



SA KIK 2018 aasta Looduskaitse programmi projekt nr 14355

Rakendusuuringu

Suurlindude poolt tekitatud kahjustustest Eesti põllumajanduskõlvikutel

Aruanne

Eesti Ornitoloogiaühing

Tartu 2020

SISUKORD

Kokkuvõte.....	3
Sissejuhatus.....	5
Teoreetiline taust.....	7
Metoodika.....	12
Tulemused ja arutelu.....	14
Kahjustatud alade geograafiline levik.....	14
Kahjustusi põhjustavad liigid.....	16
Milliseid põllukultuure enim kahjustatakse?.....	19
Kas lindude poolt tekitatud kahjustused on aasta-aastalt suurenenud või jäänud samale tasemele?	22
Kui suurel pindalal on aastate lõikes kahjustused esinenud ning kas esineb kriitiline piir, millisest kõlviku pindalast hakkavad kahjustused selgelt suurenema?.....	23
Kas ranniku-Eestis on kahjustused suuremad kui sise-Eestis?.....	25
Kas kahjustused on suuremad kevad- või sügisrände perioodil?.....	28
Kas kahjustusi mõjutab kohalik maastiku struktuur (puistu pindala 500 m ulatuses kõlviku servast)?	30
Soovitused.....	34
Kasutatud kirjandus.....	36

Kokkuvõte

Rakendusuuring on teostatud eesmärgiga saada parem ülevaade, millises ulatuses põhjustavad rändlinnud kahju põllumajandustootjatele, milliste keskkonnaparameetritega on kahjustused seotud ning kes on peamised kahjustusi põhjustavad linnuliigid.

Tulemustest selgus muuhulgas, et kahjustatud alad ei paikne ühtlaselt üle Eesti. Peamised kahjustatud alad on asunud Saaremaal, Käina lahe ümbruses, Läänemaal Matsalu lahe ümbruses, Võrtsjärve idarannikul, Vooremaal, Lääne-Virumaal ja Ida-Virumaa põhjaosas. Seevastu Lõuna-Eestist ning Viljandi- ja Raplamaalt on teada oluliselt vähem kahjustusjuhtumeid. Kahjustatud alade paiknemine ühtis suures osas GPS märgistatud suur-laukhanede ja valgepõsk-lagleda rändepeatuspaikadega.

Hanede poolt põhjustatud kahjustuste rahaline väärtus on pisut suurem kui lagledel või sookurel. Samas, kui kõlvikul on kahjustusi tekitanud nii haned kui lagled, on tekitatud rahaline kahju juba märkimisväärselt suurem. Rakendusuuringu tulemuste põhjal selgus, et valdavalt kahjustatakse rändlindude poolt rohumaid (sh liblikõielised kultuurid) ja teraviljapõlde. Tulemused näitasid, et aasta-aastalt on rändlindude poolt tekitatud kahjustuste ulatus suurem.

Suurimad lindude poolt põhjustatud kahjud on aktide alusel dokumenteeritud 2002, 2003, 2014 ja 2015. aastal. Siiski pole kahjude suurus (sh kahjustatud alade pindala) aastati ühtlane. Mõnel aastal on kahjustused suuremad, teisel aastal väiksemad, viidates sellele, et kahjustusi põhjustavad linnud ei ole Eestis kõikidel aastatel ühtlaselt pikalt rändepeatusi tegemas ning tootjatele kahjustusi põhjustamas.

Analüüs viitas, et kahjustatud alade pindala on statistiliselt usaldusväärselt seotud kõlviku pindalaga. Mida suuremad on kõlvikud, seda suuremad on olnud ka kahjustatud alade pindalad. Veel selgus analüüsi tulemuste põhjal, et keskmine arvestuslik kahjusumma on sisemaa maakondades olnud statistiliselt usaldusväärselt kõrgem kui mereäärsetes maakondades. Võrreldes kahjusummasid leiti, et kevadeti on lindude poolt põhjustatud kahjustused suuremad kui sügiseti. Lisaks näitas analüüs, et maastiku struktuuril (puistu pindala 500 m raadiuses kahjustatud alast) pole otsest selget mõju, mida saaks seostada

rändlindude poolt tekitavate kahjudega põllumajandustootjatele. Täiendav GPS punktide analüüs viitas siiski metsaservade läheduse vältimisele suur-laukhanede poolt.

Sissejuhatus

Suured rändlinnud, peamiselt suur-laukhaned, rabahaned, valgepõsk-lagled ja sookured, on viimastel aastakümnetel põhjustanud Eesti põllumajandustootjatele rahalist kahju saakide vähenemise läbi. Leevendamaks rändlindude põhjustatud kahjude mõju on loodud riiklik kompensatsioonivõimalus. Eesti asub väga olulisel lindude rändeteel. Kesk- ja Lääne-Euroopas talvituvad linnud teevad vajadusel Eestis pikemaid peatusi, et seejärel rännata edasi Põhja-Venemaal paiknevatele pesitsusaladele. Täpsemalt on kompensatsiooni nõuded esitatud määruses: "Looma tekitatud kahju hindamise metoodika, kahju hüvitamise täpsustatud ulatus ja hüvitamise kord ning kahjustuste vältimise abinõudele tehtud kulutuste hüvitamise täpsustatud ulatus ja kord".

Käesolevas aruandes antakse ülevaade rändlindude poolt kahjustatud kõlvikutest ning analüüsitakse aktidega registreeritud kahjustuste erinevaid aspekte. Samuti analüüsitakse maastiku struktuuri mõju (puistu pindala 500 m ulatuses kahjustatud alast) ja selle seost rändlindude poolt tekitatud kahjustustega. Lisaks antakse ülevaade kahjustatud alade geograafilisest levikust Eestis.

Käesolevas aruandes esitatakse tulemused Keskkonnainvesteeringute Keskuse poolt rahastatud rakendusüritingu „Suurlindude poolt tekitatud kahjustustest Eesti põllumajanduskõlvikutel“ kohta. Parema ülevaate andmiseks probleemsest teemast esitatakse ka asjakohaseid teaduskirjandusest saadud andmeid ning ilmaveebist vabalt kasutatavate GPS märgistatud lindude andmeid, kõik viidetega algallikatele.

Rakendusüritingu käigus digitaliseeriti kõik kättesaadavad lindude poolt tekitatud kahjude aktid ning nendega kaasnev kaardimaterjal, mis oli piisavalt täpne, et need lisada ühtsesse andmebaasi (sh olemasolev geoinformaatiline andmestik) aastatest 1994–2018.

Ühtsesse andmebaasi digitaliseeriti järgnevad andmeväljad:

tootja nimi;

aasta;

arvestuslik kahjusumma;

vastava kõlviku põllukultuur(id), mida kahjustati;

kõlviku pindala;
maakonna nimi (eristamaks Lääne- ja Ida-Eestit);
rände aeg;
kahjustust põhjustanud liik/liigid.

Lisaks arvatati geoinformaatilise päringuga välja puistu pindala 500 m ulatuses kõlviku piirist (Eesti Põhikaart), et selgitada võimalikku maastiku struktuuri mõju kahjustuste ulatusele.

Rakendusuringu läbiviimiseks moodustatud töörühma koosseisu kuulusid Eesti Ornitoloogiaühingu töötajad Riho Marja, Andrus Kuus, Andres Kalamees ja Veljo Volke. Välise eksperdina osales töös Leho Luigujõe Eesti Maaülikoolist.

Projekti töörühm avaldab tänu Tõnu Talvile Keskkonnaametist ametkondlikes andmebaasides säilitatavatele kahjustusaktidele juurdepääsu korraldamise eest ja Kalev Sepale Eesti Maaülikoolist varasemate aastate aktide kasutamise võimaluse eest.

Teoreetiline taust

Haned ja lagled on pikaalised linnud, kes elavad ligikaudu 20 aastat. Neil on ka suured kurnad – keskmiselt 4-6 muna. Sobivate keskkonnatingimuste, sh kliima soojenemise tõttu on hanede-lagled paljunemine olnud varasemast edukam. Hanede ja lagled pikaalisus ja suured kurnad on sobivate keskkonnatingimustega kokku langedes põhjustanud nende arvukuse märkimisväärse suurenemise viimastel dekaadidel.

Vastuolu rändeteooriaga ja rände kestus

Rändeteooria järgi lendavad rändlinnud kevadrändel talvitusaaladelt pesitsusaladele kiiremini kui sügisrändel pesitsusaladelt talvitusaladele. Siiski on mitmete liikide puhul leitud vastupidised suundumused - neil kestab kevadränne oluliselt kauem kui sügisränne. Sellisteks liikideks on ka Eestis rändeaegselt väga arvukalt peatuvad suur-laukhaned, rabahaned ja valgepõsk-lagled (Kölzsch et al. 2016, 2019).

Kölzsch et al. (2016) uuringus leidsid autorid statistiliselt usaldusväärse erinevuse kevadrände ja sügisrände pikkuse vahel. Sügisränne oli suur-laukhanedel lühem kui kevadränne. Kevadränne kestis keskmiselt 83 päeva, sügisränne 42 päeva. Ka rändedistsantsid olid kevadrändel pikemad (keskmiselt 3900 km) kui sügisrändel (keskmiselt 3300 km). Kevadrände muutsid pikemaks toitumispeatused ja liikumised toitumisalade vahel.

Kevadrändel peatumise põhjused

Põhjuseid, miks suur-laukhaned kevadrändel pikemalt peatuvad, on mitmed. Linnud ei rända edasi muuhulgas kliimaatiliste tingimuste tõttu. Põhjuseks tuuakse välja, et edasi ei rännata, sest eespool pole sobivad toitumispaiku, taimestik pole kas üldse tärganud või ei leidu söömiseks sobivaid taimi. Liiga vara pesitsusalade jõudmine on seega seotud indiviidi liiga suure ja kuluka energiakaotusega. Ka ei rännata edasi seetõttu, et näiteks Eestisse jõudnud isendid peavad täiendama oma energiavarusid nii rände täielikuks sooritamiseks kui ka edukaks hilisemaks pesitsemiseks. Eesti paikneb suur-laukhanede rändetee kogu ulatusest ca 1/4-1/3 vahemikus (Lisa 1 joonis Kölzsch et al. 2019 andmete alusel). Seega peavad Eestist läbirändavad suur-laukhaned läbima rändel veel oluliselt pikema teepikkuse võrreldes vahemaaga talvitusaaladelt Eestisse. Ka peatuskohtade omavahelised vahemaad on energia kulutamise vähendamiseks kevadrändel lühemad kui sügisrändel (Kölzsch et al. 2016).

Eelnevate põhjuste koosmõjul eelistatakse lindude poolt seega järk-järgulist rännet, mis muudabki kevadrände pikemaks. Kevadrändel jälgitakse hanede poolt sagedasti ka lume sulamise piiri ja ka seetõttu toimub järk-järguline ränne.

Sügisrände lühiduse muud põhjused

Üks põhjus, miks suur-laukhanede sügisränne on lühem, on seletatav sobivate tuuleolude ärakasutamisega. Sügisrände ajal esinevad talvitusaladele rändavatele hanedele valdavalt ebasoodsad tuulesuunad. Seetõttu kasutatakse koheselt ära sobivad ilmaolud (Kölzsch et al. 2016) ja sellest tulenevalt ongi peatused sügisrändel lühemad.

Rändekoridoride erinevus

Kevadränne toimub suur-laukhanedel laiemal alal kui sügisränne ja seda seletatakse asjaoluga, et niimoodi jagub toitu lindude vahel võrdsemalt ning et ka linnud ise püüavad vältida suurel hulgal samadele aladele koondumist. Seevastu sügisränne talvitusaladele Jamali-Neenetsi autonoomsest ringkonnast (*Nenetsky Okrug*, vt Lisa 1 kaarte) toimub palju kitsama koridorina, linnud peatuvad toitumiseks lühiajalisemalt või eelistavad rände lõpuosas peatuseta jõudmist talvitusaladele (Kölzsch et al. 2019).

Toit

Pikem rändepeatus tehakse suur-laukhanede poolt Jamali-Neenetsi autonoomses ringkonnas (*Nenetsky Okrug*). Sellelt alalt sooritatakse sageli koguni peatuseta ränne talvitusaladele. Nendel aladel kasutatakse sügiseti toiduks rabamurakaid (*Rubus chamaemorus*). Sellel taimel on väga energiarikas mari, mille tõttu ongi peatuseta ränne talvitusaladele võimalik, sest välditakse toiduvaeseid alasid (Kölzsch et al. 2016). Kevadrändel sellist head looduslikku toiduressurssi saadaval pole. Peatuseta rännet talvitusaladele eelistatakse ka suurema küttimissurve tõttu sügisel. Ka Eestis on sügisene jaht hetkel lubatud, kevadine mitte.

Sookurgede puhul on muuhulgas leitud, et sügisrändel peatuvate isendite arvukus on positiivselt seotud külvatud teraviljapõldude pindalaga. Sookurgede arvukus Eestis on sõltunud rändepeatuskohtades ja rändeteedel põllumajanduslikus maakasutuses toimuvatest muutustest (Ojaste, 2019).

Valgepõsk-lagle ja suur-laukhani on väga valivad söödava toidu suhtes, eelistades just kõrgeima toiteväärtusega taimi. Ka rändel järgitakse „rohelise laine hüpoteesi“, kus linnud rändavad edasi järk-järgult, arvestades kasvava taime olemasolu, kättesaadavust ja parimat toiteväärtust (Shariatinajafabadi et al. 2014).

Viimased peatuspaigad enne pesitsusaladele jõudmist

Valgepõsk-lagle puhul on analüüsitud viimaste peatuspaikade ja keskkonnatingimuste mõju. Valdavalt teevad valgepõsk-lagled viimase peatuse Valge mere ääres või Kanini poolsaarel, et sealt pikemate peatusteta lennata pesitsusaladele (Novaja Zemlja, Vaigatši saar ja Kolgujevi saar Barentsi meres, Taimõri poolsaar). Lend viimasest peatuspaigast pesitsusaladele kestab vahemikus 2–14 päeva (sõltuvalt pesitsuskohast). Mõned isendid kasutavad viimase peatuspaigana muuhulgas Eesti läänerannikut ning on andmeid, et Eestist on lennatud pesitsusaladele vahemikus 3–18 päeva (Shariati-Najafabadi et al. 2016). Peamised keskkonnaparametrid, lisaks muudele teguritele, mille alusel valgepõsk-lagled otsustavad viimasest peatuskohast pesitsusaladele lennata, on päeva pikkus, temperatuur, pilvkate ja õhurõhk (Shariati-Najafabadi et al. 2016). Tähtsateks teguriteks võivad veel osutada valdavad tuulesuunad ja sademed, kuid siinkohal lähevad erinevate uuringute tulemused vastuollu, sest mõnes on tuvastatud nende olulisus, teistes mitte.

