



KESKKONNAAGENTUUR

Metsaökosüsteemi seisundi hindamine pikaajaliste riiklike seirete põhjal

Keskkonnaagentuur

2019

Sisukord

Kokkuvõte	3
Töö eesmärk	5
Uuringu koostamise tööühm	5
Üldmetoodika	6
Tulemused	9
Arutelu	61
Soovitused	65
Kasutatud kirjandus	66
Lisad	68

Kokkuvõte

Käesolevas uuringus antakse ülevaate Eesti metsade ökoloogilisest seisundist pikaajsete riiklike seirete põhjal viimastel dekaadidel. Uuringuks kasutati erinevaid metsaressursi, -tervise ja ökoloogilisi indikaatoreid.

Uuringuks valiti järgnevad indikaatorid. Metsaressurss: harvendus- ja lageraie pindala, raiemaht, okas- ja lehtpuupuistute pindala, metsamaa kogupindala, kasvava metsa maht, surnud puidu tagavara, üheliigiliste, 2-3 liigiliste ja 4-5 liigiliste puistute pindala, okas- ja lehtpuupuistute vanuseline jaotus. Metsatervis: esimese astme metsaseire vaatluspunktides okkahoo alusel terveks hinnatud ja nõrga kahjustusega mändide ning kuuskede protsent. Esimese astme metsaseire vaatluspunktides mehhaaniliste vigastustega mändide ja kuuskede protsent ning võrsevähitaoliste kahjustustega mändide protsent. Teise astme metsaseire alusel üdlämmastiku, kaltsiumi, kaaliumi ja sulfaate väevli sadenemine võrade all ja avamaal. Ökoloogilised indikaatorid: päevaliblikate liikide ja isendite arv, kes on seotud metsaelupaigaga, 14 erinevat metsalinnustiku indikaatorit, ulukite indikaatorid (põdra populatsiooni suurus ja asurkonna kasvukiirus, valgejänese, metsnugise ja orava jäljeindeksid, suurkiskjate pesakondade arv ning valgejänese ja metsnugise küttemisandmed) ning Loodusdirektiivi metsaelupaikade seisund.

Valitud indikaatorite alusel saadud tulemused näitasid, et Eesti metsade ökoloogilise seisundi saab hinnata halvast kuni heani, sest kasutatud indikaatorite seisundid on uuritud ajavahemikul muutunud erinevalt. Uuringus kasutatud indikaatorite alusel on metsaressursi näitajad stabiilses või heas seisus. Metsatervise indikaatorid näitasid osaliselt sarnast suundumust Eestis. Nimelt mändide okkahoo või aluseline ning happeline sadenemine on vähenenud viimastel aastakümnetel. Kuuskede okkahoo on stabiilses seisus. Samas on suurenenud okaspuude mehhaanilised vigastused ning mändide võrsevähitaolised kahjustused.

Ökoloogilistest indikaatoritest olid päevaliblikate ja ulukite seisund valdavalt stabiilne või hea. Siiski kasutatud indikaatoritest valgejänese populatsioon on Eestis kahanenud. Lisaks on valdav osa metsalindude indikaatoreid märkimisväärselt kahanenud. Uuringu tulemused viitavad, et metsalindude populatsioonide languse üks põhjus on tõenäoliselt elupaikade kadumine. Vaid kaudsetele andmetele tuginedes võib lisaks oletada, et linnupopulatsioonid on osaliselt kahanenud ka mõjutuste tõttu rändeteedel ja/või talvituseladel. Metsaelupaigatüüpide üldseisundi võib hinnata stabiilseks. Siiski enamiku metsaelupaigatüüpide seisund ei ole võrreldes eelmise aruandlusperioodiga veel paranenud.

Uuringu arutelu peatükis antakse ülevaate olemasolevatest lünkadest ning võimalikest uutest seirete või uuringute vajadusest. Muuhulgas oleks tulevikus soovitatav kasutada seirete algandmeid ning teostada asukohapõhiseid detailseid analüüse, kuhu kaastatakse ka metsaressursi näitajad (raie, metsade liigilise koosseisu muutus vmt), et selgitada põhjus-tagajärgi seoseid metsatervise või ökoloogiliste indikaatorite seisundi muutuste kohta sõltuvalt püstitatud uurimisküsimusest. Selline lähenemisviis on küll ajakulukam, kuid annab tõenäoliselt adekvaatsema tulemuse metsamajandamise ja metsaökosüsteemi seisundi indikaatorite omavaheliste seoste kohta.

Keskkonnaagentuur arendab haldusalas olevaid andmebaase (Keskkonnaregister, Eesti eluslooduse infosüsteem, Metsaregister, Keskkonnaseire infosüsteem KESE) edasi ning tulevikus keskkonnaseireandmete kättesaadavus ja ka kasutavus tõenäoliselt suureneb. Lisaks jätkatakse tulevikus metsaökosüsteemi seisundi hindamist lisaks riiklikele seiretele veel „Elurikkuse sotsiaal-majanduslikult ja kliimamuutustega seostatud keskkonnaseisundi hindamiseks, prognoosiks ja andmete kättesaadavuse tagamiseks vajalikud töövahendid” (ELME) projekti kaasabil. Selle projekti raames töötatakse välja ökosüsteemiteenuste kaardistamise ja hindamise tegevuskava, kaardistatakse ja hinnatakse valitud ökosüsteemide teenused ja hinnatakse rohevõrgustiku toimivust.

Töö eesmärk

Töö lähteülesanne ja esimese koosoleku memo on esitatud Lisas 1 (a ja b).

Käesoleva uuringu eesmärk on anda ülevaade Eesti metsaressursist, metsa tervisest ja ökosüsteemi indikaatoritest riiklike pikaajaliste seirete põhjal hindamaks metsade ökoloogilist seisundit.

Asjaolul, et uuringu läbiviimise aeg oli piiratud, siis töö eesmärgiks ei olnud läbi töötada Eesti kohta avaldatud temaatilist kirjandust, mis käsitleb metsade ökoloogilist seisundit ja selle komponentide muutust. Nii Tartu Ülikoolis kui ka Maaülikoolis on kaitstud viimastel aastatel mitmeid doktoritöid sellel teemal (näiteks Rosenvald, 2008; Uibopuu, 2013; Kraut, 2016; Remm, 2015; Runnel, 2016). See näitab teema jätkuvat aktuaalsust ja vajalikkust. Seetõttu piirduti metsade ökoloogilise seisundi hindamisel riiklike seireandmete kasutamisega, sest need peaksid vajadusel olema esmaseks sisendiks poliitikakujundamisel.

Lisaks valmis 2018. aasta sügisel metsanduse arengukava alusuuring (anon, 2018a), kus on suurel hulgal esitatud varasemaid ja uuemaid teadustöid, mis on sel teemal Eestis läbi viidud.

Uuringu koostamise tööühm

Uuringu valmimisse panustasid järgnevad Keskkonnaagentuuri spetsialistid.

Metsaressurss: Allan Sims ja Enn Pärt.

Metsatervis: Endla Asi, Heino Õunap ja Vladislav Apuhtin.

Metsaökoloogia: Aat Sarv, Herdis Fridolin (Keskkonnaministeerium), Meelis Leivits, Piret Kiristaja, Ragne Oja, Rauno Veeroja ja Riho Marja.

Uuring on koostatud ajavahemikul september 2018–märtsi lõpp 2019, metsaelupaigatüüpide osa aprill 2019–mai lõpp 2019.

Üldmetoodika

Uuringuks kasutatud indikaatorid

Uuringus kasutatud indikaatorid on valitud eesmärgiga, et neil oleks seos metsaressursi, -tervisega või -elupaigaga. Riiklike seirete raames kogutakse infot ligikaudu 200 indikaatori kohta (vt Lisa 2), mis on metsade ökoloogilise seisundiga seotud. Seetõttu kõikide nende kasutamine oleks olnud ebamõistlik ja ajaliselt ressursinõudev. Kui kaasata veel liikide andmestikud (metsalindudel on näiteks võimalik kasutada ligikaudu 60 liigi arvukuse muutust suvisel või talvisel aastaajal; 30 päevaliblikaliiki, kes on seotud metsaelupaiga), siis oleks võimalik indikaatorite valik veelgi suurem. Seega valiti indikaatorid, mis on kindlasti metsaökosüsteemi seisundi ja võimalusel ka metsamajandusega seostatavad. Kui tulevikus soovitakse Keskkonnaagentuurilt andmeid või ülevaadet mõne muu indikaatori kohta, siis need andmed edastatakse mõistliku ajaperioodi vältel.

Uuringuks valiti alljärgnevad indikaatorid.

Metsaressursi indikaatorid: harvendusraie ja lageraie pindala, raiemaht, okas- ja lehtpuupuistute pindala, metsamaa kogupindala, kasvava metsa hulk, seisev ja lama surnud puidu tagavara, üheliigiliste, 2-3 liigiliste ja 4-5 liigiliste puistute pindala, okas- ja lehtpuupuistute vanuseline jaotus (20 aastased vahemikud).

Metsatervise indikaatorid: esimese astme metsaseire vaatluspunktides okkakao alusel terveks hinnatud (okkakadu 0–10 %) ja nõrga kahjustusega (okkakadu 11-25%) mändide ja kuuskede protsent. Esimese astme metsaseire vaatluspunktides mehhaaniliste vigastustega mändide ja kuuskede protsent. Esimese astme metsaseire vaatluspunktides võrsevähitaoliste kahjustustega mändide protsent. Teise astme metsaseire alusel üdlämmastiku, kaltsiumi, kaaliumi ja sulfaatse väävli deponeerumine (sadenemine) võrade all ja avamaal.

Ökoloogilised indikaatorid: päevaliblikate liikide arv ja isendite arv, kes on seotud metsaelupaigaga (kasutatud 30 päevaliblika liigi arvukuse andmeid). Eesti metsalinnustiku (indikaator *EST-FOBI*), paiksete, lähirändsete, kaugrändsete metsalindude, küpsete ja vanade metsade haudelinnustiku ning lageraiete ja noorte metsakoosluste haudelinnustiku komposiitindeksid.

Aruande Lisas 3 on esitatud andmed 14 lindude indikaatori kohta lisaks eelmainitud kuuete indikaatorile veel: vaese kasvukoha („*nutrient poor habitats*“ e. madalaboniteedilised metsakooslused) metsade, okasmetsade haudelinnustiku, generalistide, suluspesitsejate, avapesitsejate ja maaspesitsevate metsalindude komposiitindeksid.

Ulukite indikaatorid: põdra populatsiooni suurus ja asurkonna kasvukiirus, valgejänese, metsnugise ja orava jäljeindeksid, suurkiskjate (hunt, pruunkaru, ilves) pesakondade arv ning valgejänese ja metsnugise küttimisandmed.

Kokku väljendavad valitud indikaatorid ligikaudu 100 liigi arvukuse muutust, kes on seotud metsaelupaigaga.

Loodusdirektiivi metsaelupaigatüübid (11 metsaelupaigatüüpi).

Lühiülevaated koos viidetega seireandmete kogumise meetodikatele ja seirealade kaardid on esitatud tulemuste peatükis.

Uurimistöo algfaasis oli plaanis üleriiklikul tasemel seostada statistiliselt metsatervise ja ökoloogilisi indikaatoreid metsaressurssi andmetega, kuid võimalike pseudokorrelatsioonide vältimiseks tulemuste tõlgendamisel sellest loobuti (vt arutelu peatükki). Sellist analüüsi saaks küll teostada, kuid selline lähenemine ei välista teiste tegurite mõju (näiteks kliimamuutused, haigused, kisklus jms). Lisaks viitas eelanalüüs, et sellisel lähenemisel võib saada ka täiesti vastuolulisi tulemusi. Näiteks metsalindude komposiitindeks *EST-FOBI* korreleerus statistiliselt usaldusväärselt negatiivselt metsamaa pindalaga Eestis. Oodatavalt oleks see tulemus pidanud tulema pigem vastupidine (suurem metsamaa pindala võiks soodustada metsalindude kõrgemat arvukust). Seetõttu oli saadud seos tõenäoliselt pseudokorrelatiivne ning ei näidanud põhjuslikku seost. Eelnevalt lähtuvalt on äärmiselt vajalik alustada riiklikel seireandmete põhjal detailsemate ja asukohapõhiste uuringutega, et välja selgitada metsamajanduse mõju metsade ökosüsteemi komponentide seisundile. Käesoleva uuringu kokkulepitud ajaperiood polnud detailseteks uuringuteks paraku piisav.

Lisaks peab välja tooma, et ühegi riikliku seire (metsaseire või ökoloogiliste näitajate seired, va. statistiline metsainventuur) raames ei koguta infot metsaraie või selle mahtude kohta. Seetõttu see uuring ei saa anda vastust riiklikul tasandil metsaraie mahtude mõjust metsade ökoloogilisele seisundile. Küll näitab see uuring metsaökosüsteemi komponentide seisundi muutust viimastel aastakümnetel.

Statistilise analüüsi meetodika

Statistilisel analüüsil kasutati kolme erinevat analüütilist lähenemist. Kui uuritava tunnuse (indikaatori) seirealade arv oli piisavalt suur (seirealadid rohkem kui 50), siis kasutati üleriiklikke koondandmeid uurimisaasta kohta ja lineaarseid mudeleid. Sellist lähenemisviisi kasutati metsaressurssi, metsatervise (I astme seirepunktid) ja ulukite indikaatorite puhul.

Kui valim oli väiksem ja seetõttu seirealadid oli vähem (<20), siis kasutati seire algandmeid ja üldistatud lineaarseid segamudeleid, võttes seirejaama arvesse juhusliku faktorina. Sellist analüütilist viisi kasutati metsatervise (II astme seirepunktid) ja päevaliblikate puhul. Seepärast ka tulemuste tõlgendamisel peab arvestama, et need on saadud vastavalt kuue ja maksimaalselt 14 seireala põhjal.

Metsalindude arvukuse muutuste hindamiseks kasutati programmi TRIM (*TRends and Indices of Monitoring Data*; Pannekoek, Van Strien, 2001) edasiarendust, mis on spetsiaalselt mõeldud selliste seireandmete aegridade analüüsiks. TRIM on tarkvara, mille eesmärgiks on hinnata populatsioonide suurus andmete põhjal, mis on kogutud kordusloendustega erinevatel seirealadel. TRIMis sisalduva meetodi eeliseks on asjaolu, et loendustes võib esineda lünkasid või andmed võivad olla kogutud ebaühtlase intervalliga. Meetoodiliselt toimub andmetes lünkade täitmine ehk imputeerimine, mida tehakse log-lineaarse mudeli alusel (detailsemalt esitatud meetoodiline info Lisas 3).

Seletava tunnuseks kasutati aastat uuritava tunnuse aegridade võimalike muutuste väljaselgitamisel.

Statistiline analüüs teostati statistikaprogrammiga R (R Core Team 2018). Lineaarsete segamudelite analüüsil kasutati R paketti *nlme* (Pinheiro et al., 2016).

Uuringus esitatud jooniste tegemiseks kasutati enamikel juhtudel R paketti *mgcv* (Wood, 2006). Joonistel on kasutatud üldistatud aditiivse mudeli abil saadud andmete visualiseerimist 95% usaldusintervallidega. Punktid joonistel tähistavad vastava aasta/seireala mõõtmistulemusi, katkendjooned 95% usaldusintervalli. Lisaks on joonistel esitatud lineaarne trend (joonistel tumedam joon) koos 95% usaldusintervalliga.

Tulemused

Metsaressurss

Valitud indikaatorid

Metsaressurssiks loetakse käesolevas ülevaates metsamaad ning sellel paiknevat kasvavat ja surnud puitu. Metsamaa on maa, mis vastab vähemalt ühele järgmistest nõuetest:

on metsamaa kõlvikuna kantud maakatastrisse;

on maatükk pindalaga vähemalt 0,1 hektarit, millel kasvavad puittaimed kõrgusega vähemalt 1,3 meetrit ja puuvõrade liitusega vähemalt 30 protsenti.

Statistilise metsainventuuri (SMI) alusel antakse igal aastal ülevaade metsade seisust. Igal aastal määratakse igale proovitükile, kas sellel olevat ala saab liigitada metsamaaks. Kõikide proovitükkide alusel tehakse üldistus kogu Eesti kohta. Iga-aastase aruandluse tulemusena arvestatakse metsamaa hulka ka sellised alad, mis on värskelt saavutanud metsa kriteeriumid ning metsamaa hulgast arvestatakse välja sellised, mis enam nendele ei vasta. Seetõttu esineb ka selliseid alasid, mis on metsamaa arvestuses ainult lühikest aega. Näiteks kui maaomanik ei hari põldu, mis selle tulemusel ajutiselt metsastub ning mis hiljem raadamise (maa metsast ja võsast puhastamine, põlluks või kultuurrohumaaks harimine) tulemusel uuesti põllumaana kasutusele võetakse. Sellised alasid võib tagantjärele nimetada ajutiseks metsamaaks, kuid aruandlusaastal ei olnud seda veel teada, selliste alade edasine staatus.

Antud uuringus kasutati metsaressursi indikaatoritena okas- ja lehtpuupuistute pindala, metsamaa kogupindala, kasvava metsa hulka, seisev ja lama surnud puidu tagavara, üheliigiliste, 2-3 liigiliste ja 4-5 liigiliste puistute pindala, okas- ja lehtpuupuistute vanuseline jaotus (20 aastased vahemikud), harvendusraie ja lageraie pindala ning raiemahtu.

Indikaatorite definitsioonid

Metsamaa kogupindala	Kogu maa-ala, mis metsaseaduses toodud kriteeriumite alusel loetakse metsamaaks.
Kasvava metsa maht	Kogu metsamaal kasvavate puude tüvede (koor ja puit) maht, selle hulka ei loeta okste ja juurte mahtu.
Okas- ja lehtpuupuistute pindala	Okaspuupuistuks loetakse puistut, mille suurima osakaaluga (ehk enamuse-) puuliik on okaspuu, lehtpuupuistu korral on selleks lehtpuu.
Okas- ja lehtpuupuistute vanuseline jaotus	Puistute pindalade sagedustabel vanuseklasside järgi (valdavalt 10 või 20 aastase sammuga klassidesse).

Seisev ja lama surnud puidu tagavara	Seisev surnud puit on surnud, kuid veel püsti seisvate puutüvede surnud puidu maht, lamapuidu korral on surnud puu murdunud ja maha kukkunud.
Üheliigiliste, 2-3 liigiliste ja 4-5 liigiliste puistute pindala	Jaotatakse vastavalt mitme puistus kasvava puuliigi osakaalude summa on vähemalt 95%.
Harvendusraiate pindala	Summaarne pindala, millel tehakse harvendusraiet ühe aasta jooksul.
Lageraiete pindala	Summaarne pindala, millel tehakse lageraiet ühe aasta jooksul.
Raiemaht	Ühe aasta jooksul metsamaalt raiutud puutüvede maht. Arvestatakse nii elusate kui ka surnud puude mahtu. Ei arvestata okste mahtu.

Millise seire raames indikaatoreid kogutakse?

Statistiline metsainventuur (SMI).

Seiremetoodika kirjeldus

Statistilise metsainventuuri välitööde ja arvutusmetoodiline juhend on avaldatud Keskkonnaagentuuri kodulehel:

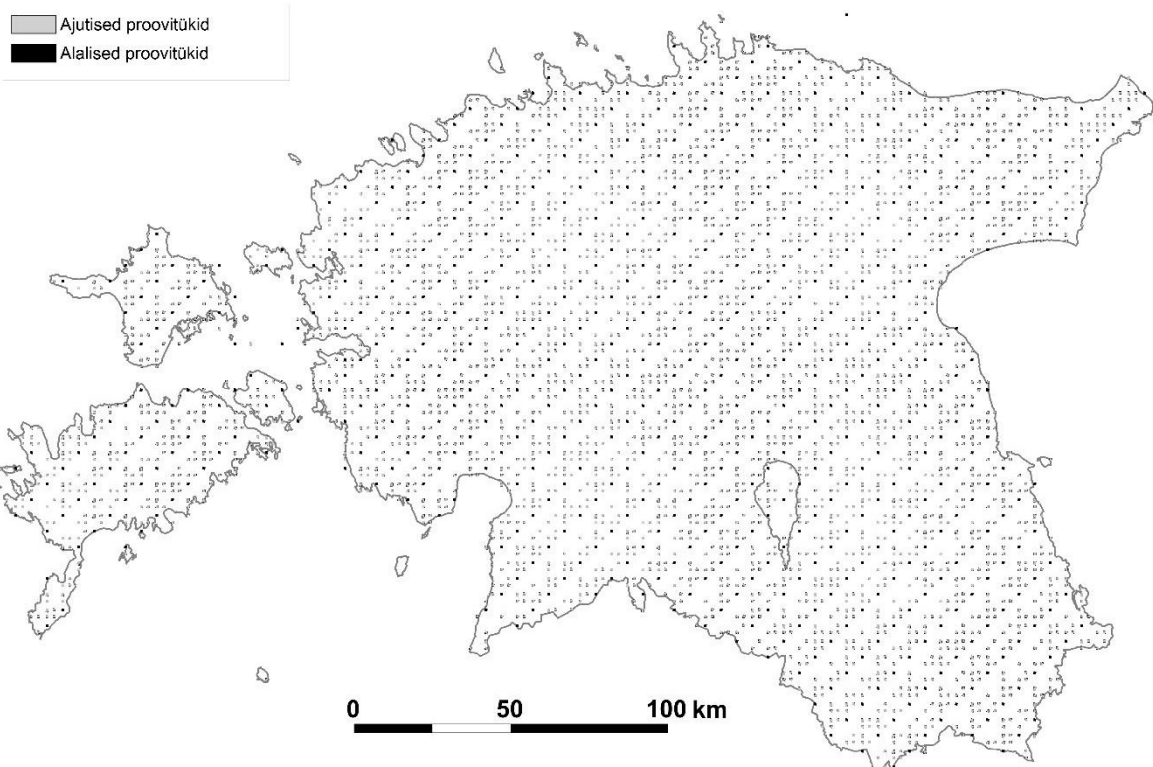
<https://www.keskkonnaagentuur.ee/et/eesmargid-tegevused/mets/smi>

Mis on seire peamine eesmärk, mille raames seireandmeid kogutakse?

