arv nahkhiiri kui sihtpunktis antud hetkel. Sama tulemuseni jõuab, kui lugeda RKF-i negatiivselt poolelt max. korrelatsiooniga tulp ning sellele

vastav laag. Seega, kui tabelis B.40 on max. korrelatsioon punktide vahel 0,1 ja tabeli A.4 kohaselt on sellele vastav laag -2 minutit, tähendab see seda, et punktist koo registreeritud nahkhiirte arv loendati 2 minutit hiljem punktis bi tk.

Analüüsides üldtabelit A.9 ja A.10, tuleb nentida, et koopa ees (koo) registreeritud hiired põhjustavad statistiliselt olulist ($r = 0,13$; $p < 0,05$) nahkhiirte esinemist üks minut hiljem punktis bi tk ja viis minutit hiljem ($r = 0,063$; $p < 0,05$) punktis bupe.

Üldistades loendustulemusi vastavalt liikumissuundadele W ja S (maantee), liidame punktide minutiste loendustulemuste aegread vastavalt $ts.w = ts.teew + ts.bitk$ ning $ts.s = ts.bupe + ts.muhu$. Saadud ridade loendustulemuste võrdlemisel saadakse vastus, kuivõrd seostub koopa ees registreeritud nahkhiirte arvukus lääne (W) ja lõuna (S) suunal paiknevate punktide loendustulemustega. Vastavad RKF-id on toodud joonisel B.48.

Diagammil esitatu saab kokku võtta järgnevaga. Punktis koo tehtud vaatlused seostusid olulisel määral, üks minut hiljem suunal W tehtud vaatlustega ($r = 0,14$; $p < 0,05$). Suuna W teostatud vaatlused seostusid vähesel määral, kuid oluliselt, üks minut hiljem punktis koo tehtud vaatlustega ($r = 0,08$; $p < 0,05$). Punkti koo ja suunas S paiknevate punktide vaatluste vahel olulisi seoseid ei täheldatud. Suuna S punktides tehtud vaatlused seostusid olulisel määral, kuus minutit hiljem suuna W punktides tehtud vaatlustega ($r = 0,13$; $p < 0,05$) ning suuna W punktide vaatlused seostusid olulise määral, üheksa minutit hiljem suunas S tehtud vaatlustega ($r = 0,13$; $p < 0,05$).

Kirjeldatud tulemused saadakse iga punkti loendusreale vastava dünaamilise üldistatud lineaarse mudeli loomisel, kus prognoosivate tunnustena kasutati kõiki teiste punktide loendusridasid laagimata ning laagitult. Väheolulised kordajad eemaldati ning tulemuseks on saadud nelja punkti mudelid, mis kirjeldavad loendatud isendite arvu sõltuvana teiste punktide varasematest ning hetke loendustulemustest. Mudelid on toodud tabelis A.11. Pseudodeterminatsioonikordajast (Cameron & Windmeijer, 1996) on näha, et kõige kehvem mudel on punktile muhu, kirjeldades vaid 4% kogu varieeruvusest. Samas on kaheldav, kas biotiikide punktist jõuaksid nahkhiired samal loendusminutil mullahunniku punkti, sama võib öelda punkti bi tk võrrandi eelviimase liikme kohta. Jättes need pisiasjad kõrvale, on näha, et eri punktide loendustulemused on 14-30% ulatuses kirjeldatavad teiste punktide hetke ja laagitud loendustulemustega. Antud tulemuse juures on oluline, et aktiivsus koopa ees mõjutas olulisel määral nahkhiirte aktiivsust minut hiljem biotiikide punkti bi tk juures ning viis minutit hiljem bussipeatuse punktis bupe. Arvestades, et kõigis teistes punktides on aktiivsused liikmetega määratud ajahetkedel nullid, peale koopa oma, saame ühe nahkhiire esinemisel koopa ees välja arvutada nahkhiirte võimaliku arvu punktis bi tk ja bupe. Juhul, kui koopa ees loendati hetkel $t - 1$ üks isend, siis punktis bi tk loendati ajahetkel t $e^{-4.49} \cdot e^{1.82} = 0.07$ isendit. Juhul, kui koopa ees loendati ajahetkel $t - 5$ üks isend, siis punktis bupe loendati ajahetkel t $e^{-6.42} \cdot e^{1.82} = 0.002$ isendit. Kui aga kirjeldatud ajahetkedel oleks koopa ees loendatud nt. kolm isendit, oleks punktides loendatud vastavalt 2.6 ja 0.4 isendit.



3 KOKKUVÕTE

Lendlaseliike, sh. tiigilendlast, esines vaatlusliinidel I-IV kogu aasta vältel. Kevadel ja sügisel väldanud vaatluste käigus tehti kindlaks kahe olulise teeületuskoha olemasolu, mida kasutasid peamiselt tiigilendlased (joonis B.37). Antud sõiduteeosade kasutamine lendlaste poolt seostub ilmselt veejoomisvajadusega, mil talvituskoopast väljuvad isendid siirduvad üle tee asuva karjääri peale vett jooma ja toituma, ning toitumislendudega üle tee asuvates harvendikes. Mis puudutab teeületuskohtade asukohta, siis on saadud tulemus heas kooskõlas tiigilendlase toitumisharjumustega (Dietz jt., 2009). Ülejäänud vaatlused ei kinnitanud üheselt sõidutee ületamist nahkhiirte poolt, sest tegu võis olla ka piki teed liikuvate isenditega. Põhjus, miks loendusliinidel III-IV kindla liikumissuunaga vaatlusi ei registreeritud, võib tuleneda teed ümbritseva metsa olemasolust, mistõttu nahkhiirte lennukõrgus tee ületamisel on oluliselt kõrgem kui lagedal. Võib öelda, et antud tee praegusel kujul nahkhiirtele suurt ohtu ei kujuta, sest kevadel ja sügisel toimunud laibaloendustel ühtegi hukkunud nahkhiirt ei leitud. Küll esinesid mõned surnud linnud, arvukalt konni ning üks kährikkoer.

Kirjeldatud lennutrassid olid intensiivses kasutuses vaid kevadperioodil, mil nahkhiired ärkasid. Sügisel esinesid lendlased teetrassi piirkonnas vähearvukalt. Sügisese punktloenduse tulemusena leidis kinnitust asjaolu, et lendlaseliigid kasutavad öistel lendudel ja koopasse siirdumisel pigem püsielupaiga loode ja läänepoolset külge. See viitab võimalikele toitumislendudele Vääna jõe suunal või ümbruses asuvatele põldudele. Saadud tulemus viitab ka võimalikule liikumisele Humala talvituskoopa vahel. Seega, praegused tulemused välistavad trassialternatiivi 2B, kuna puuduvad täiendavad uuringud.

Käesoleva uuringu tulemusena on selge, et tee rekonstrueerimisega trassialternatiivil 1B kaasneb kindel oht nahkhiirtele nende liikumisel talvituskoopast toitumislendudele, seda eriti just kevadperioodil.

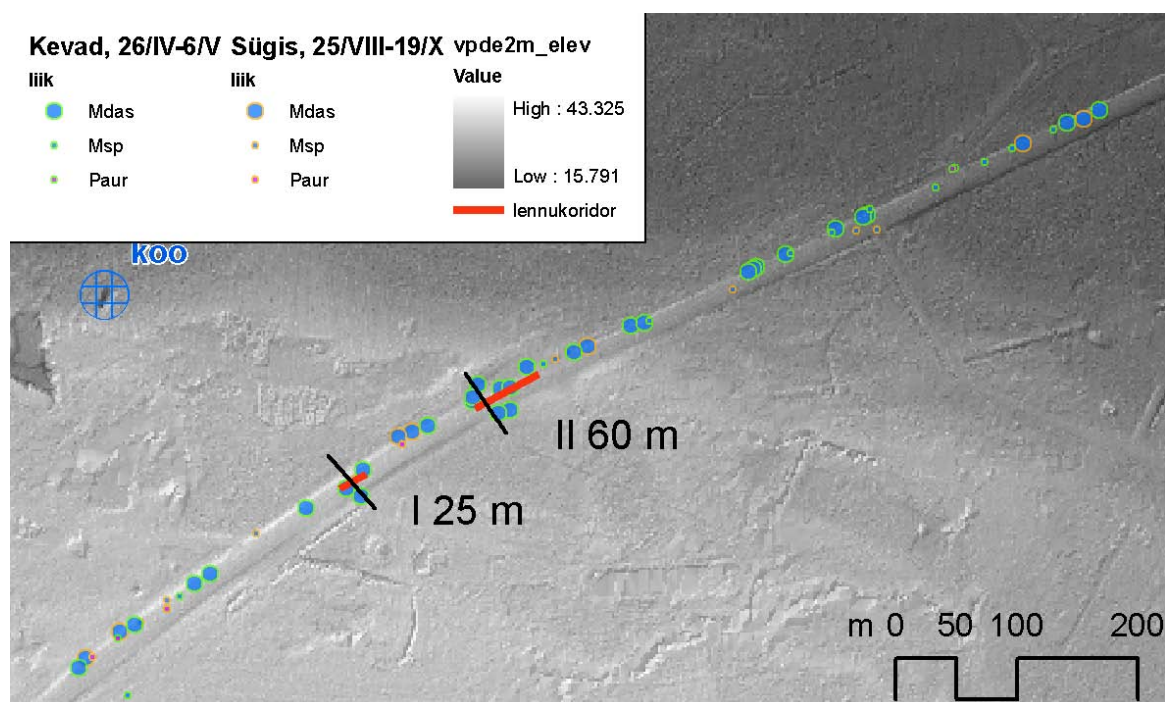
3.1 Juhised negatiivsete tagajärgede leevendamiseks

Lähtudes Lääne-Euroopas siiani levinud praktikale, pakume välja järgnevad juhised parimate leevendusmeetmete väljatöötamiseks.

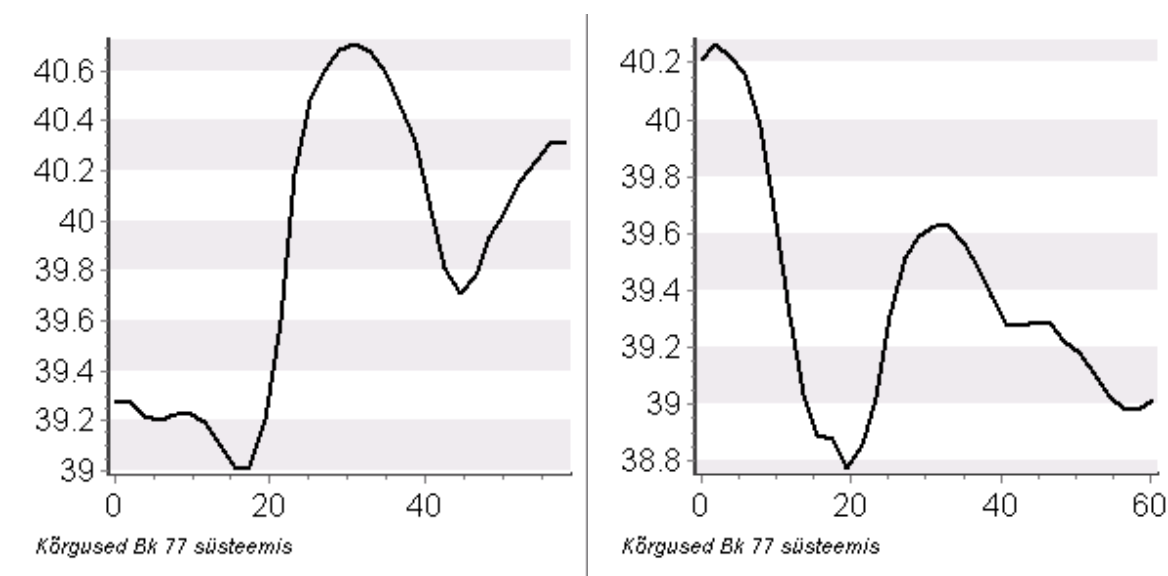
3.1.1 Teeületusvõimaluste tagamine

Kuna geoloogilistest kaalutlustest tulenevalt on välistatud tee viimine kanalisse, mis võimaldaks ökodukti rajamist, siis on üheks võimaluseks tee tõstmine ning ülelennuradade piirkondadesse nahkhiirte-tunnelite rajamine. Eriti perspektiivikaks lahenduseks on see kadastiku kontaktalal (loendusliini II Keila poolne ots) asuval ülelennurajal nr. I (joonis 3.1), kus teetamm on juba piisavalt kõrge 3.2(a), ning mis kõige tähtsam - lendlaste, eriti tiigilendlaste teeületuskoridor on küllaltki kitsas (vähemalt 25 m). Teine oluline ülelennurada,

nr. II (joonis 3.1) piirneb põhjast kõrge valliga 3.2(b), mistõttu tasuks siin kaaluda valli kõrgendamist, et põhjast lähenedes moodustuks sujuv tõus ning tee asetseks põhimõtteliselt kanalis. Loomulikult eeldab see ka valli rajamist tee lõunapoolsele küljele. Samas, lähtudes kavandatavast projektist, on teine sõidurada kavas ehitada põhjapoolse, mistõttu eksisteeriv vall läheb ilmselt likvideerimisele. Sel juhul, kui ümbritseva maastiku kõrgus valli rajamist ei võimalda, tuleb kaaluda tee tõstmist ning tunneli või tunnelite rajamist analoogselt lennurajale nr. I.



Joonis 3.1: Olulised lennurajad ning nende minimaalne laius registreeritud liikumissuundade põhjal



(a) lennukoridor I - teetammi suhteline kõrgus 40,7 – 39 = 1,7 m
(b) lennukoridor II - valli suhteline kõrgus tee tasapinnast 40,3 – 39,6 = 0,7 m

Joonis 3.2: Olemasoleva teetammi ristlõikeprofiilid lennuraja I ja II piirkonnas

See, kuidas tunnelialternatiiv tehniliselt lahendada, jääb Maanteameti või projekteerija välja pakkuda. Jooniste osas soovitame kindlasti tutvuda [Wray jt. \(2005\)](#). Juhul, kui tunnelialternatiiv osutub maapinna kõrgustasandeid arvestades perspektiivikaks, osutub vajalikuks teiste teelõikude blokeerimine kas tehistara või haljastusega. Teoorias peaks see võimaldama nahkhiiri suunata tunnelitesse, kuid tänu müra ja valgust summutavale efektile on barjääri mõte eelkõige nahkhiirte toitumistingimuste parandamine teega piirneval maastikul. Kirjandusest lähtudes on siinkohal vajalik mainida, et tunnel on nahkhiirtele atraktiivsem, kui seal esineb vett või seda läbib veekogu.

Juhul kui tunnelialternatiiv osutub tehniliselt lahendamatuks, tuleb kaaluda atraktiivsema toitumis- ja joomisalade rajamist või olemasolevate parandamist püsielupaigast loode ja lääne suunal. Kuna kevadine teeületusvajadus seostub suure tõenäosusega joomis- ja toitumislendudega üle tee asuvasse karjääri, siis eelduste kohaselt võiks koopa-avale lähemal asuvate veekogude (biotiigid) tingimuste parandamine muuta need võrreldes karjääriga atraktiivsemaks. Vältimatu meetmena tuleb ka siin püsielupaiga poolne külg blokeerida tara või kõrghaljastusega.

3.1.2 Valgustus

Kuna lendlaseliike registreeriti kogu loenduste käigus kõigil neljal loendusliinil (joonis [B.1](#)), siis on tavapärase tänavavalgustuse kasutamine urimise all olnud teelõikudel välistatud. Äärmise vajaduse korral tuleb valgustuse kasutamine kõne alla juhul ja kohtades, kus nahkhiirte, eriti lendlaste, liikumist on vajalik suunata või teetrassist eemal hoida. Seejuures peaksid kasutatavate valgustite reflektorid olema ehitatud nii, et on välistatud valgusreostuse oht.

3.2 Seire

Kuna Eestil puudub leevendavate rakendusmeetme osas varasem kogemus, tuleb kindlasti teostada rekonstrueerimisjärgset nahkhiirte seiret. Selle abil saame hiljem analüüsida, kui võrd efektiivseks osutusid ellu viidud tegevused negatiivsete tagajärgede leevendamiseks. Üks osa kavandatavast seirest hõlmaks kindlasti pidevat punktloendust registraatorite abil koopa ees ning teeületust hõlbustavate rajatiste juures.

Kuna 1995. aastast alates on riikliku seire raames Vääna-Posti esimeses koopas teostatud talvituvate nahkhiirte loendusi, on seal talvituvate liikide arvukus üsnagi hästi dokumenteeritud ([Masing, 2010](#)). Tabelist [1](#) ja jooniselt [1](#) on selge, et talvituvate tiigilendlaste arvukuses esineb statistiliselt oluline langus, seda pea kaks isendit aastas. Eelduste kohaselt peaks talvituvate nahkhiirte arvukus jätkama sama trendi ka rekonstrueerimise järgsel perioodil. Seega osutuvad riikliku seire raames tehtavad loendused edaspidi oluliseks tõendusmaterjaliks leevendusmeetmete tõhususe kohta.