Toidu kättesaadavus on tõenäoliselt kõige olulisem tegur, miks valgepõsk-lagled liiga vara pesitsusaladele jõuda ei soovi. Liiga vara pesitsusaladele saabudes ootab neid teinekord ees paks lumikate ning toidunappus, mis vähendab oluliselt rändel kogutud energiavarusid ning seega ka (vähemalt kaudselt) tulevast pesitusedukust. Samas on varem kohale jõudmisel ka eelis. Varem pesitsema asunud isenditel kooruvad pojad varem, kes saavad omakorda pikemalt tarbida kvaliteetsemat toitu ning koguda pikemalt rasvavarusid, võrreldes nende paaride pesapoegadelega, kes kooruvad hiljem. Varem pesitsema asumine tagab vanalindudel ka turvalisema perioodi sulgimiseks enne sügisrännet talvitusaladele. Seega eksisteerib lõivusuhe (*trade-off*) varase vs. hilisema pesituse eeliste ja tagajärgedega. Näiteks suur-laukhanede tiibade sulgimine kestab ligikaudu kaks nädalat ja sel perioodil on linnud lennuvõimetud.

Energiavajadus edukaks pesitsemiseks

Haned eelistavad suuremate energiavarudega pesitsusaladele jõuda, et tagada edukam pesitsemine. Üldjuhul eelistavad linnud varasemat pesitsemist ja sel ajal eemalduvad emaslinnud harva pesalt (Kölzsch et al. 2016). Lumehanedel on muuhulgas leitud, et linnud ei soovigi külmemate kevadete ja veel sulamata lume tõttu pesitsusaladele jõuda, sest eelistavad vältida pesitsusaladel pesitsuse „ootamist“. Lisaks on siis suurem ka kisklussurve lumehanedele (Kölzsch et al. 2016). Seega on asjaolusid, miks haned-lagled kevadrändel Eestis pikemalt peatuvad, palju, ja need ei ole üllatavad.

Suur-laukhane paarid

Suur-laukhane paar hoiab aastaringselt kokku ning ka rännatakse koos. Nii pole soo (emane või isane) tunnust rändeuuringutes sagedasti arvestatud (Kölzsch et al. 2019).

Suur-laukhane aastaring (Kölzsch et al. 2016 ja 2019 alusel)

15 november – 1 märts talvitusajal.

1 märts – 15 mai kevadrändel ja pikemalt energiavarude täiendamiseks peatusajal.

15 mai – 15 juuli pesitsemine. Pesitsemine toimub väikesel alal, reeglina 2*2 km. Neil paaridel, kel pesitsemine ebaõnnestub, toimub liikumine juba oluliselt suuremal alal (rohkem kui 100 km ulatuses).

1 juuli – 1 september sulgimine. Suur-laukhanede tiibade sulgimine kestab ligikaudu kaks nädalat ja sel perioodil on linnud lennuvõimetud.

1 september – 15 november sügisränne.

Eestist läbirändavate hanede pesitsusala ei paikne Taimõri poolsaarel, küll aga võivad seal pesitsusperioodil viibida mittepesevad isendid (Kölzsch et al. 2019).

Valgepõsk-lagle paarid

Valgepõsk-lagle on monogaamne, kusjuures moodustunud paarid ka rändavad koos.

Valgepõsk-lagle aastaring

Põhja-Venemaal pesitsevate valgepõsk-lagled talvitusala asub Padumere (Waddenzee) rannikul Taanis, Saksamaal ja Hollandis. Lagled lahkuvad talvitusajadelt aprillis-

mais ning peamised rändepeatused tehakse Gotlandil või Lääne-Eestis (Shariatinajafabadi et al. 2014). Märtsist maini suureneb valgepõsk-lagle kehamass umbes 1 kilogrammi võrra. See on vajalik lisaenergia nii rändeks kui edukaks pesitsemiseks (Lameris, avaldamata andmed). Valgepõsk-lagled saavad pesitsusaladele Põhja-Venemaa Arktikas juuni alguses, olles läbinud 3000-3700 km (Shariatinajafabadi et al. 2014).

Rändepeatused Eestis

GPS märgistatud suur-laukhanede andmetel (Kölzsch et al. 2016), peatuvad haned kevadrändel Eestis keskmiselt 34,6 päeva (n=8, varieeruvus minimaalselt 4, maksimaalselt 55 päeva). Seejuures ei peatuta ainult ühes, vaid mitmes piirkonnas. GPS märgistatud hanede sügisene peatusperiood on lühem (keskmiselt 9,3 päeva, minimaalselt 9, maksimaalselt 10, n=3; Kölzsch et al. 2016 andmete alusel).

Metoodika

Uuringu algmaterjaliks on rändlindude poolt põllumajandustootjatele põhjustatud kahjude aktid aastatest 1994–2018. Kuna kahjustusaktid on täidetud ebaühtlaselt ja kohati lünklikult, digitaliseeriti nendelt niipalju andmeid kui võimalik. Sellest lähtuvalt on kõik analüüsid tehtud nende andmete alusel, mida oli võimalik peale digitaliseerimist kasutada. Sellest tulenevalt on teostatud analüüside valimid erineva suurusega ning analüüsi juurde lisatakse alati ka vastava analüüsi valimi suurus. Analüüsist on puudu aastad 2007–2009, sest nende puhul ei olnud kättesaadavad ei kahjustuste kohta koostatud paberkandjal aktid ega olnud need esindatud elektroonilistes dokumendihaldussüsteemides. Koguvalimi suurus oli 2966 kirjet aktide kohta, millest omakorda kaardimaterjal geoinformaatilisse andmebaasi kandmiseks oli olemas 810 juhul.

Uuritava tunnuseks kasutati uuringus arvestuslikku kahjusummat (EUR). See on arvutuslik (tegelik) rahalise kahju suurus põllumajandustootjale, mitte kompenseeritud väärtus, mille ülempiir on hetkel määrusest lähtuvalt 3200 eurot tootja kohta. Lisaks kasutati mõnedel juhtudel uuritava tunnuseks kahjustatud ala pindala.

Rakendusuuringu lähteülesande alusel vastatakse aruandes kuuele uurimisküsimusele ja nende metoodikat on kirjeldatud allpool. Samas avatakse teemakohast probleemistikku ka laiemalt ja võimalusel esitatakse lisaks muid teemaga seotud olulisi tulemusi GPS märgistatud isendite kohta, kui GPS-saatjatega lindude andmestikud olid vabalt ilmaveebist kättesaadavad.

Alljärgnevalt kirjeldatakse, milliste meetoditega uurimisküsimustele vastati.

Esiteks. Milliseid põllukultuure enim kahjustatakse? Tulemused esitatakse kahel kujul:

- 1) kahjustatud pindade summad põllukultuuride kaupa vastavalt aktides esitatud andmetele;
- 2) loendusena, kui mitmel kõlvikul on toimunud kahjustused põllukultuuride kaupa.

Teiseks. Kas lindude poolt tekitatud kahjustused on aasta-aastalt suurenenud või jäänud samale tasemele? Andmeid analüüsiti nii lineaarse kui ka mittelineaarse aditiivse mudeliga, kus arvestuslik kahjusumma seostati aasta mõjuga (pidev tunnus).

Kolmandaks. Kui suurel pindalal on aastati kahjustused esinenud ning kas esineb kriitiline piir, millisest kõlviku pindalast hakkavad kahjustused selgelt suurenema? Aruandes

esitatakse aasta kohta kahjustatud alade pindalade summad, mis on aktide alusel fikseeritud. Lisaks uuriti üldistatud aditiivse mudeliga, kas kõlvikutel esinenud kahjustatud ala pindala on seotud kõlviku enda pindalaga.

Neljandaks. Kas ranniku-Eestis on kahjustused suuremad kui sise-Eestis? Uurimisküsimusele vastamiseks jaotati Eesti maakondade alusel kaheks grupiks. Ranniku-Eesti hõlmab Läänemere-äärseid maakondi (edaspidi mereäärsed maakonnad): Saare-, Hiiu-, Pärnu-, Lääne-, Harju-, Lääne-Viru ja Ida-Virumaad. Sise-Eesti hulka arvati ülejäänud maakonnad (Jõgeva-, Järva-, Põlva-, Rapla-, Tartu-, Valga-, Viljandi- ja Võrumaa), mis ei piirne Läänemerega (edaspidi sisemaa maakonnad). Vastav jaotus lepiti kokku Aivar Leitoga (1954–2018) rakendusuuringu algfaasis, kes algselt oli projektiga seotud ekspert. Analüüsi arvestuslikku rahalist kahju kõlviku kohta ja kahjustatud alade pindala.

Viiendaks. Kas kahjustused on suuremad kevad- või sügisrände perioodil? Lineaarse mudeliga analüüsi arvestuslikku kahjusumma erinevust kahel rändeperioodil.

Kuuendaks. Kas kahjustusi mõjutab kohalik maastiku struktuur (metsa/puistu pindala 500 m ulatuses kahjustatud ala servast)? Analüüsimiseks võeti Eesti Põhikaardilt (2015. aasta info) päringuga puistute pindala 500 m raadiuses kahjustatud alast. See metoodiline lahendus lepiti kokku Aivar Leitoga, kes algselt oli projektiga seotud ekspert.

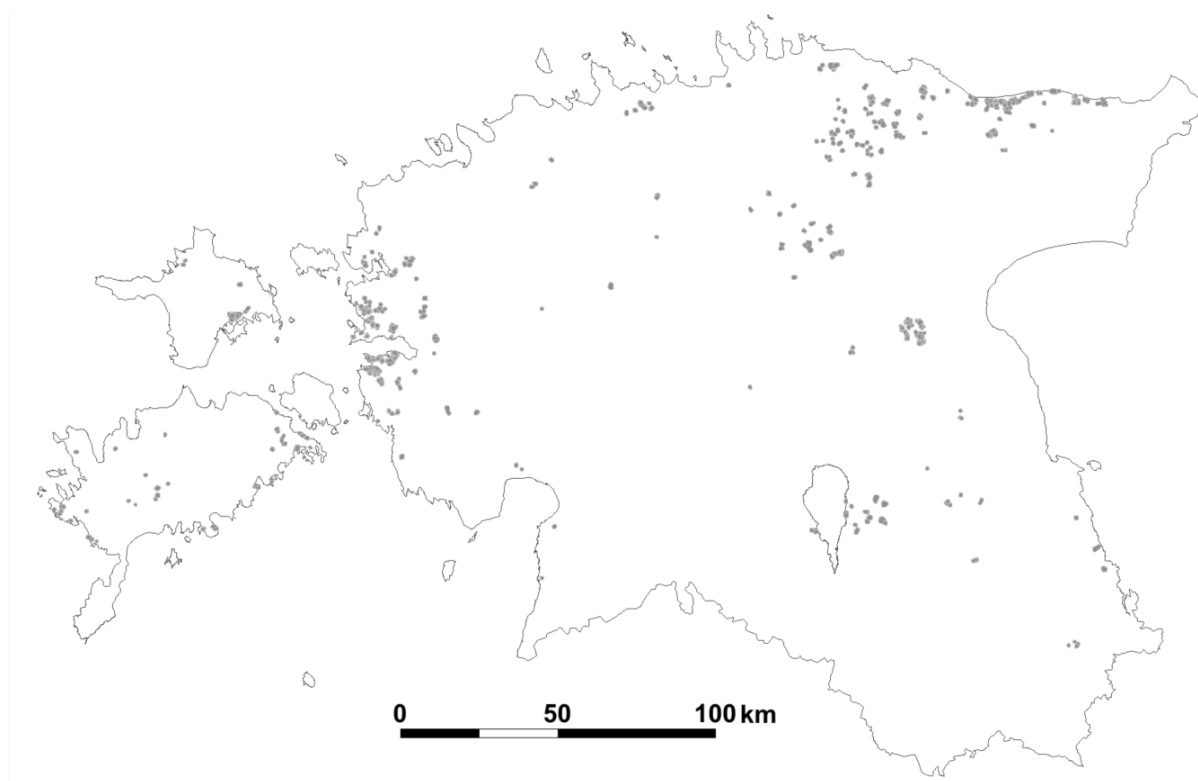
Lisaks esitatakse aruandes kaardid kahjustatud alade levikust Eestis koos vabalt ilmaveebist kättesaadavate andmetega GPS märgistatud lindude paiknemiste kohta (valgepõsk-lagled ja suur-laukhaned rändepeatusel). Samuti esitatakse ülevaade kahjustuste ulatusest neid põhjustavate liigirühmade kaupa. Liikide puhul analüüsi andmeid valdavalt grupi (näiteks haned) tasandil, sest andmebaasi sisestatud andmetest ei olnud võimalik eristada ainult rabahanede või suur-laukhanede poolt tekitatud kahjusid. Eelmainitud liigid rändavad tihti koos ja ka aktides ei ole reeglina liigi tasemel kahjustusi fikseeritud.

Statistilisel analüüsil kasutati 95% usaldusnivood. Uuringus kasutati nii lineaarseid mudeleid kui ka aditiivseid mittelineaarseid mudeleid. Statistiline analüüs teostati rakendustarkvaraga R (R Core Team 2019), mittelineaarsete aditiivsete mudelite jaoks kasutati R paketti „mgcv“ (Wood 2006).