Saada ülevaade Eesti metsaressursist.

Seirealade ruumiline paiknemine

Statistiline metsainventuur proovitükid katavad ühtlaselt kogu Eestit (joonis 1).



Joonis 1. Statistilise metsainventuuri proovitükkide paiknemine Eestis. Seires käsitatakse ainult maismaal paiknevaid proovitükke.

Aegrea pikkus

Statistiline metsainventuur toimub alates 1999.aastast.

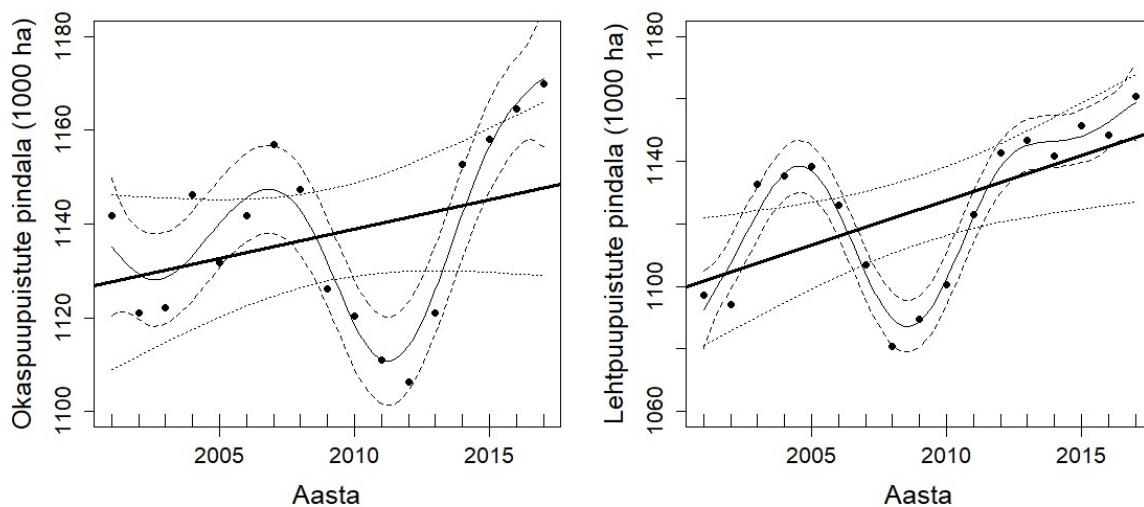
Kui tihedalt mõõdetakse seirenäitajat aastas?

Kõiki proovitükke mõõdetakse aastas üks kord, sh alaliste proovitükkide puhul korratakse mõõtmist iga viie aasta järel. Ajutisi mõõdetaksegi üks kord.

Indikaatorite aegriade muutus uuritud perioodil

Puistute pindalaline muutus ja metsaressurss

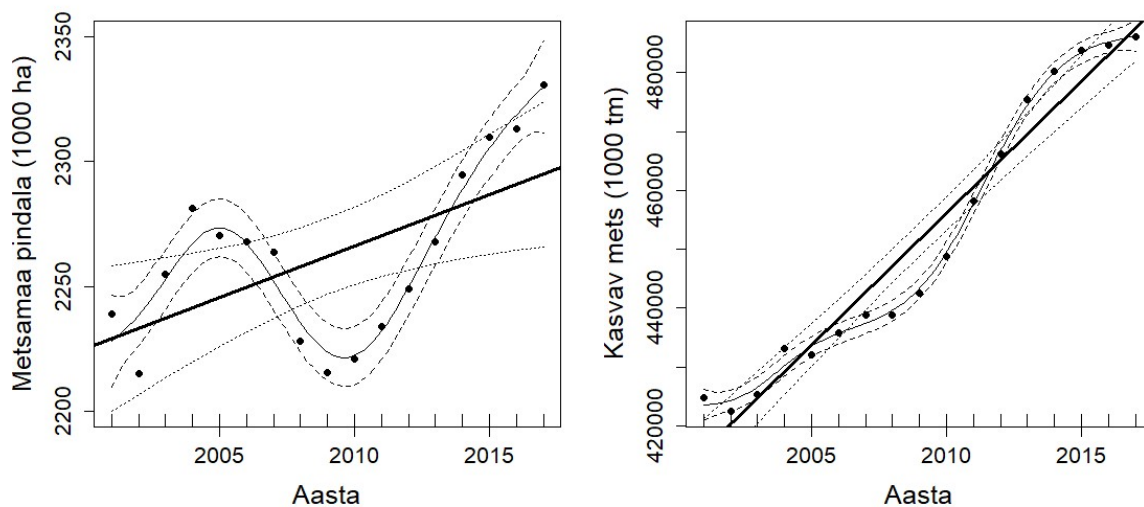
Okaspuupuistute pindala on Eestis perioodil 2001–2017 püsinud stabiilne ($t=1,3$, $p=0,2$; joonis 2).
Lehtpuupuistute pindala on Eestis statistiliselt usaldusväärset suurenenud ($t=2,8$, $p=0,01$; joonis 2).



Joonis 2. Okaspuupuistute (vasakpoolne joonis) ja lehtpuupuistute (parempoolne joonis) pindala muutus Eestis aastatel 2001–2017. Punktid joonisel tähistavad vastava aasta mõõtmistulemusi, katkendjooned 95% usaldusintervalli aditiivse mudeli põhjal. Tumedam joon on lineaarse mudeli trend koos lineaarse mudeli 95% usaldusintervalliga.

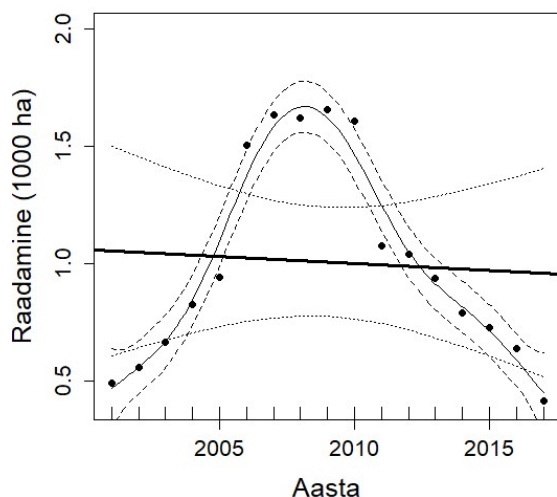
Kui raiesmik uueneb looduslikult valdavalt lehtpuuga, siis esmalt loetakse see lehtpuupuistuks, aga esimese valgustusraiega eemaldatakse sealt eelistatult lehtpuid ning alles jäetakse valdavalt okaspuud. Kui antud puistus on piisaval hulgal okaspuid, võib seetõttu see raiejärgselt liigitada okaspuupuistuks. Viimase 15 aasta jooksul on valgustusraie järgselt kuusikuks liigitatud puistutest vaid 1/3 olnud enne valgustusraiet eelnevalt kuusikud. Samuti on vähendatud harvendusraietega kuuse-kase segametsades kase osakaalu, mille tulemusel on kaasikuid muudetud kuusikuteks. Tõenäoliselt seetõttu ongi Eestis suurenenud okaspuupuistute pindala viimastel aastatel.

Metsamaa pindala on Eestis perioodil 2001–2017 statistiliselt usaldusväärset suurenenud ($t=2,8$, $p=0,01$; joonis 3). Kasvava metsa maht tihumeetrites on Eestis statistiliselt usaldusväärset suurenenud ($t=16,7$, $p<0,001$; joonis 3).



Joonis 3. Metsamaa pindala (vasakpoolne joonis) ja kasvava metsa maht (parempoolne joonis) muutus Eestis aastatel 2001–2017. Punktid joonisel tähistavad vastava aasta mõõtmistulemusi, katkendjooned 95% usaldusintervalli aditiivse mudeli põhjal. Tumedam joon on lineaarse mudeli trend koos lineaarse mudeli 95% usaldusintervalliga.

Metsamaa pindala on suurenenud valdavalt põldude ja rohumaade metsastumise tagajärjel ning vähenenud raadamise (maa metsast ja võsast puhastamine, põlluks või kultuurrohumaaks harimine) tulemusena. Joonisel 4 on esitatud raadamine Eestis aastatel 2001–2017. Sellelt on näha, et aastatel 2006–2010 oli raadamine oluliselt suurem võrreldes teiste aastatega. Endiste põllumaade raadamist on tõenäoliselt teostatud PRIA põllumajandustoetuste abi, mis valdavalt toimus aastatel 2006–2010.

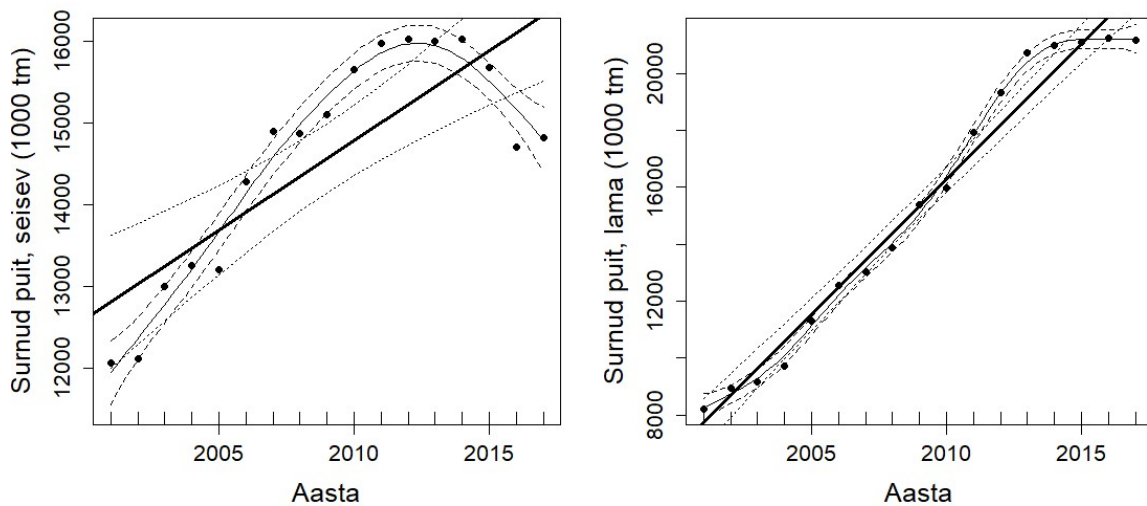


Joonis 4. Metsamaa raadamine (maa metsast ja võsast puhastamine, põlluks või kultuurrohumaaks harimine) Eestis aastatel 2001–2017 statistiline metsainventuur andmete alusel aditiivse mudeli põhjal. Tumedam joon on lineaarse mudeli trend koos lineaarse mudeli 95% usaldusintervalliga.

Eesti metsad ei ole valdavalt puhtpuistud ning seetõttu jagamine leht- ja okaspuupuistuteks sõltub puuliikide osakaalust. Ühe puistu piires see aga ajas muutub nii metsamajanduslike võtete kui ka looduslike protsesside tulemusena. Metsamaa pindala suurenemine on toimunud Eestis valdavalt põllu- ja rohumaade metsastumise (moodustavad ca 75% kogu muutusest) arvelt ja üldiselt lehtpuudega. Seetõttu on lehtpuupuistute pindala tõusnud ning kuna okaspuupuistute pindala ei ole nii palju tõusnud, siis on lehtpuude osakaal muutunud suuremaks.

Surnud puit

Indikaator „surnud puit, seisev“ tihumeetrites on Eestis perioodil 2001–2017 statistiliselt usaldusväärselt suurenenud ($t=5,4$, $p<0,001$; joonis 5). Indikaator „surnud puit, lama“ on Eestis statistiliselt usaldusväärselt samuti suurenenud ($t=22,8$, $p<0,001$; joonis 5).

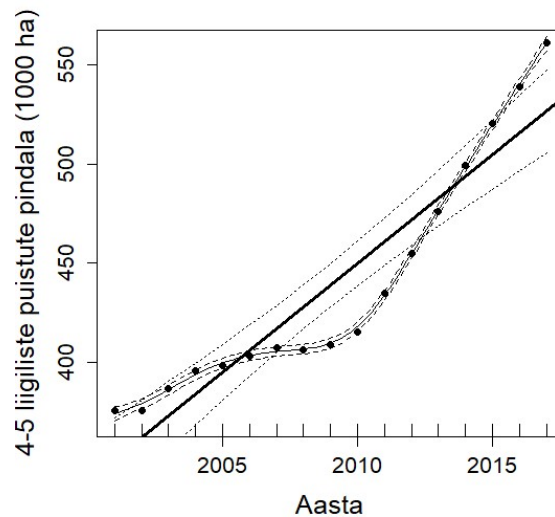
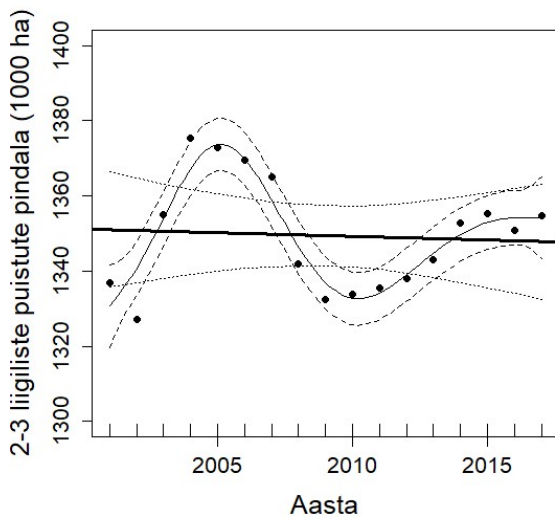
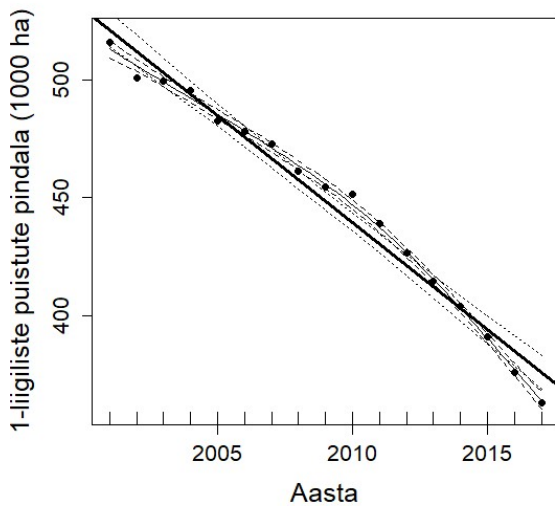


Joonis 5. Surnud puit, seisev (vasakpoolne joonis) ja surnud puit, lama (parempoolne joonis) muutus Eestis aastatel 2001–2017. Punktid joonisel tähistavad vastava aasta mõõtmistulemusi, katkendjooned 95% usaldusintervalli aditiivse mudeli põhjal. Tumedam joon on lineaarse mudeli trend koos lineaarse mudeli 95% usaldusintervalliga.

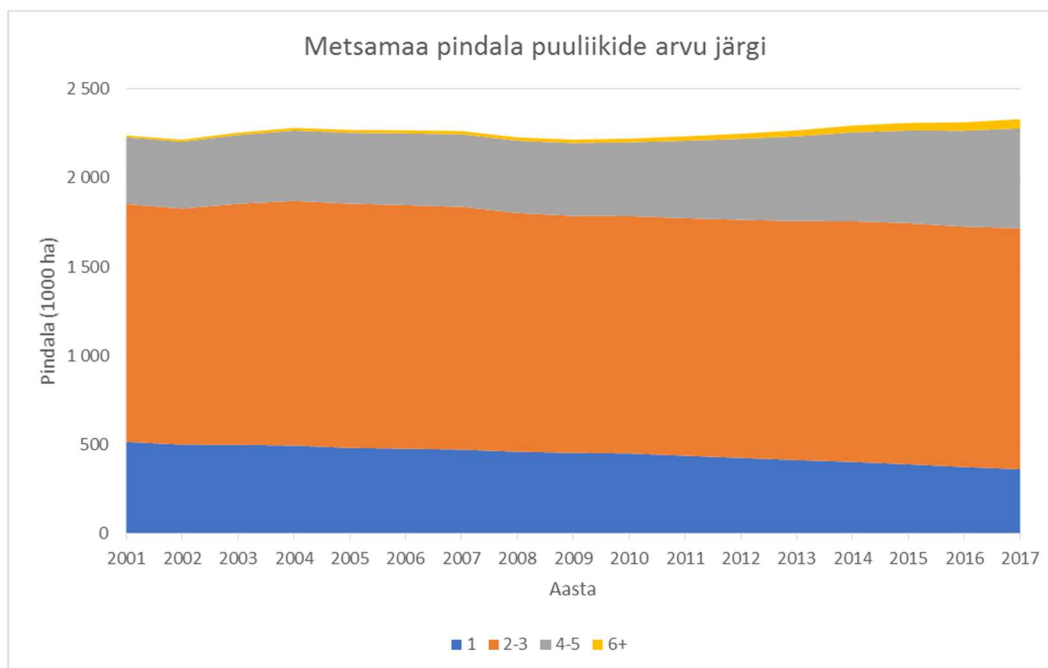
Alates 1997. aastast on metsaseadusega ettenähtud jätta lageraiega säilikipuid. Selle tulemusena on metsadest vähem raietega viidud välja surnud puitu ning selle kogus järjest akumuleerub. Lisaks sellele on vähenenud sanitaarraiate hulk, mille peamiseks eesmärgiks on olnud haigete ja surnud puude väljaraie. Lisaks on suurenenud rangelt kaitstavate metsade pindala ja sellistelt aladelt ei tohi raiuda ega surnud puitu välja viia. Oluliselt rohkem on suurenenud lamava surnud puidu hulk, sest püstiolevaid puid ei raiuta enam niipalju ära, aga need kukuvad siiski mingi aja jooksul (keskmiselt seitsme aasta) möödudes maha.

Puistute liigiline mitmekesisus

Üheliigiliste puistute pindala on Eestis perioodil 2001–2017 statistiliselt usaldusväärselt vähenenud ($t=-25,5$, $p<0,001$; joonis 6). 2-3 liigiliste puistute pindala on Eestis püsinud stabiilne ($t=-0,3$, $p=0,8$; joonis 6). 4-5 liigiliste puistute pindala on Eestis statistiliselt usaldusväärselt suurenenud ($t=10,5$, $p<0,01$; joonis 6). Ülevaade metsamaa pindalalisest muutusest Eestis puuliikide arvu alusel perioodil 2001–2017 on esitatud joonisel 7.



Joonis 6. Üheliigiliste (ülemine vasakpoolne joonis), 2-3 liigiliste (alumine vasakpoolne joonis) ja 4-5 liigiliste puistu (alumine parempoolne joonis) pindala muutus Eestis aastatel 2001–2017. Punktid joonisel tähistavad vastava aasta mõõtmistulemusi, katkendjooned 95% usaldusintervalli aditiivse mudeli põhjal. Tumedam joon on lineaarse mudeli trend koos lineaarse mudeli 95% usaldusintervalliga.

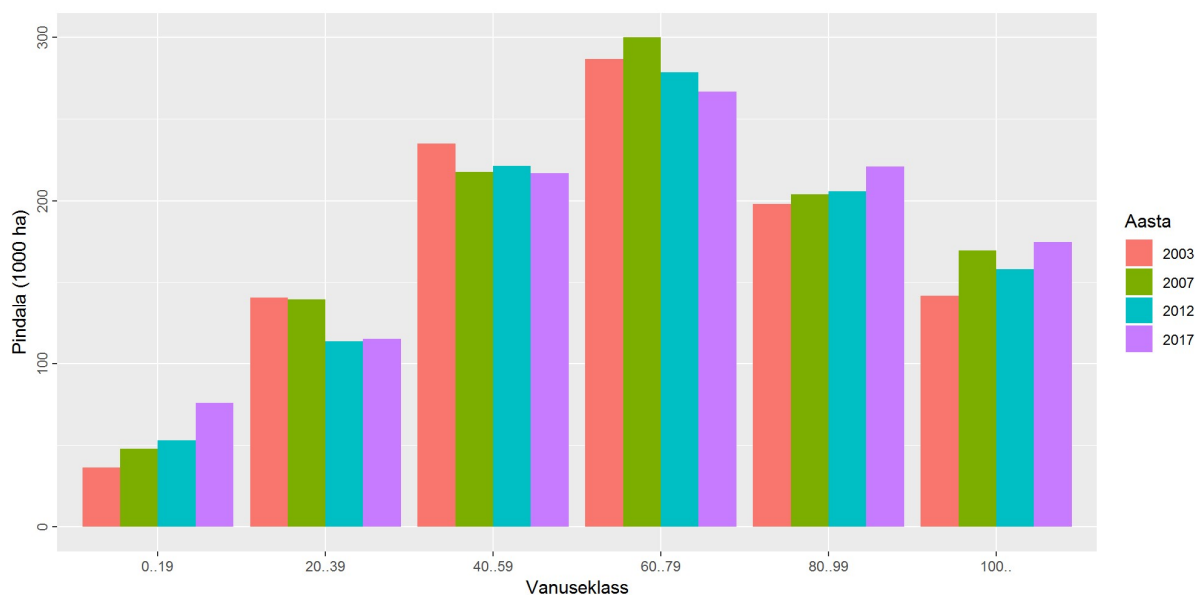


Joonis 7. Metsamaa pindalaline muutus Eestis perioodil 2001–2017 puuliikide arvu alusel.