- Bach, L., Burkhardt, P., Limpens, H. J. G. A. 2004. Tunnels as a possibility to connect bat habitats. *Mammalia* 68 (4), 411–420.
URL <http://awpr-pli.net/downloads/Documents%5C0ther%20relevant%20persons%5C1uie%20Estate%20Trust%5CSE%2077.PDF>
- Bronaugh, D., Werner, A. 2009. zyp: Zhang + Yue-Pilon trends package. R package version 0.9-1.
URL <http://www.r-project.org>
- Cameron, A. C., Windmeijer, F. A. G. 1996. R-squared measures for count data regression models with applications to health-care utilization. *Journal of Business and Economic Statistics*, American Statistical Association 14 (2), 209–220.
- Dietz, C., von Helmersen, O., Nill, D. 2009. Bats of Britain, Europe and North-West Africa. A and C Black.
- Fuhrmann, M., Kiefer, A. 1996. Fledermausschutz in einem Straßenneuplanung: Ergebnisse einer zweijährigen Untersuchung an einem Wochenstubenquartier von Großen Mausohren (*Myotis myotis* Borkhausen, 1797). *Fauna Flora Rheinland-Pfalz* 21, 133–140, inglese keelne tõlge.
URL http://www.persona.uk.com/A11fiveways/Deposit_Docs/DD-210.pdf
- Gaisler, J., Řehák, Z., Bartonička, T. 2009. Bat casualties by road traffic (Brno-Vienna). *Acta Theriologica* 54 (2), 147–155.
URL http://www.sci.muni.cz/botany/vz/pdf/Gaisler_etal_ActaTher_2009.pdf
- Grothendieck, G. 2009. dyn: Time Series Regression. R package version 0.2-8.
- Lesiński, G. 2007. Bat road casualties and factors determining their number. *Mammalia* 20, 138–142.
URL <http://www.reference-global.com/doi/pdf/10.1515/MAMM.2007.020>
- Lesiński, G., Sikora, A., Olszewski, A. 2010. Bat casualties on a road crossing a mosaic landscape. *European Journal of Wildlife Research*.
URL <http://www.springerlink.com/content/f70537565237v405/fulltext.pdf>
- Ligges, U., Mächler, M. 2003. Scatterplot3d - an R Package for Visualizing Multivariate Data. *Journal of Statistical Software* 8 (11), 1–20.
URL <http://www.jstatsoft.org>
- Limpens, H. J. G. A., Kapteyn, K. 1991. Bats, their behaviour and linear landscape elements. *Myotis* 29, 39–48.

- Logan, M. 2010. Biostatistical Design and Analysis Using R: a practical guide, 1st . Wiley-Blackwell, ISBN 978-1-4051-9008-4.
- Masing, M. 2010. Seireprojekti "Nahkhiired" 2010. aasta töö kokkuvõte. Riiklik Keskkonnaseire Programm. Eluslooduse mitmekesisuse ja maastike seire allprogramm "Nahkhiired", SiciSta Arenduskeskus MTÜ.
- Masing, M., Lutsar, L., Lotman, K. 1998. Monitoring bats with bat detectors in estonia. *Myotis* 36, 167–176.
URL <http://www.sicista.ee/science1/MLL-1998-monitoring-bats-Myotis.PDF>
- Masing, M., Lutsar, L., Lotman, K. 2005. Line counting and point counting of foraging bats in estonia, a comparison. *Le Rhinolophe* 17, 121–125.
URL <http://matti.sicista.ee/english2/MLL-2005x-LC-PC-Rhinolophe17orig.pdf>
- McLeod, A. 2009. Kendall: Kendall rank correlation and Mann-Kendall trend test. R package version 2.1.
URL <http://CRAN.R-project.org/package=Kendall>
- National Roads Authority 2005. Best Practice Guidelines for the Conservation of Bats in the Planning of National Road Scheme. National Roads Authority.
URL <http://www.nra.ie/Publications/DownloadableDocumentation/Environment/file,3487,en.pdf>
- Pettersson Elektronik AB 2003. BatSound - Real-time spectrogram sound analysis software. Pettersson Elektronik AB.
- Pettersson Elektronik AB 2007. Ultrasound detector d1000x user's manual. Pettersson Elektronik AB.
- R Development Core Team 2010. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria, ISBN 3-900051-07-0.
URL <http://www.R-project.org>
- Schaub, A., Ostwald, J., Siemers, B. M. 2008. Foraging bats avoid noise. *Journal of Experimental Biology* 211, 3174–3180.
URL <http://jeb.biologists.org/cgi/content/full/211/19/3174>
- Siemers, B. M., Schaub, A. 2010. Hunting at the highway: traffic noise reduces foraging efficiency in acoustic predators. *Proc R Soc B*.
URL <http://rspb.royalsocietypublishing.org/content/early/2010/11/11/rspb.2010.2262.full>
- Skiba, R. 2009. Europäische Fledermäuse - Kennzeichen, Echoortung und Detektoranwendung, 2. , überarbeitete Auflage . Vol. 648. Westarp-Wissenschaften Verlagsgesellschaft mbH, Hohenwarsleben.

- Stratman, B. 2006. Zur Kollisionswahrscheinlichkeit fliegender oder jagender Fledermäuse bei der Querung von Verkehrswegen. *Nyctalus* (N.F.) 11, 268–276.
- Wray, S., Reason, P., Wells, D., Cresswell, W., Walker, H. 2005. Design, installation, and monitoring of safe crossing points for bats on a new highway scheme in Wales. Road Ecology Center, John Muir Institute of the Environment, UC Davis.
- URL <http://agenda21.provgo.eu/wp-content/files/GRUPPI/Biodiversita/fauna%20selvatica/mammiferi/chiropteri/safe%20crossing%20points%20for%20bats.pdf>



A.1 Joonloenduse tabelid

Tabel A.1: Joonloenduse toimumisajad

Alguse kpv.	Alguse kl.	Kestus, h
2010-04-26	20:00	6
2010-04-27	19:30	9,33
2010-05-11	21:00	6,5
2010-08-25	21:25	6,25
2010-09-22	20:30	4,25
2010-10-07	16:50	9,38

A.2 Punktloenduse tabelid

Tabel A.2: Statsionaarse punktloenduse toimumisajad

Alguse kpv.	Alguse kl.	Kestus, h	Punktid
2010-08-26	21:00	3.75	koo, teew, bitk, bupe, muhu
2010-09-23	19:45	4.75	koo, teen, teew, bitk, bupe, muhu
2010-09-30	19:00	3	koo, teen, teew, bitk, bupe, muhu
2010-10-07	19:00	3	koo, koon, teen, teew, bitk, bupe, muhu, tees
2010-10-19	17:00	4	koo, koon, teen, teew, bitk, bupe, muhu, tees

Tabel A.3: Max. korrelatsioonikordajad (26.08). Lähtepunkt veerus, sihtpunkt real

	koo	teew	bitk	bupe	muhu
koo	1	-0.014	0.23	-0.02	-0.01
teew	-0.011	1	0.11	0.44	-0.006
bitk	0.1	0.11	1	0.12	0.55
bupe	0.21	0.44	0.12	1	-0.009
muhu	-0.0083	-0.006	0.27	-0.009	1

Tabel A.4: Max. korrelatsioonikordajaile vastavad laagid minutites (26.08). Lähtepunkt veerus, sihtpunkt real

	koo	teew	bitk	bupe	muhu
koo	0	0	-8	0	0
teew	-6	0	0	-8	0
bitk	-2	0	0	-10	-6
bupe	-5	-4	-3	0	0
muhu	-6	0	0	0	0

Tabel A.5: Max. korrelatsioonikordajad (23.09). Lähtepunkt veerus, sihtpunkt real

	koo	teen	teew	bitk	bupe	muhu
koo	1	0.13	0.19	0.14		0.16
teen	0.049	1	-0.014	0.13		0.21
teew	0.082	0.25	1	0.18		-0.012
bitk	0.27	0.28	0.18	1		0.15
bupe						
muhu	-0.024	0.21	-0.0095	0.15		1

Tabel A.6: Max. korrelatsioonikordajaile vastavad laagid minutites (23.09). Lähtepunkt veerus, sihtpunkt real

	koo	teen	teew	bitk	bupe	muhu
koo	0	-5	-6	-7		-5
teen	-3	0	0	-2		0
teew	-1	-8	0	-1		0
bitk	-1	-6	-2	0		-6
bupe						
muhu	-8	-10	-6	-10		0

Tabel A.7: Max. korrelatsioonikordajad (30.09). Lähtepunkt veerus, sihtpunkt real

	koo	teen	teew	bitk	bupe	muhu
koo	1			-0.013		
teen						
teew						
bitk	-0.013			1		
bupe						
muhu						

Tabel A.8: Max. korrelatsioonikordajaile vastavad laagid minutites (30.09). Lähtepunkt veerus, sihtpunkt real

	koo	teen	teew	bitk	bupe	muhu
koo	0			0		
teen						
teew						
bitk	0			0		
bupe						
muhu						

Tabel A.9: Max. korrelatsioonikordajad (26.08-19.10). Lähtepunkt veerus, sihtpunkt real

	koo	teew	bitk	bupe	muhu
koo	1	0.093	0.071	-0.011	0.12
teew	0.041	1	0.067	0.35	-0.0043
bitk	0.13	0.067	1	0.098	0.27
bupe	0.063	0.35	0.098	1	-0.004
muhu	-0.012	-0.0043	0.086	-0.004	1

Tabel A.10: Max. korrelatsioonikordajaile vastavad laagid minutites (26.08-19.10). Lähtepunkt veerus, sihtpunkt real

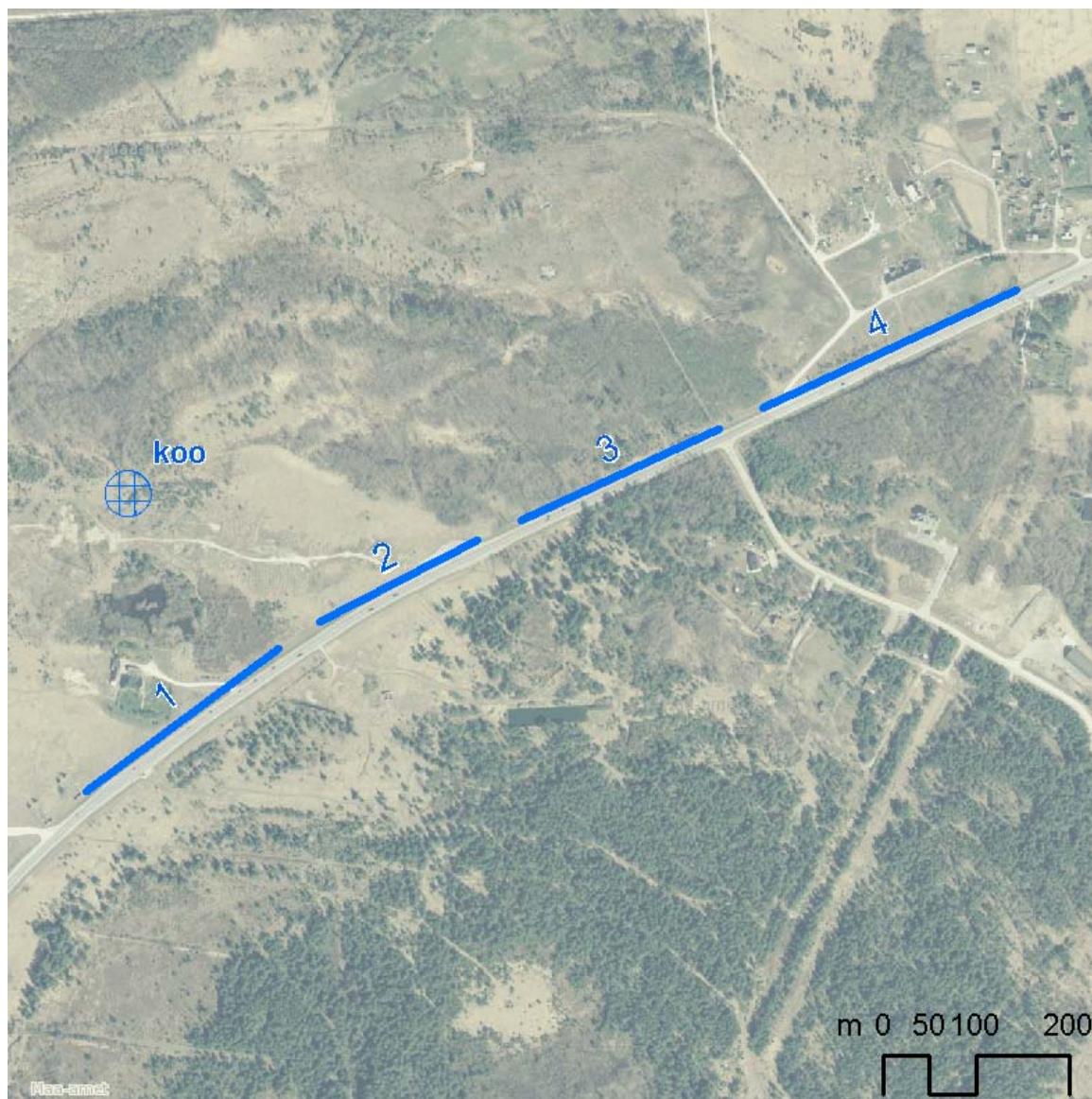
	koo	teew	bitk	bupe	muhu
koo	0	-6	-7	0	-5
teew	-1	0	0	-8	0
bitk	-1	0	0	-10	-6
bupe	-5	-4	-3	0	0
muhu	0	0	0	0	0

Tabel A.11: Minuti loendustulemuste põhjal loodud dünaamilised üldistatud lineaarsed mudelid (Poisson'i seosefunktsiooniga). $X_A(t)$ tähistab siin loenduspunktis A ajahetkel (loendusminutil) t loendatud isendite arvu. Mudelid kirjeldavad vaid lendlaseliikide loendustulemusi. On näha, et koo-
past väljuvate/sisenevate isendite arv kujundab loendustulemusi 1 minut hiljem punktis bitk ja 5
minutit hiljem punktis bupe

Üldkuju	G^2	r^2	AIC
$X_{teew}(t) = e^{-5.78} \cdot e^{1.99X_{bitk}(t-1)} \cdot e^{5.09X_{bupe}(t-8)}$	47.8	0.268	64.4
$X_{bitk}(t) = e^{-4.49} \cdot e^{1.82X_{koo}(t-1)} \cdot e^{1.75X_{teew}(t-1)} \cdot e^{3.11X_{bupe}(t-10)} \cdot e^{2.88X_{muhu}(t)} \cdot e^{2.88X_{muhu}(t-5)}$	136.8	0.144	184
$X_{bupe}(t) = e^{-6.42} \cdot e^{1.82X_{koo}(t-5)} \cdot e^{3.04X_{teew}(t-4)} \cdot e^{2.12X_{bitk}(t-3)}$	31.3	0.304	47.3
$X_{muhu}(t) = e^{-5.54} \cdot e^{1.8X_{bitk}(t)}$	51.7	0.044	65.7