Tulemused ja arutelu

Kahjustatud alade geograafiline levik

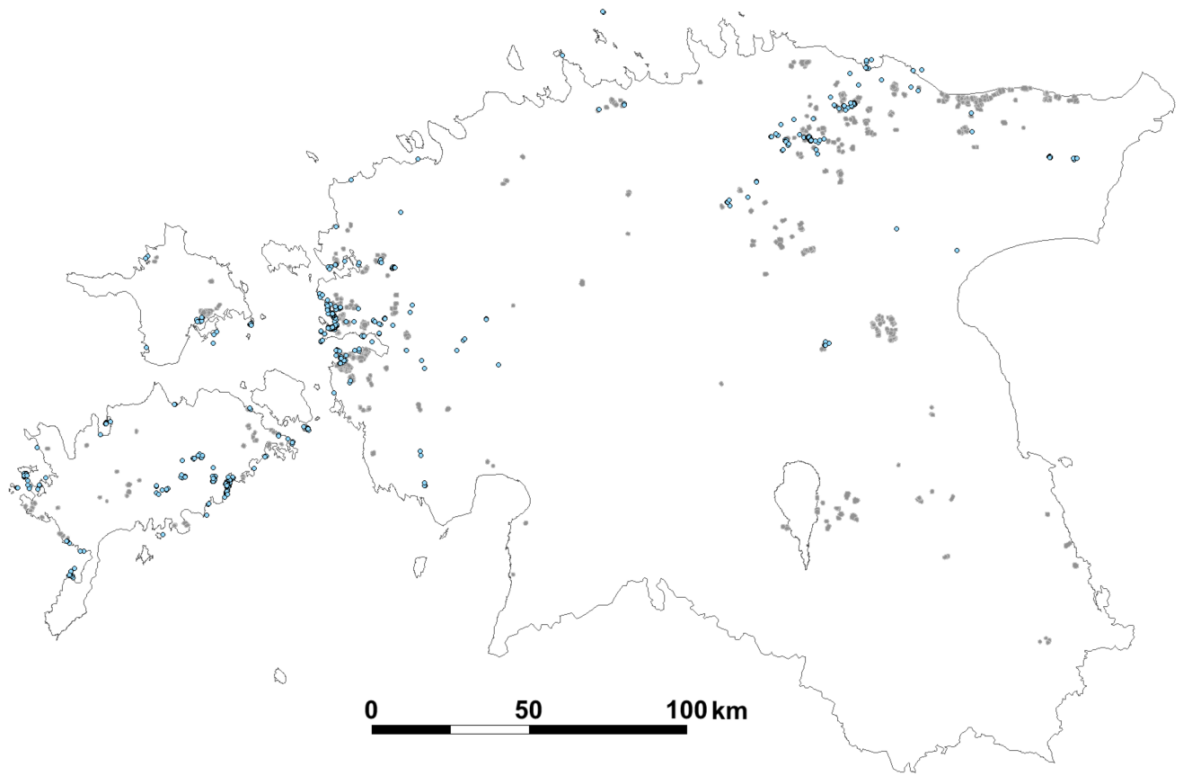
Kahjustatud alade geograafiline levik Eestis on esitatud joonisel 1. Ilmneb, et kahjustatud alad ei paikne ühtlaselt üle Eesti. Kahjustatud alad on laiemalt levinud Saaremaal, Käina lahe ümbruses, Läänemaal Matsalu lahe ümbruses, Võrtsjärve idarannikul, Vooremaal, Lääne-Virumaal ja Ida-Virumaa põhjaosas. Seevastu Lõuna-Eestist, Viljandi- ja Raplomaalt on teada oluliselt vähem kahjustusjuhtumeid. Andmete digitaliseerimisel selgus, et saadud tulemust mõjutab siiski aktidele lisatud kaardimaterjali olemasolu või puudumine. Aastatest 2010-2015 oli Tartu- ja Jõgevamaa kohta palju akte, kuid kaardimaterjal valdavalt puudus. Samas Virumaade puhul oli kaardimaterjal aktidele lisatud enamikel juhtudel.



Joonis 1. Kahjustatud alade geograafiline levik Eestis (hall ala kaardil) digitaliseeritud andmete põhjal (n=810).

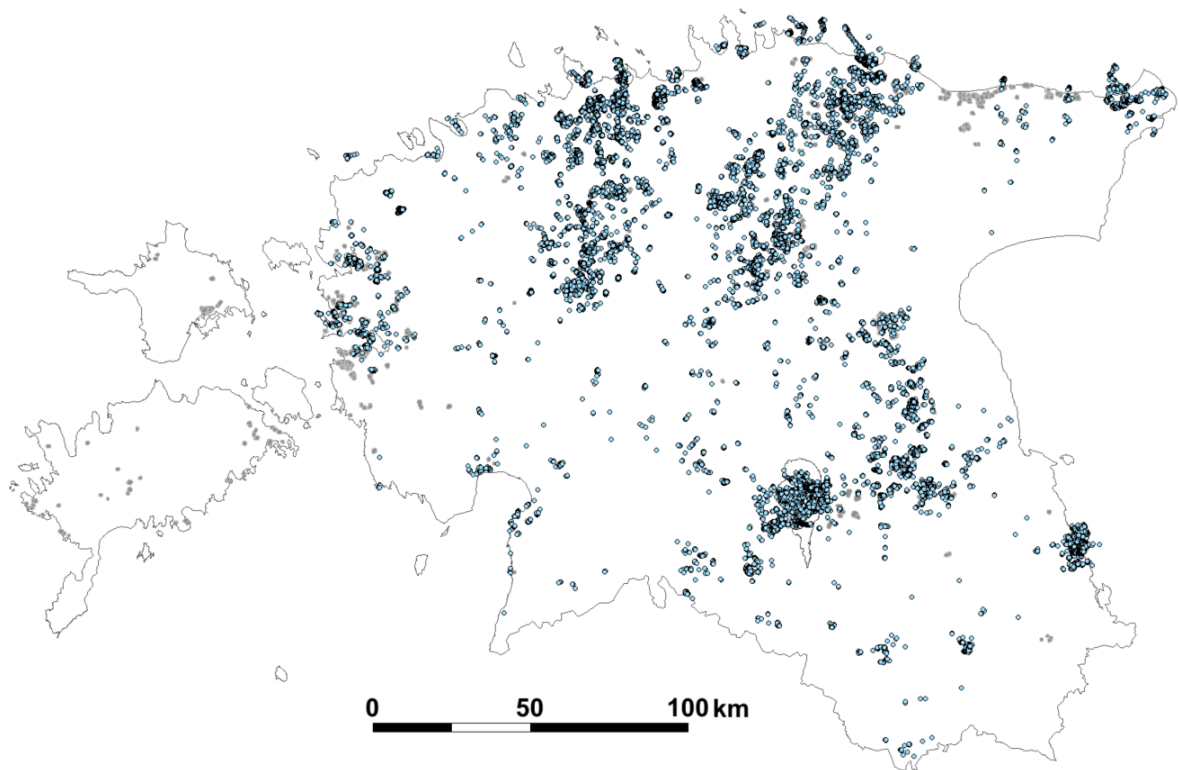
Rändel peatuvate valgepõsk-lagled seos kahjustatud aladega on esitatud joonisel 2. Kaardil on esitatud punktid, kui isendid olid paiksed või liikusid väga aeglaselt (*ground speed* < 1). Selle alusel saab ülevaate, kus peamiselt rändel peatuvad isendid Eestis paiknevad. Valgepõsk-lagled on valdavalt peatunud Saaremaal, Matsalu lahe ümbruses ja Lääne-

Virumaal. Lindudele paigaldatud saatjate GPS punktide jaotus kattub küllaltki hästi kahjustatud alade levikuga eelmainitud piirkondades.



Joonis 2. Kahjustatud alade geograafiline levik Eestis (hall ala kaardil) digitaliseeritud andmete põhjal (n=810) ja rändel peatuvate valgepõsk-laglede levik Eestis Kölzsch et al. (2014) ja Shariatinaajabadi et al. (2014) andmete alusel (n=804).

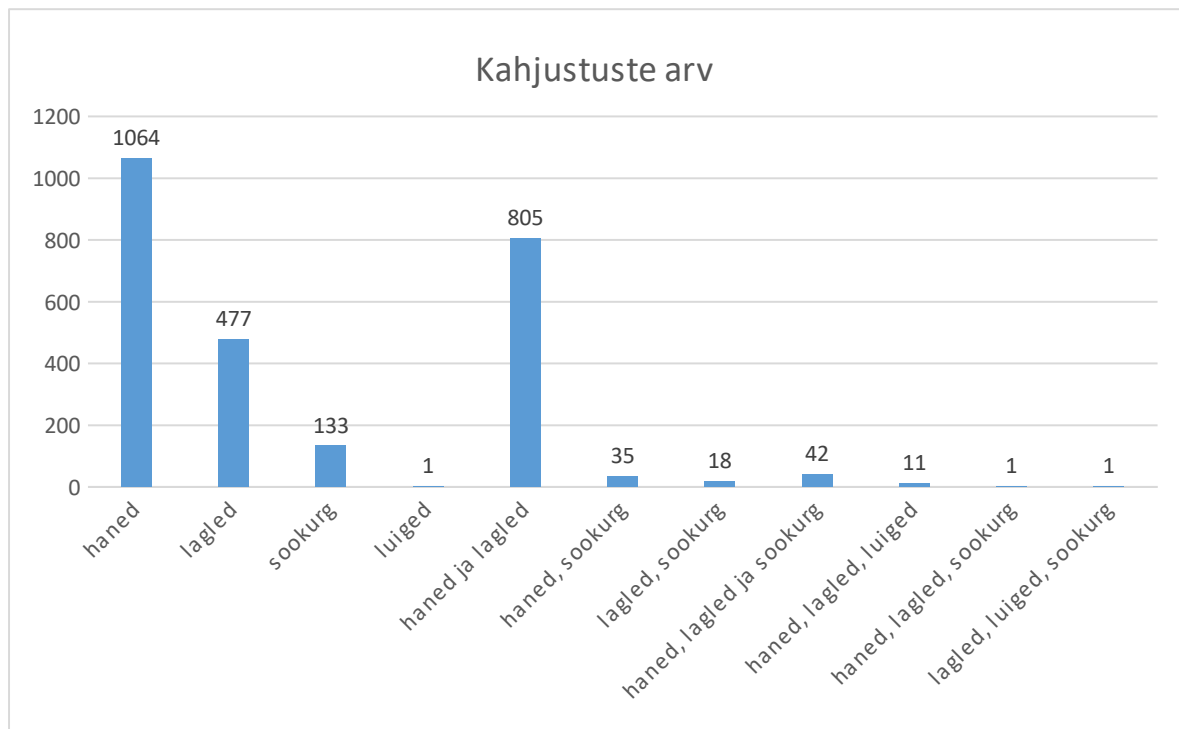
Suur-laukhanede GPS punktide paiknemine Eestis on esitatud Kölzsch et al. (2019) andmestiku alusel (joonis 3). Kaardil on esitatud punktid, kui isendid olid paiksed või liikusid väga aeglaselt (*ground speed* < 1). Selle alusel saab ülevaate, kus peamiselt rändel peatuvad haned Eestis on levinud. Kaardil seda küll ei eristata, kuid kevad-ja sügisrändelt kogutud GPS andmed kattuvad suures ulatuses. Seega peatutakse kahel erineval rändeperioodil samadel aladel/piirkondades. Ka märgistatud suur-laukhanede GPS punktide andmestik kattub valdavalt kahjustatud aladega. Vaid Aseri-Lüganuse-Ontika piirkonnast pole andmeid GPS märgistatud suur-laukhanede (joonis 4) ega ka valgepõsk-laglede kohta (joonis 2), ehkki lindude poolt tekitatud kahjustusi on selles piirkonnas esinenud.



Joonis 3. Kahjustatud alade geograafiline levik Eestis (hall ala kaardil) digitaliseeritud andmete põhjal (n=810) ja rändel peatuvate suur-laukhanede levik Eestis Kölzsch et al. (2019) andmete alusel (n=96567).

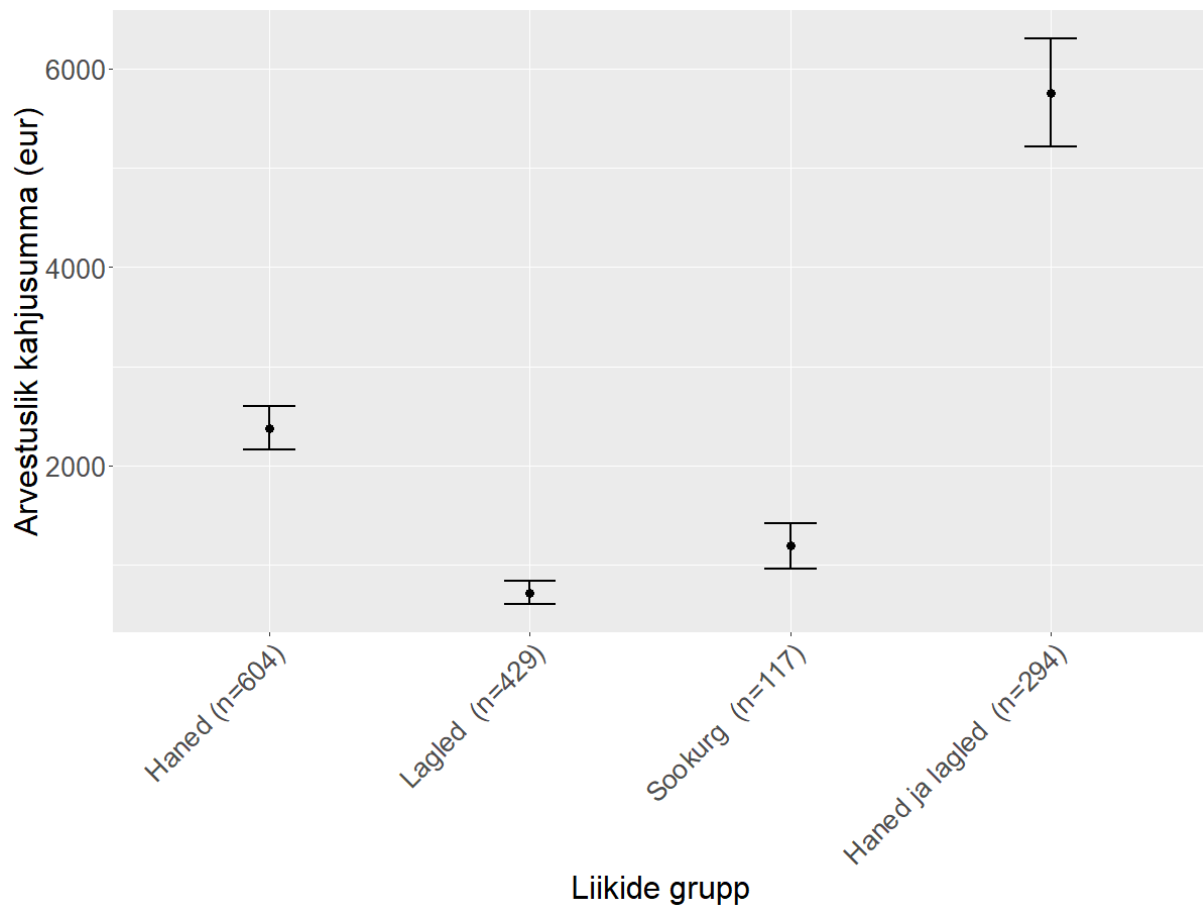
Kahjustusi põhjustavad liigid

Rakendusuuringu tulemusena selgus, et enim on juhtumeid hanede põhjustatud kahjustuste kohta (üle 1000 juhtumi, kahjustusi põhjustavad liigid on valdavalt suur-laukhani ja rabahani, joonis 4). Ligikaudu 480 juhtumit on teada laglede (peamiselt valgepõsk-lagle) kohta. Juhtumeid, kus kahjustusi on põhjustanud nii haned kui lagled, on olnud ligikaudu 800. Siinjuures tuleb silmas pidada, et kahjustava liigi (rühma) on määranud põllumehed, mitte Keskkonnaameti spetsialistid ega muud eksperdid. Seepärast tuleb saadud jaotusesse suhtuda ettevaatlikult. Sookure poolt põhjustatud kahjustusi on olnud oluliselt vähem (n=133). Luikede poolt põhjustatud kahjustused on tõenäoliselt marginaalsed, sest selliseid juhtumeid on registreeritud vaid mõned üksikud.