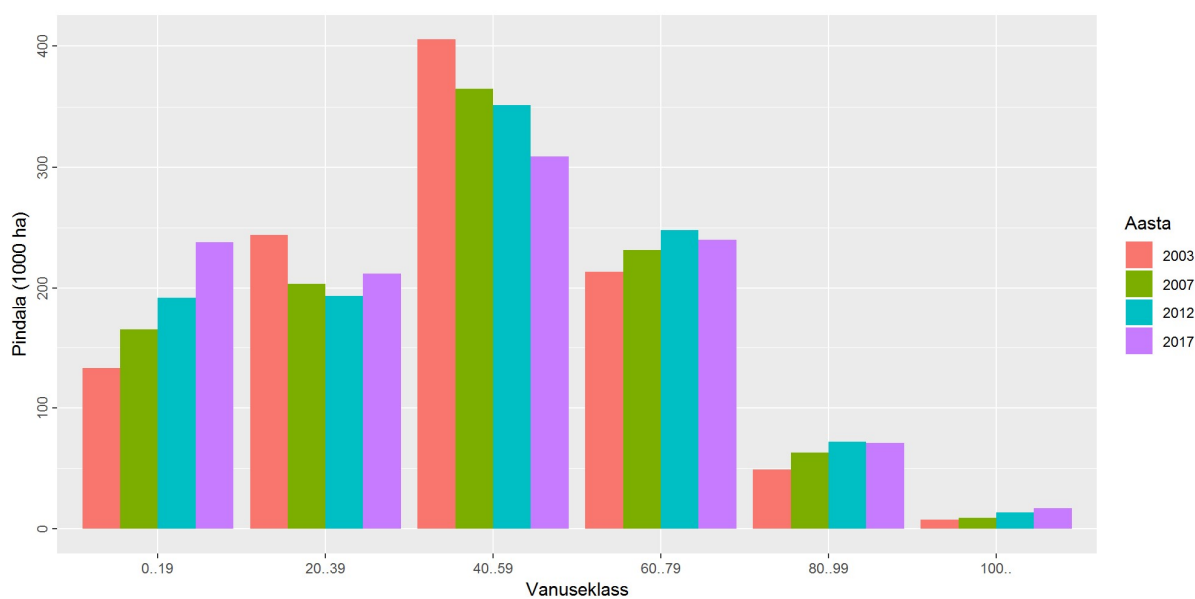
Viimase 20 aastaga on metsaseadusega ettenähtud metsade majandamisega suurendada metsade bioloogilist mitmekesisust säilikuude jätmisega. See on muuhulgas soodustanud puuliigilist mitmekesisust ning vähendanud üheliigiliste puistute osakaalu. Tõenäoliselt 4-5 liigiliste puistute pindala on Eestis statistiliselt usaldusväärselt suurenenud seetõttu, et lageraielangid on uuenenud mitme loodusliku puuliigiga.

Puistute vanuseline jaotus

Metsade vanuselise jaotuse (20 aastane samm) muutus pindala ja aastate kaupa (2003–2017). Eraldi on esitatud okas- ja lehtpuistud ja vanusegrupid: 0-19, 20-39, 40-59, 60-79, 80-99 ja >100 aasta vanused puistud gruppides (joonised 8 ja 9).



Joonis 8. Okaspuupuistute pindalaline muutus vanuseklasside kaupa Eestis aastatel 2003–2017.



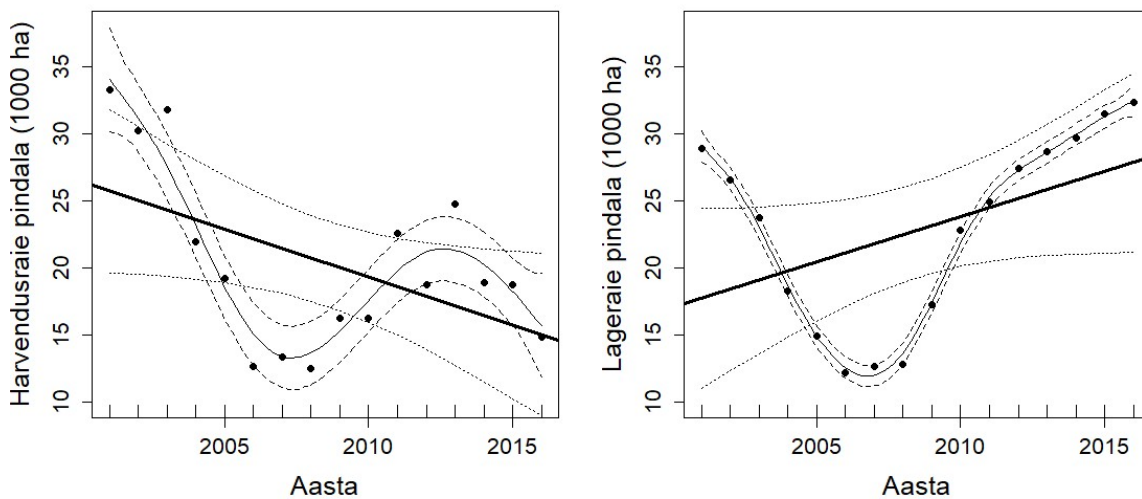
Joonis 9. Lehtpuupuistute pindalaline muutus vanuseklasside kaupa Eestis aastatel 2003–2017.

Vanemate vanusklasside pindala on viimaste aastakümnete jooksul suurenenud. Samuti on ajas suurenenud esimese vanuseklassi (0-19 aastased puistud) pindala peamiselt kahel põhjusel. Esiteks on metsamaa pindala suurenenud ning selles grupis on viimase 20 aasta jooksul summaarselt metsastunud ala pindala. Teiseks sisaldab see pindala summaarset 20 aasta raiete pindala, mis on ajas tõusnud, sest 80ndatel ja 90ndatel oli küpse metsa väiksema osakaalu tõttu ka lageraiete pindala väiksem. Ühe vanuseklassi puistute pindala muutub ajas, kuna iga puistu saab vanemaks ning järgmisel aastal liigituvad puistud juba järgmise vanuseklassi, samuti muudetakse puistute vanuseid raietega. Erivanuseliste puhul muutub see ka harvendusraiega. Vanemate vanuseklasside puhul on nii leht- kui ka okaspuupuistute puhul pindala siiski suurenenud, sest nooremad puistuid kasvab rohkem peale kui

vanemaid eest ära raiutakse. Eestis on puistute vanuseline jagunemine väga ebaühtlane, sest 1960ndatel kuni 80ndatel toimus suur metsastamine, mille tõttu on ka joonisel 8 näha vanuseklassi 60-79 suurt pindala ülekaalu teistest vanuseklassidest ning vastavalt joonisel 9 on lehtpuude suur osakaal 40-59 aastastel. Lehtpuude noorema vanuseklassi ülekaal ei tähenda seda, et esmalt oleks uuendatud okaspuudega (60-79 aastat tagasi) ja hiljem lehtpuudega (40-59 aastat tagasi), vaid lehtpuudel on vanuseklass 60-79 aastat juba küps mets ning seda raiutakse juba maha.

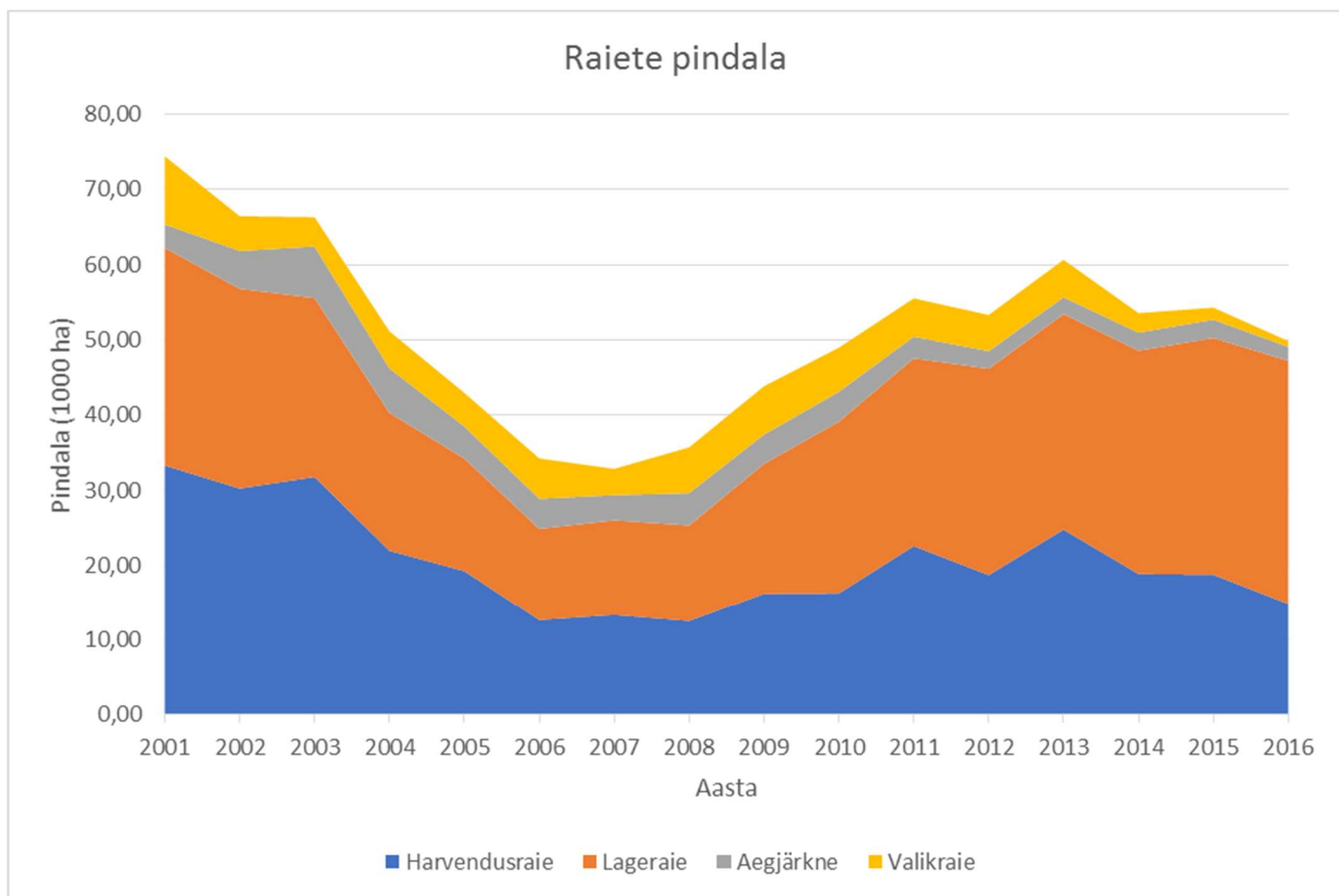
Metsamajandamise mõju metsaressursile

Harvendusraiate pindala on Eestis perioodil 2001–2016 statistiliselt usaldusväärselt vähenenud ($t=-2,2$, $p=0,04$; joonis 10). Lageraiete pindala on Eestis küll suurenenud, kuid trend ei ole statistiliselt usaldusväärne ($t=1,9$, $p=0,08$; joonis 10).



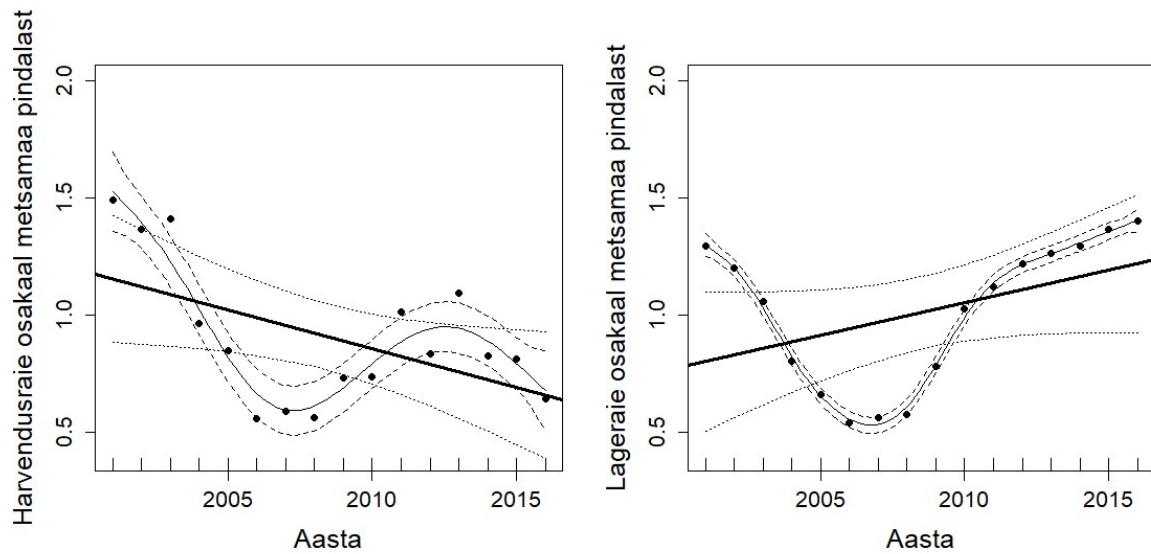
Joonis 10. Harvendusraie (vasakpoolne joonis) ja lageraie (parempoolne joonis) pindala muutus Eestis aastatel 2001–2016. Punktid joonisel tähistavad vastava aasta mõõtmistulemusi, katkendjooned 95% usaldusintervalli aditiivse mudeli põhjal. Tumedam joon on lineaarse mudeli trend koos lineaarse mudeli 95% usaldusintervalliga.

Selles uuringus ei analüüsitud eraldi aegjärkset ja valikraiet, sest nende pindalad on olnud oluliselt väiksemad harvendus- ja lageraiete pindaladest. Aegjärkse raie ja valikraie pindalaline muutus on esitatud joonisel 11.



Joonis 11. Raiete pindala raie tüübi järgi muutus Eestis aastatel 2001–2016.

Iga-aastane harvendus- ja lageraiete pindala osakaal kogu metsamaa pindalasse on olnud aastatel 2001–2016 kokku ca 2% (joonis 12).

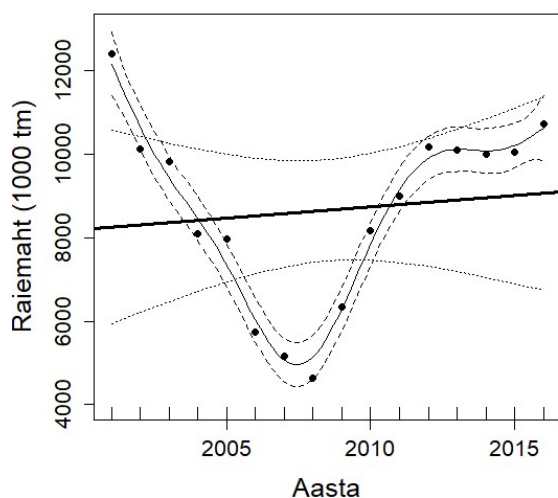


Joonis 12. Harvendusraie (vasakpoolne joonis) ja lageraie (parempoolne joonis) osakaalu muutus kogu metsamaa pindalast Eestis aastatel 2001–2016. Punktid joonisel tähistavad vastava aasta mõõtmistulemusi, katkendjooned 95% usaldusintervalli aditiivse mudeli põhjal. Tumedam joon on lineaarse mudeli trend koos lineaarse mudeli 95% usaldusintervalliga.



Joonis 13. Raiete pindala osakaalu muutus Eestis aastatel 2001–2016. HR tähistab harvendusraiet, LR tähistab lageraie.

Raiemaht on Eestis perioodil 2001–2016 olnud stabiilne ($t=0,4$, $p=0,67$; joonis 14), ehkki raiemaht oli väiksem aastatel 2006–2009.



Joonis 14. Raiemahu (1000 tm) muutus Eestis aastatel 2001–2016. Punktid joonisel tähistavad vastava aasta mõõtmistulemusi, katkendjooned 95% usaldusintervalli aditiivse mudeli põhjal. Tumedam joon on lineaarse mudeli trend koos lineaarse mudeli 95% usaldusintervalliga.

2000ndate aastate alguses suurendati Keskkonnainspeksioonis kontrolli metsamajandusliku tegevuse üle, mille tulemusena vähenes nii ebaseaduslike raiete hulk kui ka hakkas langema raiemaht üldiselt. Alates 1.05.2004 on metsakorraldus litsentseeritud tegevus. Metsaregistrisse kantud andmed auditeeriti eelnevalt ka Metsakaitse- ja metsauenduskeskuse töötajate poolt. See muutis metsaomanikule inventeerimisandmete tellimise protsessi pikemaks. Kuna metsaomanikele oli selline protsessi muutus pisut ootamatu, siis vähendas see 2004. aastal raiemahtu, sest metsa majandajatel ei olnud piisavalt varusid. Samuti vähendasid raiemahtu seadusandluse täitmise tõhusam kontroll, uuendusraiet lubavate kriteeriumite karmistamine (kaotati ära raiet lubavad diameetrid) ning aeglustus maareform, mille tõttu lisandus kasutusse järjest vähem majandamata metsamaad.

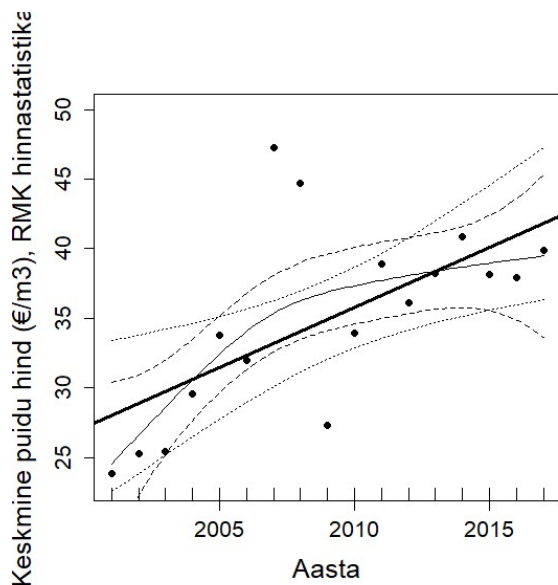
2005. aasta alguse jaanuaritormi tekitas suuri metsakahjustusi Rootsis (ca 75-80 miljonit m³). Seetõttu liikus ka Eestist nii tehnikat kui inimressurssi Rootsi tormikahjustusi likvideerima.

Rootsis sai jaanuaritormi tõttu kannatada ka nooremad metsad, millel oli suurem paberipuidu osakaal. Seetõttu langes paberipuidu hind ning metsaomanikul ei olnud otstarbekas oma metsa raiuda, sest paberi- ja küttepuidust saadav tulu ei ületanud piisavalt tehtud kulutusi. Saetööstusel oli seetõttu otstarbekam importida kindlaid sortimente (sh. palki) Venemaalt. Seoses aprillirahutustega 2007. aastal vähenes oluliselt puidu import Venemaalt ja seetõttu suleti Eestis saekaatreid. Seoses puidu defitsiidiga tõusid seejärel keskmised puiduhinnad (Joonis 15), aga raietega ei suudetud sellele koheselt reageerida, mistõttu olulist raiemahu tõusu ei tekkinud. Seejärel algas majanduskriis.

2018. aastal on oodata suuremat raiemahtu, sest viimastel aastatel on avalik huvi olnud raiemahtu vähendada ning piirata omaniku õigust oma metsa raiuda. Asjaolul, et hetkel selliseid piiranguid ei ole, siis on metsaomanikud tõenäoliselt raiunud ka hirmu tõttu, et edaspidi võidakse metsaraiet piirata.

Raiemahtude prognoosidest Eestis annab olulisemalt põhjalikuma ülevaate: „Uuendusraie arvutus Eesti riikliku metsanduse arvestuskava koostamise toetamiseks“:

https://www.envir.ee/sites/default/files/e_part_uuendusraie_arvutus_eeesti_riikliku_metsanduse_arvestuskava_koostamise_toetamiseks.pdf



Joonis 15. Keskmine puidu hind Eestis aastatel 2001–2017. Punktid joonisel tähistavad vastava aasta mõõtmistulemusi, katkendjooned 95% usaldusintervalli aditiivse mudeli põhjal. Tumedam joon on lineaarse mudeli trend koos lineaarse mudeli 95% usaldusintervalliga.

Statistilise metsainventuuri tulemuste põhjalikum ülevaade

Statistiline metsainventuuri viimased tulemused on esitatud aastaraamatus „Mets 2017“

<https://www.keskkonnaagentuur.ee/et/eesmargid-tegevused/mets/valjaanded-ulevaated/aastaraamat-mets-2017>

Interaktiivselt:

<https://veebiandmebaas.keskkonnaagentuur.ee/PXWeb/pxweb/et/?rxid=0bf737dd-d37a-403d-b437-2c883c845a3b>

Varasemad uuringud või teadusartiklid seireandmete põhjal. Seireandmete kasutamine siseriiklikes või rahvusvahelistes aruannetes

Artiklite ja ülevaadete nimekiri on esitatud Lisas 4.

Lüngad: mis indikaatorid oleksid veel vajalikud, kuid mida seires ei koguta?

Statistiline metsainventuur põhineb proovitükkidel, mistõttu harva esinevate tunnuste seireks ei pruugi see piisavalt täpne olla.

Metsatervis (I astme metsaseire alusel)

Valitud indikaatorid

Esimese astme metsaseire vaatluspunktides okkakao alusel terveks hinnatud (okkakadu 0–10 %) ja nõrga kahjustusega (okkakadu 11–25%) mändide ja kuuskede protsent aastatel 1988–2017.

Esimese astme metsaseire vaatluspunktides mehhaaniliste vigastustega mändide ja kuuskede protsent aastatel 1993–2017.

Esimese astme metsaseire vaatluspunktides võrsevähitaoliste kahjustustega mändide protsent aastatel 1993–2017.