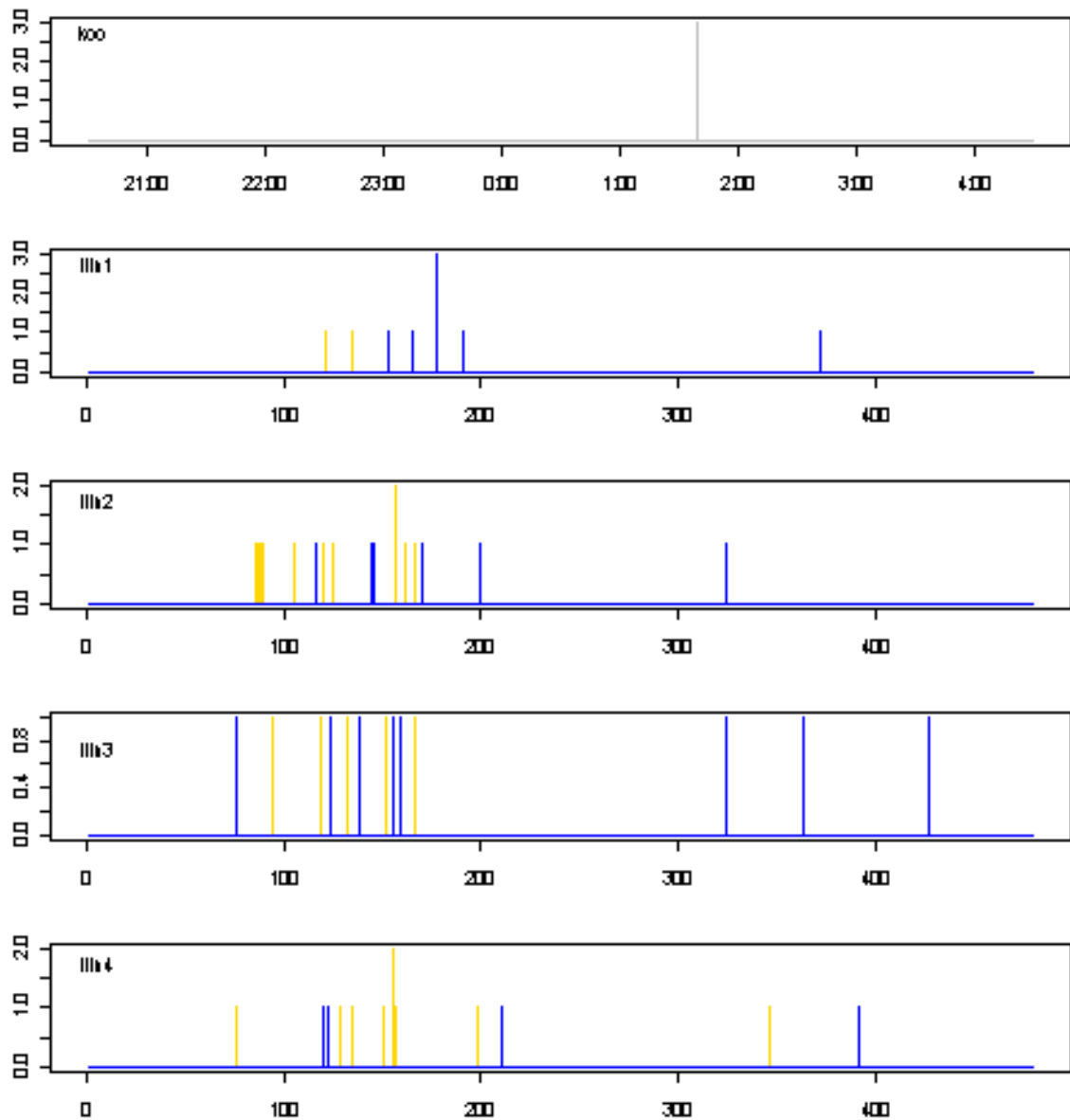


B.1 Joonloendus trassil

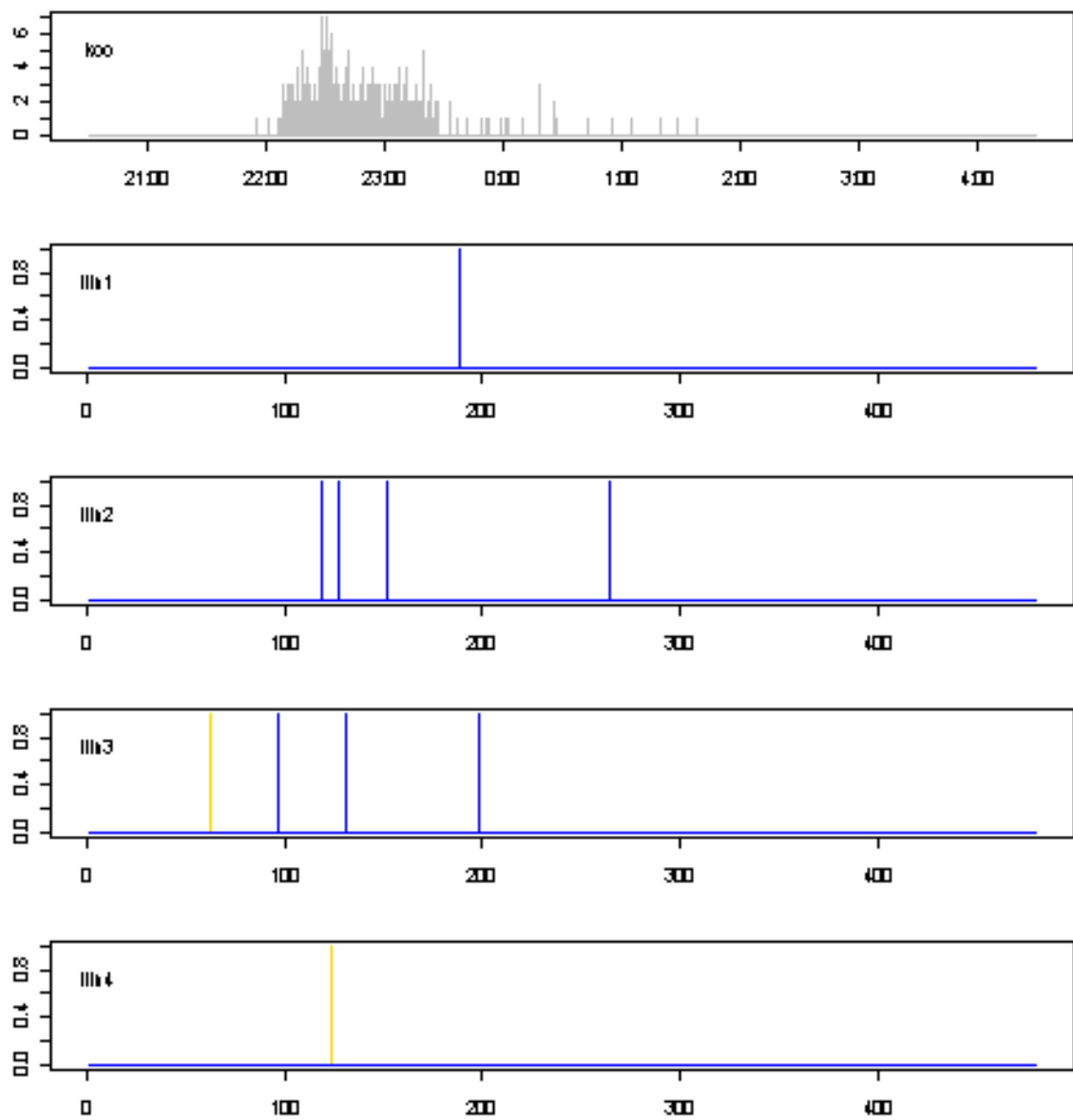


Joonis B.1: Loendusliinide paiknemine

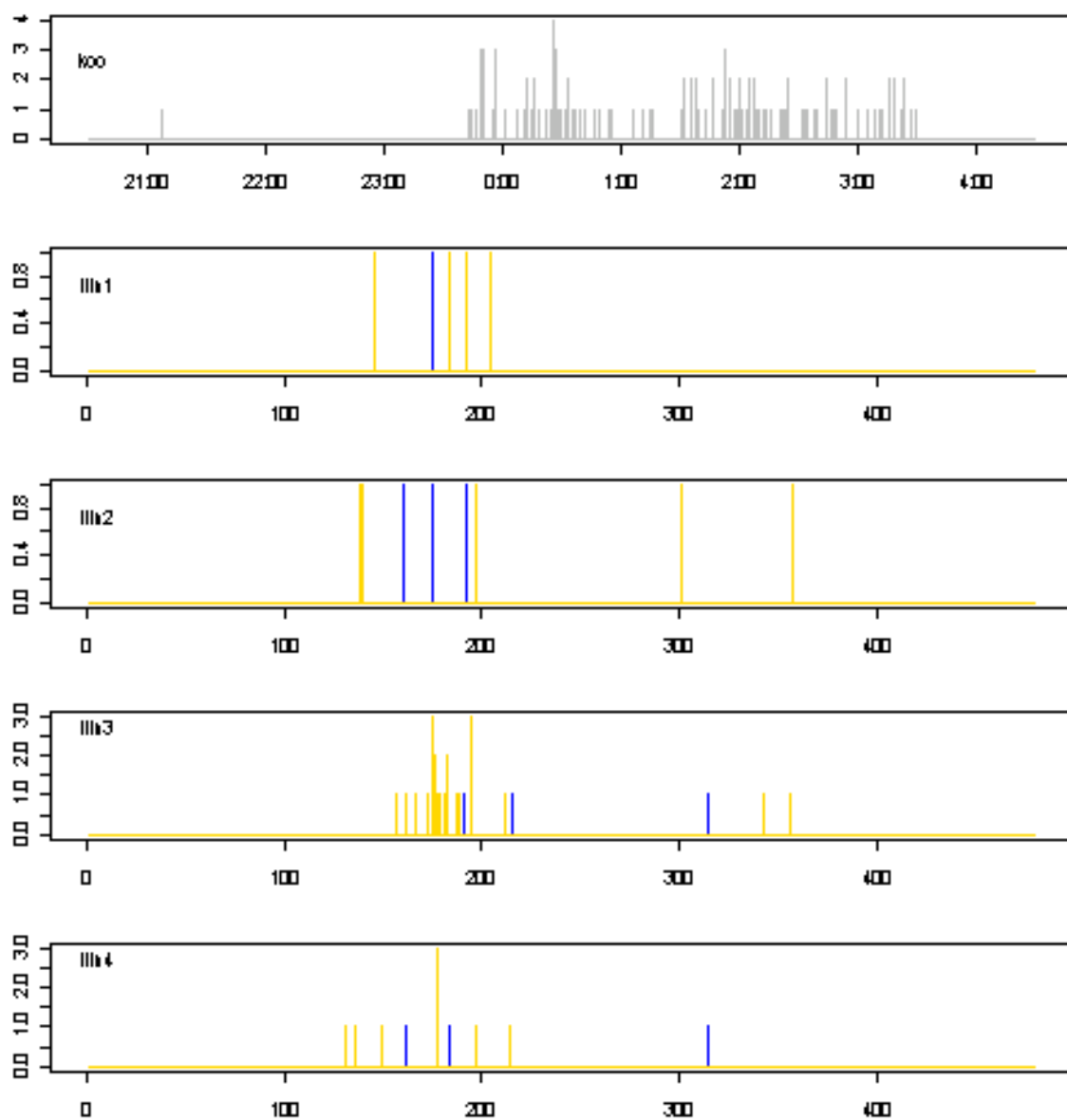
B.1.1 Teerassil registreeritud isendid kellaajati



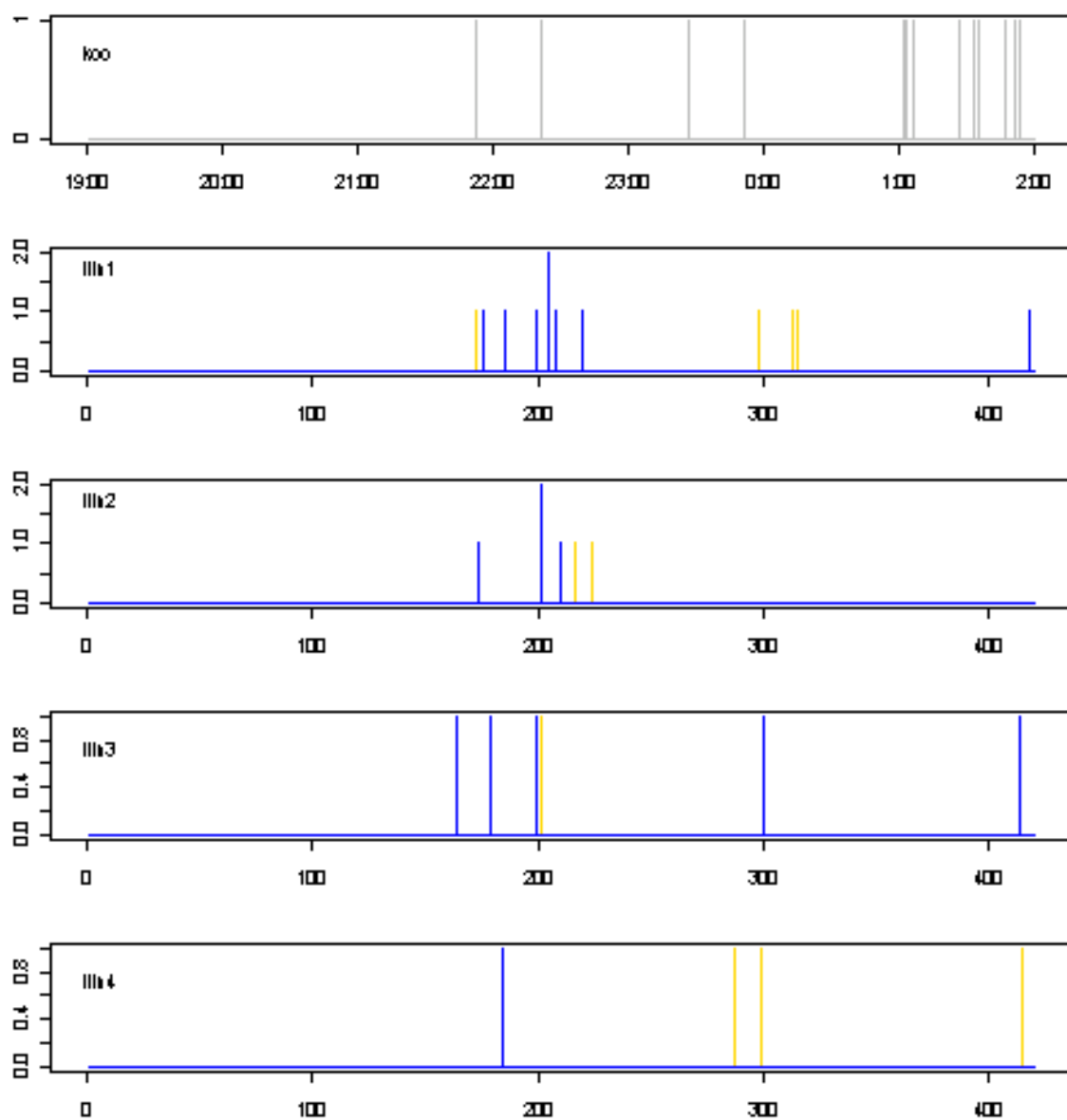
Joonis B.2: 26.04 joonloenduse tulemused. Diagrammid kujutavad nh. esinemiste arvu antud loendusminutil. Esimesel diagrammil on toodud nh. koopa ees. Diagrammide 2-5 abtsissil on loendusminut täisarvuna loenduse algusest, täpne kellaaeg (suveaeg) vt. koopa diagrammilt (ülemine). Diagrammid 2-5 tähistavad vastavalt loenduslõikude I-IV tulemusi. Värvid: sinine tähistab lendlaseliike, ja kollane teisi liike, st. valdavalt põhja-nahkhiir



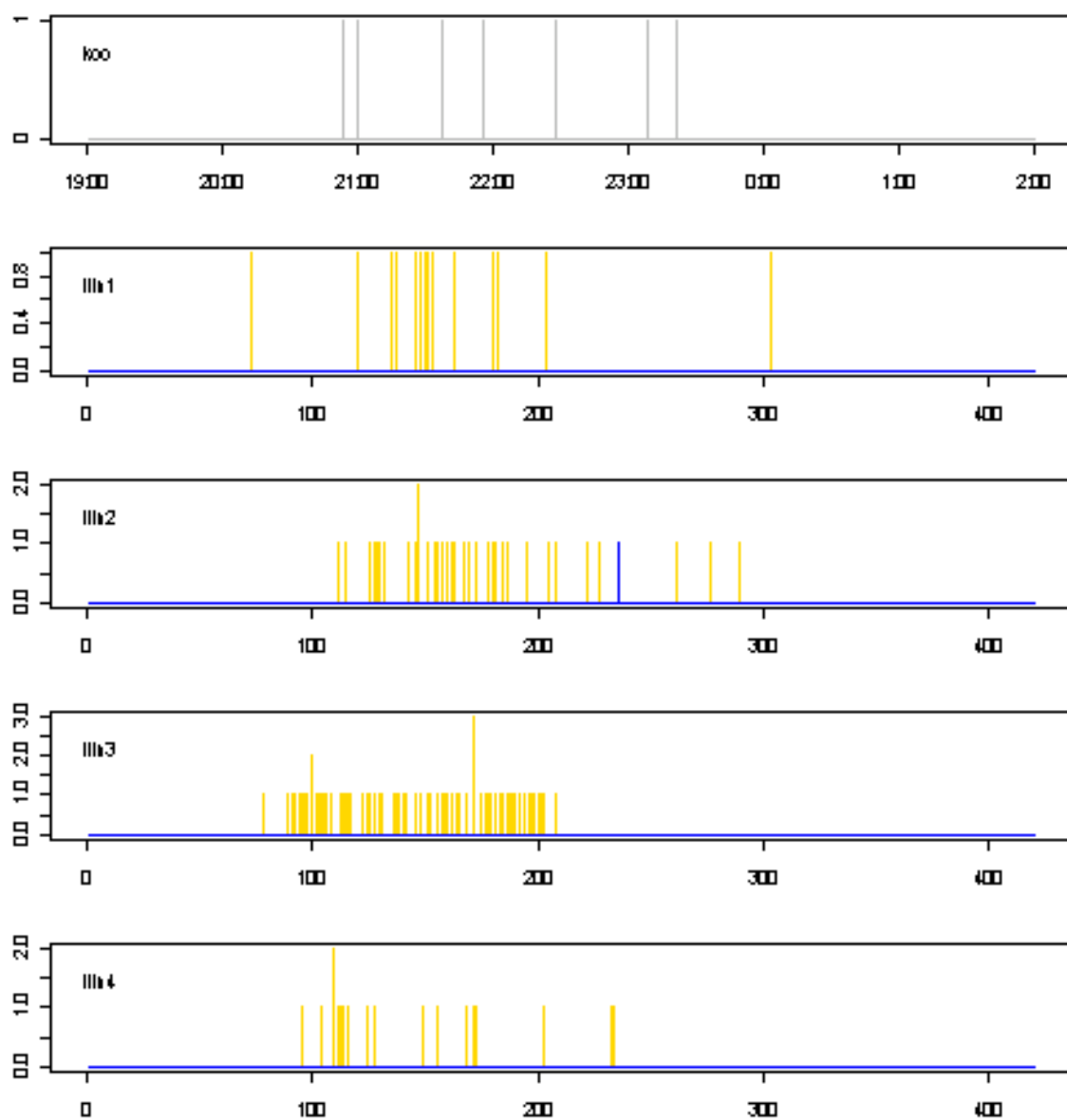
Joonis B.3: 27.04 joonloenduse tulemused