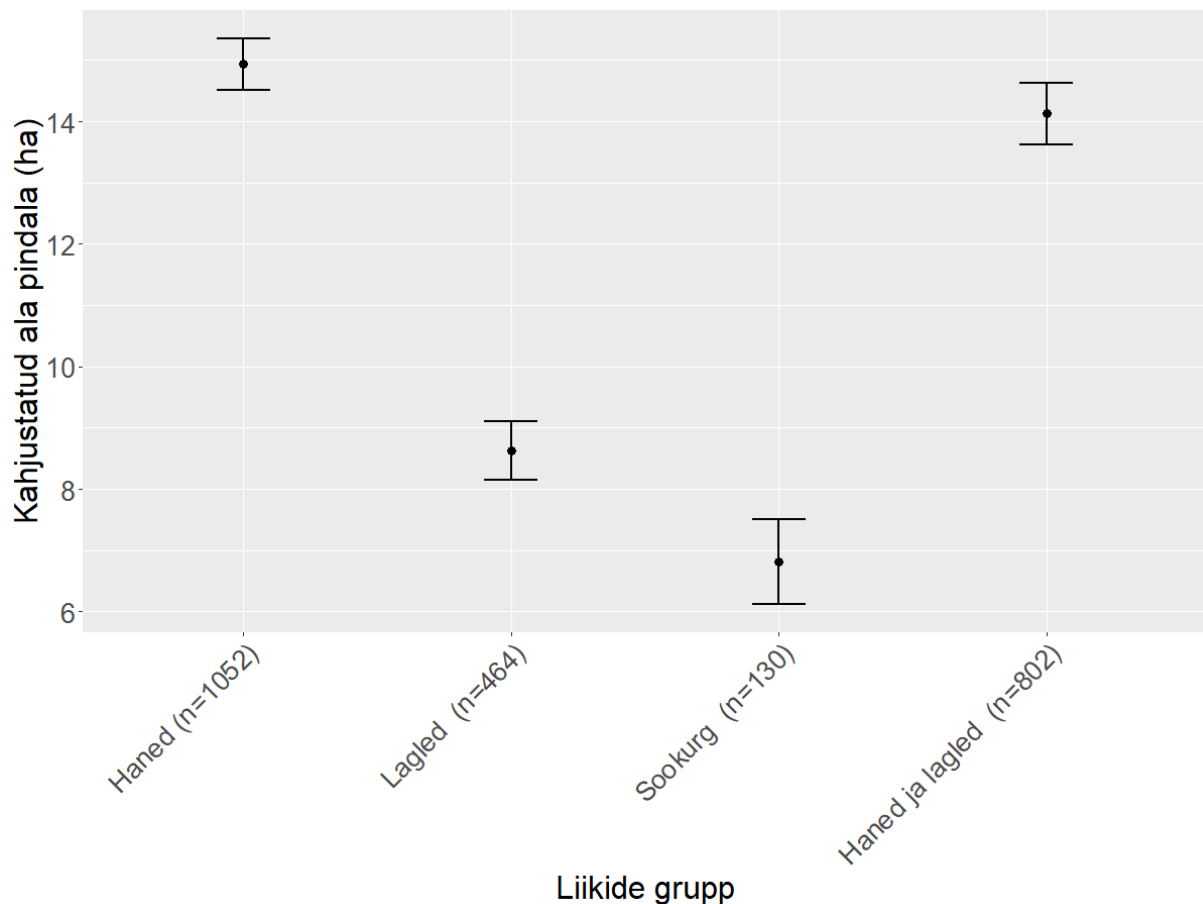
Joonis 4. Kahjustusi põhjustavad liigid. Joonisel on esitatud tulpade arvvaartustena kahjustuste arv, mis on põhjustatud vastavate liikide poolt (n=2588).

Hanede poolt põhjustatud kahjustuste rahaline väärtus (arvestuslik kahjusumma) on pisut suurem (keskmiselt ligikaudu 2400 eur) kui lagledel (keskmiselt ligikaudu 720 eurot) või sookurel (keskmiselt ligikaudu 1200 eurot; joonis 5). Samas, kui kõlvikul on kahjustusi tekitanud nii haned kui ka lagled, on tekitatud rahaline kahju märkimisväärselt suurem ulatudes keskmiselt ligikaudu 5755 euron.



Joonis 5. Kahjustusi põhjustavad liigid arvestusliku kahjusumma põhjal kõlviku kohta. Esitatud on keskmine ja standardviga ($n=1447$). Joonisel on esitatud ainult liikide grupid, mille valim oli > 100 , et grupid oleksid paremini valimi suuruse alusel omavahel võrreldavad. Gruppide valimite suurused on esitatud joonise x-teljel.

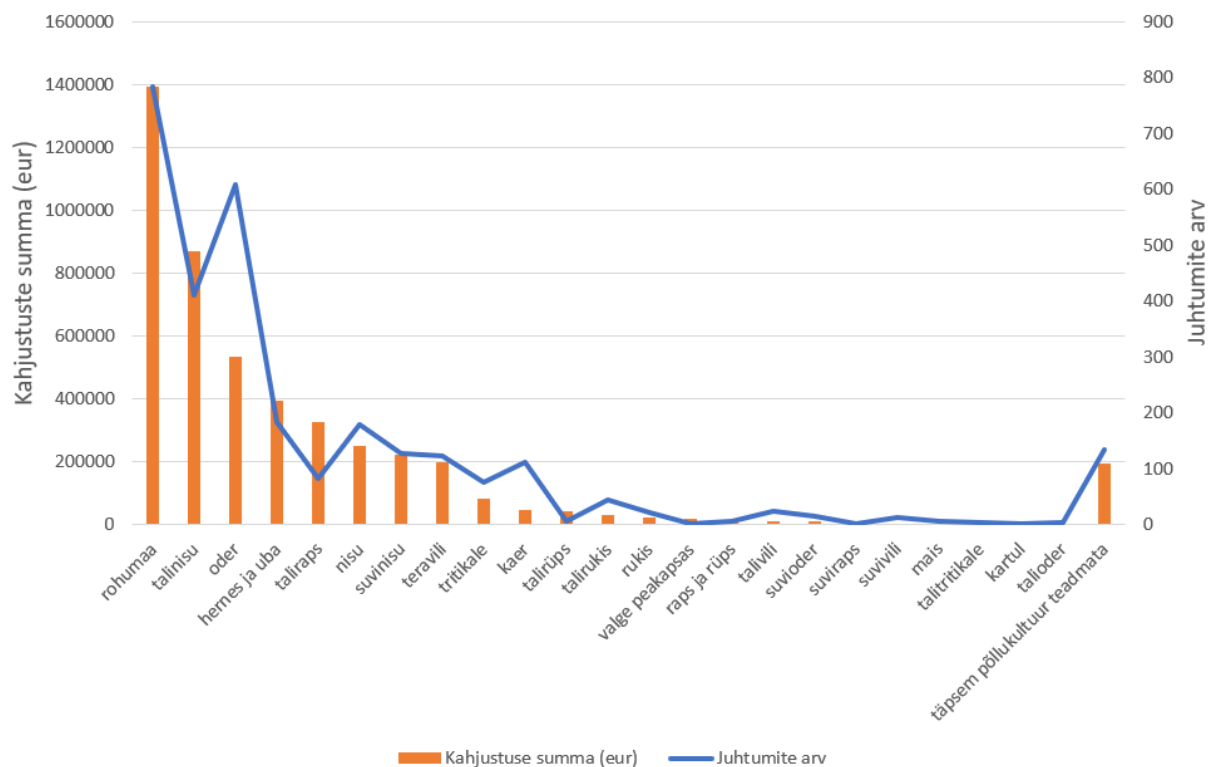
Võrreldes, kui suurel pindalal on erinevad liigid kahjustusi põhjustanud, ilmneb, et hanede poolt tekitatud kahjud on keskmiselt ligikaudu 15 ha suurusel pindalal, seevastu lagledel on vastav näitaja 8,6 ha ning sookurel 6,8 ha (joonis 6). Kui kahjustusi on põhjustanud nii haned kui ka lagled, on keskmine kahjustatud ala pindala olnud 14,1 ha.



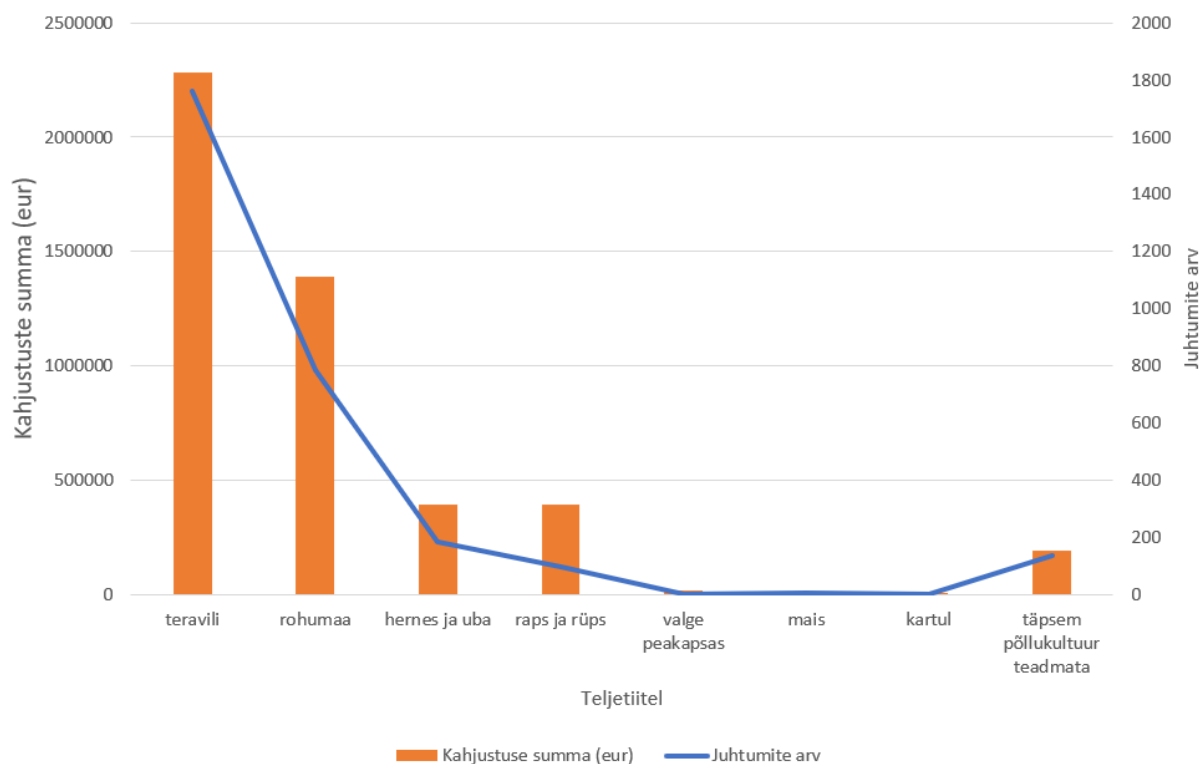
Joonis 6. Kahjustatud alade pindala (ha) kahjustusi põhjustavate liikide kaupa. Esitatud on keskmine ja standardviga (n=2448). Joonisel on esitatud ainult liikide grupid, mille valim oli > 100, et grupid oleksid paremini valimi suuruse alusel omavahel võrreldavad. Gruppide valimite suurused on esitatud joonise x-teljel.

Milliseid põllukultuure enim kahjustatakse?

Rakendusuuringu tulemuste põhjal selgus, et suures osas kahjustatakse rändlindude poolt rohumaid (sh liblikõielised kultuurid; joonis 7). Samas, rohumaaade puhul ei olnud esitatud andmete põhjal võimalik neid nii detailselt eristada kui teraviljasid või rapsi-rüpsi. Seetõttu on saadud detailsema jaotuse tulemus tõenäoliselt pisut kallutatud. Eristamata suvi- ja taliteravilju detailselt, on näha, et teraviljapõlde on kahjustatud ligikaudu 1/3 ulatuses rohkem kui rohumaid (joonis 8). Teiste põllukultuuride kahjustused on olnud oluliselt väiksemad.