Indikaatorite definitsioonid

Puu defoliatsioon, biotiliste ja abiotiliste kahjustuste esinemine on tähtsad metsade tervise hindamise indikaatorid ja neid loetakse kriteeriumi nr 2 ([Forest health and vitality](#), vastu võetud *Forest Europe* poolt) järgi üheks kuuest kriteeriumist, mis annavad ülevaate säästvast metsamajandamisest Euroopas.

Defoliatsioon ehk okkakadu/lehekadu – näitab puu võra hinnatavas osas esinevat okaste/lehtede kadu võrrelduna referentspuuga. Defoliatsiooni arvestatakse olenemata okka/lehekao põhjusest. Okka/lehekadu hinnatakse järgmiselt:

Puu on terve – okka/lehekadu puudub kui see on kuni 10 %;
Nõrk kahjustus – okka/lehekadu on nõrk kui see on 11–25 %;
Mõõdukas kahjustus – okka/lehekadu on mõõdukas kui see on 26–60 %;
Tugev kahjustus – okka/lehekadu on tugev kui see on üle 60 %;
Surnud – puu on surnud.

Mehaaniline vigastus – puule on tekitatud otsest mehaanilist kahju (näiteks metsatööd või konkureeriv puu), mille tõttu langeb puude vastupanuvõime seenhaigustele ja putukkahjuritele.

Okaspuu-võrsevähk – harilikul männil sageli esinev seenhaigus, mille tekitajaks on kottseente (Ascomycota) hulka kuuluv seen *Gremmeniella abietina*.

Millise seire raames indikaatoreid kogutakse?

Seireliik, milles indikaatoreid kogutakse, on *võra seisundi ja kahjustuste hindamine I astme metsaseires* – see on üks üheksast metsaseire allprogrammi seireliigist.

Seiremetoodika kirjeldus

Võravaatluse ja kahjustuste hindamise kohta metsaseire proovialadel kehtib *ICP Forests* programmis osalevate ekspertide poolt koostatud juhend [Visual assessment of crown condition and damaging agents](#).

Mis on seire peamine eesmärk, mille raames seireandmeid kogutakse?

Rahvusvahelise metsaseire programmi *ICP Forests* peamised eesmärgid:

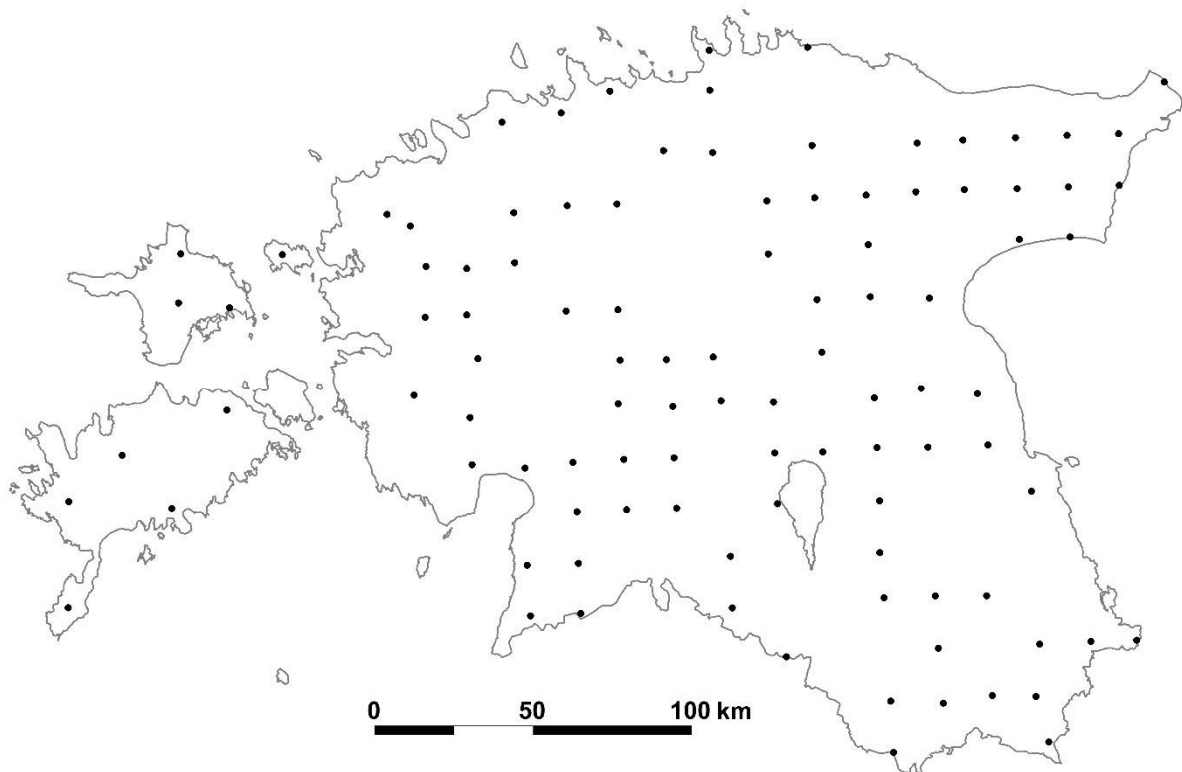
- 1) saada perioodiliselt ülevaade metsa seisundi ruumilistest ja ajalistest muutustest, tulenevalt antropogeensetest ja looduslikest stressifaktoritest (eriti õhusaastest) kasutades üle-Euroopalist ja üleriigilist laiaulatuslikku esinduslikku seiret süsteemse seirevõrgustiku baasil;
- 2) metsaökosüsteemide seisundi ning antropogeensete ja looduslike stressifaktorite (eriti õhusaaste) vaheliste põhjus-tagajärg seoste selgitamine intensiivseire abil suurel hulgal püsivaatlusaladel üle Euroopa; oluliste metsaökosüsteemide arengu uurimine Euroopas.

Vastavalt keskkonnaseire seadusega ([RT I, 18.05.2016, 1](#)) kehtestatud riikliku keskkonnaseire allprogrammide teostamise korrale ([RT I, 25.01.2017, 9](#)) on metsaseire ülesanded ja eesmärk:

- 1) metsade ja metsamuldade seisundi ja aineringe jälgimine ning toimuvate muutuste selgitamine ja prognoosimine, analüüsides nende põhjuslikke seoseid inimtegevuse ja looduslike protsessidega;
- 2) kliimamuutuste, õhusaaste ja muu inimtegevuse mõju selgitamine metsa ökosüsteemile;
- 3) metsakahjurite leviku kindlakstegemine, jälgimine ja analüüs.

Seirealade ruumiline paiknemine

I astme metsaseire aluseks on alaliste vaatluspunktide võrgustik (joonis 16), mis on projekteeritud ja rajatud Eestis 1988. aastal 16 x 16 km suuruse võrgusilma baasil. Metsaseire vaatluspunktid asuvad koosseisult, vanuselt ja kasvukohatingimustelt erinevais puistutes juhusliku paiknemise põhimõttel vastavalt Eesti Metsakorralduskeskuses kameraalselt projekteeritud võrgustiku ristumispunktide juhuslikule sattumisele erinevaise puistutesse looduses. Kokku on I astme metsaseire vaatluspunktide võrgustikus praegu 101 alalist vaatluspunkti.



Joonis 16. Esimese astme metsaseire vaatluspunktide geograafiline jaotus.

Aegrea pikkus

Metsade seisundit I astme metsaseire proovitükkidel hinnatakse alates 1988. aastast.

Kui tihedalt mõõdetakse seirenäitajat aastas?

Puude seisundi ja kahjustuste hindamine toimub üks kord aastas (juuli-oktoober).

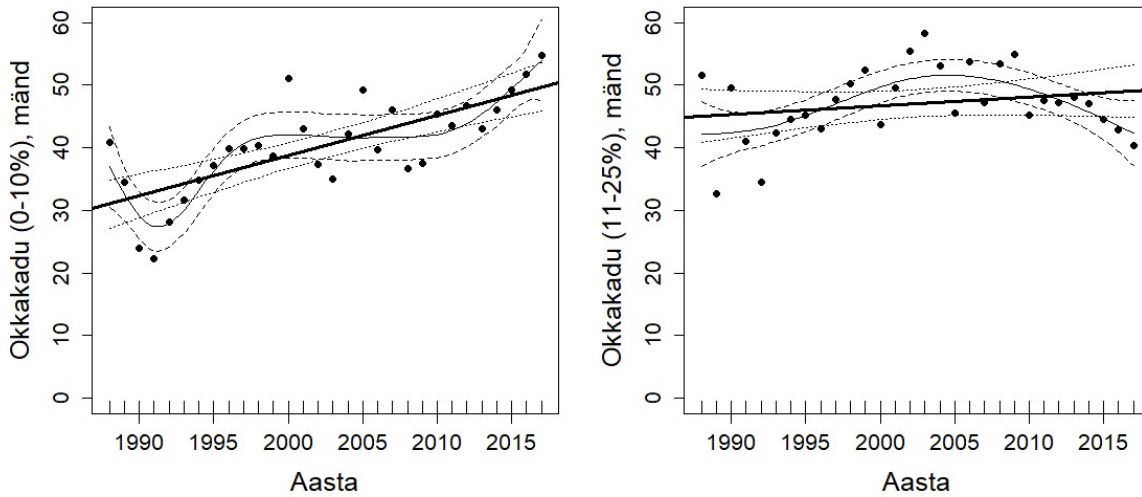
Indikaatori/te seotus metsamajandamisega

Okkakadu mändidel ja kuuskedel ning võrsevähitaolised kahjustused männil ei ole otseselt seotud metsamajanduslike näitajatega. Tegemist on puistu tervislikku seisundit iseloomustavate näitajatega.

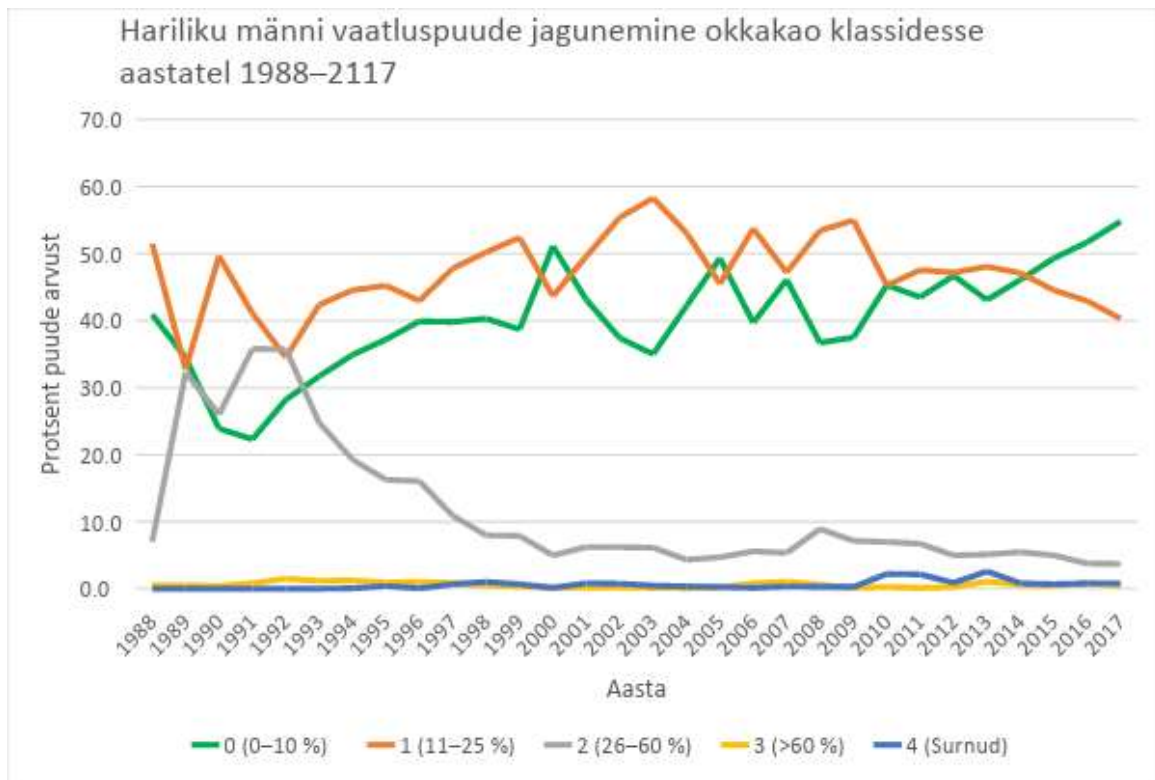
Mehaanilised vigastused on osaliselt seotud metsatöödega.

Indikaatorite aegride muutus uuritud perioodil

Terveks hinnatud mändide hulk (okkakadu 0–10 %) on uuritud ajaperioodil statistiliselt usaldusväärset suurenenud ($t=5,7$, $p<0,001$; joonis 17) viidates mändide heale seisundile. Nõrga kahjustusega mändide hulk on jäänud perioodil stabiilseks ($t=1,1$, $p=0,27$; joonis 17). Ligikaudu 55% mändidest saab hinnata 2017. aasta tulemuste alusel terveks ning ligikaudu 40% mändidest esineb nõrk okkakadu. Teistesse okkakao klassidesse kuuluvate puude hulk on märkimisväärselt väiksem (joonis 18).

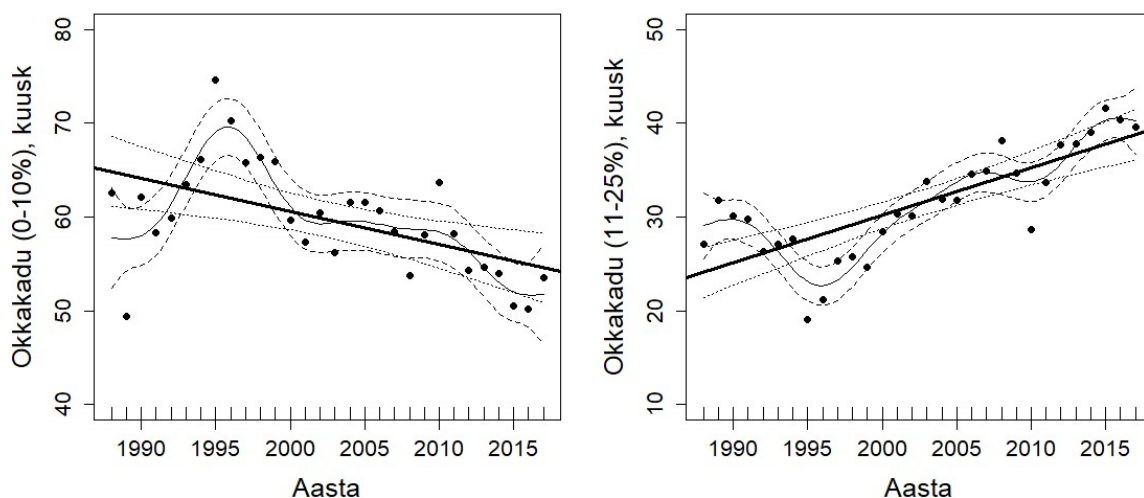


Joonis 17. Esimese astme metsaseire vaatluspunktides okkakao alusel terveks hinnatud (okkakadu 0–10 %, vasakpoolne joonis) ja nõrga kahjustusega (okkakadu 11–25 %, parempoolne joonis) mändide protsent aastatel 1988–2017. Punktid joonisel tähistavad vastava aasta mõõtmistulemusi, katkendjooned 95% usaldusintervalli aditiivse mudeli põhjal. Tumedam joon on lineaarse mudeli trend koos lineaarse mudeli 95% usaldusintervalliga.

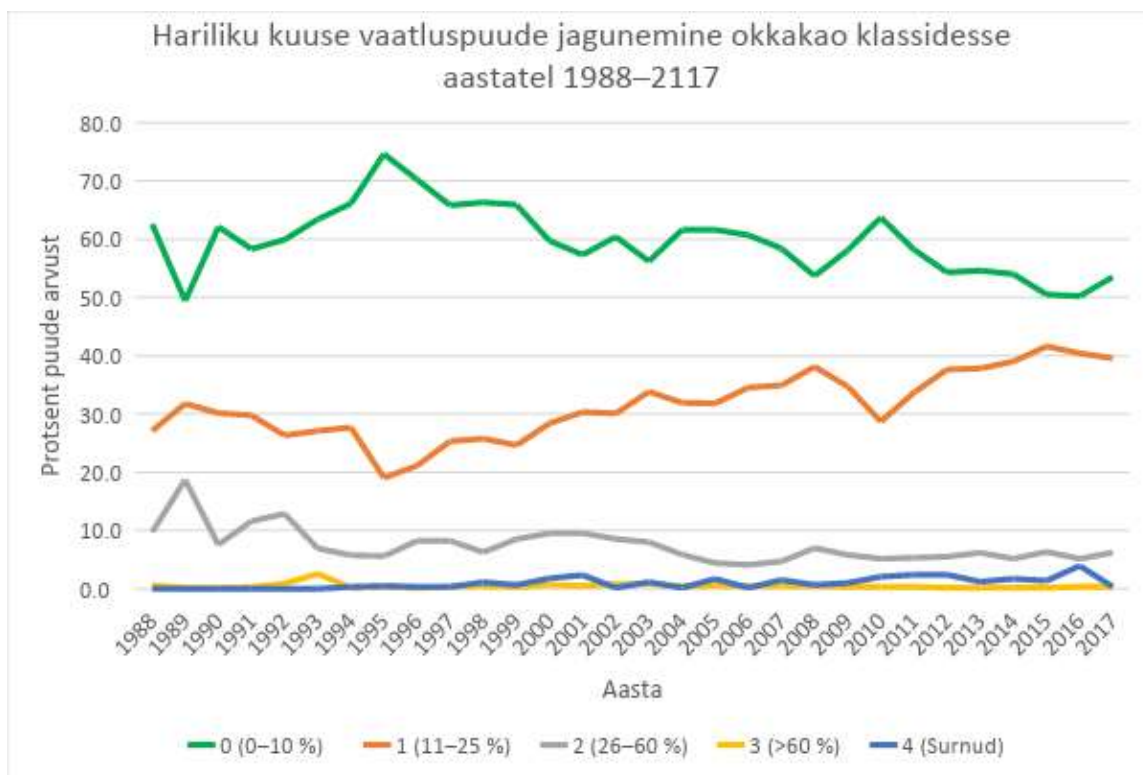


Joonis 18. Esimese astme metsaseire vaatluspunktides mändide protsent okkakaoklasside kaupa aastatel 1988–2017.

Terveks hinnatud kuuskede hulk (okkakaodu 0–10 %) on uuritud ajaperioodil statistiliselt usaldusväärselt vähenenud ($t=-3,3$, $p=0,002$; joonis 19), nõrga kahjustusega kuuskede hulk on mõnevõrra suurenenud, mis viitab kuuskede tervise halvenemisele ($t=6,5$, $p<0,001$; joonis 19). Ligikaudu 55% kuuskedest saab hinnata 2017. aasta alusel terveks ning ligikaudu 40% kuuskedest esineb nõrk okkakaodu. Teistesse okkakaoklassidesse kuuluvate puude hulk on märkimisväärselt väiksem (joonis 20).

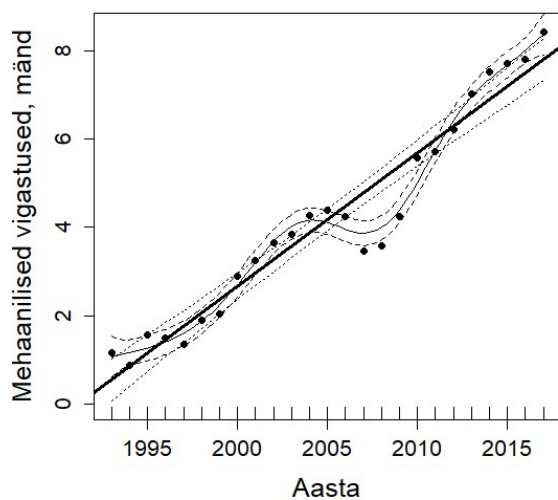


Joonis 19. Esimese astme metsaseire vaatluspunktides okkakao alusel terveks hinnatud (okkakadu 0–10 %, vasakpoolne joonis) ja nõrga kahjustusega (okkakadu 11–25 %, parempoolne joonis) kuuskede protsent aastatel 1988–2017. Punktid joonisel tähistavad vastava aasta mõõtmistulemusi, katkendjooned 95% usaldusintervalli aditiivse mudeli põhjal. Tumedam joon on lineaarse mudeli trend koos lineaarse mudeli 95% usaldusintervalliga. NB: kahe joonise y telje skaalad ei ole võrdsed.



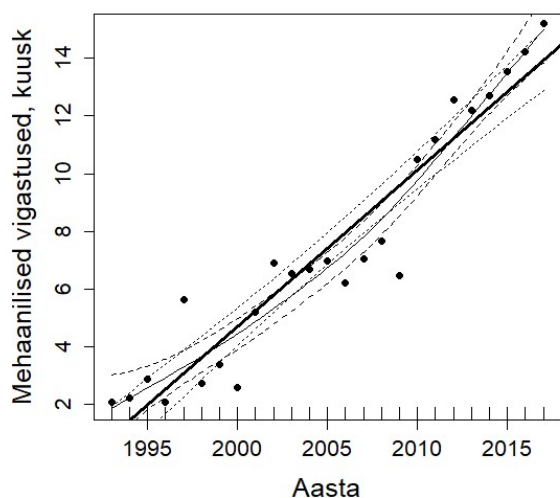
Joonis 20. Esimese astme metsaseire vaatluspunktides kuuskede protsent okkakao klasside kaupa aastatel 1988–2017.

Mehaaniliste vigastustega mändide protsent on uurimisperiodi jooksul statistiliselt usaldusväärset suurenenud ($t=18,3$, $p<0,001$; joonis 21). Veidi alla 10% seires olevates mändidest esines mehaanilisi vigastusi.