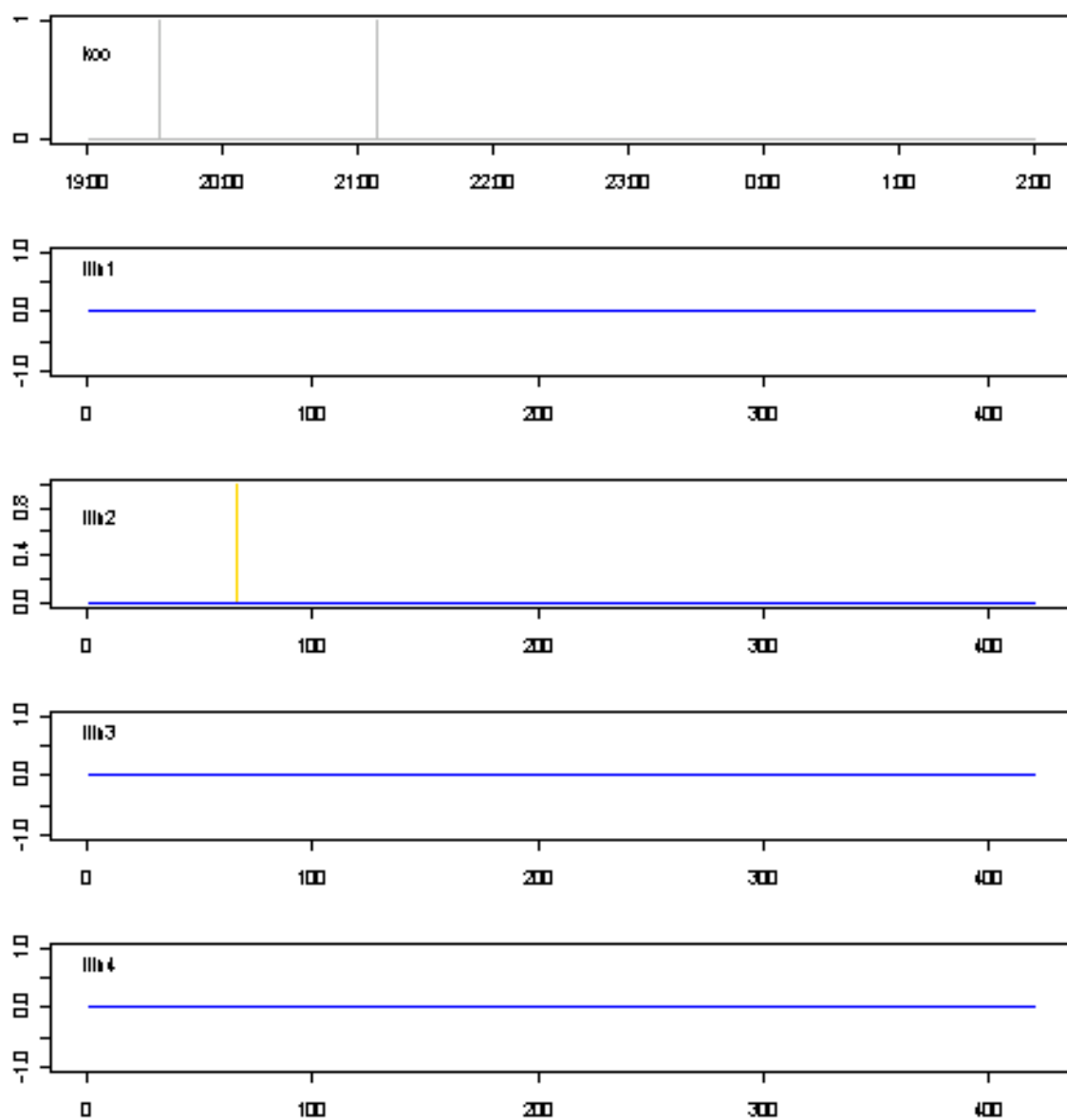
Joonis B.4: 05.11 joonloenduse tulemused



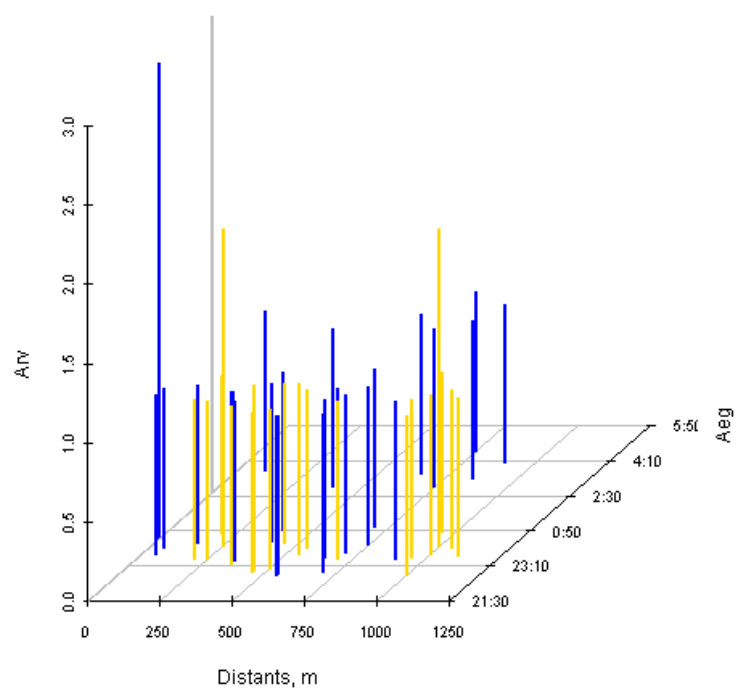
Joonis B.5: 25.08 joonloenduse tulemused



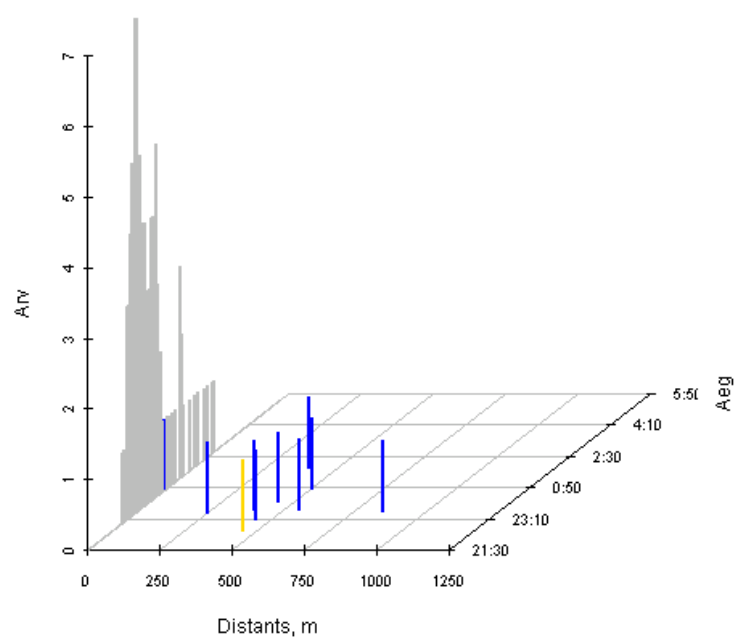
Joonis B.6: 22.09 joonloenduse tulemused



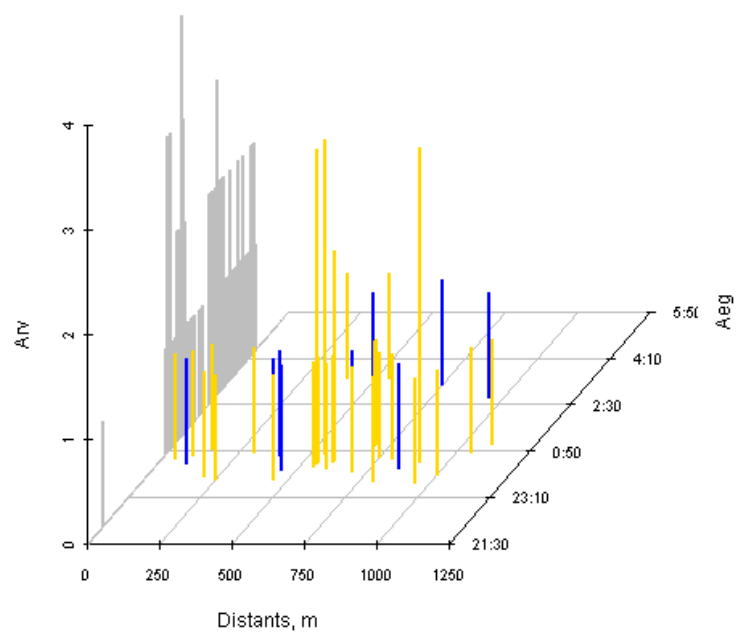
Joonis B.7: 07.10 joonloenduse tulemused



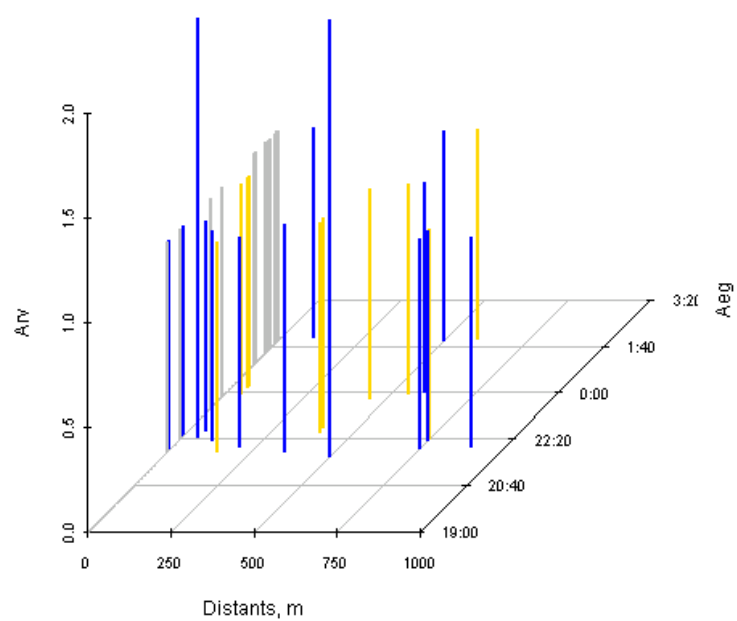
Joonis B.8: 26.04 joonloenduse tulemused



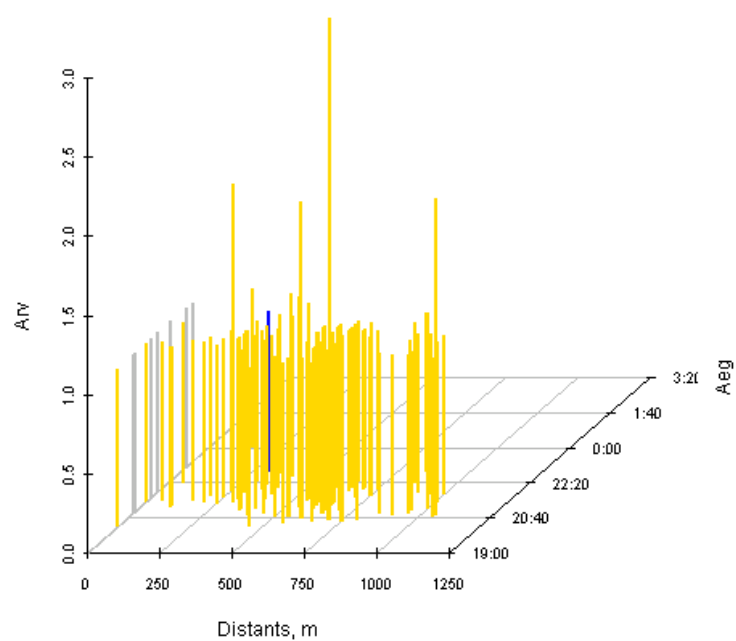
Joonis B.9: 27.04 joonloenduse tulemused



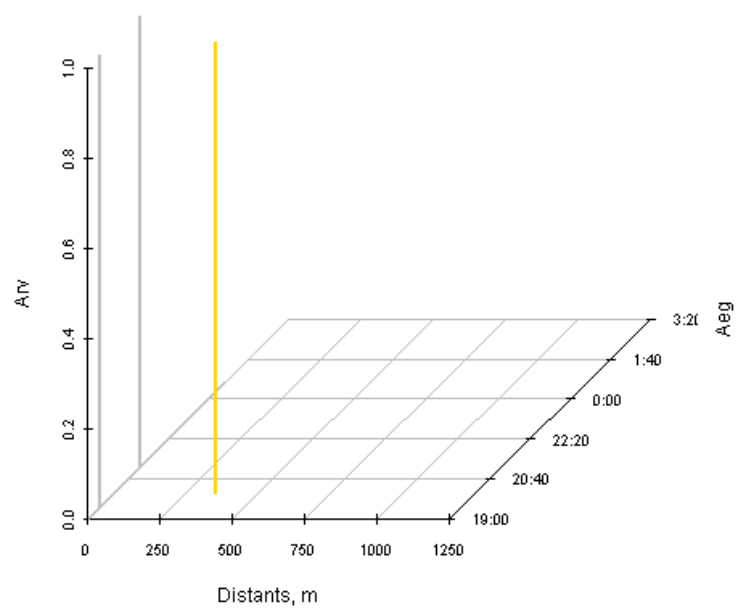
Joonis B.10: 11.05 joonloenduse tulemused



Joonis B.11: 25.08 joonloenduse tulemused



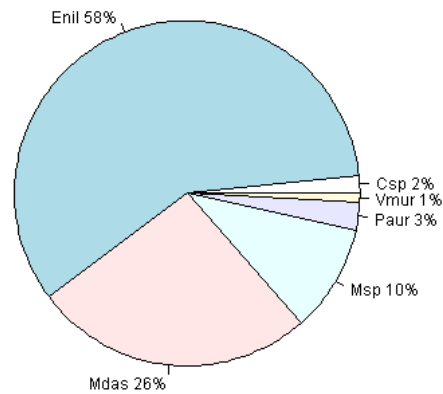
Joonis B.12: 22.09 joonloenduse tulemused



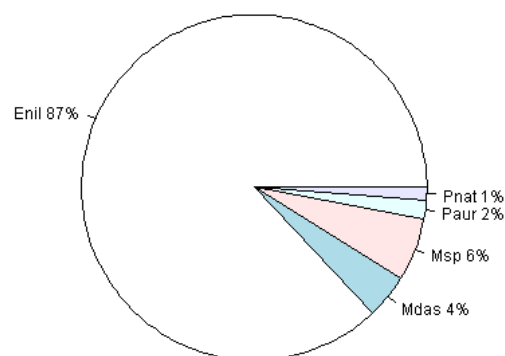
Joonis B.13: 07.10 joonloenduse tulemused

B.1.2 Liikide suhtelised arvukused loenduse käigus

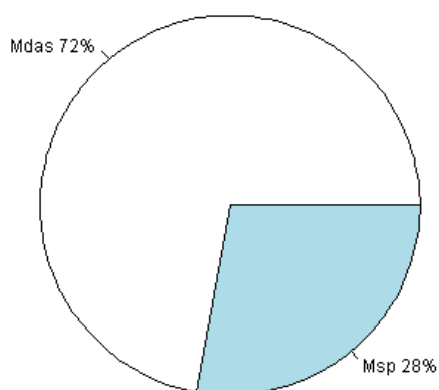
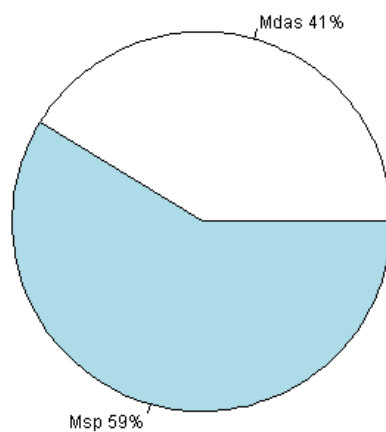
Liikide suhteline arvukus kevadperioodil, N= 118



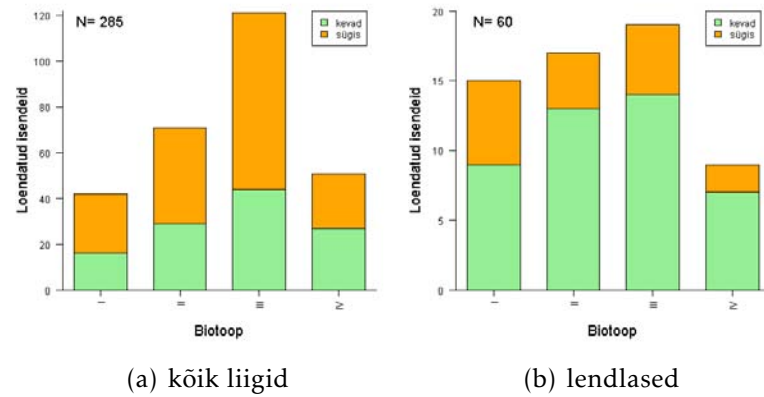
Liikide suhteline arvukus sügisperioodil, N= 170



Joonis B.14: Liikide suhteline arvukus. Liigilühendid: Csp - Määramata käsitiivane, Msp - määramata lendlane, Mdau - veelendlane, Mdas - tiigilendlane, Mbm - tõmmu- või habelendlane, Paur - pruun-suurkõrv, Enil - Põhja-nahkhiir, Vmur - hõbe-nahkhiir

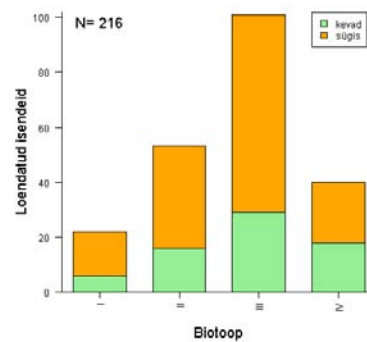
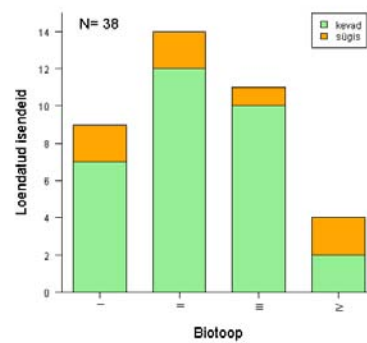
Lendlaseliikide suhteline arvukus kevadperioodil, N= 43**Lendlaseliikide suhteline arvukus sügisperioodil, N= 17**

Joonis B.15: Liikide suhteline arvukus. Liigilühendid: Msp - määramata lendlane, Mdau - veelendlane, Mdas - tiigilendlane, Mbm - tõmmu- või habelendlane