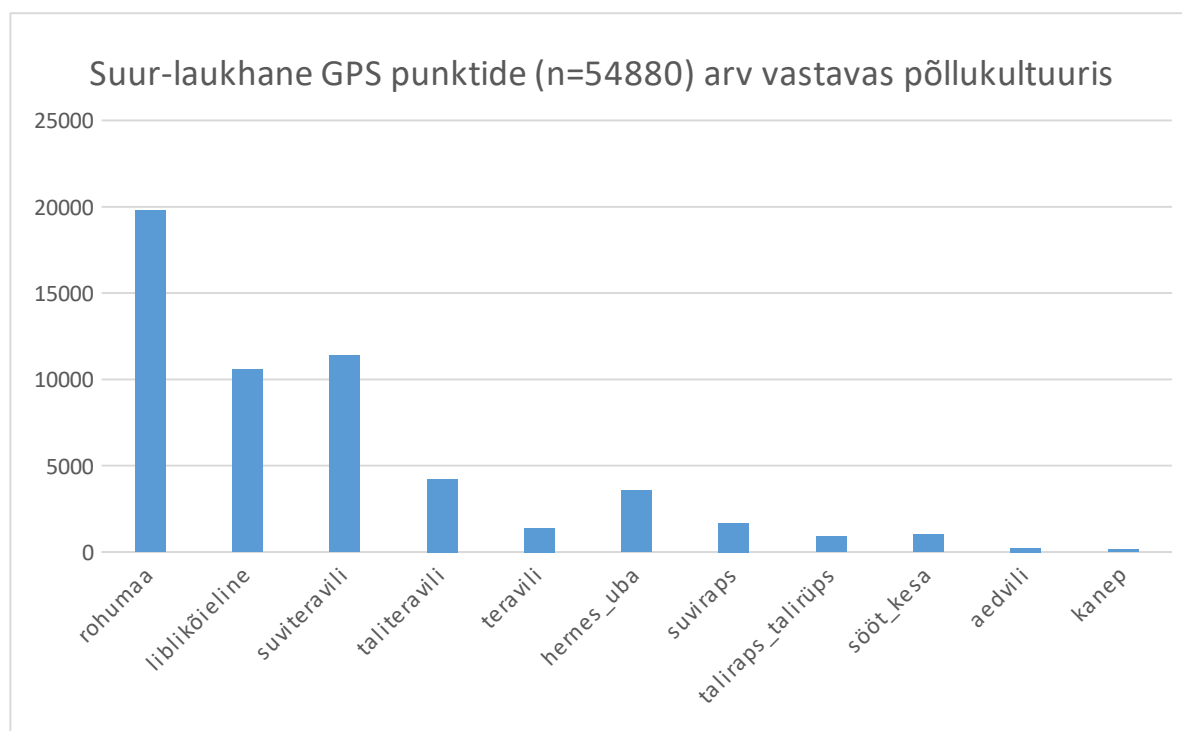


Joonis 7. Kõlvikute kahjustused põllukultuuride kaupa (arvestuslik kahjusumma, eur: oranžid tulbad ning juhtumite arv: sinine joon); detailsem jaotus (n=2902). Rohumaad sisaldavad ka liblikõielisi kultuure (näiteks erinevad ristikud).

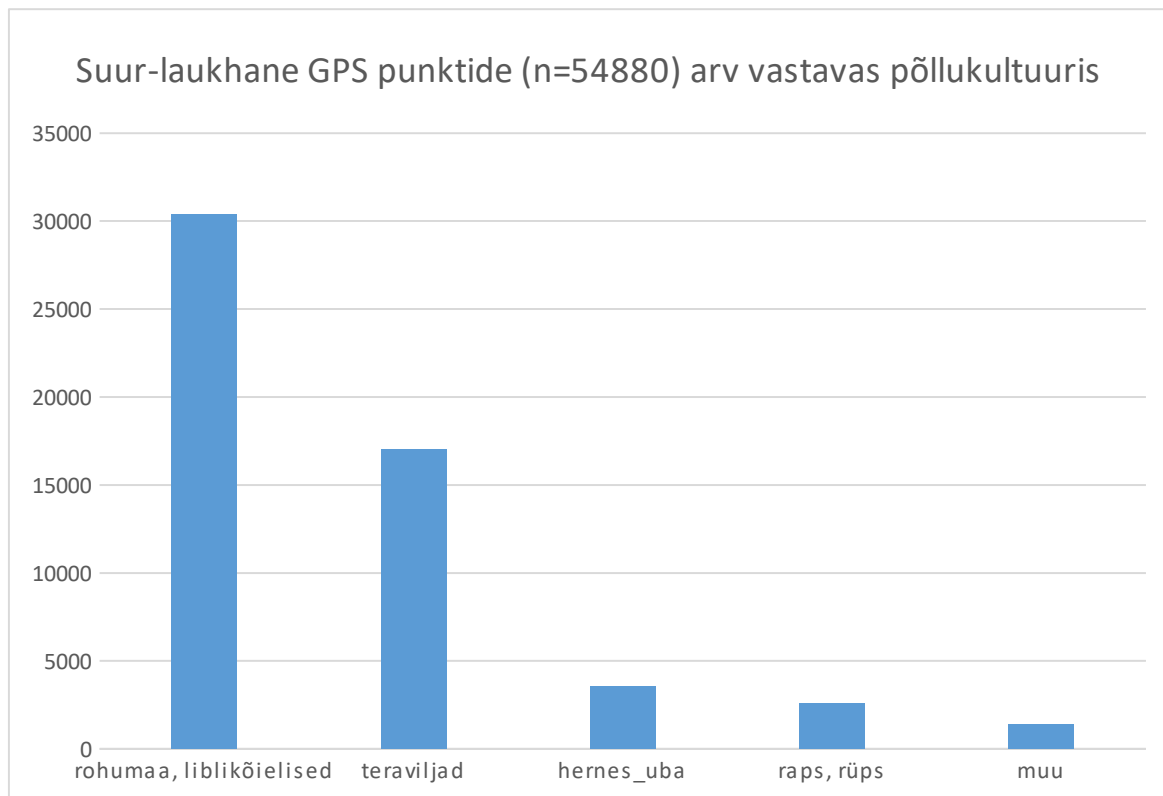


Joonis 8. Kõlvikute kahjustused põllukultuuride kaupa (arvestuslik kahjusumma, eur: oranžid tulbad ning juhtumite arv: sinine joon); üldisem jaotus (n=2902).

Varasemalt kogutud andmete põhjal oli võimalik seostada PRIA põllumassiivide registri andmeid suur-laukhanede GPS punktide paiknemise andmetega. Suur-laukhane GPS punktide jaotus põllukultuuride kaupa Kölzsch et al. (2019) andmestiku alusel on esitatud joonistel 9 ja 10. See ei näita lindude poolt tekitatud kahjustusi, vaid viitab, milliste põllukultuuridega kõlvikutel paiknesid GPS saatjatega varustatud linnud. Siiski osutab see vähemalt osaliselt põllukultuuride (st neist toitumise) eelistusele. Huvitav on märkida, et GPS saatjatega varustatud linnud peatusid olulistes põllumajanduspiirkondades ning eelistasid peatuda rohumaadel ja kõlvikutel, kus kasvatati liblikõielisi. Umbes poole vähem on GPS saatjatega olevad linnud peatunud teraviljapõldudel või muude põllukultuuridega kõlvikutel. Eesti andmetega kattub hästi Rootsis tehtud hanede elupaigakasutuse uuring, kus valdavalt toitunud läbirändavad haned rohumaadel (Elmberg, avaldamata andmed). Seega on alust arvata, et hanede poolt ei eelistata mitte ainult teravilju, vaid märkimisväärsel hulgal ka rohumaid.



Joonis 9. Rändel peatuvate suur-laukhanede GPS andmete jaotus (Kölzsch et al. 2019 andmetel) seoses põllukultuuridega Eestis PRIA põllumassiivide registri alusel (n=54880 GPS punkti). Detailne jaotus.

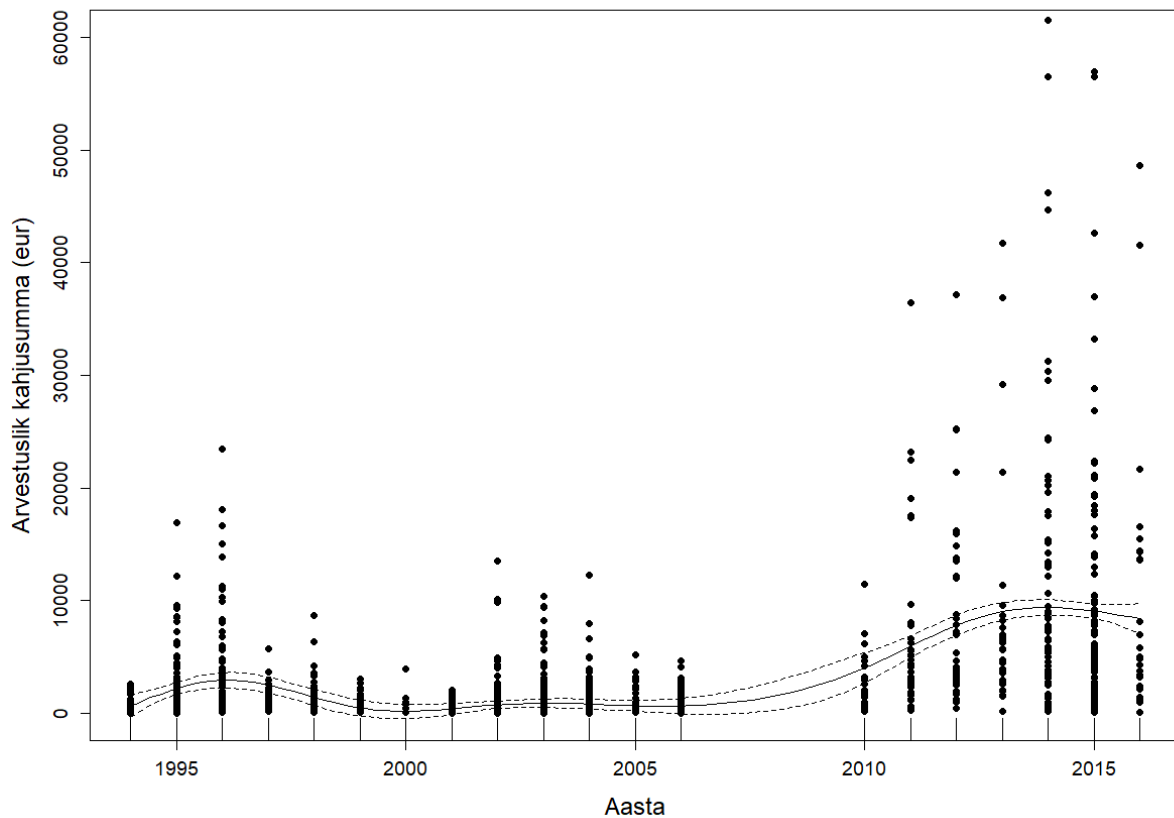


Joonis 10. Rändel peatuvate suur-laukhanede GPS andmete jaotus (Kölzsch et al. 2019 andmetel) seoses põllukultuuridega Eestis PRIA põllumassiivide registri alusel (n=54880 GPS punkti). Grupeeriv jaotus.

Kas lindude poolt tekitatud kahjustused on aasta-aastalt suurenenud või jäänud samale tasemele?

Nii lineaarne kui mittelineaarne mudel näitasid, et uuringuperioodi jooksul on suurlindude poolt tekitatud kahjustused suurenenud. Keskmise arvestuslik kahjusumma on uurimisperioodil järjest kasvanud (lineaarne mudel $t=19,6$; $p<0,001$, mittelineaarne mudel $F=89,3$; $p<0,001$). Tegelik kahjustuste kasv võib olla isegi suurem kui see andmetest nähtub, sest varasemate aastate kohta oli esitatud andmestik täielikum kui hilisemate aastate puhul. Uuringus saadud tulemus on seostatav ka kahjustusi tekitavate rändel peatuvate lindude arvu suurenemisega Eestis riikliku seire põhjal (Leito, 2017). Joonisel 11 on esitatud aditiivse mudeli põhjal saadud keskmise arvestuslik kahjusumma muutus uurimisperioodil. Arvestuslikud ehk tegelikud kahjusummad põllumajandustootjatele on oluliselt suurenenud alates 2011. aastast. Rahalises väärtuses väljendatuna on toimunud kasv keskmiselt ligikaudu 5000 eurolt 10000 euron. Uuringus saadud tulemus võib olla seotud ka põllumajandustootjate teadlikkuse kasvu (kahjustustest antakse agaramalt Keskkonnaametile teada) ja tootmise kontsentreerumisega (keskmise ühe tootja poolt haritava maa pindala on

suurenenud). Suurimad lindude poolt tekitatud kahjustused on küündinud 60000 euronni aastas. Samas on maksimaalne aastas välja makstav toetus määruse alusel 3200 eurot tootja kohta.