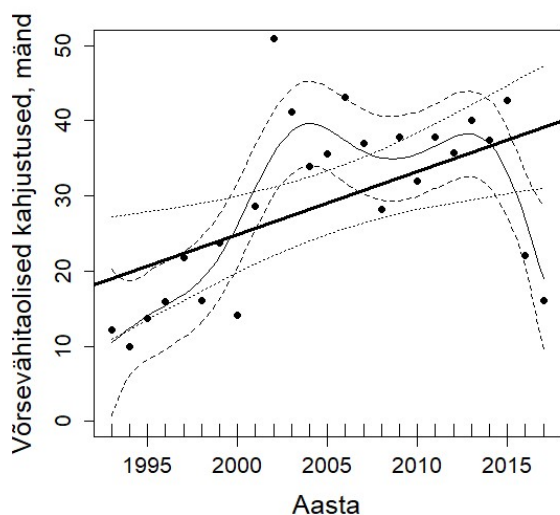
Joonis 21. Esimese astme metsaseire vaatluspunktides mehaaniliste vigastustega mändide protsent aastatel 1993–2017. Punktid joonisel tähistavad vastava aasta mõõtmistulemusi, katkendjooned 95% usaldusintervalli aditiivse mudeli põhjal. Tumedam joon on lineaarse mudeli trend koos lineaarse mudeli 95% usaldusintervalliga.

Mehaaniliste vigastustega kuuskede protsent on uurimisperiodi jooksul statistiliselt usaldusväärset suurenenud ($t=15,0$, $p<0,001$; joonis 22). Ligikaudu 15% seires olevates kuuskedest esines mehaanilisi vigastusi.



Joonis 22. Esimese astme metsaseire vaatluspunktides mehaaniliste vigastustega kuuskede protsent aastatel 1993–2017. Punktid joonisel tähistavad vastava aasta mõõtmistulemusi, katkendjooned 95% usaldusintervalli aditiivse mudeli põhjal. Tumedam joon on lineaarse mudeli trend koos lineaarse mudeli 95% usaldusintervalliga.

Võrsevähitaoliste kahjustuste hulk mändidel on uurimisperioodi jooksul statistiliselt usaldusväärselt suurenenud ($t=3,0$, $p=0,007$; joonis 23), ehkki viimased kaks seireaastat on näitaja olnud ligikaudu perioodi alguse tasemel (15% mändidest esines võrsevähitaolisi kahjustusi).



Joonis 23. Esimese astme metsaseire vaatluspunktides võrsevähitaoliste kahjustustega mändide protsent aastatel 1993–2017 aditiivse mudeli põhjal. Tumedam joon on lineaarse mudeli trend koos lineaarse mudeli 95% usaldusintervalliga.

Aegridade muutuse kirjeldus

Kuuse tervisliku seisundi halvenemine on osaliselt tingitud metsakahjustajatest, eriti kandseente (*Basidiomycota*) hulka kuuluvast juurepessust, aga ka ulukitest (eriti põdrast). Kuuse juure- ja tüvemädanikku põhjustab peamiselt kuuse-juurepess (*Heterobasidion parviporum*) ja männi juuremädanikku peamiselt männi-juurepess (*H. annosum*). Juurepessu mõju kuusele ja männile avaldub erinevalt. Kui männil on kahjustus arenenud nii kaugele, et see hakkab ilmema võra seisundis (okkaka suurenemine), siis mänd hukkub reeglina mõne aasta jooksul. Sama kahjustus kuusel ei vii puud nii kiiresti surmale ja järjest suureneva, sageli tugeva okkakaoga puud võivad elada isegi aastakümneid.

Kuuse okkaka suurenemine on tingitud ka puistute vananemisest. Ligi kolmandik vaatlusalustest puudest on vanemad kui 80 a. Harilik kuusk on oluliselt lühiealisem puu kui harilik mänd ja seetõttu puistute vananemisega kaasnev tervisliku seisundi halvenemine hakkab avalduma varem ja kajastub kuusikute puhul rohkem kui männikute puhul. Raievanuse saavutanud männikute tervislik seisund on enamasti parem kui raievanuse saavutanud kuusikutel.

Mehaaniliste vigastuste hulk nii männil kui ka kuusel on aastate jooksul suurenenud. Üheks põhjuseks võib olla raiete mahu suurenemine viimastel aastatel, mida kinnitavad ka statistilise metsainventeerimise andmed. Kuna nõudlus puidule on suur (sh. puidu hind on kõrge), siis raiutakse ja viiakse materjal metsast välja suurte masinatega. Metsa raiel ja materjali väljaveol sõltub töö kvaliteet masinisti hoolikusest ja kogemustest. Harvem lageraietel (kui näiteks nummerdatud vaatluspuid jäätakse seemnepuudeks), sagedamini hooldusraietel ja metsamaterjali väljaveol masinad vigastavad kasvama jäävaid puid, samuti saavad kasvavad puud vigastada langetatavate puude kukkumisel nende vastu. Mehaanilisi vigastusi tekib ka tormi- ja lumekahjustuste käigus – murduvad puud vigastavad sageli naaberpuud. Ühel aastal ei tarvitse mehaanilisi vigastusi tekkida palju, kuid nende hulk reeglina aastatega kasvab. Väheneb nende hulk enamasti siis, kui seirepuud lage- või hooldusraiel maha raiutakse ja nende asemele uued, terved puud valitakse. Väiksemad vigastused võivad ka paraneda ja aastate pärast hinnatakse puud terveks. Mehaaniliste vigastuste hindamise meetoodika muutunud ei ole.

Puude koorimise kohta ulukite poolt peetakse eraldi arvestust ja neid kahjustusi ei loeta mehaaniliste vigastuste hulka.

Kuigi trend näitab, et aastate jooksul on võrsevähki esinemise sagedus suurenenud, siis viimase kolme aasta jooksul on selliste kahjustustega puude hulk vähenenud. Võrsevähitaolised kahjustused männil ei ole otseselt seotud metsamajanduslike töödega. Okaspuu-võrsevähki ja teisi sellega sarnaste sümptomitega seenhaigusi esineb Eestis sageli. Aeg-ajalt esineb ulatuslikke kahjustuspuhanguid, mis haaravad ulatuslikke alasid Euroopas ja mujalgi ning mille tulemusena noored männid (eriti seemikud) hukkuvad, vanematel puudel piirdub kahjustus enamasti võrsete ja okste kuivamisega.

Metsaseire tulemuste põhjalikum ülevaade.

Metsaseire teiste indikaatorite viimased tulemused on esitatud 2017. aasta metsaseire aruandes: <http://seire.keskkonnainfo.ee/attachments/article/4019/Metsaseire%20aruanne%202017.pdf>

Varasemad uuringud või teadusartiklid seireandmete põhjal. Seireandmete kasutamine siseriiklikes või rahvusvahelistes aruannetes

Artiklite ja ülevaadete nimekiri on esitatud Lisas 4.

Nimetada muud indikaatorid hindamaks metsa ökoloogilist seisundit, kuid mida antud töös detailselt ei kasutatud

Metsaseirel registreeritakse kõik kahjustused ja hinnatakse nende ulatus, samuti kahjustuse põhjus. Puid kahjustavaid tegureid (eriti seeni ja putukaid) on palju, kuid harilikult on kahjustused väikesed, vähemärgatavad ja puu seisundit märgatavalt ei mõjuta. Tugevaastmelisi kahjustusi esineb harva ning nende ulatuse ja arengu selgitamiseks kasutatakse lisaks metsaseirel saadavatele andmetele teisi meetodeid.

ICP Forests programmis töötatakse hetkel välja metoodikat, et hinnata ka metsamajanduse mõju metsatervisele.

Metsatervis (II astme metsaseire alusel)

Valitud indikaatorid

Üldlämmastiku, kaltsiumi, kaaliumi ja sulfaatse väevli deponeerumine (sadenemine) võrade all ja avamaal.

Indikaatorite definitsioonid

Sademetee vee happesuse taset iseloomustab pH väärtus, mis sõltub aluseliste [näiteks kaltsiumi (Ca^{2+}), kaaliumi (K^+) ja happeliste ionide (näiteks sulfaatide (SO_4^{2-} jne)) vahekorra. Sellest selgub, kas sadevesi on happeline või aluseline.

Üldlämmastiku mõju sademetee vee pH-le sõltub sellest, millises vahekorras on aluselised (näiteks ammonium) ja happelised (näiteks nitraadid, nitritid) ioonid sademetee vees.

Kaltsiumi (Ca^{2+}) ja kaaliumi (K^+) ioonid põhjustavad sademetee vee leelistumist.

Sulfaatioonid (SO_4^{2-}) põhjustavad sademetee vee hapestumist.

Millise seire raames indikaatoreid kogutakse?

Ülaltoodud indikaatoreid kogutakse sademeteseire (*Sampling and Analysis of Deposition*) käigus, mis on üks üheksast metsaseire allprogrammi seireliigist ning samuti osaks rahvusvahelisest seireprogrammist *International Co-operative Programme on Assessment and Monitoring of Air Pollution Effects on Forests (ICP Forests)* ja nimetatud programmis osalemine on kohustuslik EU liikmesriikidele.

Ülaltoodud programm tugineb omakorda rahvusvahelisele õhusaaste kaugkande konventsioonile [*United Nations Economic Commission for Europe (UNECE) Convention on Long-range Transboundary Air Pollution (CLRTAP)*].

Sademetee seiret viiakse läbi metsaseire II astme püsivaatlusaladel.

Seiremetoodika kirjeldus

Sademetseseire tegevuste läbiviimisel metsaseire II astme püsivaatlusaladel on aluseks *ICP Forests* programmis osalevate ekspertide poolt koostatud juhend „*MANUAL on methods and criteria for harmonized sampling, assessment, monitoring and analysis of the effects of air pollution on forests*“, mille üheks osaks on depositsiooniseire juhend (*Part XIV, Sampling and Analysis of Deposition*).

Mis on seire peamine eesmärk, mille raames seireandmeid kogutakse?

Rahvusvahelise metsaseire programmi *ICP Forests* peamised eesmärgid:

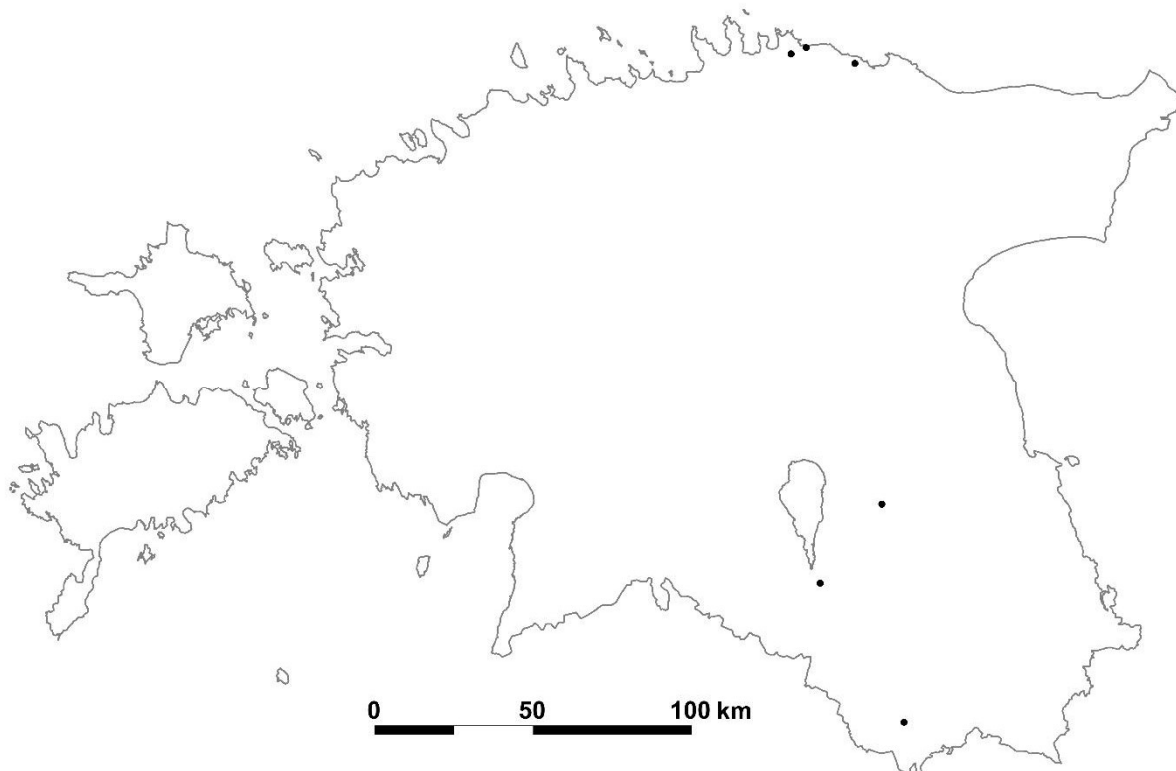
- 1) saada perioodiliselt ülevaade metsa seisundi ruumilistest ja ajalistest muutustest tulenevalt antropogeensetest ja looduslikest stressifaktoritest (eriti õhusaastest), kasutades üle-Euroopalist ja üleriigilist laiaulatuslikku esinduslikku seiret süsteemse seirevõrgustiku baasil;
- 2) metsaökosüsteemide seisundi ning antropogeensete ja looduslike stressifaktorite (eriti õhusaaste) vaheliste põhjus-tagajärg seoste selgitamine intensiivseire abil suurel hulgal püsivaatlusaladel üle Euroopa; oluliste metsaökosüsteemide arengu uurimine Euroopas.

Vastavalt keskkonnaseire seadusega ([RT I, 18.05.2016, 1](#)) kehtestatud riikliku keskkonnaseire allprogrammide teostamise korrale ([RT I, 25.01.2017, 9](#)) on metsaseire ülesanded ja eesmärk:

- 1) metsade ja metsamuldade seisundi ja aineringe jälgimine ning toimuvate muutuste selgitamine ja prognoosimine, analüüsides nende põhjuslikke seoseid inimtegevuse ja looduslike protsessidega;
- 2) kliimamuutuste, õhusaaste ja muu inimtegevuse mõju selgitamine metsa ökosüsteemile;
- 3) metsakahjurite leviku kindlakstegemine, jälgimine ja analüüs.

Seirealade ruumiline paiknemine

Metsaseire II astme seirealade paiknemine on esitatud joonisel 24.



Joonis 24. Teise astme metsaseire vaatluspunktide geograafiline jaotus.

Aegrea pikkus

Sademetes seire metsaseire II astme püsivaatlusaladel toimub aastaringselt (pidevalt) alates aastast 1997 kuni käesoleva ajani, so üle 20 aasta.

Kui tiheidalt mõõdetakse seirenäitajat aastas?

Sademetes proovide kogumine nii avamaal kui võrade all toimub reeglina üks kord kuus, kuid suvekuudel (maist septembrini) kaks korda kuus. Koondproovide keemiline analüüsimine toimub kord kuus EKUK-i Tartu filiaali laboris vastavalt rahvusvahelise juhendi formaadile ja meetoditele.

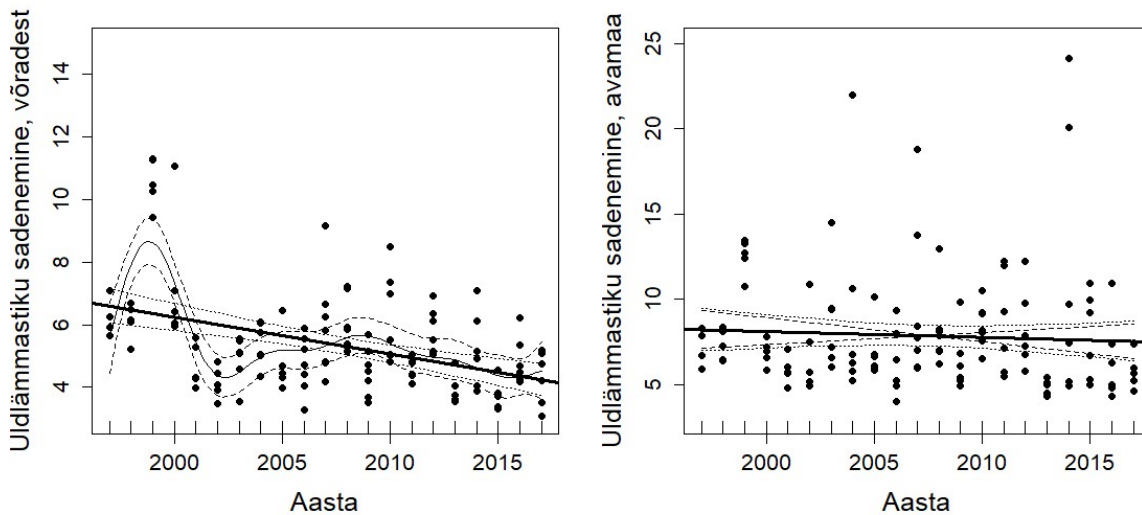
Indikaatori/te seotus metsamajandamisega

Sademetes seire tulemused ei ole otseselt seotud metsamajanduslike näitajatega, vaid tegemist on konkreetse puistu ökoloogilist seisundit iseloomustavate parameetritega, kuid teatavad majandusvõtted mõjutavad sadevee keemilisi karakteristikuid. Püsivaatlusala puistus hooldusraie läbiviimisel muudetakse puistu tihedust (vahel ka liigilist koosseisu) ning selle tagajärjel muutub paratamatult ka võradest läbinõrgunud sademetes koostis. Lageraie korral kaob erinevus avamaa sademetes koostisega täiesti ära, mis uue metsapõlvkonna kasvamisel hakkab järk-järgult jällegi muutuma.

Indikaatorite aegriade muutus uuritud perioodil

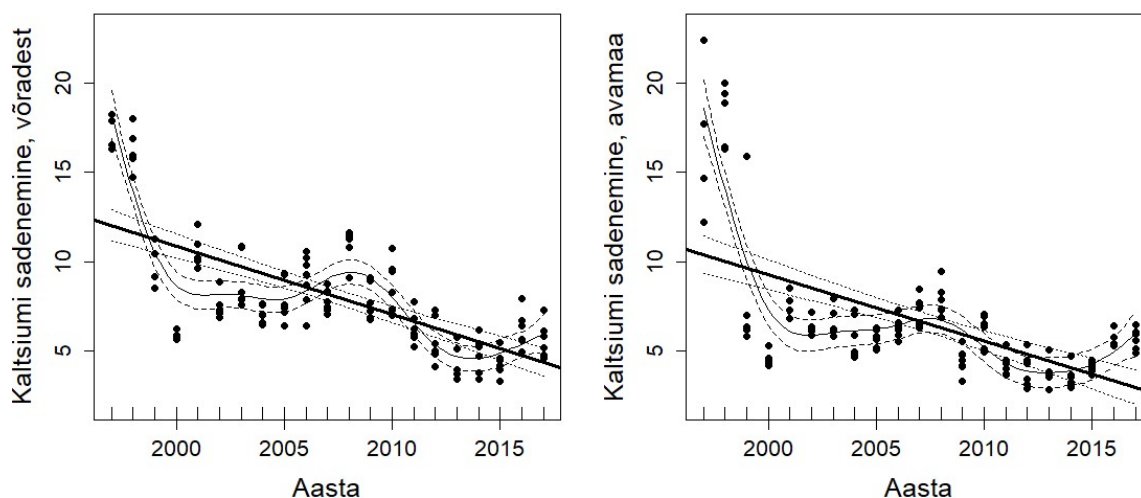
Alljärgnevaid tulemusi peab tõlgendama ainult seirealadele kohta ning pole õige interpreteerida kogu Eesti ulatuses, sest seirevalim pole suur.

Üldlämmastiku sadenemine võradest on statistiliselt usaldusväärset vähenenud ($t=-5,1$; $p<0,001$; joonis 25) Eestis aastatel 1997–2017. Seevastu üldlämmastiku sadenemine avamaal on olnud uurimisperioodi vältel stabiilne ($t=-0,6$; $p=0,5$; joonis 25).



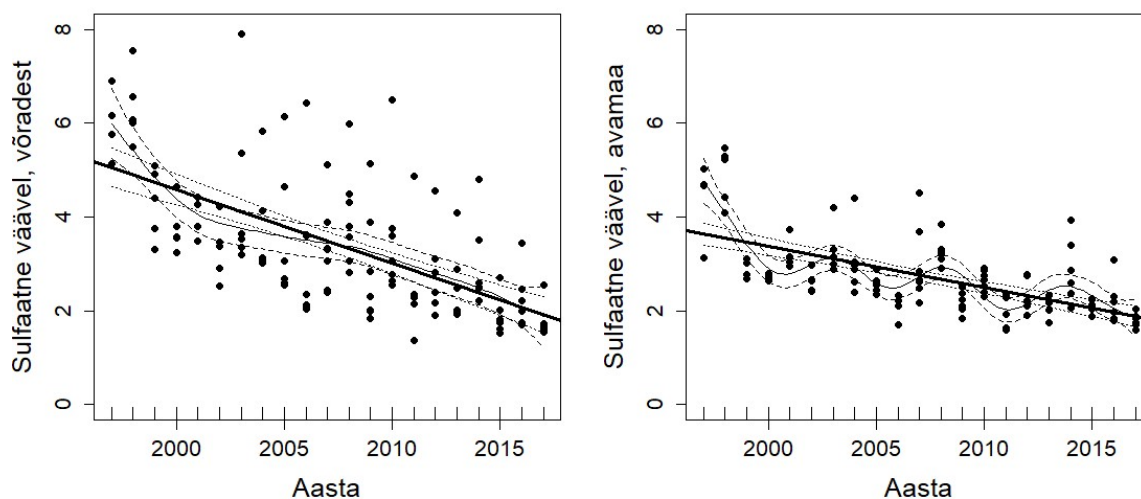
Joonis 25. Üldlämmastiku sadenemine võradest (vasakpoolne joonis) ja avamaalt (parempoolne joonis) Eestis aastatel 1997–2017 II astme metsaseire alusel (algandmed seirealadelt). Punktid joonisel tähistavad vastava aasta mõõtmistulemusi, katkendjooned 95% usaldusintervalli aditiivse mudeli põhjal. Tumedam joon on lineaarse mudeli trend koos lineaarse mudeli 95% usaldusintervalliga. NB: kahe joonise y telje skaalad ei ole võrdsed.