(a) kõik liigid

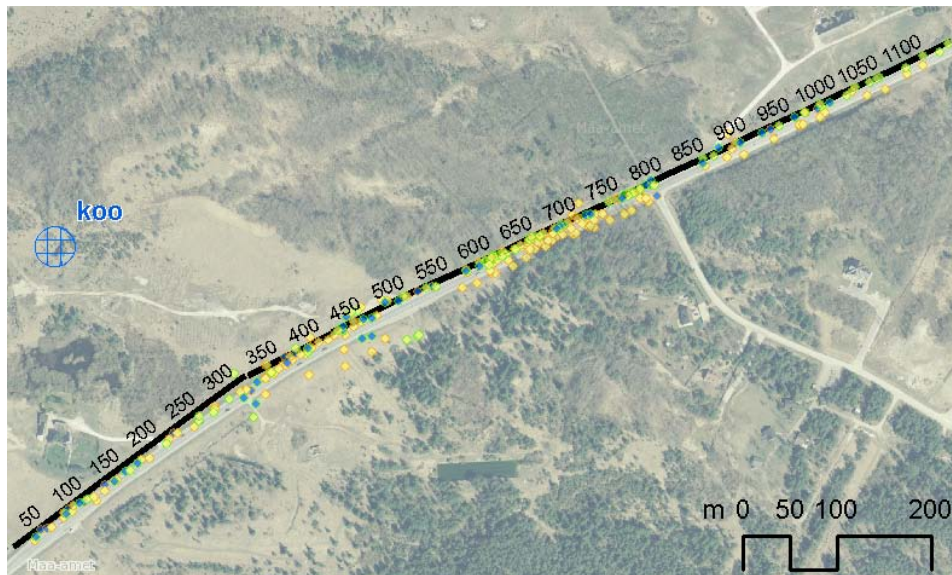
(b) lendlased

Joonis B.16: Kõigi nahkhiirlaste esinemine loendusliinide (biotoopide) lõikes**Joonis B.17:** Põhja-nahkhiire esinemine loendusliinide (biotoopide) lõikes

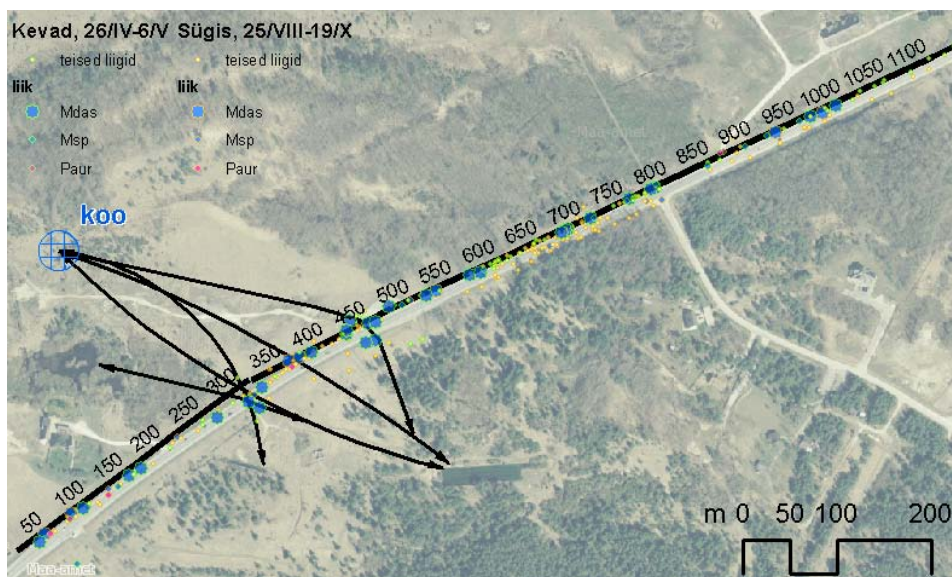
(a) tiigilendlane

Joonis B.18: Tiigilendlase esinemine loendusliinide (biotoopide) lõikes

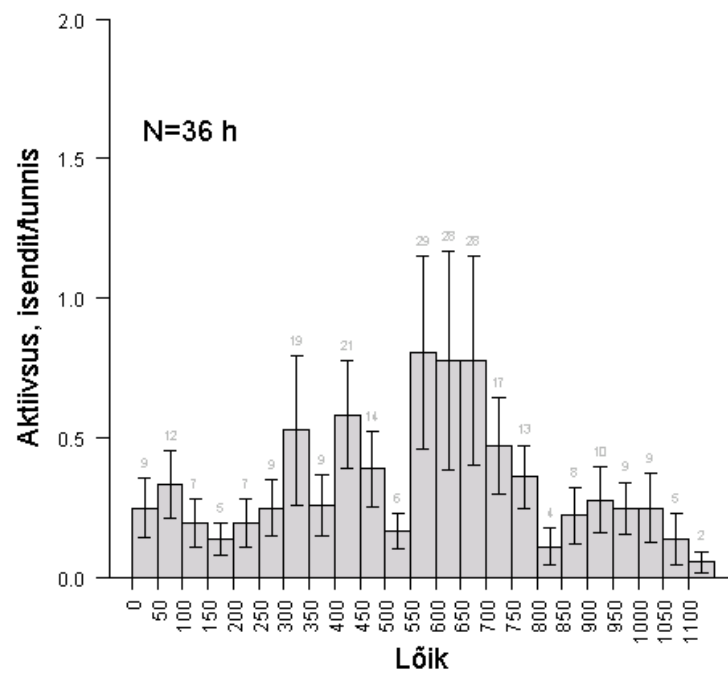
B.1.3 Joonloenduse tulemused 50 m lõikudes



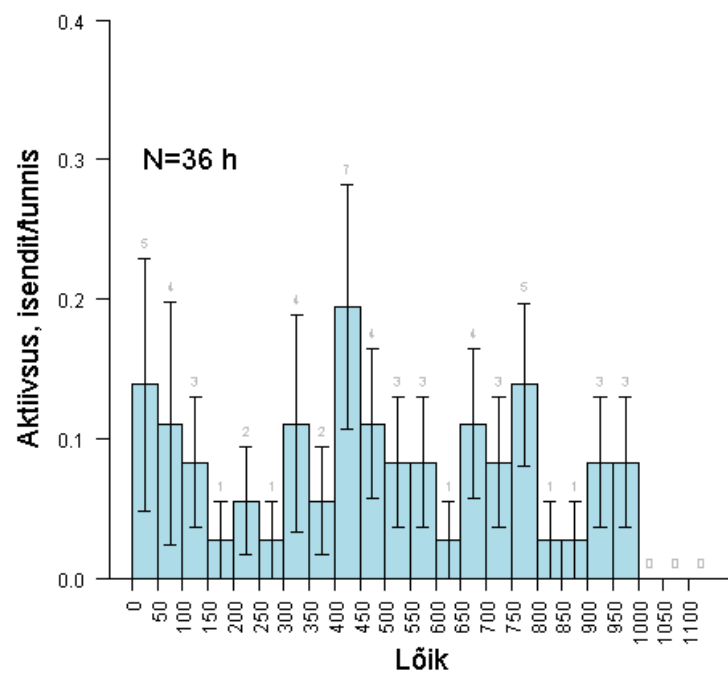
Joonis B.19: Kõik joonloendusel kogutud kontaktid. Rohelise ringiga on kevadised, ning oranži ringiga sügised. Sinine sisu tähistab lendaseliike ja suurförva, kollane sisu teisi liike, sh. põhjanahkhiir



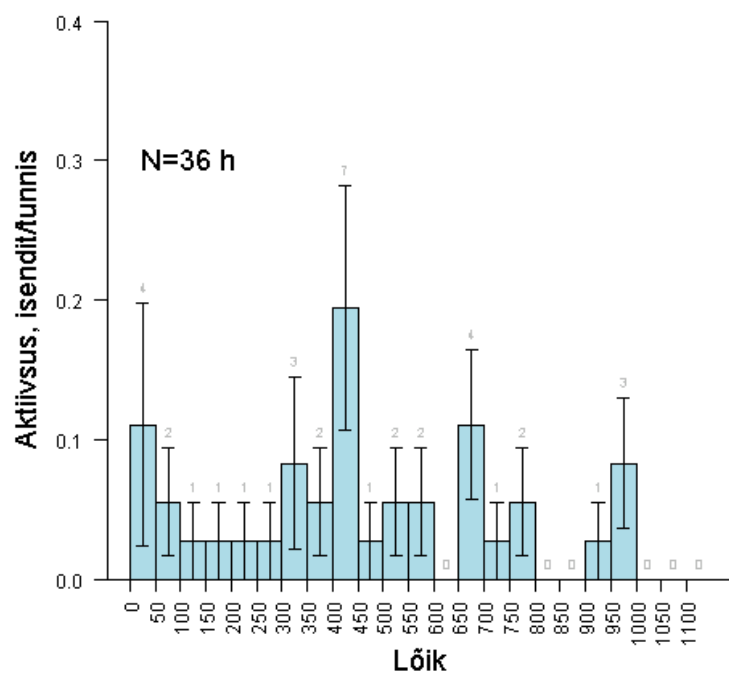
Joonis B.20: Võimalikud teeületuskohad. Loendused kevad+sügis, liigilühendid: Msp - määramata lendlane; Mbm - tõmmu- või habelendlane; Mda - veelendlane; Mda - tiigilendlane; Paur - pruun-suurförv



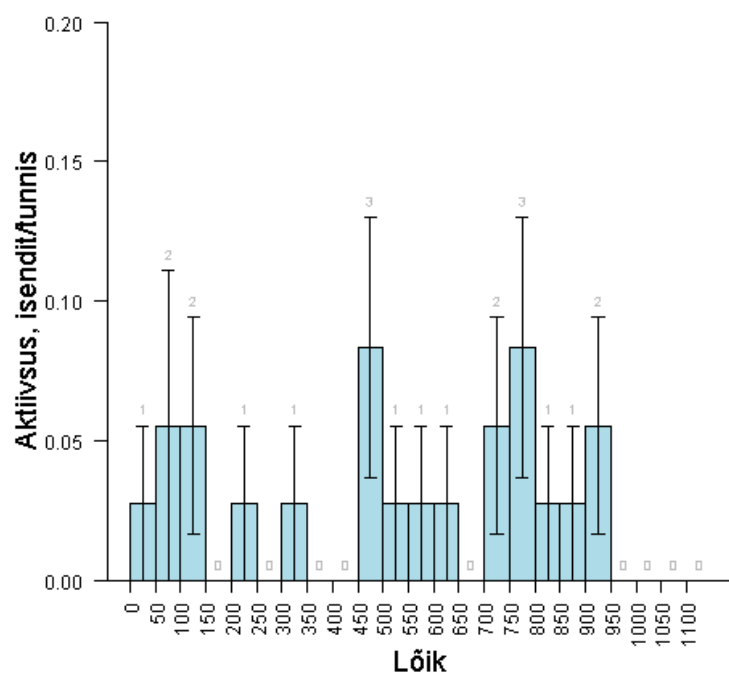
Joonis B.21: Lennuaktiivsused $\frac{is.}{h}$ (keskmine $\pm$ standardviga, tulpade peal vaadeldud isendeid kokku, vaatlustunde kokku N=36 h), kõigile liikidele.



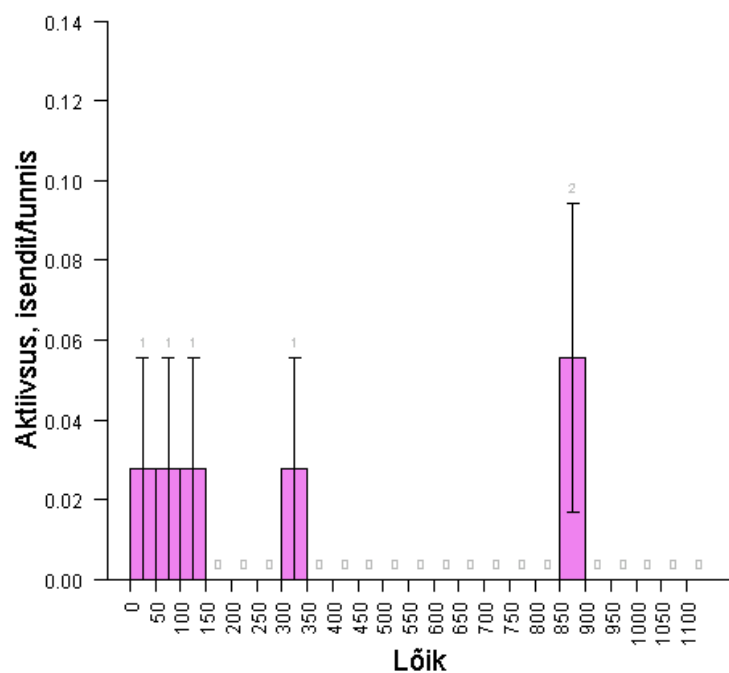
Joonis B.22: Lennuaktiivsused $\frac{is.}{h}$, lendlaseliikidele.



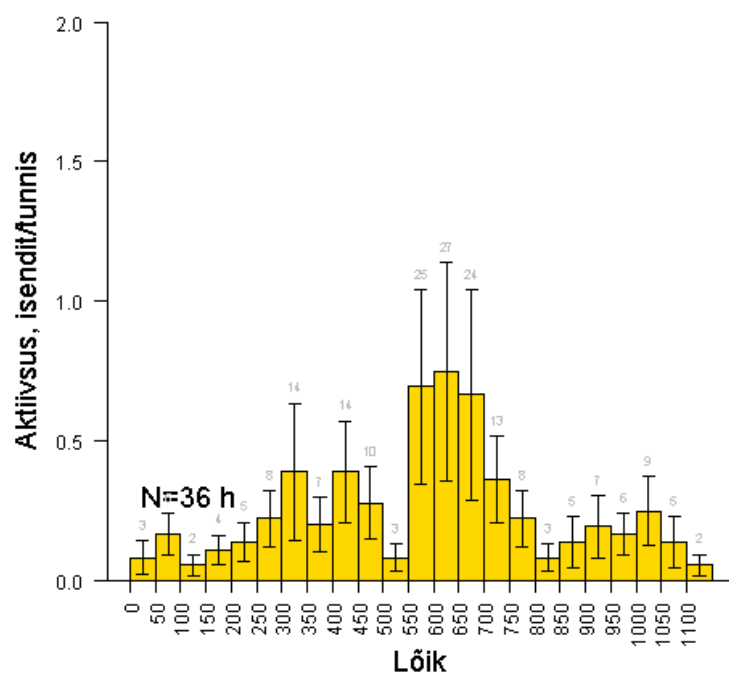
Joonis B.23: Lennuaktiivsused $\frac{is.}{h}$, tiiglendlane.



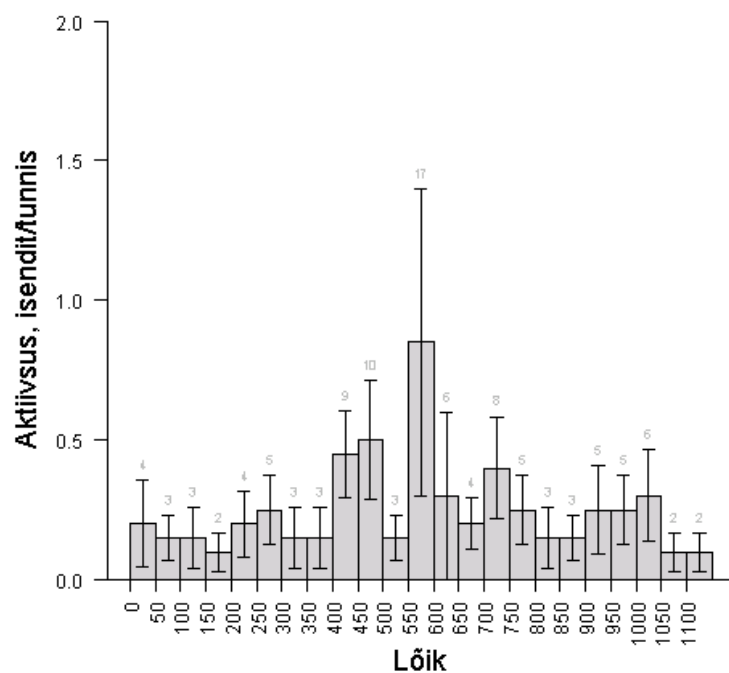
Joonis B.24: Lennuaktiivsused $\frac{is.}{h}$, määramata lendlane.



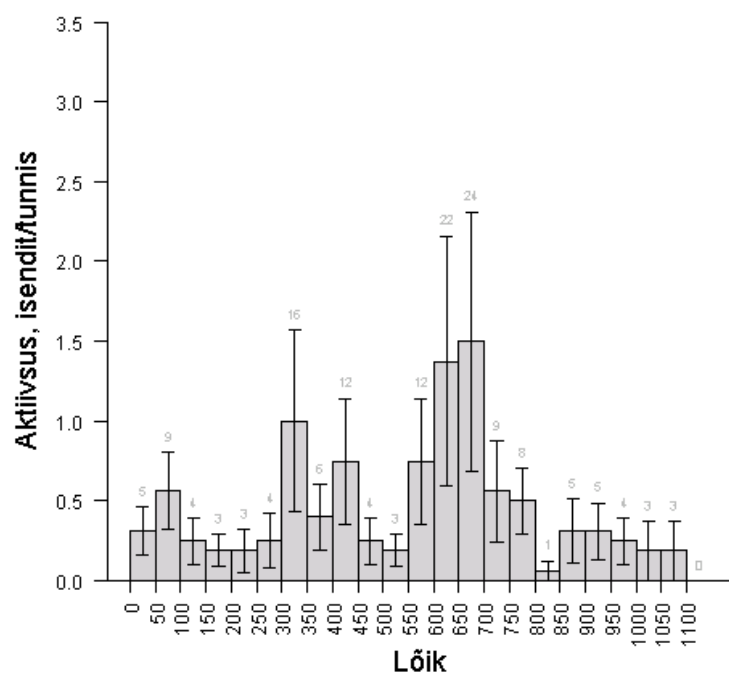
Joonis B.25: Lennuaktiivsused $\frac{is.}{h}$, pruun-suurkõrv.