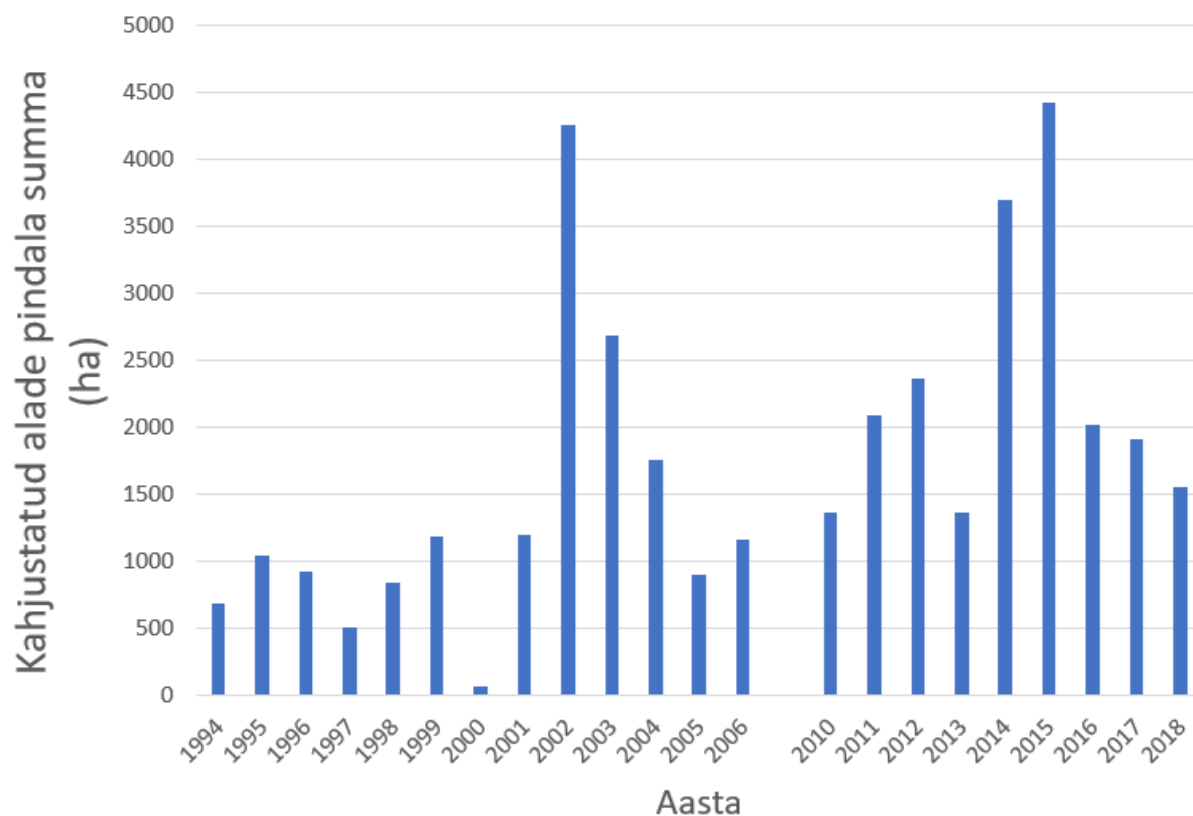


Joonis 11. Arvestusliku kahjusumma muutus uurimisperioodil (pidev joon on aditiivse mudeli seosejoon 95% usaldusintervalliga). Punktid joonisel näitavad üksikjuhtude arvestuslikku kahjusummat (n=1881).

Kui suurel pindalal on aastate lõikes kahjustused esinenud ning kas esineb kriitiline piir, millisest kõlviku pindalast hakkavad kahjustused selgelt suurenema?

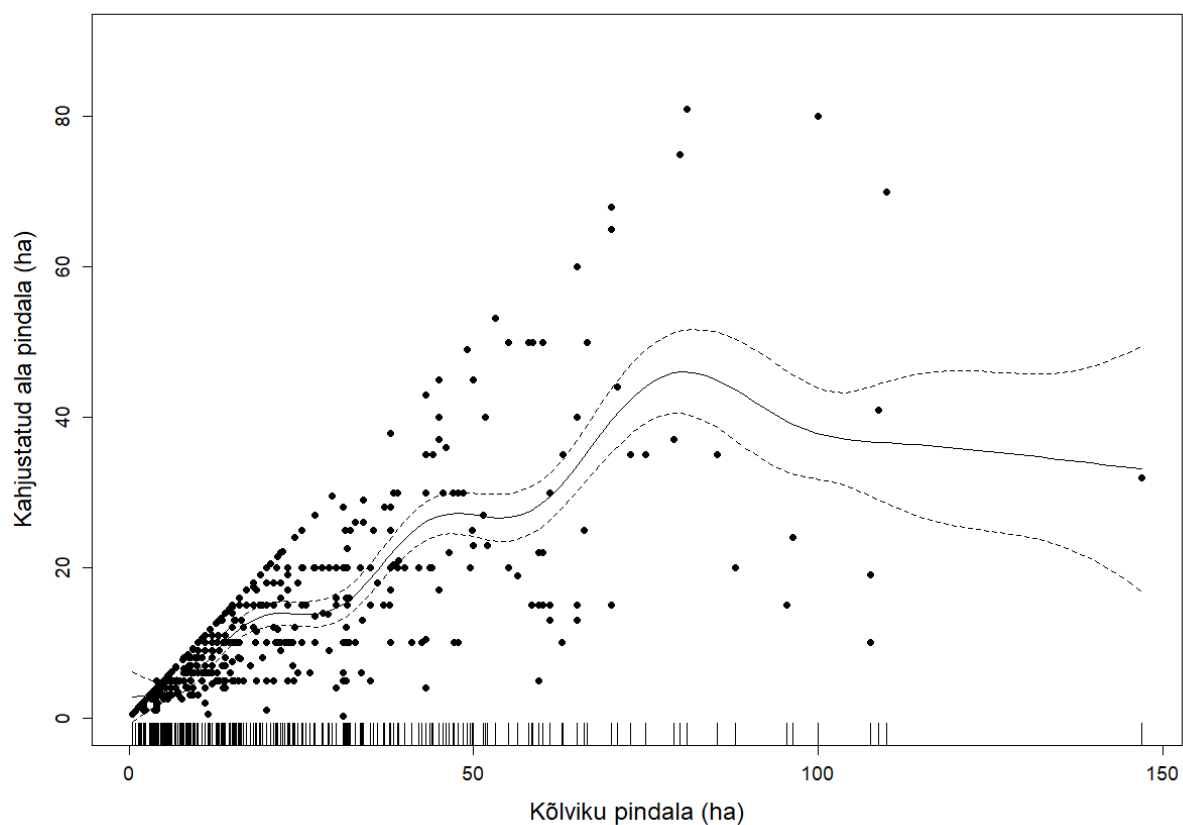
Aastati on Eestis aktidega dokumenteeritud kahjustatud alade pindala 600 hektarist ligikaudu 4500 hektarini (erandina on siit välja jäetud 2000. aasta; joonis 12). Tegelik kahjustatud alade pindala suurenemine aastate jooksul võib olla isegi suurem, kui see tulemustest järeldub, sest varasemate aastate kohta oli esitatud rohkem kaardimaterjali kui hilisemate aastate kohta. Suuremad kahjud on aktide alusel dokumenteeritud 2002, 2003, 2014 ja 2015. aastal. Siiski pole kahjude suurus (sh kahjustatud alade pindala) aastati ühtlane. Mõnel aastal on kahjustused olnud suuremad, mõnel järgmisel aastal väiksemad,

mis viitab sellele, et kahjustusi põhjustavad linnud ei ole Eestis kõikidel aastatel ühtlaselt pikalt rändepeatusi tegemas ning põllukultuuridele kahjustusi põhjustamas.



Joonis 12. Kahjustatud alade pindala summa (ha) aastate kaupa (n=2936).

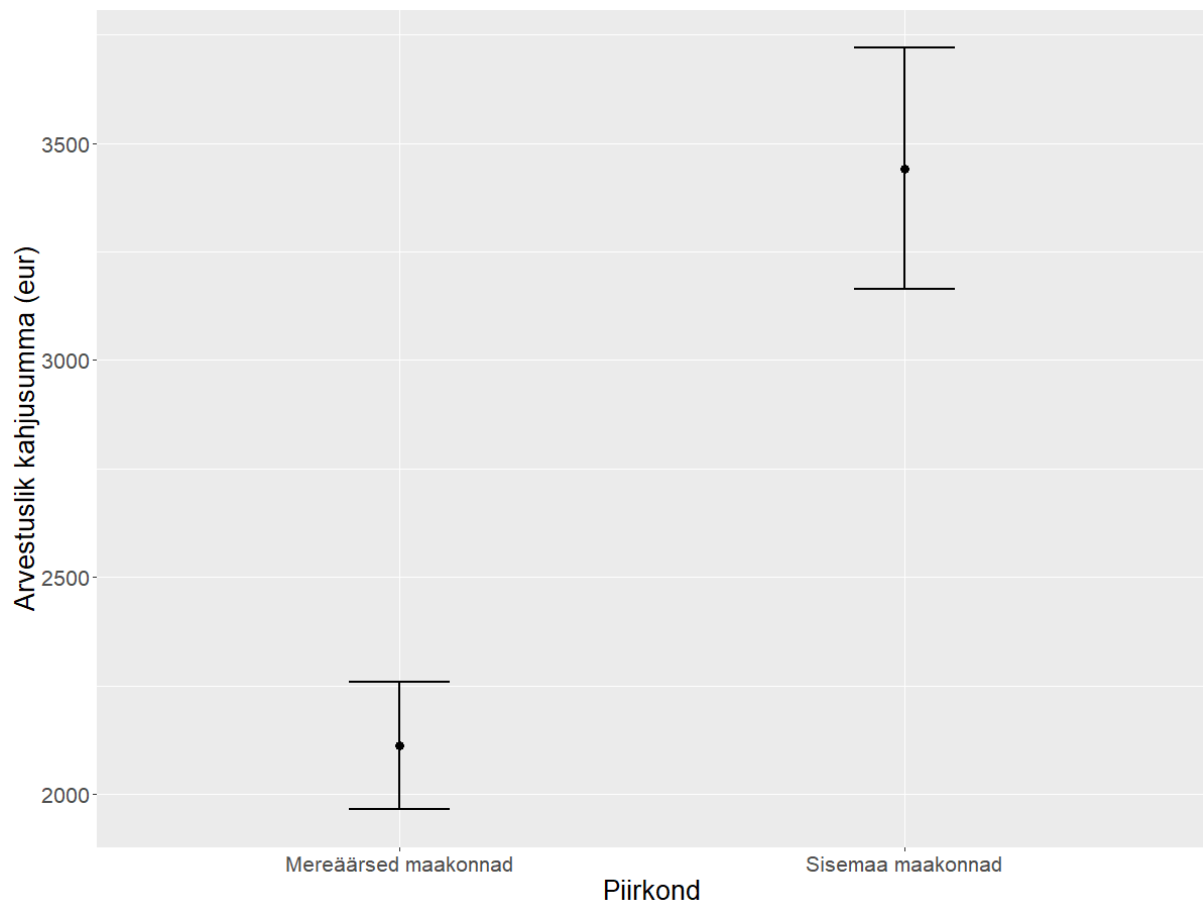
Analüüs viitas, et kahjustatud alade pindala on statistiliselt usaldusväärselt seotud kõlvikute pindalaga (lineaarne mudel $t=21,9$; $p<0,001$, mittelineaarne mudel $F=67,3$; $p<0,001$; joonis 13). Seega on kõlvikute pindalal otsene seos kahjustatud alade pindalaga. Mida suuremad on kõlvikud, seda suuremad on olnud ka kahjustatud alade pindalad. Silmas tuleb pidada, et suuremale kõlvikule mahubki pindaliselt rohkem kahjustustatud ala. Seega on üks võimalus kahjustatavate alade pindala vähendamiseks rajada väiksemaid kõlvikuid. Kõlviku suurus, millest ülespoole kahjustatud ala pindala oluliselt suureneb, on ligikaudu 30 ha.



Joonis 13. Kahjustatud alade pindala (ha) ja kõlviku pindala (ha) seos. Punktid joonisel näitavad üksikjuhte (n=427). Pidev joon on aditiivse mudeli seosejoon, katkendjoon 95% usaldusintervall.

Kas ranniku-Eestis on kahjustused suuremad kui sise-Eestis?

Analüüsi tulemuste põhjal selgus, et keskmine arvestuslik kahjusumma on sisemaa maakondades olnud statistiliselt usaldusväärselt kõrgem kui mereäärsetes maakondades ($t=4,5$; $p<0,001$; joonis 14). Seega põhjustavad rändlinnud sisemaal ühele tootjale keskmiselt suuremat kahju kui rannikuäärsetes piirkondades.



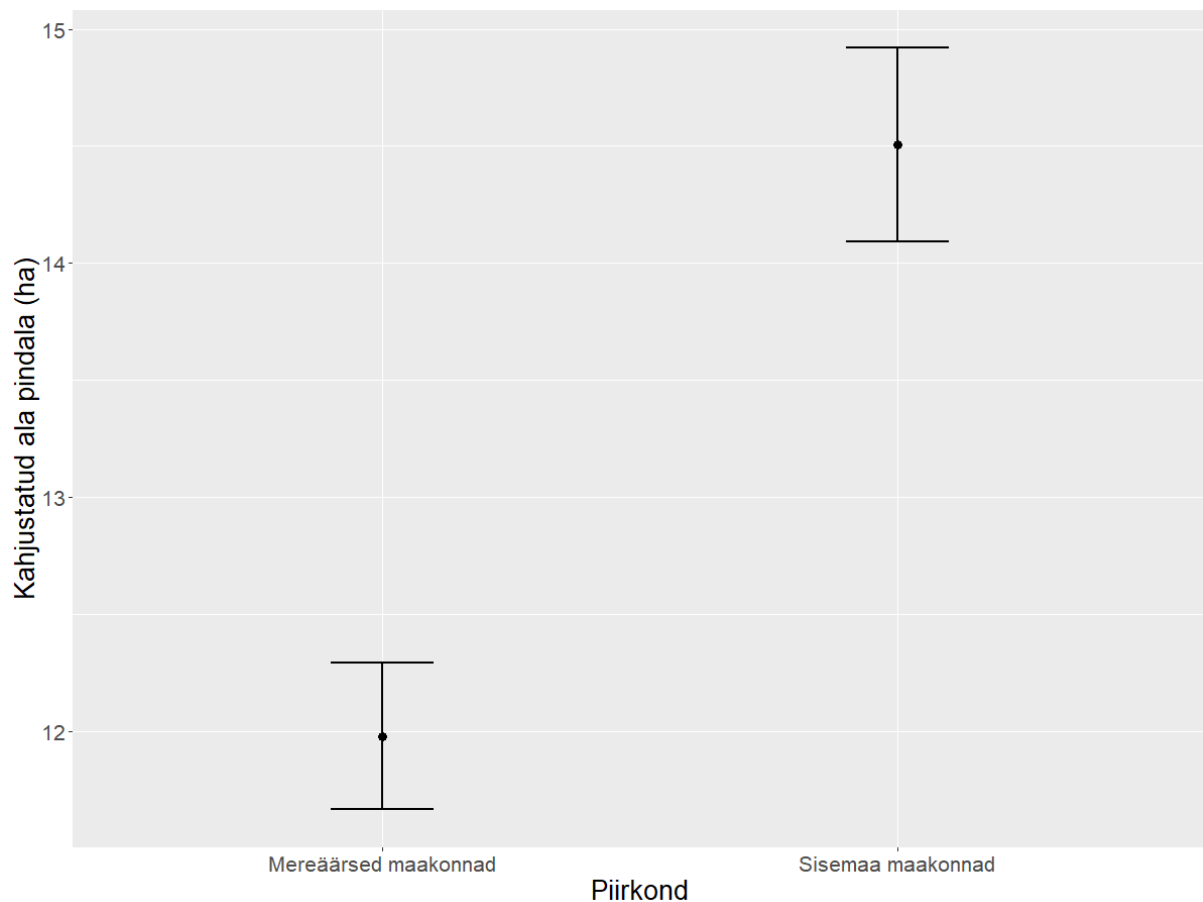
Joonis 14. Arvestusliku kahjusumma (eur) võrdlus mereäärsetes ja sisemaa maakondades. Esitatud on keskmine ja standardviga (n=1883).