Kaltsiumi sadenemine võradest on Eestis aastatel 1997–2017 statistiliselt usaldusväärset vähenenud ($t=-10,5$; $p<0,001$; joonis 26). Kaltsiumi sadenemine avamaal on samuti statistiliselt usaldusväärset vähenenud ($t=-8,2$; $p<0,001$; joonis 26).



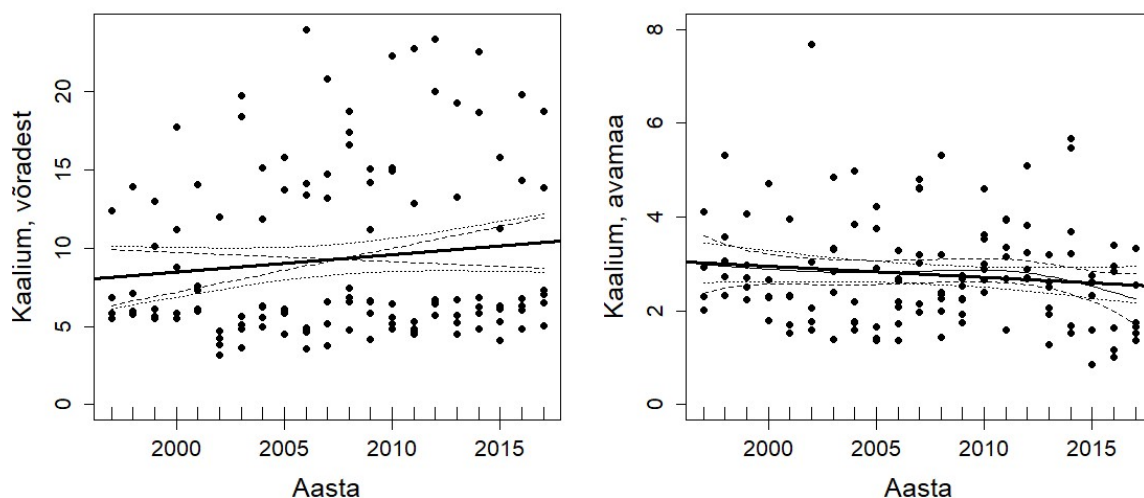
Joonis 26. Kaltsiumi sadenemine võradest (vasakpoolne joonis) ja avamaalt (parempoolne joonis) Eestis aastatel 1997–2017 II astme metsaseire alusel (algandmed seirealadelt). Punktid joonisel tähistavad vastava aasta mõõtmistulemusi, katkendjooned 95% usaldusintervalli aditiivse mudeli põhjal. Tumedam joon on lineaarse mudeli trend koos lineaarse mudeli 95% usaldusintervalliga.

Sulfaatse väävli sadenemine võradest on uurimisperioodi vältel statistiliselt usaldusväärset vähenenud ($t=-15,1$; $p<0,001$; joonis 27). Sulfaatse väävli sadenemine avamaal on samuti statistiliselt usaldusväärset vähenenud ($t=-8,8$; $p<0,001$; joonis 27).



Joonis 27. Sulfaatse väävli sadenemine võradest (vasakpoolne joonis) ja avamaalt (parempoolne joonis) Eestis aastatel 1997–2017 II astme metsaseire alusel (algandmed seirealadelt). Punktid joonisel tähistavad vastava aasta mõõtmistulemusi, katkendjooned 95% usaldusintervalli aditiivse mudeli põhjal. Tumedam joon on lineaarse mudeli trend koos lineaarse mudeli 95% usaldusintervalliga.

Kaaliumi sadenemine võradest on uurimisperioodi vältel püsinud stabiilne ($t=0,1$; $p=0,9$; joonis 28). Samuti kaaliumi sadenemine avamaal on püsinud stabiilne ($t=-0,17$; $p=0,86$; joonis 28), kuid sadenemise kogused võrades ja avamaal on olnud erinevad.



Joonis 28. Kaaliumi sadenemine võradest (vasakpoolne joonis) ja avamaalt (parempoolne joonis) Eestis aastatel 1997–2017 II astme metsaseire alusel (algandmed seirealadelt). Punktid joonisel tähistavad vastava aasta mõõtmistulemusi, katkendjooned 95% usaldusintervalli. NB: kahe joonise y telje skaalad ei ole võrdsed aditiivse mudeli põhjal. Tumedam joon on lineaarse mudeli trend koos lineaarse mudeli 95% usaldusintervalliga.

Aegridade muutuse kirjeldus

Suurimad muutused, mis tuvastati sademeteseire käigus depositsioonikoormuste osas toimusid möödunud sajandi üheksakümnendate lõpus ja käesoleva sajandi esimestel aastatel. Sademete seire osas kasutati juba 2011. aastal seiretulemuste analüüsimisel veeproovides määratud keemiliste elementide ajaliste trendide statistilise usaldusväarsuse väljaselgitamiseks *Mann-Kendall*’i testi, mida rakendati perioodi 1997–2010 kaalutud keskmiste depositsioonikoormuste osas. Sulfaatse väevli ($\text{SO}_4\text{-S}$) osas esines statistiliselt usaldusväärne langev trend kõigil proovialadel, va Sagadi avamaa seirepunkti sademetes. Kahanev trend tuvastati ka kaltsiumi osas nii Sagadi männiku kui Mäksa kuusiku seirepunktide võrasademetes (Apuhtin jt. 2012). Nii sulfaatse väevli kui ka kaltsiumi alanevad trendid on seotud eelkõige aastatel 1997–2010 toimunud muutustega keskkonnapoliitikas, mille tagajärjel on karmistunud tööstusettevõtetele esitatavad nõuded õhku paisatavate heitmete osas, mis on tingitud uute ja efektiivsemate tehnoloogiate kasutuselevõtu tööstuslike heitmete koguste piiramiseks nii tsemendi- kui ka põlevkivitööstuses.

Lämmastikuühendite saastekoormuse osas võib täheldada tendentsi, et see on suurem soojematel kuudel maist septembrini ja väiksem talvekuudel ning see oli üldiselt suurem avamaasademetes kui võrade all, eriti ammonium- ja üldlämmastiku osas. Eelöeldust võib järeldada, et suur osa lämmastikuühenditest peetakse kinni võrades, kus see kasutatakse toitumiseks puude okaste ja võras kasvavate teiste taksonite (näiteks vetikad, samblikud) ning okaste poolt.

Sulfaatse väevli ($\text{SO}_4\text{-S}^{2-}$), kaltsiumi (Ca^{2+}) ja kaaliumi (K^+) osas on tendents vastupidine lämmastikuühenditele. Võrade all on nende saastekoormused üldiselt suuremad kui avamaal. Järelikult peab toimuma $\text{SO}_4\text{-S}^{2-}$, Ca^{2+} , K^+ osas enamal juhtudel võradest väljaleostumise protsess.

Sulfaatses väävli ja kaltsiumi osas toimub see põhiliselt vegetatsiooniperioodi kuudel, kuid kaaliumi osas on väljaleostumise intensiivsus suur talvekuudel. Eriti intensiivne on kaaliumi väljaleostumine just kuusikuis, kus võrade all on kaaliumi depositsioon oluliselt suurem (kuni 5 korda) kui avamaal (Apuhtin jt. 2017).

Metsaseire tulemuste põhjalikum ülevaade.

Metsaseire (II aste) teiste indikaatorite viimased tulemused on esitatud 2017. aasta metsaseire aruandes:

<http://seire.keskkonnainfo.ee/attachments/article/4019/Metsaseire%20aruanne%202017.pdf>

Varasemad uuringud või teadusartiklid seireandmete põhjal. Seireandmete kasutamine siseriiklikes või rahvusvahelistes aruannetes

Artiklite ja ülevaadete nimekiri on esitatud Lisas 4.

Lüngad: mis indikaatorid oleksid veel vajalikud, kuid mida seires ei koguta?

Käesoleval ajal läbiviidavate metsaseire tegevuste eesmärk on sedastada õhusaaste mõju metsale ja metsamullale. Seetõttu ei ole uuritud ega kirjeldatud metsamajanduslike võtete ja majandamisel kasutatava tehnoloogia mõju metsaökosüsteemile.

Metsaökoloogiast võiks lünkadena välja tuua metsade mullad ja vee kvaliteedi. Täpsemalt on kirjeldatud eelmainitud teemasid arutelu peatükis ja Lisas 5.

Päevaliblikad

Valitud indikaatorid

Päevaliblikate liikide ja isendite arv, kes on seotud metsaelupaigaga.

Kasutatud 30 päevaliblika liigi arvukuse andmeid, kes on seotud metsaelupaigaga. Liigid: uneliblikas, kollatähn-kuldpunnepea, musttähn-kuldpunnepea, koiduliblikas, põualiblikas, lapsuliblikas, kase-siilaktiib, violett-siilaktiib, rohetiib, jalaka-kannustiib, toominga-kannustiib, kevad-sinitiib, ogasäär-sinitiib, mesika-sinitiib, rohetäpik, niidutäpik, väike-kärbtiib, leinaliblikas, kollatähn-pajuliblikas, valgetähn-pajuliblikas, suur-mosaiikliblikas, haavalumik, väikelumik, väike-kiirgliblikas, suur-kiirgliblikas, orasheinasilmik, varane tumesilmik, harilik tumesilmik, sõõrsilmik ja harilik tõmmusilmik.

Indikaatorite definitsioonid

Metsaelupaikadega seotud 30 päevaliblika liikide ja isendite arvukuse muutus perioodil 2004–2018.

Millise seire raames indikaatorit kogutakse?

Riikliku keskkonnaseire eluslooduse ja maastiku seire allprogramm „Päevaliblikate kooslused“.

Seiremetoodika kirjeldus

Seiremetoodika on esitatud 2017. aasta aruandes:

<http://seire.keskkonnainfo.ee/attachments/article/3981/aruanne-2017p%C3%A4evaliblikate-kooslused.pdf>

ja lühidalt Keskkonnaseire interneti leheküljel:

<https://keskkonnaagentuur.ee/failid/P%C3%A4evaliblikate%20seiremetoodika.pdf>

Mis on seire peamine eesmärk, mille raames seireandmeid kogutakse?

Päevaliblikate seire eesmärgiks on Eesti päevaliblikate koosluste liigilise mitmekesisuse ning seisundi jälgimine eesmärgiga saada informatsiooni pikaajalistest muutustest. Päevaliblikad on tundlik putukarühm, mille arvukuse ning liigirikkuse muutused peegeldavad muutusi maakasutuses, sh. ka pool-looduslike koosluste seisundis.

Seirealade ruumiline paiknemine

Alates 2004. aastast on maksimaalset seiratud 14 seireala aastas (joonis 29).



Joonis 29. Päevaliblikate seirealade paiknemine Eestis perioodil 2004–2018.

Aegrea pikkus.

Alates 2004. aastast (7-14 seireala aastas).

Kui tihedalt mõõdetakse seirenäitajat aastas?

Kord aastas.

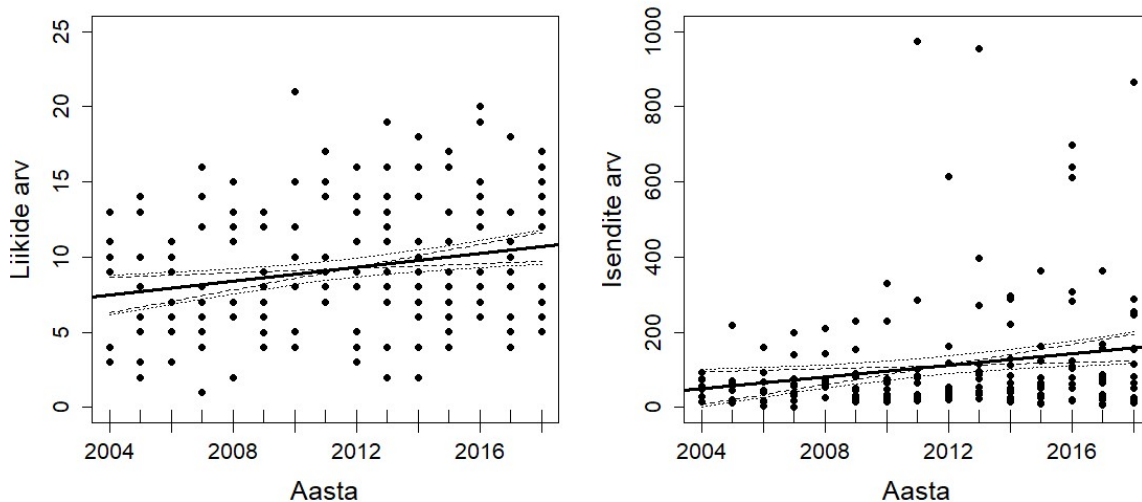
Indikaatori/te seotus metsamajandamisega

Raie (sh lageraie) alad pakuvad lühiajalisi (enne kinnikasvamist) toitumisalasid päevaliblikatele. Lageraie käigus tekkivad langid on justkui ajutised niidud, mis leitakse enamiku niiduliikide poolt reeglina kiiresti üles (Viljur & Teder 2018). Kui lank kinni kasvab, siis need niiduliigid arusaadavalt kaovad sellest konkreetsest piirkonnast. Sellistest lankidest on kasu ka metsaliikidele, kelle puhul röövikud võivad küll elada puudel (st. mitte rohurindes), aga valmikud vajavad õitsvaid taimi toitumiseks.

Indikaatorite aegriade muutus uuritud perioodil

Alljärgnevaid tulemusi peab tõlgendama ainult seirealadele kohta ning pole õige interpreteerida kogu Eesti ulatuses, sest seirevalim pole suur.

Metsaelupaigaga seotud päevaliblikate liikide arv on seirealadel statistiliselt usaldusväärselt suurenenud perioodil 2004–2018 ($t=4,2$; $p<0,001$; joonis 30). Samuti on päevaliblikate isendite arv uuritava perioodil statistiliselt usaldusväärselt suurenenud ($t=3,3$; $p=0,001$; joonis 30).



Joonis 30. Päevaliblikate liikide arv (vasakpoolne joonis) ja isendite arv (parempoolne joonis) Eestis aastatel 2004–2018. Punktid joonisel tähistavad vastava aasta seiretulemusi, katkendjooned 95% usaldusintervalli aditiivse mudeli põhjal. Tumedam joon on lineaarse mudeli trend koos lineaarse mudeli 95% usaldusintervalliga.

Aegriade muutuse kirjeldus

Mosaiiksus metsamaastikus tähendab päevaliblikatele mitut positiivset mõju. Esiteks, lankidel on rohkem õitsvaid taimi ja see on toit valmikutele. Eestis ei ole päevaliblikate valmikutel valdaval ajal suvest võimalik leida toitu puudelt. Lankidele tekivad mõneks aastaks (enne uuesti kinnikasvamist) mõneti niitusid meenutavad taimekooslused, mis pakuvad toitumisvõimalusi ka muidu pigem avamaastikus elavate liblikate röövikutele (Viljur, Teder, 2016 ja 2018). Seetõttu on oluline, et avamaastikulaikude osakaal metsamaastikus ei varieeruks väga suurtes piirides. Siis on pidevalt olemas enam-vähem stabiilse suurusega toiduessurs. Väga suur raialade pindala loob küll ajutiselt paljudele päevaliblikatele väga head tingimused, ent kui need alad kord kinni kasvavad, kaob päevaliblikatele soodne keskkond pikaks perioodiks.

Teiseks mõjutab päevaliblikaid mosaiikses maastikus väga tugevasti ka mikrokliima. Maastikus, kus metsasiilud ja langid paiknevad läbisegi, on ühekorraga olemas nii päike kui kaitse tuule eest (suurtes avamaastikumassiivides pärsib tuul päevaliblikate tegevust väga tugevasti!). See on üks põhjus, miks tasuks vältida kümnetesse hektaritesse küündivate lankide teket. Lisaks suurendab metsamaastiku mosaiiksus ka servabiotoopide (mets-raiesmik) hulka. Selle arvelt on olemas rohkem erinevaid ökoloogilisi nišše, mis võimaldab päevaliblikatel üle elada ka perioodid, mil valitsevad valdavalt ebasoodsad keskkonnatingimused.

Kliima soojenemise mõju metsaliblikatele on hetkel ebaselge. Näiteks ööliblikate puhul on täheldatud, et kuigi Eestis on jätkuvalt olemas nii sobivad toidutaimed kui biotoobid, on mõni 100 aastat tagasi tavaline olnud liik tänapäevaks välja surnud.

Päevaliblikate seiretulemuste põhjalikum ülevaade

Päevaliblikate seire tulemused on esitatud 2017. aasta aruandes:

<http://seire.keskkonnainfo.ee/attachments/article/3981/aruanne-2017p%C3%A4evaliblikate-kooslused.pdf>

Varasemad uuringud või teadusartiklid seireandmete põhjal. Seireandmete kasutamine siseriiklikes või rahvusvahelistes aruannetes

Artiklite ja ülevaadete nimekiri on esitatud Lisas 4.

Nimetada muud indikaatorid hindamaks metsa ökoloogilist seisundit, kuid mida antud töös detailselt ei kasutatud

Kokku on võimalik kasutada 30 päevaliblikaliigi arvukuse muutuse andmeid, kes on seotud metsaelupaigaga.

Lüngad: mis indikaatorid oleksid veel vajalikud, kuid mida seires ei koguta?

Seire raames ei koguta lausalist infot seirealade ümbruses teostatud metsamajanduse (sh raie) kohta. Ainult juhtudel kui mõnel seirealal on toimunud silmatorkav majandustegevus (sh raie), on see andmebaasi sisestatud kirjetes ära märgitud.

Uuringust selgus lisaks, et päevaliblikate üldine seisund on Eestis hea, sest ka ülejäänud liikidel (62 päevaliblikaliiki, kes pole metsaelupaikadega seotud) liigirikkus on Eestis statistiliselt usaldusväärset suurenenud uuritud seireperioodil 2004–2018 ($t=4,0$; $p<0,001$, Lisa 6). Seevastu isendite arv on jäänud stabiilseks ($t=0,6$; $p=0,56$, Lisa 6).

Linnud

Valitud indikaatorid

Aruandes esitame ülevaatenähtuna kuue metsalindude indikaatori ülevaate: Eesti metsalinnustiku (*EST-FOBI*), paiksete, lähirändsete, kaugrändsete metsalindude, küpsete ja vanade metsade haudelinnustiku ning lageraiete ja noorte metsakoosluste haudelinnustiku komposiitindeksid.

Aruande Lisas 3 on esitatud andmed 14 indikaatori kohta lisaks eelmainitud kuuele indikaatorile veel: vaese kasvukoha („*nutrient poor habitats*“ e. madalaboniteedilised metsakooslused) metsade, okasmetsade haudelinnustiku, generalistide, suluspesitsejate, avapesitsejate ja maaspesitsevate metsalindude komposiitindeksid.

Indikaatorite definitsioonid

Kõik valitud linnuindikaatorid näitavad rändsuse või elupaigaeelistuse poolest sarnaste tavalinnustiku liikide (harilikud metsaelupaigaga seotud linnuliigid) arvukuse muutust ajas. Sarnase elupaigaeelistusega liikide rühma seisundi (ja seeläbi elupaiga) kirjeldamiseks on liikide arvukusindeksid kombineeritud ühtseks komposiitindeksiks.

Eesti metsalinnustiku komposiitindeks (*EST-FOBI*) on 51 metsa haudelinnuliigi arvukuse indeksite geomeetriline keskmine.

Paiksete metsalindude komposiitindeks on Eesti oludes paiksete või osarändsete haudelindude arvukuse indeksite geomeetriline keskmine. Paiksete lindude arvukus sõltub lisaks pesitsusalade elupaigamuutustele olulisel määral ka ilmastiku, eriti talvise ilmaolude mõjudest Eestis. Kui üldise suundumuse kohaselt muutuvad Eestis talved järjest pehmemaks, siis soodsamatest talvitusoludest tulenevalt peaks ka paiksete metsalindude seisund paranema. Mitmete meil talvituvate paigalindude arvukuse tõusu kinnitab riikliku seire raames läbiviidav talilinnuloendus, kus alates 1987. aastast on jälgitud Eestis talvituvate lindude arvukust (Elts, 2017). Valitud liigid: raudkull, sabatihane, laanepüü, siisike, ronk, suur-kirjurähn, musträhn, pasknäär, mänsak, musttihane, sinitihane, tutt-tihane, rasvatihane, põhjatihane, salutihane, leevike, põialpoiss, puukoristaja, metsis.

Lähirändsete metsalindude komposiitindeks on Lääne- ja Kesk-Euroopas talvituvate haudelindude arvukuse indeksite geomeetriline keskmine. Lähirändsete lindude arvukus sõltub lisaks pesitsusalade elupaigamuutustele olulisel määral Lääne- ja Kesk-Euroopa talvede karmusest. Valitud liigid: suurnokk-vint, õõnetuvi, kaelustuvi, punarind, metsvint, väike-lehelind, võsaraat, mustpea-põõsalind, käblik, vainurästas, musträstas, laulurästas, hoburästas.

Kaugrändsete metsalindude komposiitindeks on Aafrikas talvituvate haudelindude arvukuse indeksite geomeetiline keskmine. Kaugrändsete lindude arvukus sõltub lisaks pesitsusalade elupaigamuutustest veel ohuteguritest rändeteedel ja talvitusaladel Aafrikas. Valitud liigid: metskiur, kägu, must-kärbsenäpp, väike-kärbsenäpp, väänkael, hall-kärbsenäpp, peoleo, lepalind, mets-lehelind, salu-lehelind, aed-pöösälind.