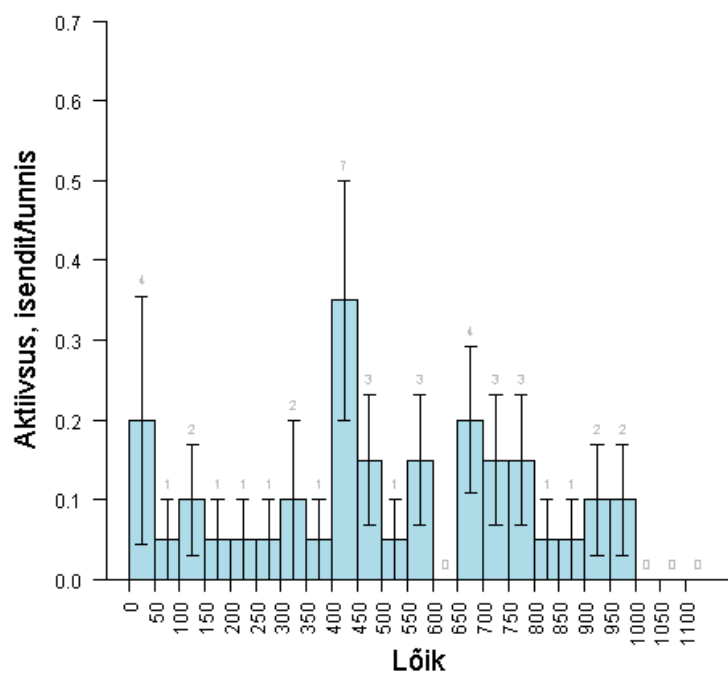
Joonis B.26: Lennuaktiivsused $\frac{is.}{h}$, põhja-nahkhiir.



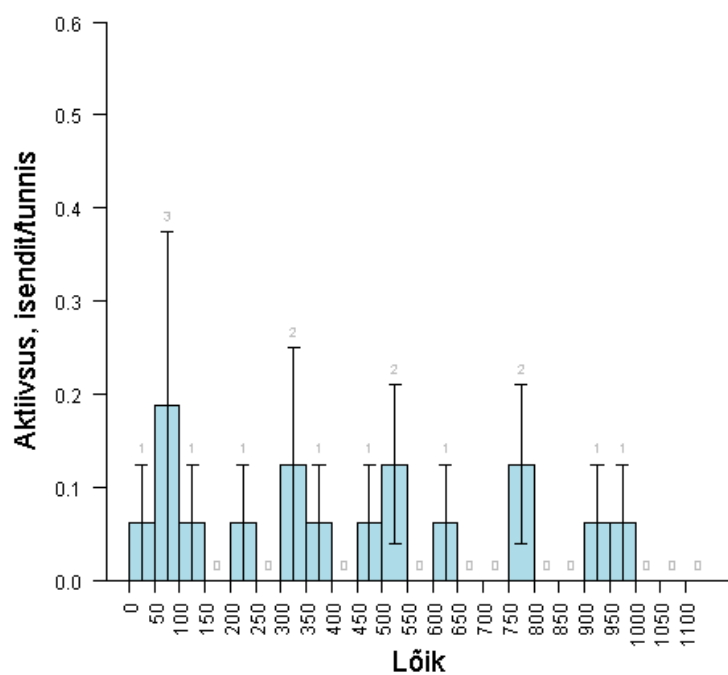
Joonis B.27: Lennuaktiivsused kevadperioodil $\frac{is.}{h}$, kõigile liikidele.



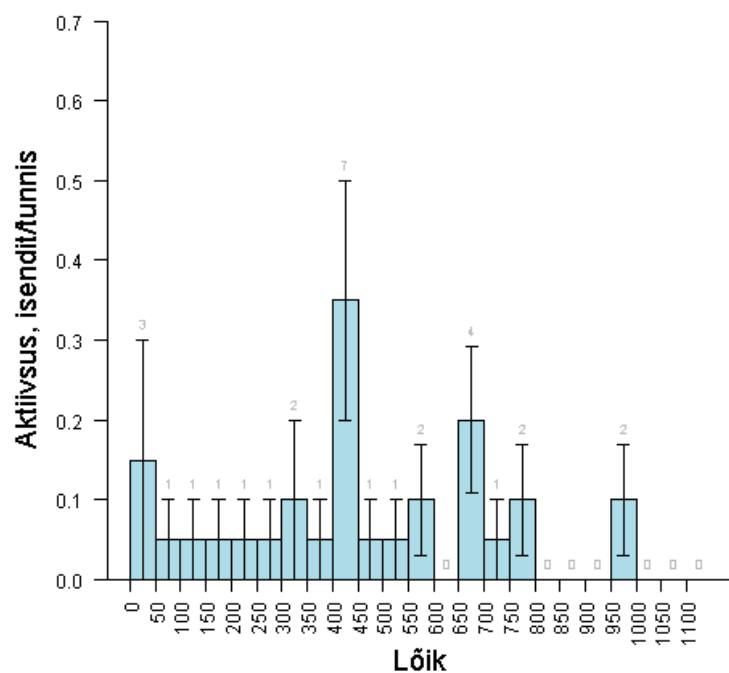
Joonis B.28: Lennuaktiivsused sügisperioodil $\frac{is.}{h}$, kõigile liikidele.



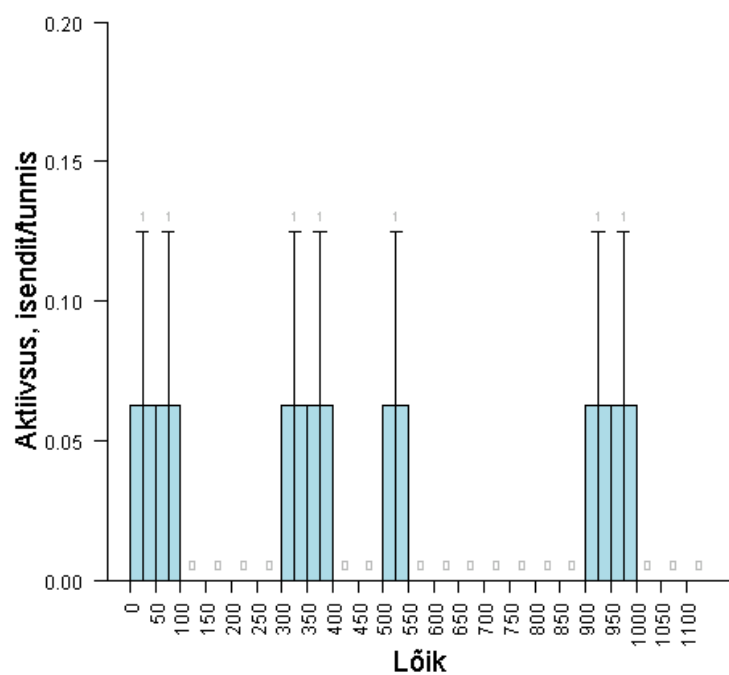
Joonis B.29: Lennuaktiivsused kevadperioodil $\frac{is.}{h}$, lendlaseliikidele.



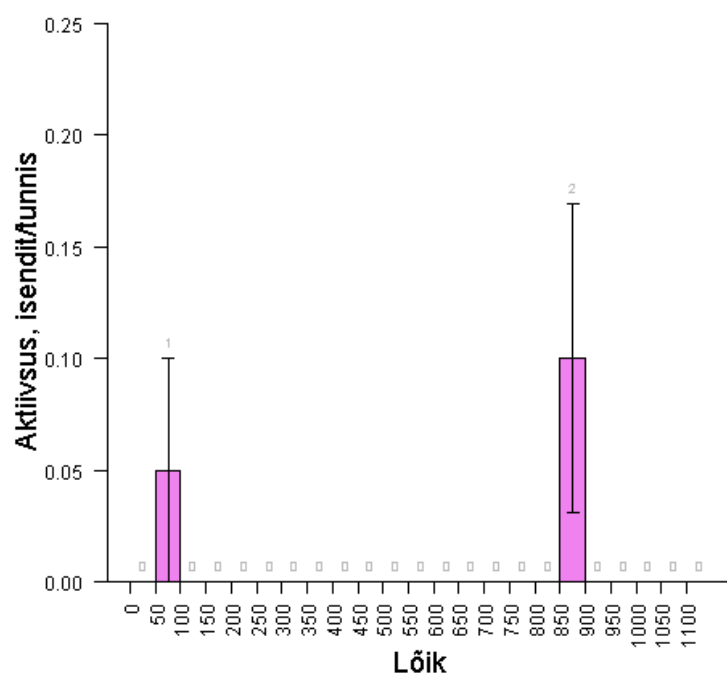
Joonis B.30: Lennuaktiivsused sügisperioodil $\frac{is.}{h}$, lendlaseliikidele.



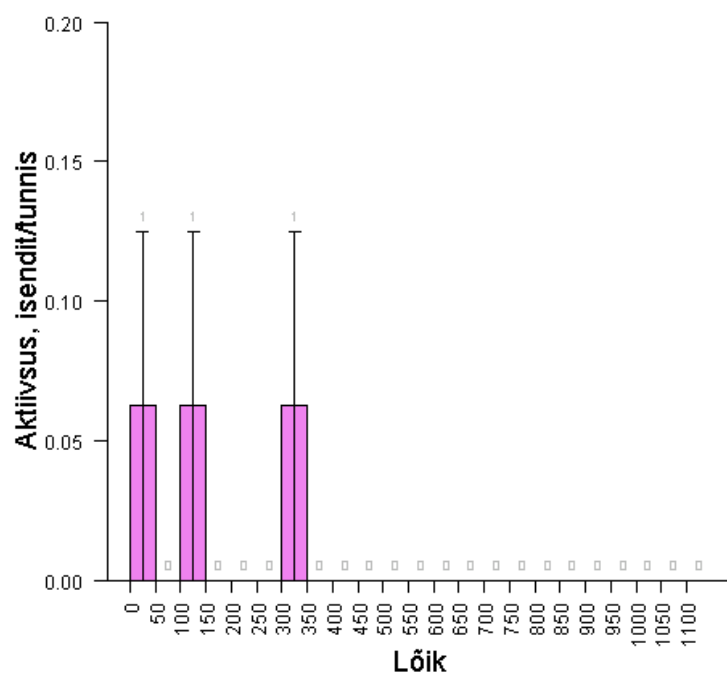
Joonis B.31: Lennuaktiivsused kevadperioodil $\frac{is.}{h}$, tiiglendlane.



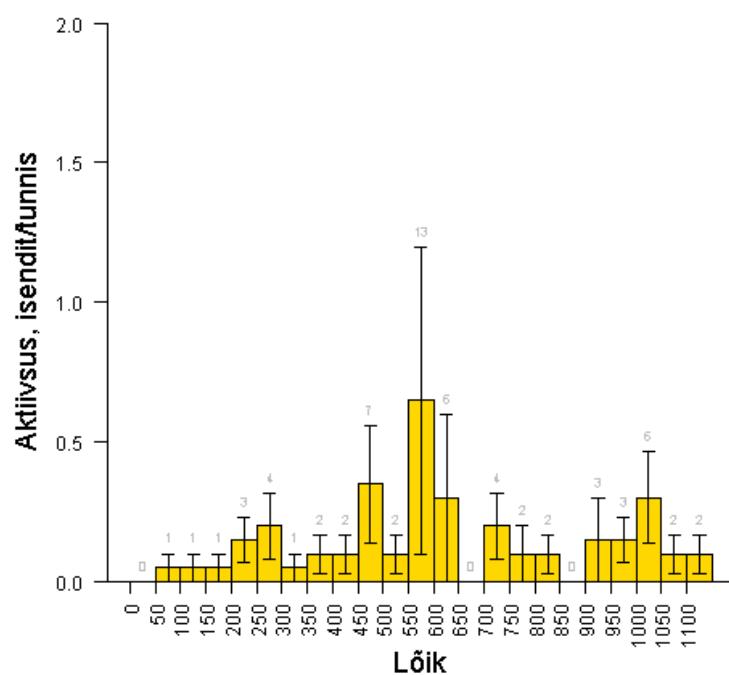
Joonis B.32: Lennuaktiivsused sügisperioodil $\frac{is.}{h}$, tiiglendlane.



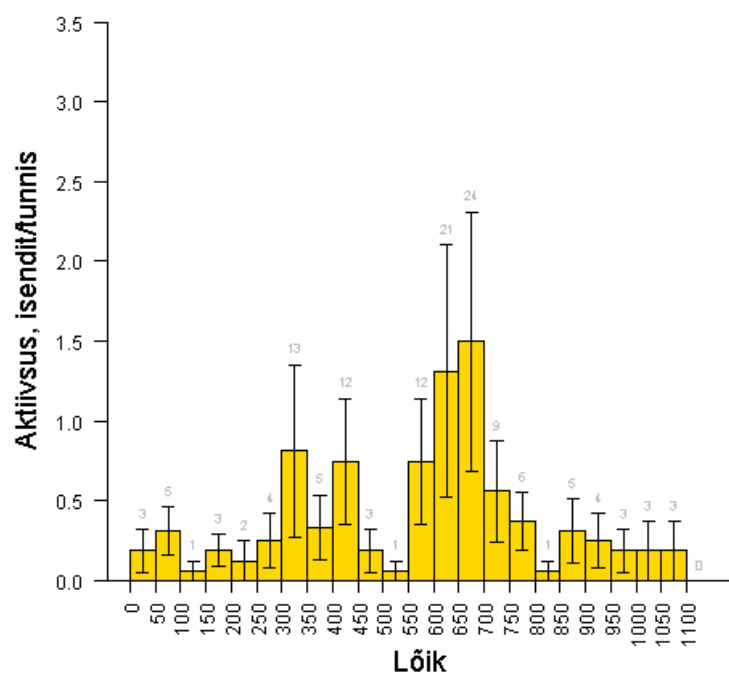
Joonis B.33: Lennuaktiivsused kevadperioodil $\frac{is.}{h}$, pruun-suurkõrv.



Joonis B.34: Lennuaktiivsused sügisperioodil $\frac{is.}{h}$, pruun-suurkõrv.

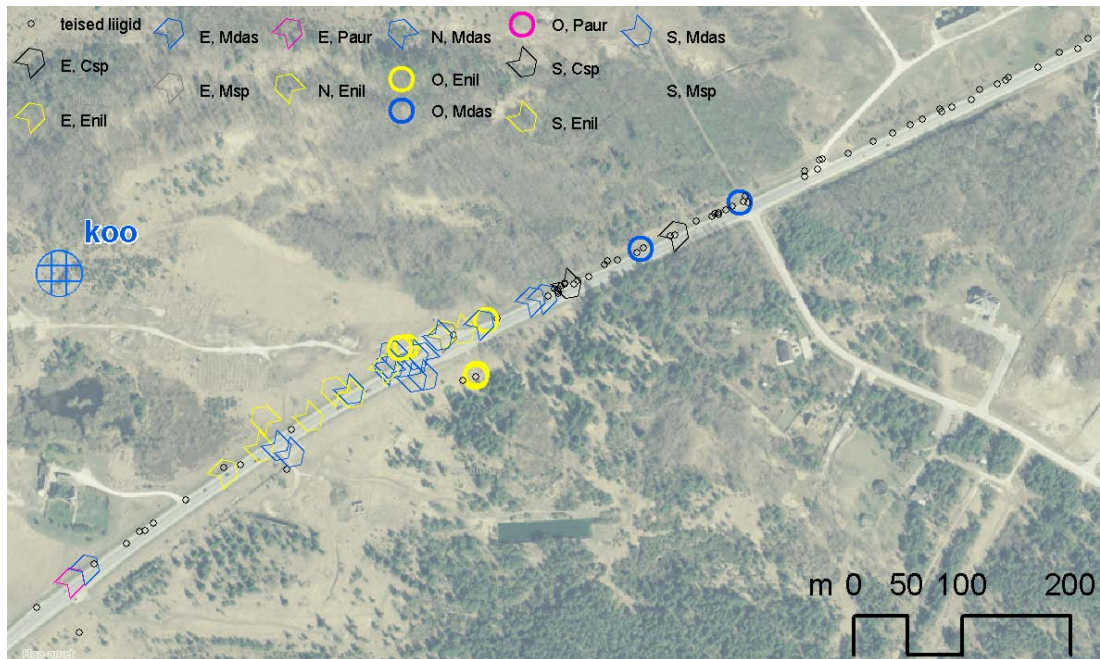


Joonis B.35: Lennuaktiivsused kevadperioodil $\frac{is}{h}$, põhja-nahkhiir.

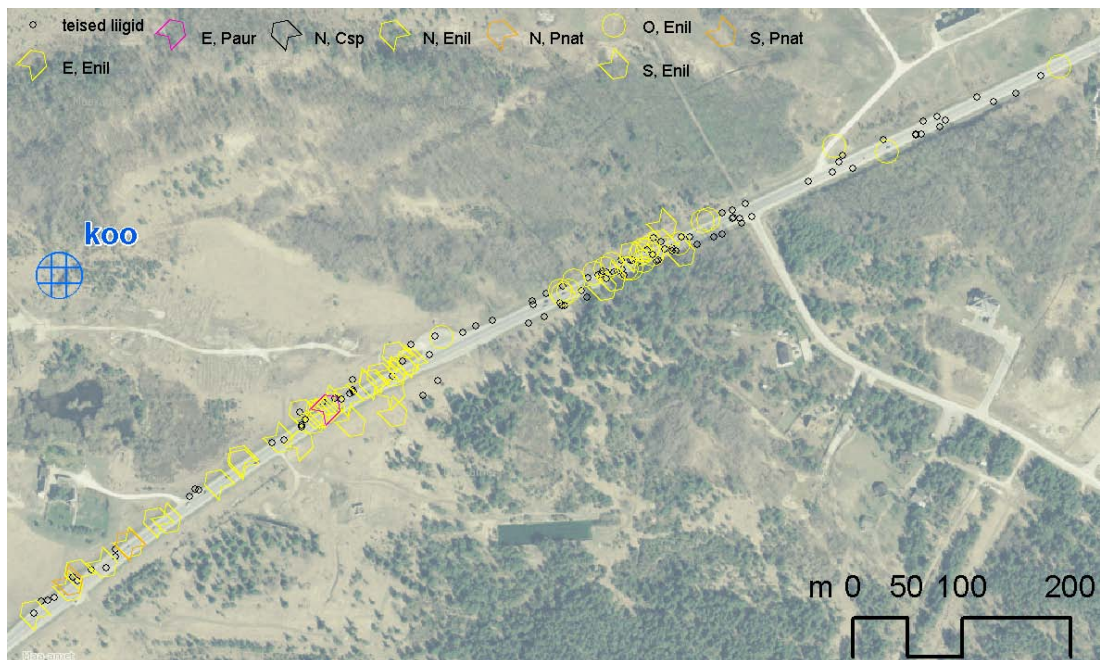


Joonis B.36: Lennuaktiivsused sügisperioodil $\frac{is}{h}$, põhja-nahkhiir.