Võrreldes piirkondi kogu uurimisperioodi vältel, ilmnes suundumus, et sisemaa maakondades on keskmine arvestuslik kahjusumma uurimisperioodi jooksul suurenenud pisut rohkem kui mereäärsetes maakondades (joonis 15). See viitab, et rändlinnud on hakanud toituma lisaks mereäärsetele kõlvikutele järjest enam ka sisemaal paiknevatel kõlvikutel ning kahjustuste hulk sisemaal on seetõttu järjest kasvanud. Samas on ka mereäärsetes maakondades kahjustuste hulk uurimisperioodil jätkuvalt suurenenud, kuid aeglasemalt kui sisemaal.



Joonis 15. Arvestusliku kahjusumma võrdlus mereäärsetes ja sisemaa maakondades uurimisperioodil. Punktid joonisel näitavad üksikjuhtude arvestuslikku kahjusummat. Esitatud on keskmine (pidevjoon) ja usaldusintervall (hall ala ümber pidevjoone; $n=1883$).

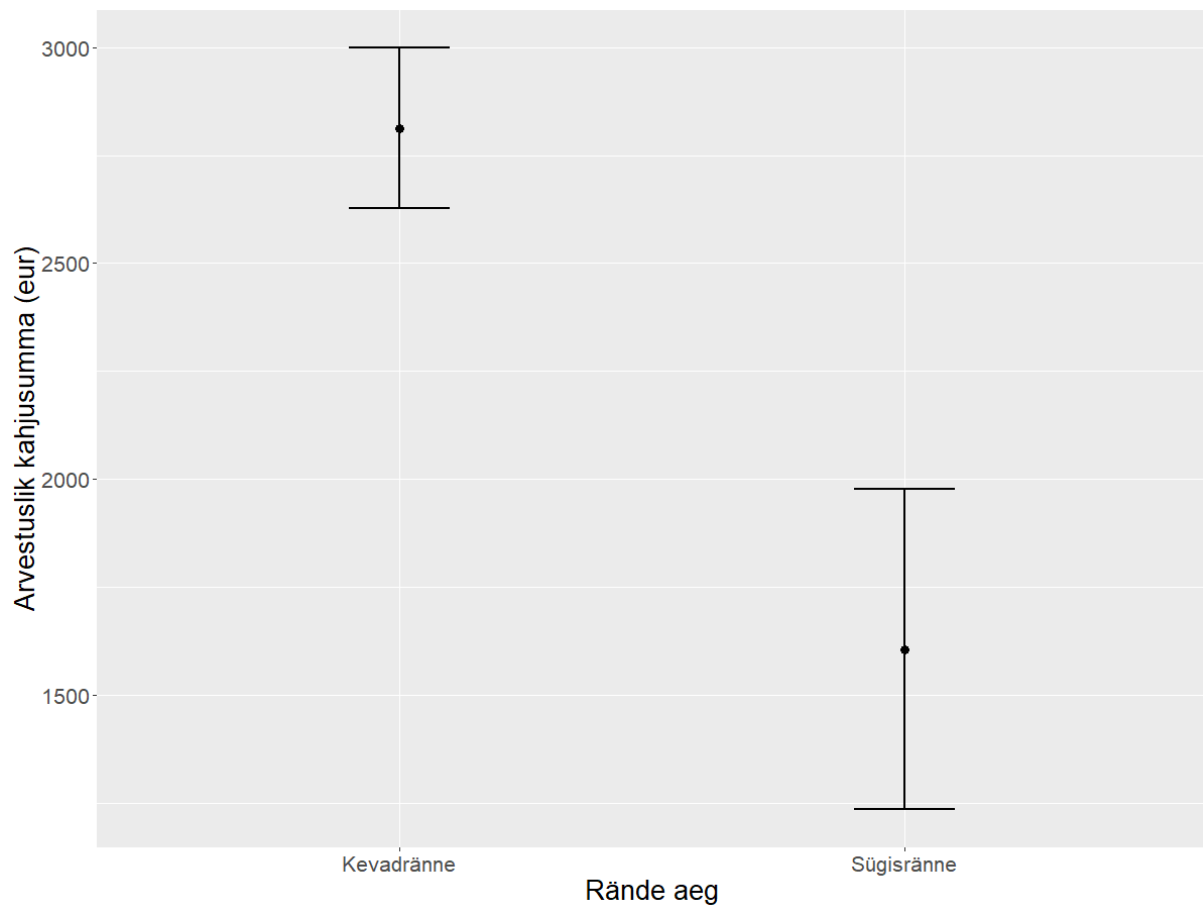
Teostatud analüüs viitas, et sisemaal on ka kahjustatud pindalad keskmiselt suuremad kui mereäärsetes piirkondades. See tulemus oli statistiliselt usaldusväärne ($t=4,9$; $p<0,001$; joonis 16). Sisemaal on keskmine kahjustatud pindala kõlviku kohta veidi üle 14,5 ha, mereäärsetes piirkondades aga 12 ha.



Joonis 16. Kõlvikul kahjustatud ala pindala (ha) võrdlus mereäärsetes ja sisemaa maakondades. Esitatud on keskmine ja standardviga (n=2925).

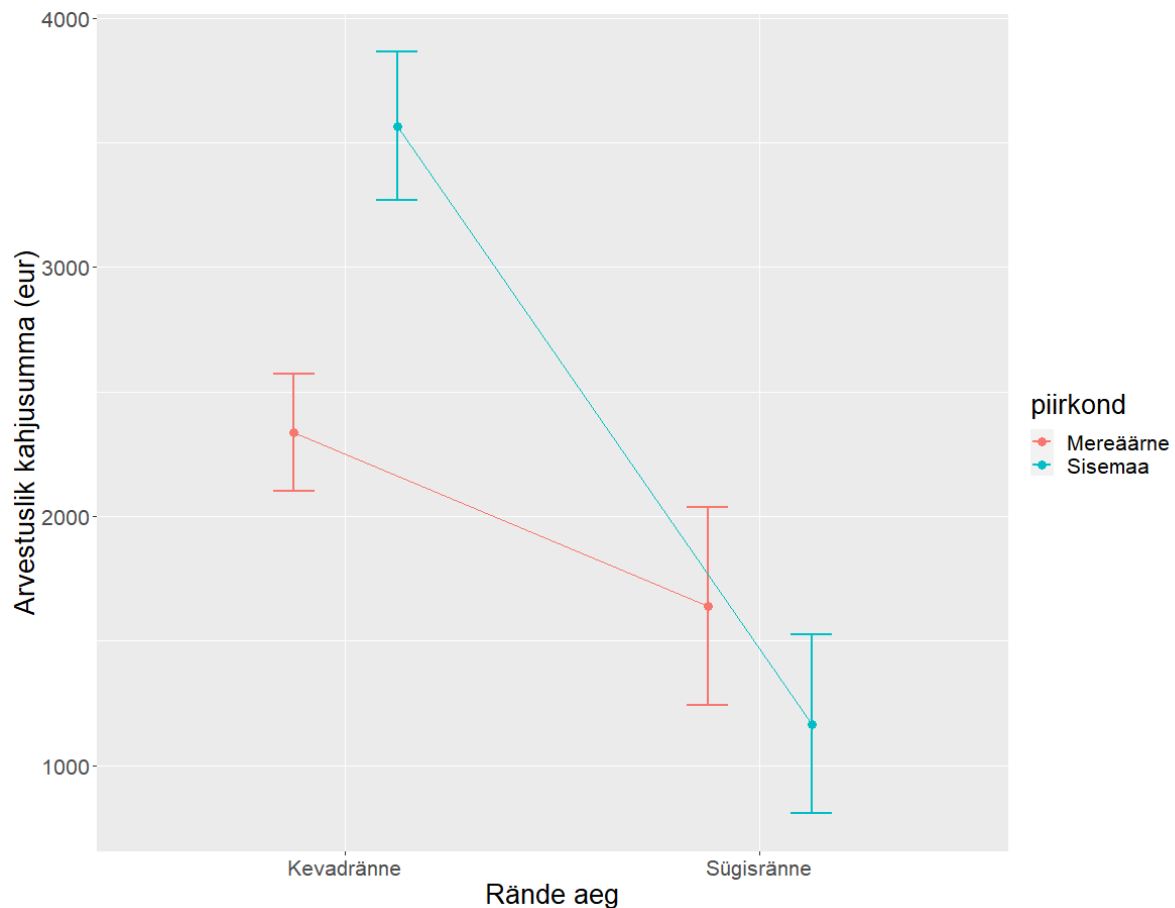
Kas kahjustused on suuremad kevad- või sügisrände perioodil?

Võrreldes arvestuslikke kahjusummasid leiti, et kevadeti on lindude poolt põhjustatud kahjustused kõlvikul, mida nad toitumisalana kasutasid, suuremad kui sügiseti. See erinevus oli ka statistiliselt usalusväärne $t=4,5$; $p<0,001$; joonis 17. Kevadrändel olevate lindude poolt põhjustatud keskmine arvestuslik kahjustuse maksumus kõlviku kohta oli pisut suurem kui 2800 eurot, seevastu sügisrändel ligikaudu 1600 eurot.



Joonis 17. Arvestusliku kahjusumma (eur) võrdlus kevad- ja sügisrändel. Esitatud on keskmine ja standardviga (n=1403).

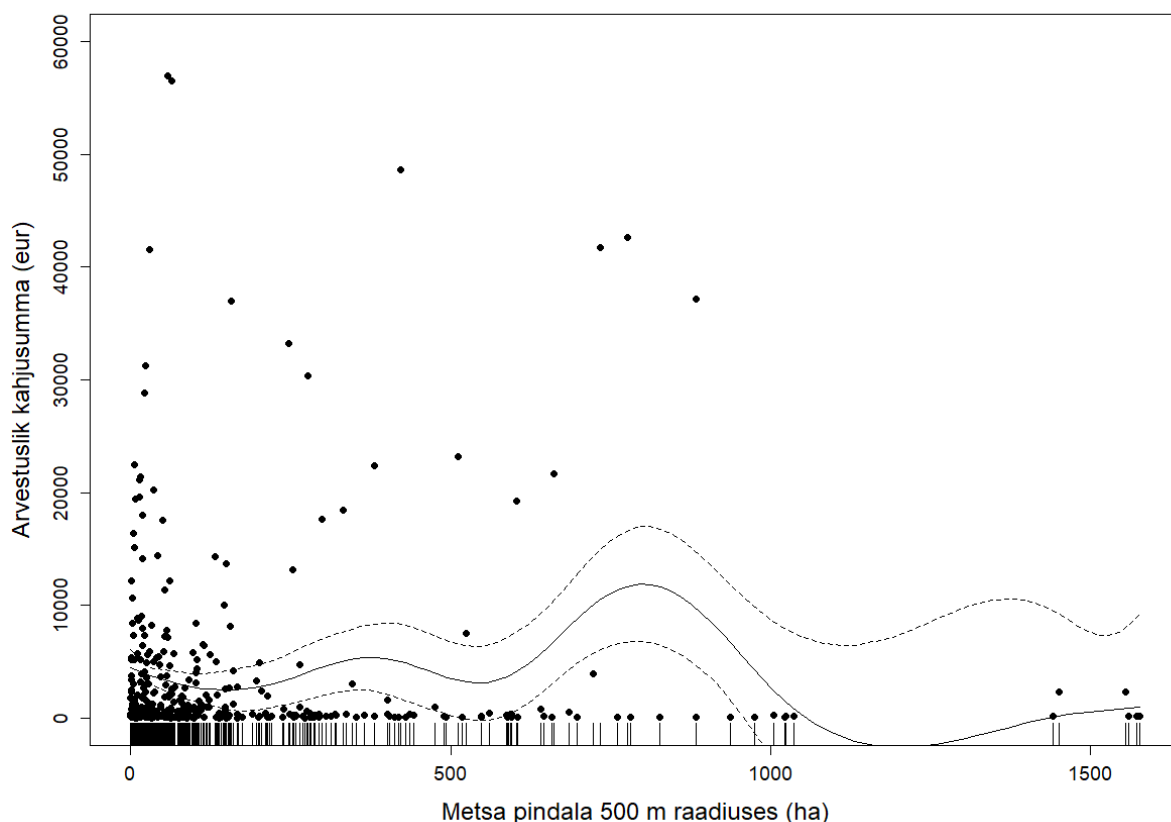
Detailsem analüüs piirkondade kaupa viitas samuti, et nii kevadrändel on lindude poolt tekitatud kahjustused suuremad (kõrgem arvestusliku kahjusumma keskmine väärtus, joonis 18). Lisaks ilmnes analüüsi põhjal suundumus, et mereäärsetes piirkondades periooditi kahjustused nii palju ei erine kui sisemaal, kus rände ajast sõltuv erinevus on kordades suurem. Samas on mereäärsetes piirkondades sügiseti isegi rohkem kahjustusi kui sisemaal maakondades.



Joonis 18. Arvestusliku kahjusumma (eur) võrdlus kevad- ja sügisrändel piirkondade kaupa. Esitatud on keskmine ja standardviga (n=1403).