Küpsete ja vanade metsade haudelinnustiku komposiitindeks on hilises arengujärgus metsakoosluste haudelindude arvukuse indeksite geomeetiline keskmine. Valitud liigid: kanakull, suurnokk-vint, must-kärbsenäpp, väike-kärbsenäpp, metsvint, musttihane, tutt-tihane, väike-lehelind, mets-lehelind, põialpoiss, puukoristaja, metsis. Indikaatori liigivalikusse kuuluvad 12 liiki kelle pesitsusaegseks elupaigaks on küpsed metsakooslused. Neist 9 liiki on Eesti oludes paiksed või lähirändsed ning 3 liiki (väike- ja must kärbsenäpp ning mets-lehelind) on kaugrändsed. Vanade metsade haudelindude arvukust mõjutavad lisaks kliima- ja ilmamõjudele veel vanade metsaelupaikade levik ja pindala.

Lageraiete ja noorte metsakoosluste haudelinnustiku komposiitindeks on varases arengujärgus metsakoosluste haudelindude arvukuse indeksite geomeetiline keskmine. Noorte metsade haudelinnud on Eesti oludes kõik kaugrändsed liigid. Valitud liigid: metskiur, kägu, punaselg-õgija, nõmmelõoke, salu-lehelind, mustpea-pöösälind, aed-pöösälind, väike-pöösälind.

Lisas 3 esitatakse veel kaheksa linnuindikaatori tulemused uuritud perioodil.

Millise seire raames indikaatoreid kogutakse?

Haudelinnustiku punktloendus. Lisaks kasutati võimalusel röövlindude seire ja metsise mängude seire andmeid.

Seiremetoodika kirjeldus

Aruande Lisas 3 on detailselt kirjeldatud komposiitindeksite arvutusmetoodikat. Haudelindude arvukuse hindamiseks kasutatakse programmi TRIM (*TRends and Indices of Monitoring Data*; Pannekoek, Van Strien, 2001). Punktloenduste viimane aruanne koos metoodikaga on esitatud: <http://seire.keskkonnainfo.ee/attachments/article/4100/Punktloenduste%20aruanne%202018.pdf> K äesolevas uuringus on komposiitindeksite arvutamisel kasutatud liikide arvukuse indeksid arvutatud erineval valimil võrreldes koguvalimiga, mida on kasutatud punktloenduste aruandes (Nellis, 2017), vt. täpsemalt Lisa 3. Liikide arvukuse indeksite arvutusel on kasutatud radade valimit, millel on ühisosa metsabiotoopidega (vähemalt 1 punkt 20st asub metsabiotoobis) ning lisaks on arvukuse mudelites kasutatud kaalu, mis näitab metsabiotoopides asuvate punktide suhtarvu raja loenduspunktide hulgas. Seega on analüüsi käigus vähendatud väljaspool metsabiotoope asuvates puistutes pesitsevate haudelindude arvukuse mõju. Seega võib eeldada, et saadud tulemused kajastavad vaid metsamaastikus pesitsevate haudelindude arvukuse trende.

Röövlindude seire aruanne ja metoodika:

http://seire.keskkonnainfo.ee/index.php?option=com_content&view=article&id=4022:roeoevlinnud-2017-a&catid=1346:elustiku-mitmekesisuse-seire-2017&Itemid=5854

Metsise mängude seire aruanne ja metoodika:

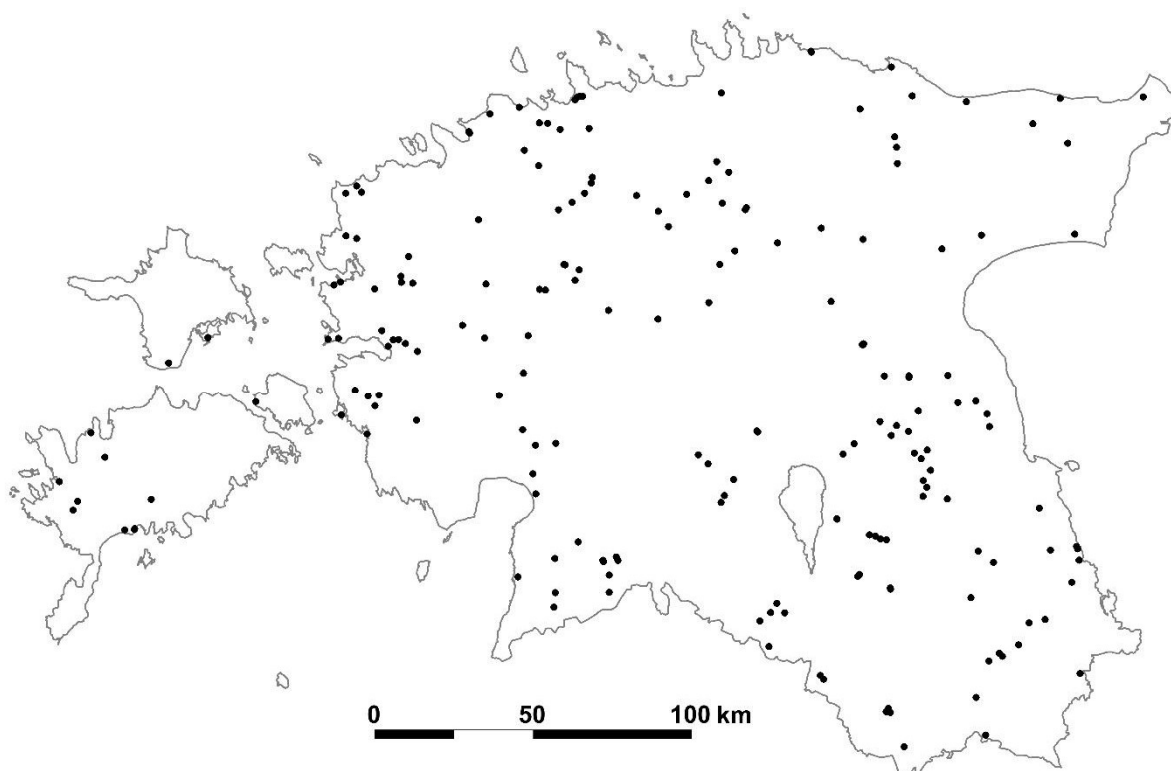
<http://seire.keskkonnainfo.ee/attachments/article/4000/metsis2017.pdf>.

Mis on seire peamine eesmärk, mille raames seireandmeid kogutakse?

Haudelinnustiku punktloenduste eesmärk on lindude pesitsusaegse arvukuse muutuste pikaajaline jälgimine, mille kaudu registreeritakse elupaikades ja laiemalt ka keskkonnas toimuvaid muutusi. Projekt on käigus alates 1983.a. ja ta on üle-Euroopalise seireprojekti "EUROMONITORING" osa ja metoodikaga *European Bird Census Council* eestvedamisel. Lisaks kasutati röövlindude ja metsise mängude seire tulemusi, sest haudelinnustiku punktloenduses viimatimainitud seirete linnuliigid on alaesindatud.

Seirealade ruumiline paiknemine

Üle-Eestiline andmestik. Loendusradade (iga rada koosneb 20 loenduspunkti) paiknemine on esitatud joonisel 31.



Joonis 31. Punktloenduse loendusradade paiknemine perioodil 1983–2017.

Aegrea pikkus

Haudelinnustiku punktloendused toimuvad alates 1983. aastast.

Kui tihedalt mõõdetakse seirenäitajat aastas?

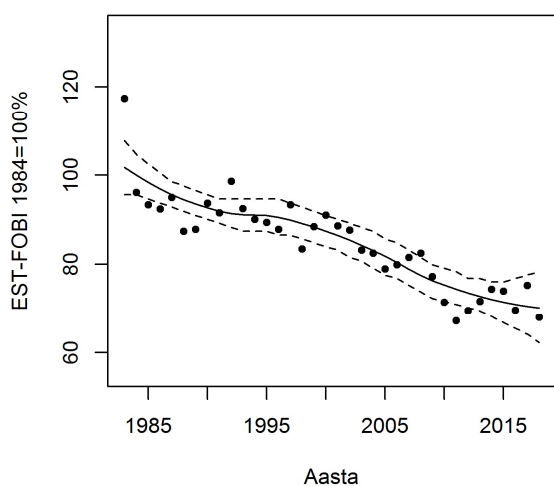
Punktloendused toimuvad kord aastas lindude pesitusajal mai lõpus või juuni alguses.

Indikaatori/te seotus metsamajandamisega

Raied (eriti lageraied) põhjustavad otseselt lindudele elu- ja pesapaikade ning pesade hävimist ja toidubaasi muutust. Metsakuivendus mõjutab samuti lindude toidubaasi muutust (Lõhmus, Sellis, 2001). Kaasaegne ülevaade lageraiepõhisest metsamajandusest elustikule (sh lindudele) on esitatud A.Lõhmuse poolt metsanduse arengukava alusuuringus (Lõhmus, 2018). Muuhulgas esitatakse kokkuvõtvalt, et Eestis on kaitstavate metsalindude tegevuskavades raietega häirimisele omistatud ohutegurina tavaliselt keskmine tähtsus. Samas esineb Eestis linnuliike, kes on raietest väga häirimistundlikud (näiteks kassikakk; Lõhmus, 2018).

Indikaatorite aegriade muutus uuritud perioodil

Eesti metsalindude komposiitindeks *EST-FOBI* (joonis 32) on vaatlusperioodil täheldatav mõõdukas langus, keskmiselt langes uuritav indeks -1,1% aastas (usaldusvahemik -1,2 .. -0,9% aastas). Muutus (metsalindude arvukusindeksite langus) on statistiliselt usaldusväärne ($z=824$; $p<0,01$).

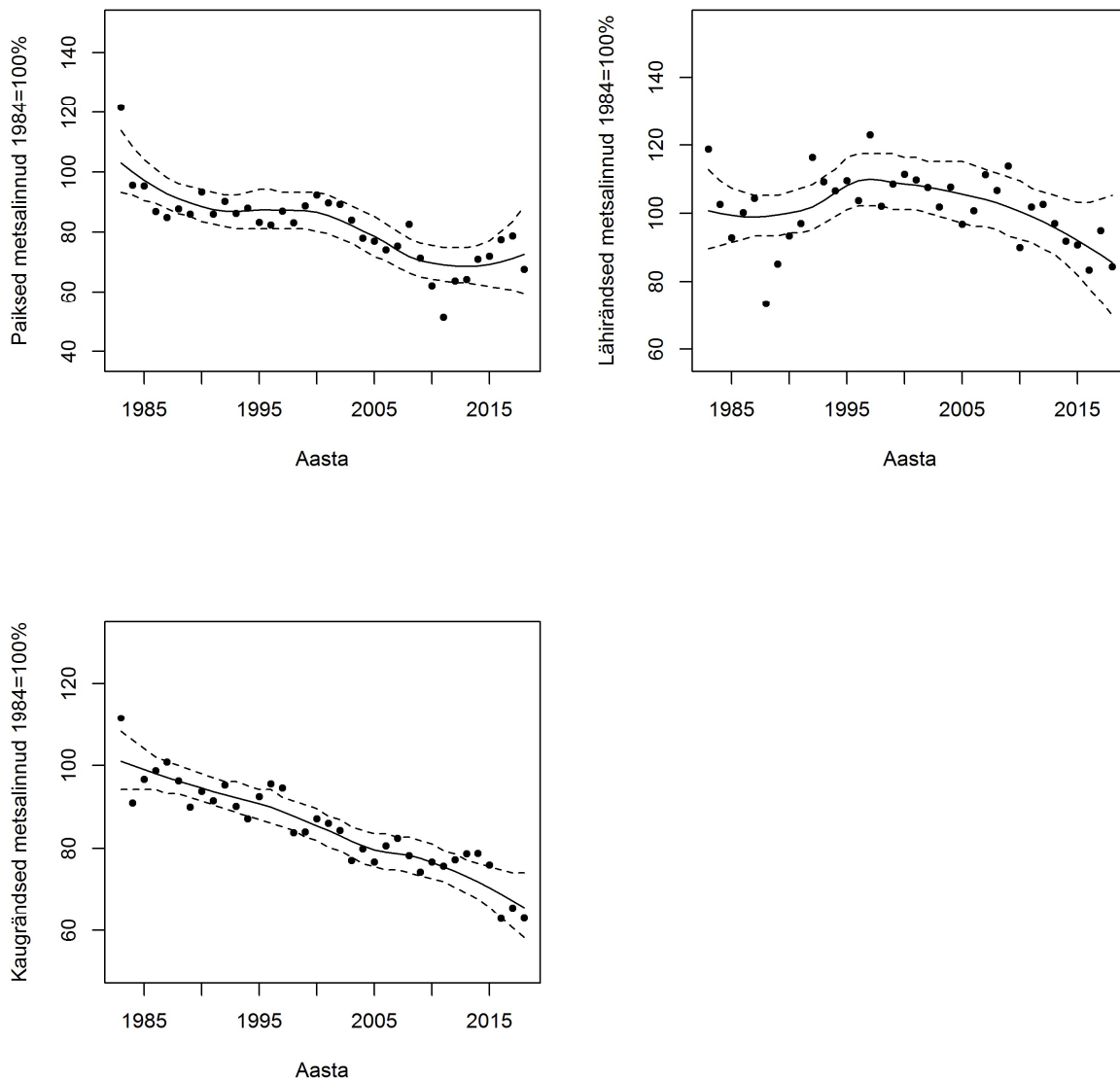


Joonis 32. Eesti metsalindude komposiitindeksi *EST-FOBI* muutus perioodil 1983–2018. Punktid joonisel tähistavad vastava aasta komposiitindeksi keskmist, katkendjooned trendi 95% usaldusintervalli ja pidevjoon silutud trendi.

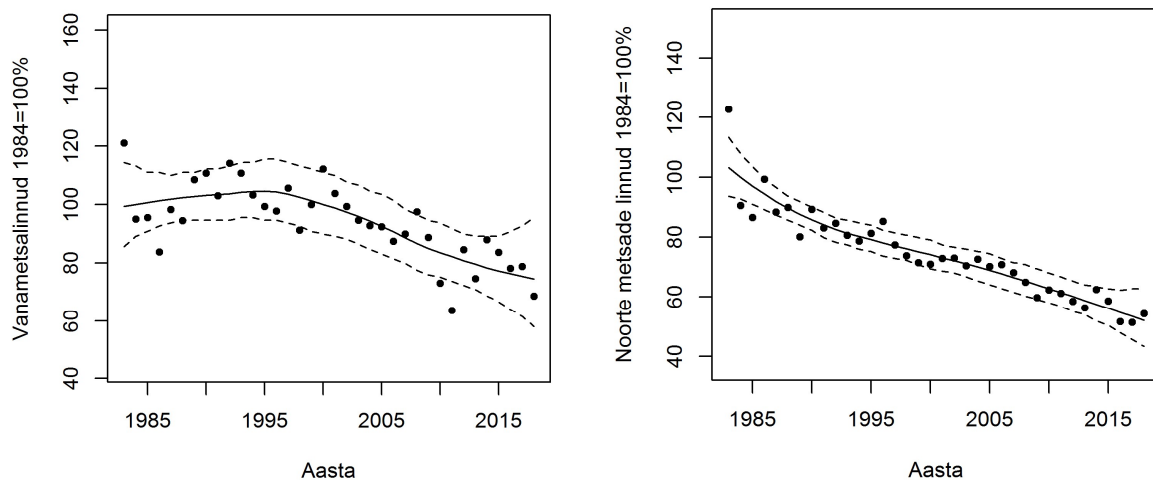
Ka järgnevad kasutatud metsalindude indikaatorid näitasid statistiliselt usaldusväärset arvukuste langustrendi. Paiksete metsalindude komposiitindeksi puhul (joonis 33) on vaatlusperioodil täheldatav mõõdukas langus keskmiselt -1% aastas (usaldusvahemik -1,3 .. -0,9% aastas), usaldusväärne langustrend ($z=453$; $p<0,01$). Kaugrändsete metsalindude komposiitindeks (joonis 33) langes samuti mõõdukalt, keskmiselt -1% aastas (usaldusvahemik -1,2 .. -0,9% aastas; $z=760$; $p<0,01$). Küpsete ja

vanade metsade haudelinnustiku komposiitindeks (joonis 34) on vaatlusperioodil täheldatav samuti mõõdukas langus, keskmiselt -1% aastas (usaldusvahemik -1,3 .. -0,7% aastas; $z=353,7$; $p<0,01$). Lisaks kahanes lageraiete- ja noorte metsakoosluste haudelinnustiku komposiitindeks (joonis 34) keskmiselt -1,4% aastas (usaldusvahemik -1,9 .. -1,5% aastas; $z=491$; $p<0,01$).

Vaid lähirändsete metsalindude komposiitindeks (joonis 33) oli vaatlusperioodil stabiilse trendiga, muutusega keskmiselt -0,2% aastas (usaldusvahemik -0,4 .. +0,02% aastas; $z=454$; $p<0,01$).



Joonis 33. Paiksete metsalindude (vasakpoolne joonis üleval), lähirändsete (parempoolne joonis üleval) ja kaugrändsete metsalindude (vasakpoolne joonis all) komposiitindeksi muutus perioodil 1983–2018. Punktid joonisel tähistavad vastava aasta komposiitindeksi keskmist, katkendjooned trendi 95% usaldusintervalli ja pidevjoon silutud trendi.



Joonis 34. Küpsete ja vanade metsade (vasakpoolne joonis) ja lageraiete- ja noorte metsakoosluste haudelinnustiku (parempoolne joonis) komposiitindeksi muutus perioodil 1983–2018. Punktid joonisel tähistavad vastava aasta komposiitindeksi keskmiist, katkendjooned trendi 95% usaldusintervalli ja pidevjoon silutud trendi.

Lisas 3 on esitatud veel kaheksa metsalindude indikaatori muutused kogu uuritud perioodil. Selle abil saab ülevaate, et kahel esimesel dekaadil (aastad 1983–1999) oli rohkem linnuindikaatoreid stabiilses seisus, võrreldes viimase kahe dekaadiga (2000–2018), kus ainult kolm linnuindikaatorit 14-st on püsinud stabiilsed (Lisa 3).

Aegriidade muutuse kirjeldus

Valdav enamus kasutatud metsalindude indikaatoreid näitasid langustrendi. See viitab, et viimastel dekaadidel pole linnuasurkonna arvukus tervikuna püsinud enam stabiilsena ja näitab keskkonnaseisundi halvenemist metsalindudele. Põhjuseid lindude languseks on ilmselt mitmeid (metsamajandus, olud rändeteedel ja/või talvitusaladel, kliimamuutused, kiskluse suurenemine) ning nende täpsemaks väljaselgitamiseks on vaja täiendavaid uuringuid.

Haudelinnustiku punktloenduste tulemuste põhjalikum ülevaade.

Haudelinnustiku punktloenduse viimased tulemused on esitatud 2018. aasta aruandes:

<http://seire.keskkonnainfo.ee/attachments/article/4100/Punktloenduste%20aruanne%202018.pdf>

Varasemad uuringud või teadusartiklid seireandmete põhjal. Seireandmete kasutamine siseriiklikes või rahvusvahelistes aruannetes

Artiklite ja ülevaadete nimekiri on esitatud Lisas 4.

Nimetada muud indikaatorid hindamaks metsa ökoloogilist seisundit, kuid mida antud töös detailselt ei kasutatud

Võimalik esitada pesitsusaegsete arvukusindeksite muutus ligikaudu 55 liigi kohta, kes on seotud metsaelupaigaga. Võimalik luua muid indikaatoreid, kombineerides linnuliike gruppide alusel. Näiteks kurna suuruse (liigid, kellel keskmiselt kuni 2 muna, keskmiselt 2-4 muna jne), kehamasside alusel jaotus jne.

Lisaks olemas arvukusindeksid talilinnustiku kohta, kes on seotud metsaelupaigaga või röövlinnuseires ja rähnide seires seirataivate liikide arvukuse muutused.

Lüngad: mis indikaatorid oleksid veel vajalikud, kuid mida seires ei koguta?

Tavalindude pesitsusedukuse info seoses metsamajandusega. Hetkel on olemas tavalindude pesitsusedukuse info ainult Kilingi-Nõmme uurimisala suluspesitsejate mõnede liikide kohta, mida kogutakse Tartu Ülikooli pikaajalise teadusuuringu raames.

Pesitsusedukuse infot on varasemalt kogutud harrastusteaduse baasil pesakaartide abil. See harrastusteaduse osa pole paraku viimastel aastakümnetel enam populaarne, kuid vajalik oleks endiselt süstemaatiliselt koguda infot tavalindude pesitsusedukuse kohta erinevates elupaikades. Linnuloendusi küll teostatakse erinevates elupaikades, kuid sellised loendused ei anna otsest infot erinevate liikide pesitsusedukuse kohta.

Ulukid

Valitud indikaatorid

Põdra populatsiooni suurus ja asurkonna kasvukiirus (R_t), valgejänese, metsnugise ja orava jäljeindeksid, suurkiskjate (hunt, karu, ilves) pesakondade arv.

Valgejänese ja metsnugise küttimeisandmed.

Indikaatorite definitsioonid

Analüüsiks valiti järgnevad metsaelupaikadega seotud liikide indikaatorid.

Põdra populatsiooni suurus – talvine põdra asurkonna suurus, jahihooaja järgselt enne poegimisperioodi algust elusolevate isendite arv (põhikarja suurus).

Põdra asurkonna kasvukiirus (R_t) – Iseloomustab asurkonna juurdekasvu, taastootmisvõimet ehk arvukuse suurenemise kiirust.

Valgejänese, metsnugise ja orava jäljeindeksid – ruutloenduse (talvine ulukite jäljeradade marsruutloendus) käigus loendatud keskmine jäljeradade arv 1 km loendusmarsruudi kohta. Iseloomustab liigi suhtelist asustustihedust ja selle muutusi ajas ja ruumis.