B.1.4 Lennusuunad ja kõrgused

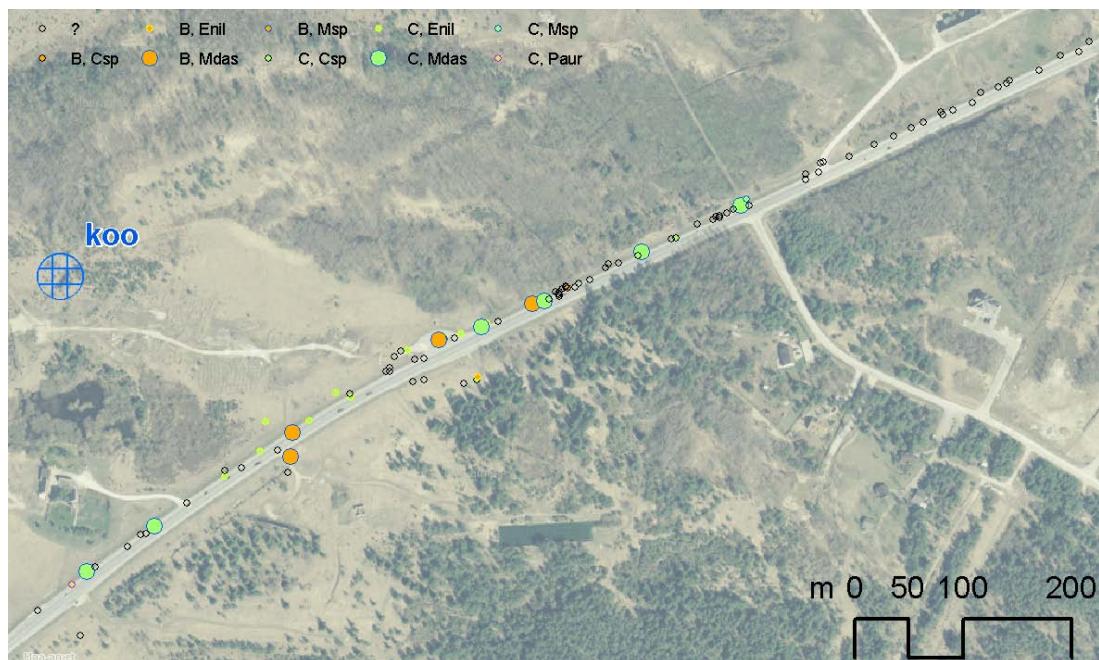


(a) registreeritud lennusuunad kevadperioodil - kooja ja karjääri vahelise lageala servades täheldati lendlaste suunatud liikumist

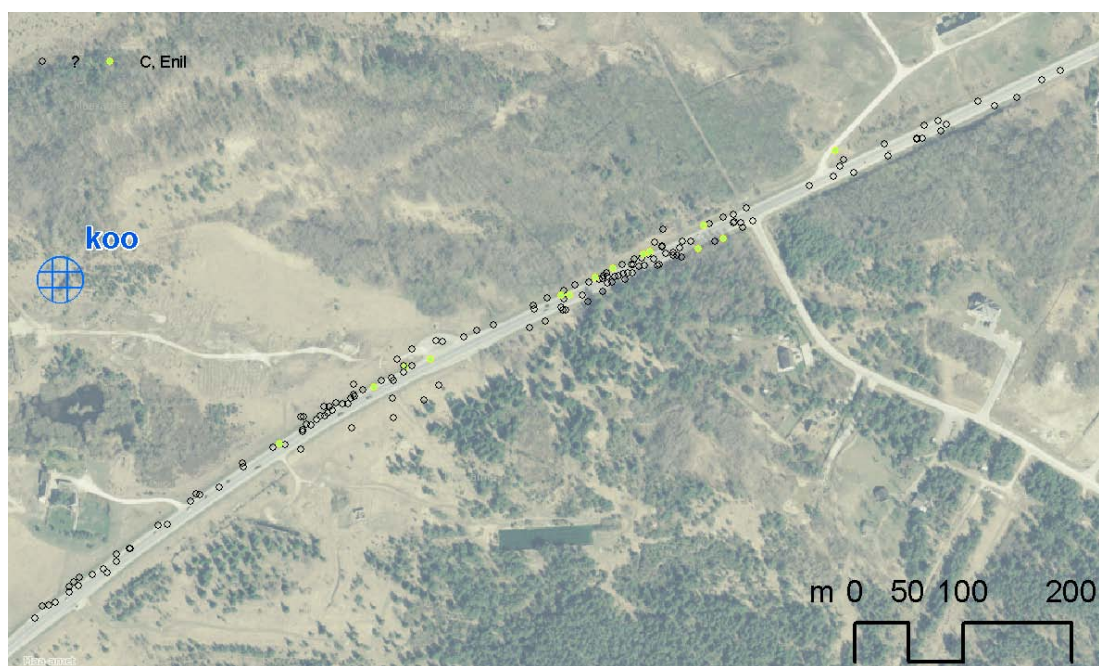


(b) registreeritud lennusuunad sügisperioodil

Joonis B.37: Tuvastatud lennusuunad kevadperioodil (üleval) ja sügisperioodil (all). Sõiduteest kooja poole vastavalt N ja vastaspoole S. O tähistab vaatlust, kus hiirt vaadeldi teekohal tiirutamas. Tähis W ja E vastavalt Keila suunal ja Tallinna suunal piki teed lendamas



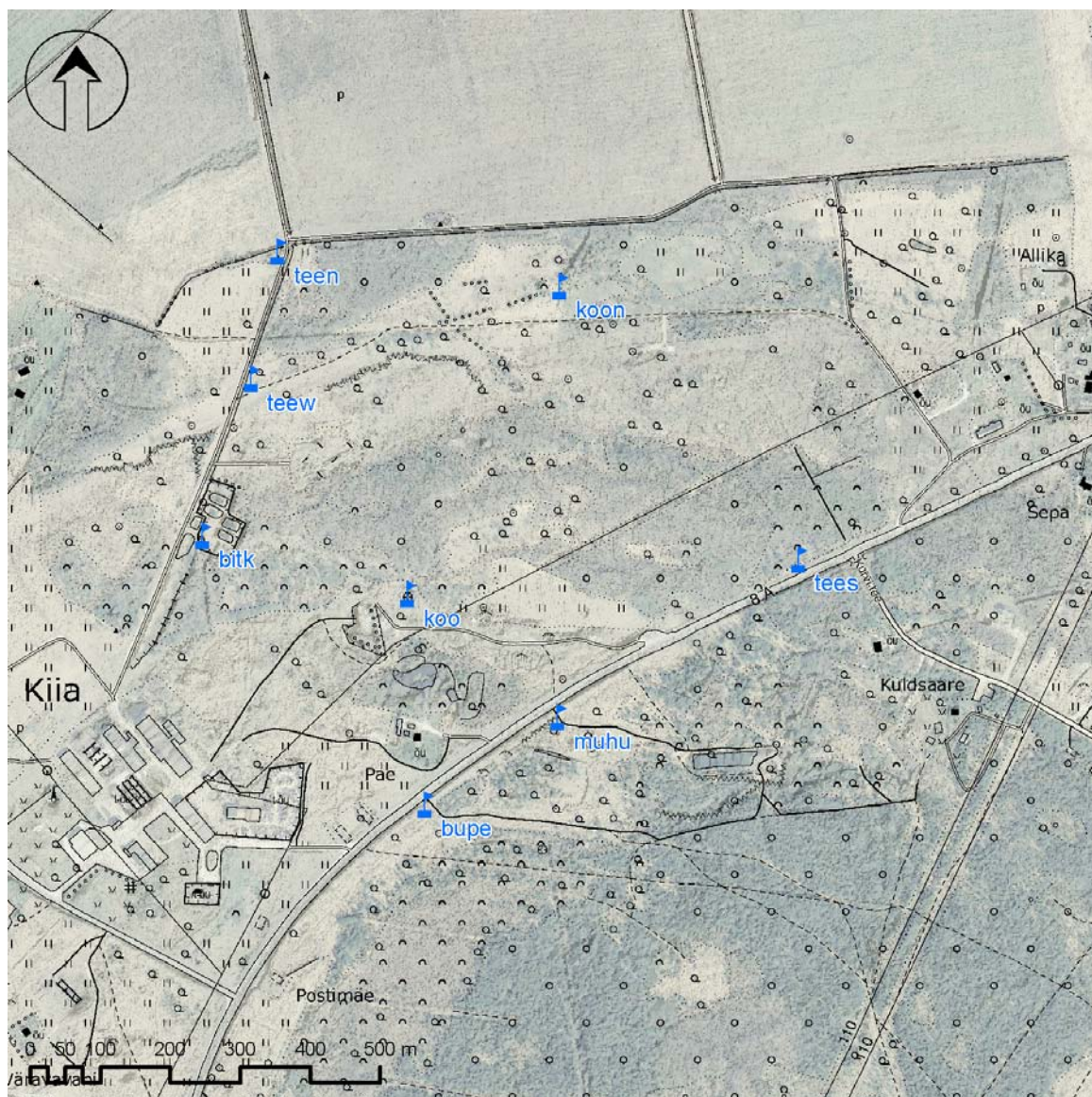
(a) kevadperiood



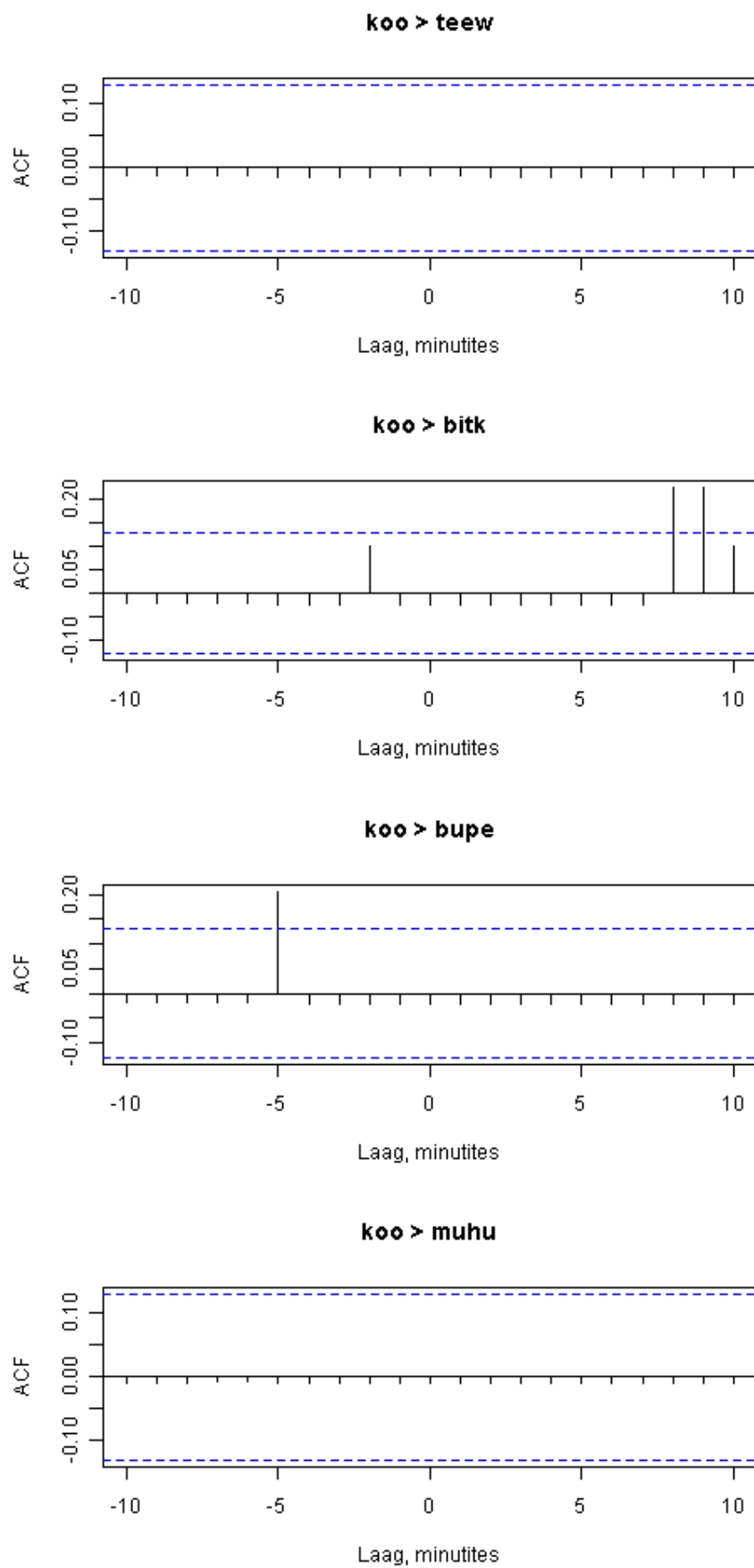
(b) sügisperiood

Joonis B.38: Tuvastatud lennukõrgused kevadperioodil (üleväl) ja sügisperioodil (all). Oranž - klass B, roheline - klass C

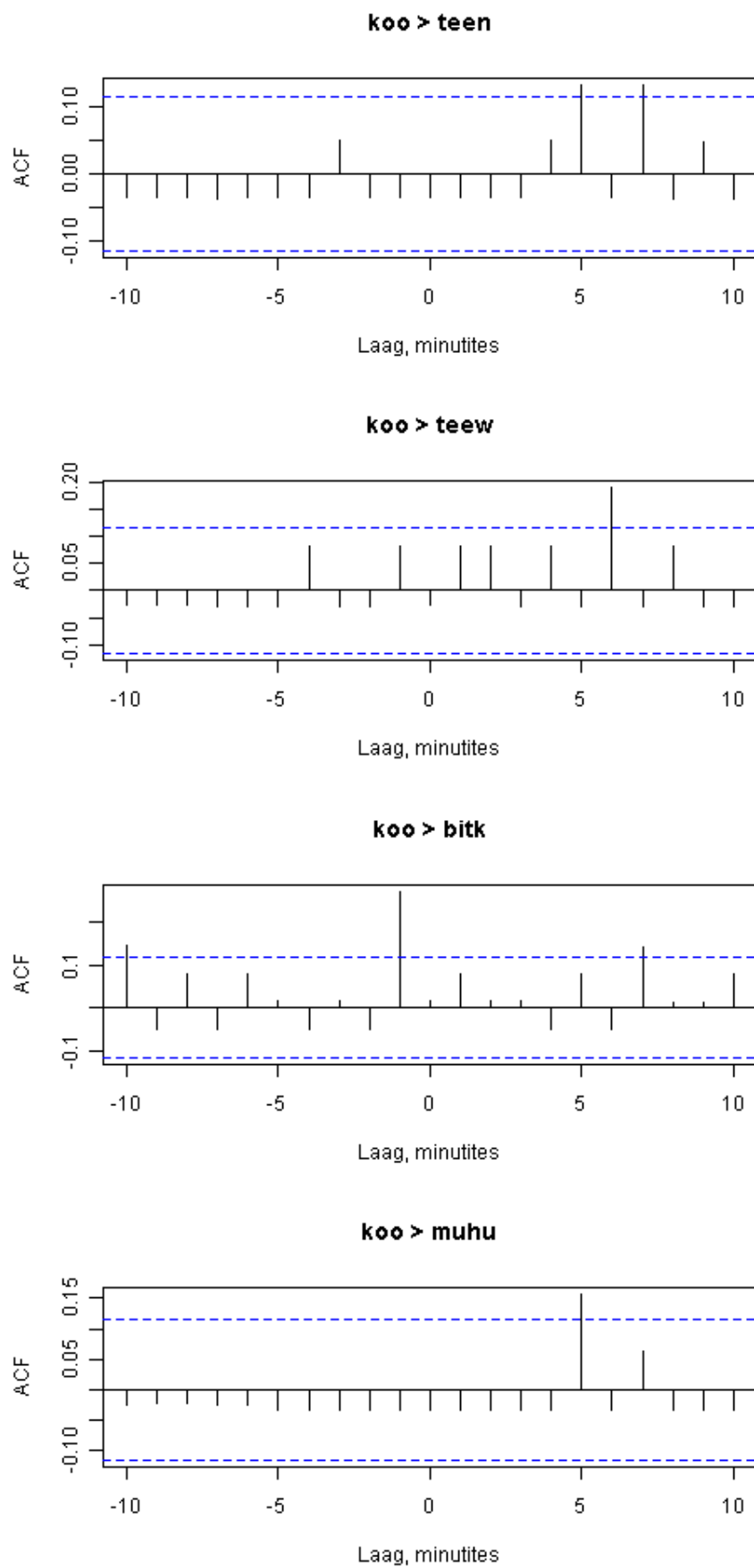
B.2 Punktloendus maastikul



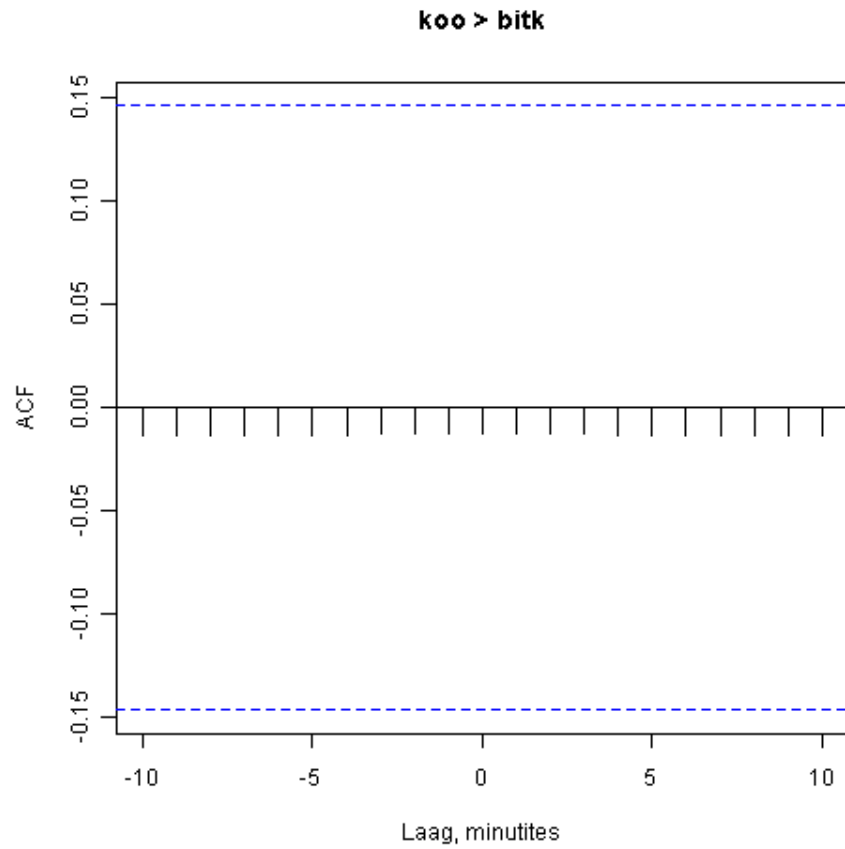
Joonis B.39: Statsionaarsete loenduspunktide paiknemine