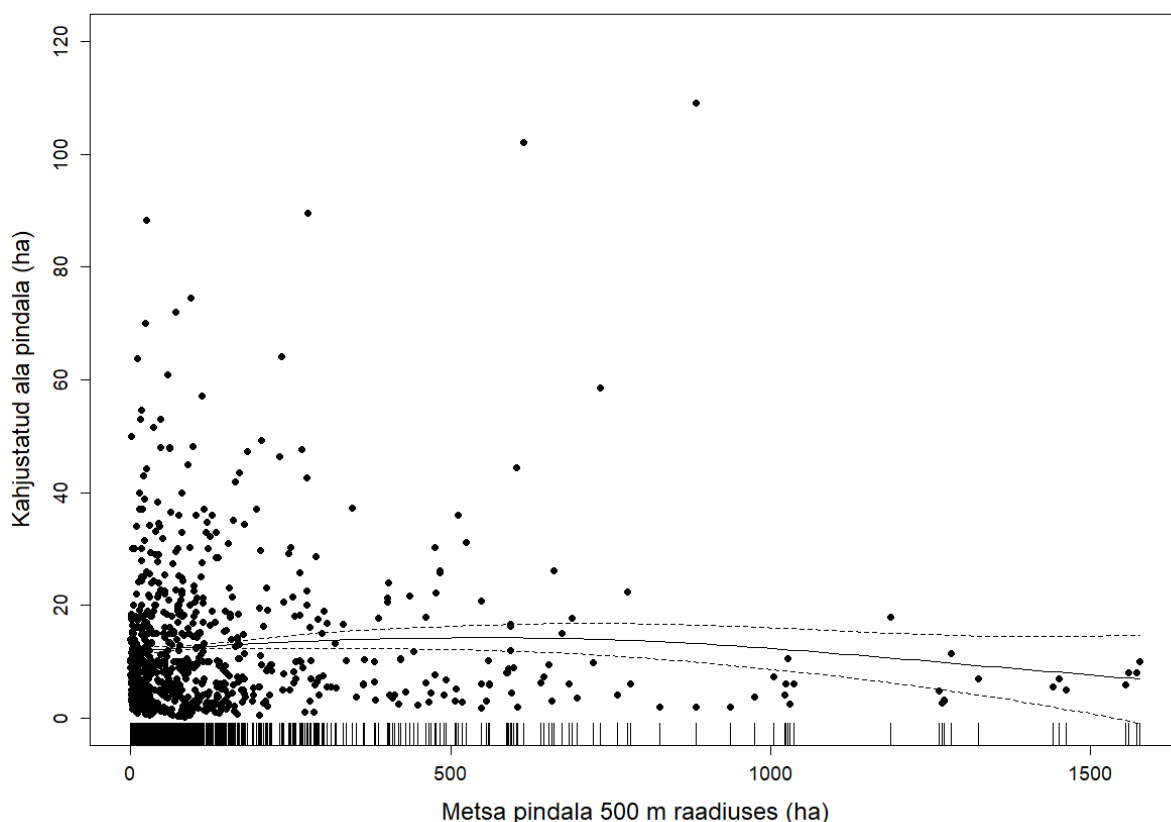
Kas kahjustusi mõjutab kohalik maastiku struktuur (puistu pindala 500 m ulatuses kõlviku servast)?

Analüüs näitas, et maastiku struktuuril pole otsest selget mõju, mida saaks seostada rändlindude poolt tekitavate kahjudega põllumajandustootjatele. Nimelt ei olnud puistu pindala 500 m ulatuses seostatav arvestuslike kahjusummadega (lineaarne mudel $t=0,5$; $p=0,6$, mittelineaarne mudel $F=1,6$; $p=0,1$; joonis 19). Enne analüüsi võis küll eeldada, et metsa lähedus võiks kahjustuste suurust vähendada, kuid uuringus kasutatud statistiliste mudelite puhul see seos ei ilmnenu.



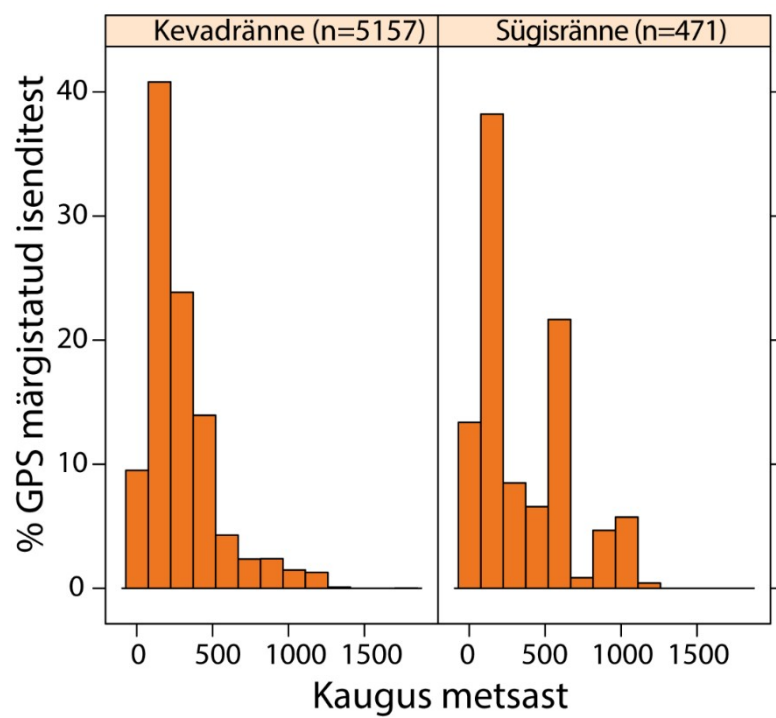
Joonis 19. Arvestusliku kahjusumma (eur) seos metsa pindalaga 500 m raadiuses (ha). Punktid joonisel näitavad üksikujuhtude arvestuslikku kahjusummat ($n=386$). Pidev joon on aditiivse mudeli seosejoon, katkendjoon 95% usaldusintervall.

Metsa pindala 500 m ulatuses polnud seostatav ka kahjustatud alade pindalaga põllumajanduskõlvikutel (lineaarne mudel $t=0,05$; $p=0,96$, mittelineaarne mudel $F=2,0$; $p=0,12$; joonis 20). Seega ei saa väita, et kahjustatud alad oleksid pindalaliselt suuremad kui metsa pindala kahjustatud alade läheduses (500 m ulatuses) oleks väiksem. Seega antud uuringus põllumajanduskahjustuste ja maastiku struktuuri vahel seost ei leitud.



Joonis 20. Kahjustatud alade pindala (ha) seos metsa pindalaga 500 m raadiuses (ha). Punktid joonisel näitavad üksikjuhtude kahjustatud ala pindala ($n=807$). Pidev joon on aditiivse mudeli seosejoon, katkendjoon 95% usaldusintervall.

Ka varasema uuringu andmete alusel (Kölzsch et al. 2016) ei leitud selget seost suur-laukhanede asukohade ja metsa kauguse vahel. Suur-laukhanede GPS punktide jaotuste seosed erinevatel rändeaegadel (isendite kaugus metsast) on esitatud joonisel 21. Andmestik võimaldab väita, et haned proovivad võimalusel metsa lähedust vältida. Ehkki ligikaudu 10% GPS punktide signaalidest on tulnud metsa lähedusest (kuni 100 m), on umbes 40% GPS punktide asukohtadest nii kevad- kui ka sügisrände ajal olnud vahemikus 100-200 m metsast ja pooled punktidest veelgi kaugemal. Seega püüavad linnud metsast tulenevaid ohte (eelkõige kisklus, jaht) arvestada ja võimalusel vältida.



Joonis 21. Kevad- ja sügisrändel peatuvate suur-laukhanede jaotus seoses kaugusega metsast (Eesti Põhikaart 1 : 10 000, pindala arvestamata; Kölzsch et al. 2016 alusel).

Soovitused

Siiani on põhjalikumalt läbi analüüsimata rahvusvaheliste uuringutes kasutatud GPS saatjatega märgistatud lindude andmestikud. Eesti kohta on muuhulgas olemas suur-laukhanede (Kölzsch et al. 2016 ja 2019), valgepõsk-laglede (Shariati-Najafabadi et al. 2016), luikede (L.Luigujõe, *suul.*) ja sookurgede (Ojaste, 2019) andmed. Nende andmete põhjalikum analüüs võiks anda uut ja olulist infot, eriti kui kombineerida neid kaasaegsete Eesti registritega (PRIA põllumassiivide andmestik, EELIS-e poollooduslike-koosluste kaardikiht). Kui riiklikult soovitakse temaatikaga põhjalikumalt tegeleda, siis on hädavajalik tagada nende andmete analüüsiks vajalik rahastus, et leevendada konflikti ning otsida tasakaalukaid lahendusi elurikkuse, keskkonnakaitse ja põllumajandustootmise vahel.

Samuti oleks vajalik analüüsida märgistatud lindude kaelarõngaste andmeid (peatuspaigad, Eesti-sisene liikumine, rändeinfo).

Soovitame teostada rahvusvahelisi uuringuid, mis võtaks kokku hanede-laglede kahjustuste info, makstud toetused ja muud kulud. Seni sellised üle-Euroopalised uuringud puuduvad.

Eestis võiks uurida süsinik/lämmastik (C/N) suhet hanede-laglede ekskrementides. Selle meetodi abil saab täpsemalt hinnata toidu kvaliteeti ja toitumisalade sobivust/mittesobivust rändlindudele, kes kahjustusi põhjustavad (Schreven, 2020).

Analüüsi tulemus näitas, et mida suuremad on olnud kõlvikud, seda suuremad on olnud ka kahjustatud pindalad kõlvikutel. Siiski peab välja tooma, et suuremale kõlvikule „mahub” rohkem ka hanesid-laglesid ja seega on ka pindalaliselt (ja rahalises vääringus) kahjustusi rohkem. Siiski, rajades väiksemaid kõlvikuid on võimalik (osaliselt) vähendada kahjustatud alade pindala. Paraku on Eestis viimastel dekaadidel toimunud vastupidine suundumus. Kõlvikute keskmine pindala on suurenenud, sest järjest enam on väiksemaid kõlvikuid omavahel liidetud, või liidetud need suuremate kõlvikutega (Marja, avaldamata andmed). See on üks tegur, lisaks liikide arvukuse suurenemisele, miks on lindude poolt tekitatud kahjustused Eestis suurenenud.

Tulemuste põhjal selgus, et kahjustusi tekitavad rändlinnud toituvad olulisel määral ka rohumaadel. Üks võimalus kahjustuste vähendamiseks on kasutada olemasolevaid poldreid

(Aardla, Valguta, Laeva, Rämsi, Audru, Rápina jne) kompensatsioonialadena, sest nende põllumajanduslik väärtus on võrreldes viljakamate muldadega aladega niikuinii madalam. Eelmainitud, rändlindude jaoks oluliseks osutunud poldrid asuvad suuremate veekogude läheduses, mida linnud saavad kasutada puhkamiseks ja nende energiakulu (lühemad lennudistsid) on seetõttu väiksem. Eelnevast lähtuvalt oleksid ka kahjustused põllumajandustootjatele seetõttu väiksemad. Seega, kui poldri maakasutus oleks rohumaa ning kui poldritelt linde eemale ei peletataks, aitaks see kahjustuste hulka vähendada. Samas on Eestis viimasel dekaadil poldritel järjest enam teravilja või rapsi kasvatatud (kõrgemad toetusmäärad võrreldes rohumaadega) ja see on omakorda hoopis suurendanud konflikti lindude ja põllumajandustootjate vahel.

Tulevikus soovitame kahjustuste akteerimisel alati lisada aktile (ja salvestada dokumendihaldussüsteemi) ka võimalikult täpne kahjustatud alade kaardimaterjal. See on oluline alusinformatsioon erinevateks analüüsideks ja soovituste koostamiseks, et konflikti lindude ja põllumajandustootjate vahel vähendada.

Kasutatud kirjandus

Kölzsch A., Bauer S., de Boer R., Griffin L., Cabot D., Exo K.-M., van der Jeugd H.P., Nolet B.A. 2014. Forecasting spring from afar? Timing of migration and predictability of phenology along different migration routes of an avian herbivore. *Journal of Animal Ecology*. 84: 272-283.

Kölzsch, A., Müskens, G.J.D.M., Szinai, P., Moonen, S., Glazov, P., Kruckenberg, H., Wikelski, M., Nolet, B.A. 2019. Flyway connectivity and exchange primarily driven by moult migration in geese. *Movement Ecology*, 7: doi:10.1186/s40462-019-0148-6

Kölzsch, A., Müskens, G.J.D.M., Kruckenberg, H., Glazov, P., Weinzierl, R., Nolet, B.A., et al. (2016). Towards a new understanding of migration timing: slower spring than autumn migration in geese reflects different decision rules for stopover use and departure. *Oikos* 125: 1469-1507.

Leito, A. 2017. Riikliku keskkonnaseire eluslooduse mitmekesisuse ja maastike seire allprogrammi seiretööd 2017. Osa nr. 27. Seiretöö: Hanede rändekogumid. Koondaruanne. Eesti Maaülikooli Põllumajandus- ja Keskkonnainstituut.

Ojaste, I. 2019. Breeding and migration ecology of Common Crane (*Grus grus* L.). PhD thesis. University of Life Science. Tartu.

Shariati-Najafabadi, M., Darvishzadeh, R., Skidmore, A.K., Kölzsch, A., Exo, K.M., Nolet, B.A., et al. 2016. Environmental parameters linked to the last migratory stage of barnacle geese en route to their breeding sites. *Animal Behaviour* 118: 81-95.

Shariatinajafabadi, M., Wang, T., Skidmore, A.K., Toxopeus, A.G., Kölzsch, A., Nolet, B.A., et al. 2014. Migratory herbivorous waterfowl track satellite-derived green wave index. *PLoS One* 9, e108331.

R Core Team. 2019. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Wood, S.N. 2006. Generalized Additive Models: An Introduction with R. Chapman and Hall/CRC.

Määrus "Looma tekitatud kahju hindamise metoodika, kahju hüvitamise täpsustatud ulatus ja hüvitamise kord ning kahjustuste vältimise abinõudele tehtud kulutuste hüvitamise täpsustatud ulatus ja kord". URL: <https://www.riigiteataja.ee/akt/116122010005?leiaKehtiv>

Lisa 1. Suur-laukhane rändekoridore erinevus kevad- ja sügisrändel Kölzsch et al (2019) alusel. Ülemine joonis kevadränne (hanede ränne palju hajusam), alumine joonis sügisränne (hanede ränne oluliselt kitsamas „koridoris“).