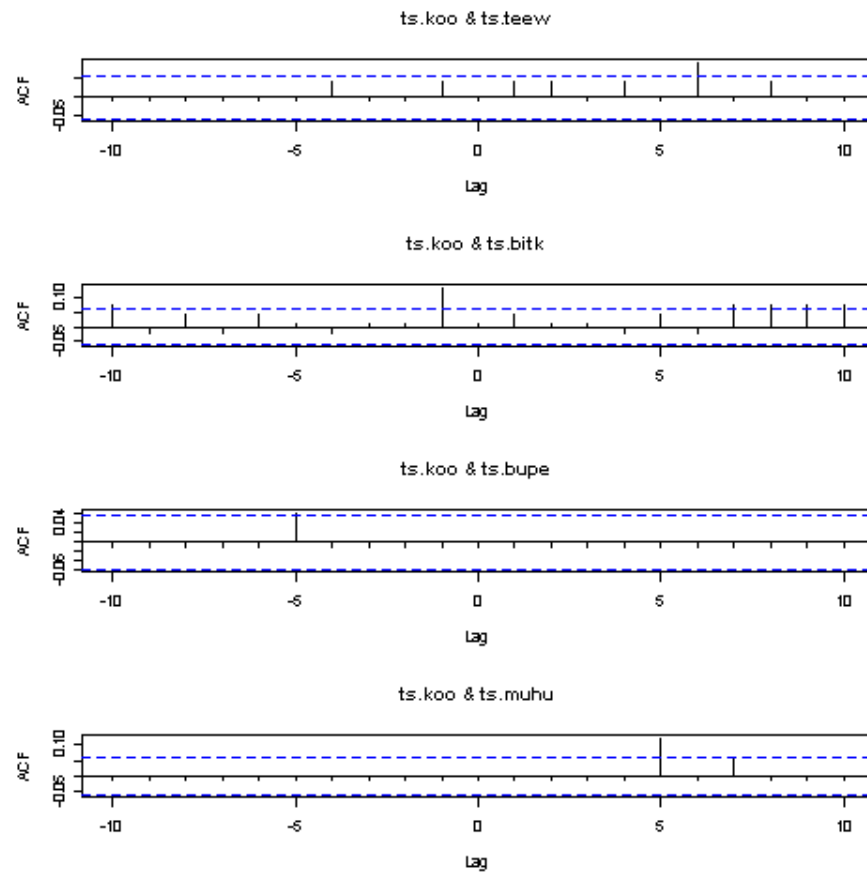
Joonis B.40: AKF koopa jt. punktide aegridade vahel (26.08)



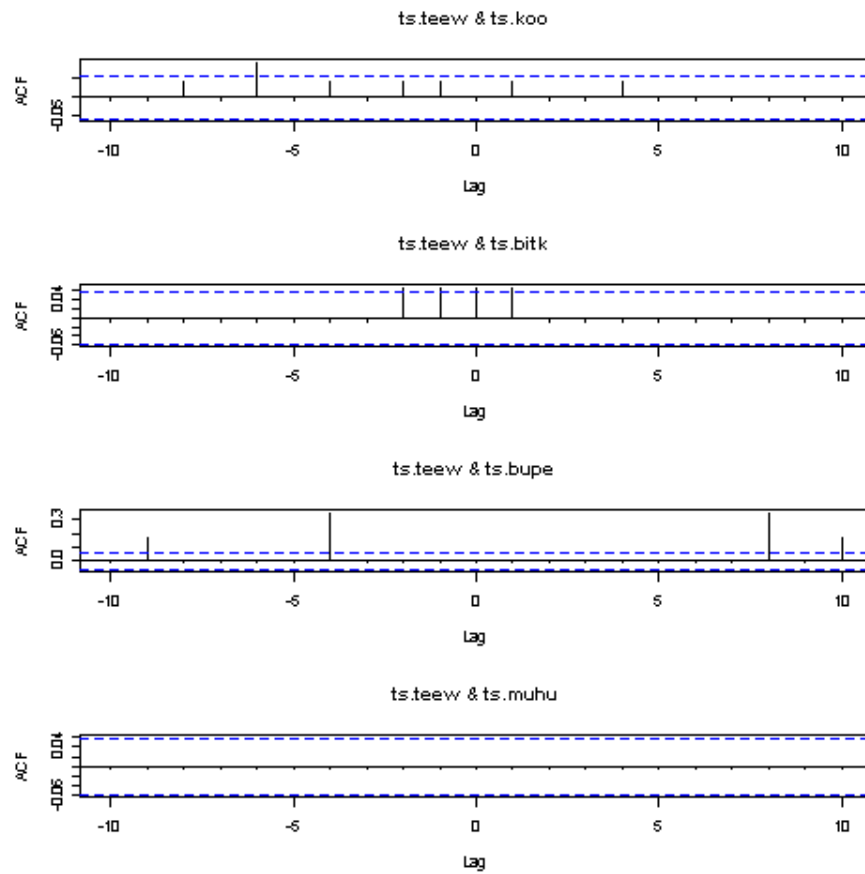
Joonis B.41: AKF koopa jt. punktide aegridade vahel (23.09)



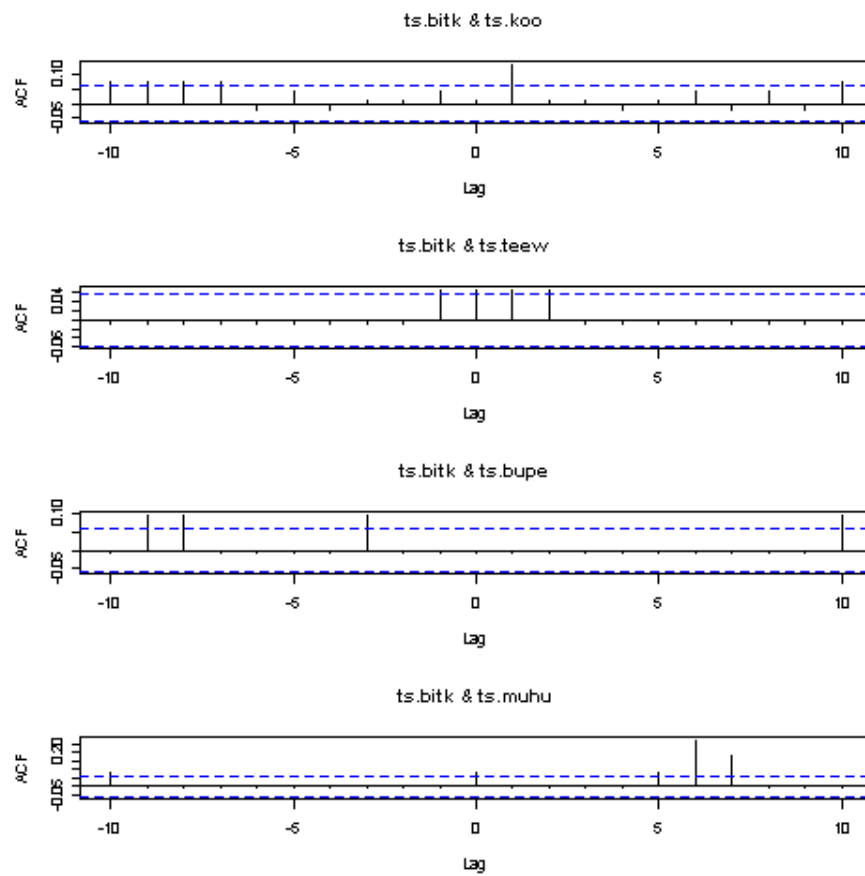
Joonis B.42: AKF koopa jt. punktide aegridade vahel (30.09)



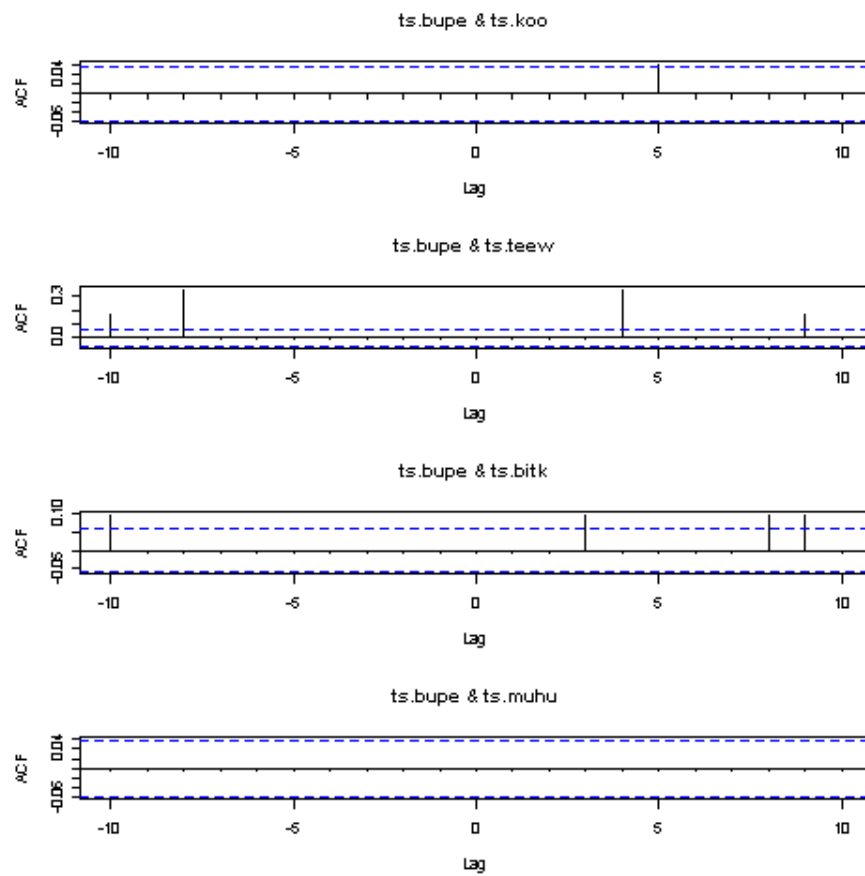
Joonis B.43: RKF-diagramm punktist koo (26.08-19.10)



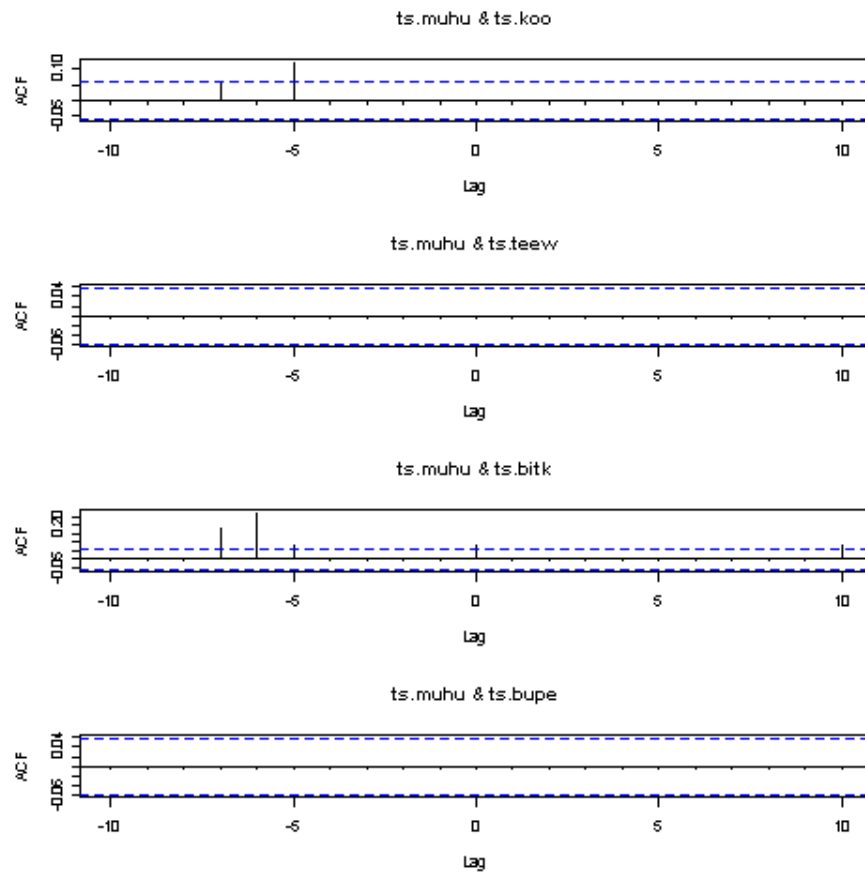
Joonis B.44: RKF-diagramm punktist teew (26.08-19.10)



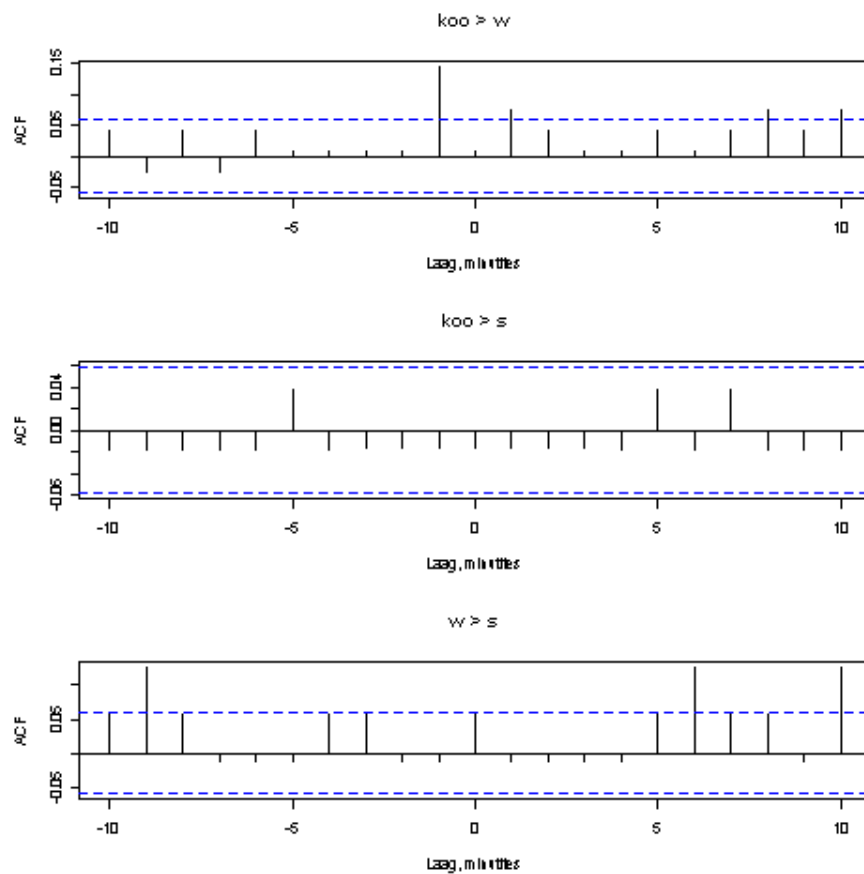
Joonis B.45: RKF-diagramm punktist bitk (26.08-19.10)



Joonis B.46: RKF-diagramm punktist bupe (26.08-19.10)



Joonis B.47: RKF-diagramm punktist muhu (26.08-19.10)



Joonis B.48: RKF-diagramm W ja S-suuna alusel üldistatud andmetest (26.08-19.10)