Suurkiskjate (hunt, karu, ilves) pesakondade arv – erinevate samal aastal sündinud poegade pesakondade (poegade emasloomade) arv. Suurkiskjate puhul saab sama aastaste poegade pesakondade arvu põhjal tuletada asurkonna suuruse sügisel (enne jahihooaega). Antud töös on

esitatud kolme suurkiskjaliigi pesakondade arvu muutused koondindeksina. Koondindeksi saamiseks on iga liigi puhul igal konkreetsel aasta tuvastatud pesakondade arv viidud kujule protsent perioodi 2003–2017 keskmisest (100%) ning kõigi kolme liigi puhul saadud hinded omavahel liidetud.

Valgejänese ja metsnugise küttimisandmed – kütitud isendite arv. Küttimismahud on olulisel määral seotud asurkondade suurusega ning peegeldavad liigi arvukusdünaamikat.

Millise seire raames indikaatoreid kogutakse?

Ulukiasurkondade seire: EV jahiseadus ja selle alamakt keskkonnaministri määrus „Jahiulukite seireandmete loetelu ja kogumise kord ning seiret korraldama volitatud asutus“ (RT I, 29.05.2013, 7).

Eluslooduse mitmekesisuse ja maastike seire.

Seiremetoodika kirjeldus

Põdra populatsiooni suurus küttimisandmete ja jahipiirkonna kasutajate poolt antud arvukushinnangute põhjal tehtud tagasiarvutustel baseeruv aegrida.

Põdra asurkonna kasvukiirus (R_t) - $R_t = \ln((N_t + K_{t-1})/N_{t-1})$, kus N_t on isendite arv aastal t ja N_{t-1} on isendite arv eelneval aastal ning K_{t-1} on kütitud põtrade arv loendusele (N_t) eelnenud jahihooajal.

Valgejänese, metsnugise ja orava jäljeindeksid–ruutloenduse meetodiline juhend https://www.keskkonnaagentuur.ee/failid/200909_ruutloenduse_met_juhend.pdf ja Keskkonnaministri määrus „Jahiulukite seireandmete loetelu ja kogumise kord ning seiret korraldama volitatud asutus“ (RT I, 29.05.2013, 7).

Suurkiskjate (hunt, karu, ilves) pesakondade arv–Suurkiskjate (hunt *Canis lupus*, ilves *Lynx lynx*, pruunkaru *Ursus arctos*) kaitse- ja ohjamise tegevuskava aastateks 2012–2021. Keskkonnaministeerium, 2012. (https://www.envir.ee/sites/default/files/sk_tegevuskava_2012-2021.pdf).

Valgejänese ja metsnugise küttimisandmed–Keskkonnaministri määrus „Jahiulukite seireandmete loetelu ja kogumise kord ning seiret korraldama volitatud asutus“ (RT I, 29.05.2013, 7).

Mis on seire peamine eesmärk, mille raames seireandmeid kogutakse?

Põdra populatsiooni suurus – põdraasurkonna ohjamisotsuste tegemiseks (küttimismahude vajaduste/võimaluste määratlemiseks) ja asurkonna arvukusdünaamika jälgimiseks;

asurkonna kasvukiirus (R_t) – asurkonna taastootmisvõime ja üldseisundi hindamiseks.

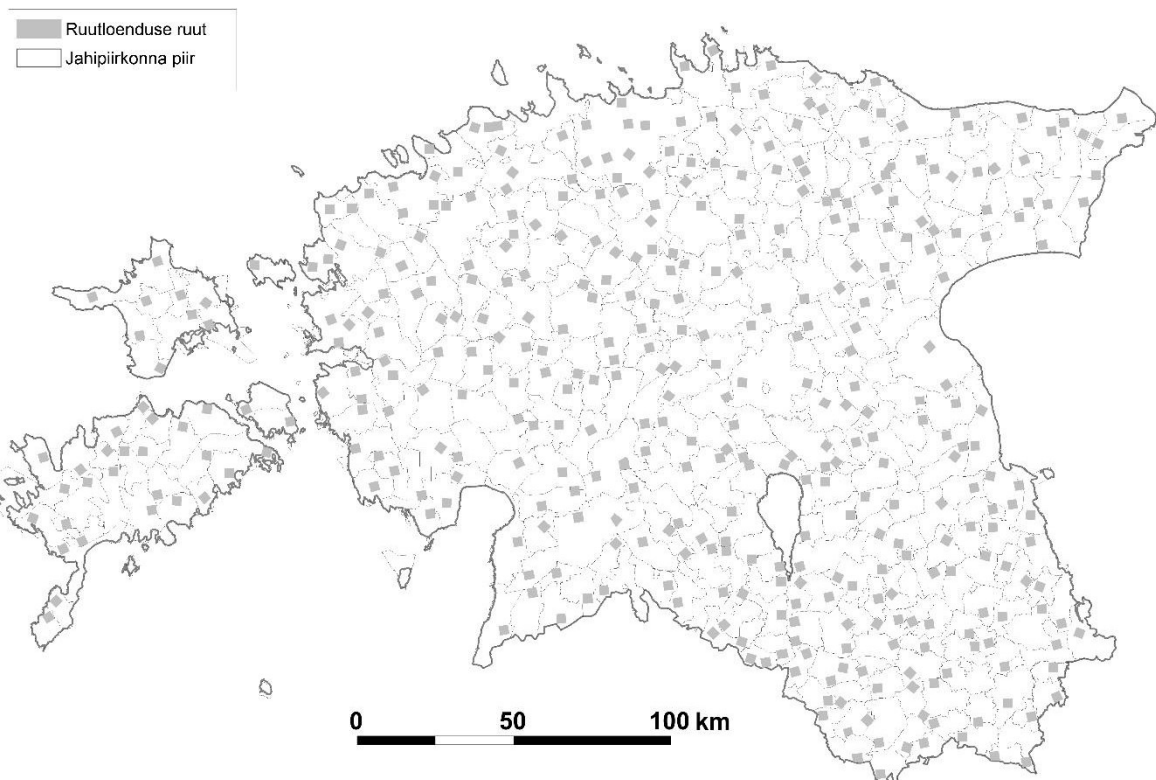
Valgejänese, metsnugise ja orava jäljeindeks – suhtelise asustustiheduse ja selle muutuste hindamiseks ja arvukusdünaamika jälgimiseks. Valgejänese ja metsnugise puhul ka küttimissoovituste andmiseks.

Suurkiskjate (hunt, karu, ilves) pesakondade arv - suurkiskjate asurkondade seisundi (arvukuse ja taastootmisvõime) hindamiseks ja asurkondade kaitse- ja ohjamisotsuste tegemiseks.

Valgejänese ja metsnugise küttimisandmed – asurkondade jahindusliku kasutuskoormuse hindamiseks. Lisaks annab infot ka arvukusdünaamika ja võimalike leviku muutuste kohta.

Seirealade ruumiline paiknemine

Ulukiseirealade paiknemine on esitatud joonisel 35.



Joonis 35. Ulukiseirealade üldkaart. Esitatud on nii jahipiirkondade piirid kui ka ruutloendusala paiknemine.

Põdra populatsiooni suurus ja asurkonna kasvukiirus – üleriigiline, kõikide jahipiirkondade summa (joonis 35).

Jäljeindeks – 393 üle riigi paiknevat ligikaudu 12 km pikkust (küljepikkusega 3 km) ruudukujulist seiremarsruuti (joonis 35).

Suurkiskjate (hunt, karu, ilves) pesakondade arv: pesakondade arvu hinnatakse üle riigi tehtud suurkiskjate juhuvaatluste, küttimisandmete ja kütitud isenditelt kogutud bioproovide alusel. Vaatlus- ja küttimisandmete info kogumine ja iga-aastane esitamine Keskkonnaagentuurile on jahipiirkonna kasutajatele kohustuslik. Lisaks jahimeestelt kogutud andmetele kasutatakse pesakondade arvu hindamisel ka jahipiirkondade kasutajatest sõltumatut vaatlusinfot.

Valgejänese ja metsnugise küttimisandmed – andmed kõikidest jahipiirkondadest. Küttimisandmete esitamine on jahipiirkonna kasutajatele kohustuslik.

Aegrea pikkus

Põdra populatsiooni suurus ja asurkonna kasvukiirus (R_t): käesolevas töös alates 1980. aastast, kuid andmed olemas alates 1954 aastast.

Valgejänese, metsnugise ja orava jäljeindeksid alates 2006. aastast.

Suurkiskjate (hunt, karu, ilves) pesakondade arv alates 2003. aastast.

Valgejänese ja metsnugise küttimisandmed: käesolevas töös alates 1990. aastast, kuid andmed olemas alates 1955. aastast.

Kui tihedalt mõõdetakse seirenäitajat aastas?

Kõiki kasutatud metsaelupaigaga seotud ulukite indikaatorite andmeid kogutakse korra aastas.

Indikaatori/te seotus metsamajandamisega

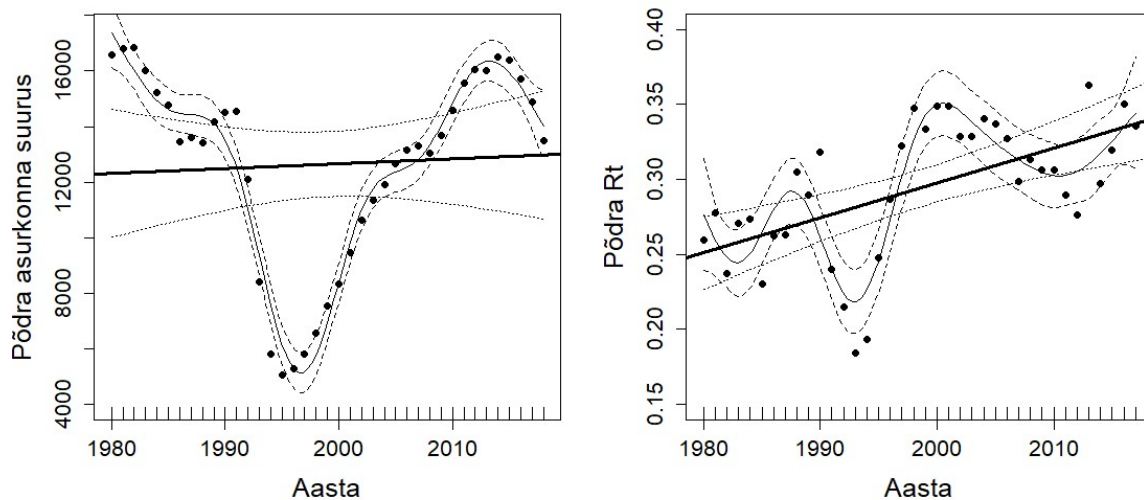
Kõikide valitud indikaatorite puhul võib eeldada nii otsest kui ka kaudset seotust metsaelupaikade seisundiga.

Lageraielankide pindala, noorendike pindala ja paiknemine, metsa vanus ja puistute liigiline koosseis, metsamajandamisega seotud häiringute sagedus.

Suurkiskjate ja metsamajandamise seosed avalduvad paljuski läbi viimase mõju toidubaasile ehk sõralistele (nende asustustihedus ja elupaigakasutus). Otseselt mõjutavad raied ja nendega kaasnevad häiringud aga suurkiskjate puhke- ja poegimispaikade valikut.

Indikaatorite aegridade muutus ja selle kirjeldus

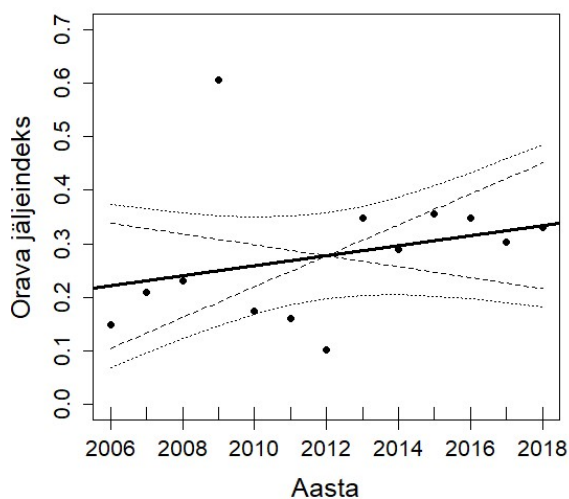
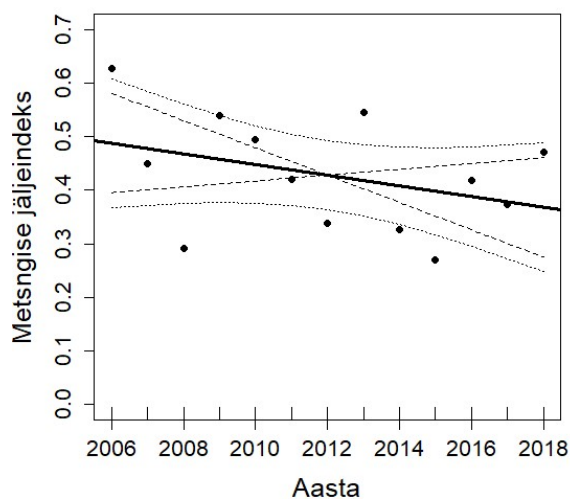
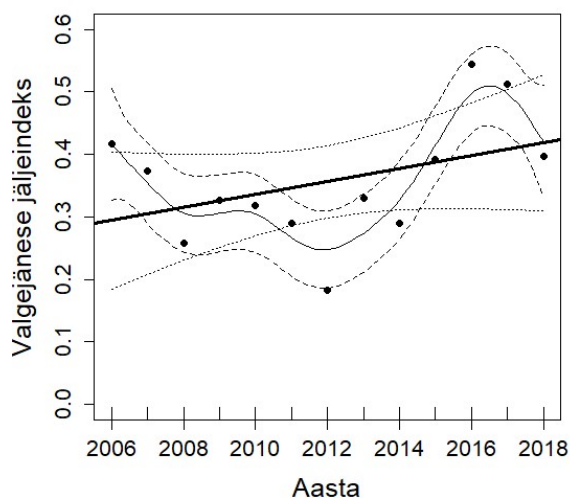
Statistiliselt usaldusväärset ühesuunalist (lineaarset) muutust põdra arvukuses perioodil 1980–2018 ei ilmne ($t=0,3$; $p=0,7$; joonis 36) ning asurkonna suurus oli perioodi alguses üsna sarnane sellega, mis tuvastati perioodi lõpus. See aga ei tähenda sugugi seda, et põdra arvukus oleks olnud stabiilne. Põdra arvukus langes 1990ndate aastate esimeses pooles mõne aastaga enam kui kaks ja pool korda, saavutades perioodi madalaima taseme 1995. aastal. Kiire arvukuse languse peamiseks põhjuseks oli üleküttimine ja seda nii legaalse kui ka illegaalse küttimise koosmõjuna. Viletsad olid sellel perioodil ka põdraasurkonna juurdekasvu ja isendite konditsiooni iseloomustavad näitajad (keha suurus, viljakus, sarvede kvaliteet), mis on seostatavad ebapiisava toidubaasi seisundiga (noorendike vähesus ja olemasolevate kehv seisund). Viimasest annavad tunnistust 80ndate teises pooles massiliselt esinenud keskealiste kuuskede koorimine põtrade poolt. Täiendavat negatiivset mõju võis avaldada ka hundi kõrge arvukus 1990ndate esimesel poolel. Põdra madala arvukuse ja hoogustunud metsade raie tulemusena põdra toidubaasi seisund 1990ndate teisel poolel oluliselt paranes. Koos küttimismahdade vähendamise ja salaküttimise kontrolli alla saamisega suurenes oluliselt asurkonna taastootmisvõime (R_t : $t=4,2$; $p<0,001$; joonis 36) ja arvukus hakkas taas suurenema, saavutades oma viimase kahekümne aasta kõrgeima taseme aastatel 2012–2015. Kuna põdra kõrge arvukusega kaasnevad sageli olulised metsakahjud (nt männi- ja haavanoorendikes ning keskealistes kuusikutes), on viimasel neljal-viiel jahihooajal küttimismahdade suurendamisega taotletud põdraarvukuse mõõdukat langetamist metsaomanikele märksa vastuvõetavamale 10 000–11 000 isendi tasemele. Valdava osa põdra toidust moodustavad puude ja põõsaste võrsed, lehed, okkad ja koor, mille kättesaadavus ja omadused on põdra jaoks kõige sobivamad eeskätt noortel puudel. Seetõttu on põder kahtlemata üks nendest liikidest kellele intensiivsem metsade majandamine on soodne.



Joonis 36. Põdra asurkonna suurus (vasakpoolne joonis) ja asurkonna kasvukiirus (R_t , parempoolne joonis) Eestis aastatel 1980–2018. Punktid joonisel tähistavad vastava aasta seiretulemusi, katkendjooned 95% usaldusintervalli aditiivse mudeli põhjal. Tumedam joon on lineaarse mudeli trend koos lineaarse mudeli 95% usaldusintervalliga.

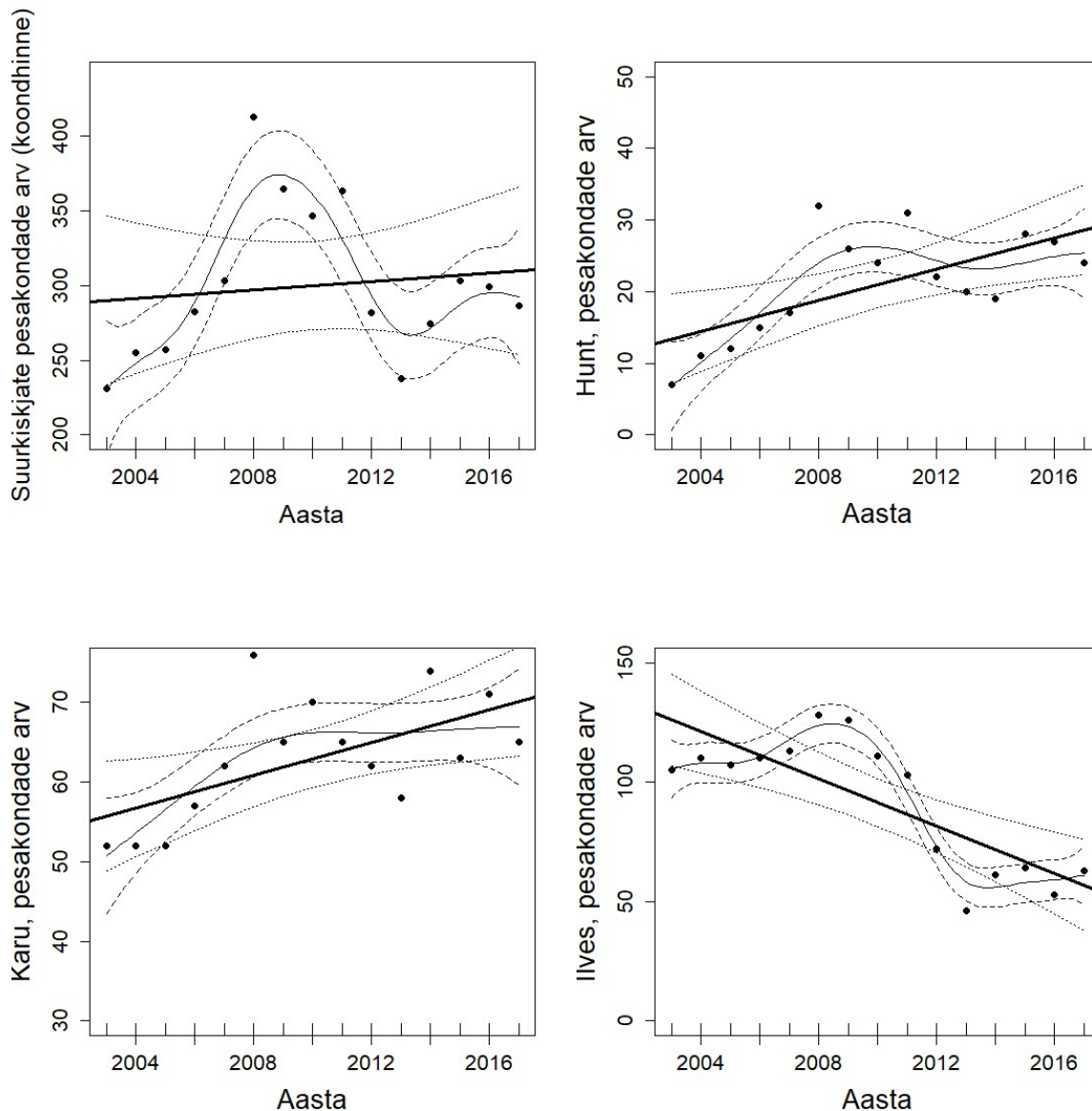
Alates 2006. aastast üle riigi läbiviidavate jäljeloenduste andmetel oli valgejänese jäljeindeks viimasel neljal aastal võrreldes uurimisperioodi (2006–2018) keskmisega märksa kõrgem, viidates valgejänese asustustiheduse suurenemisele. Arvukuse suurenemist viimasel kolmel-neljal aastal kinnitavad ka jahipiirkondade kasutajate poolt antud hinnangud selle liigi arvukuse muutuste osas. Välgejänese arvukuse suurenemise põhjusena võib seostada aastatel 2012–2016 aset leidnud rebase ja ilvese arvukuse langusest tuleneva kisklussurve vähenemisega.

Metsnugise ($t=-1,3$; $p=0,22$; joonis 37) ja orava ($t=1,0$; $p=0,36$; joonis 37) jäljeindeksite puhul selgeid statistiliselt usaldusväärseid trende ei ilmne. Senine jäljeindeksi muutuste dünaamika viitab nii metsnugise kui ka orava puhul arvukuse tsüklilisele kõikumisel, kuid selle tõestamiseks on olemasolev jäljeloenduste aegrida veel selgelt liiga lühike.



Joonis 37. Valgejänese (ülemine vasakpoolne joonis), metsnugise (alumine vasakpoolne joonis) ja orava (alumine parempoolne joonis) jälleindeksite muutus Eestis aastatel 2006–2018. Punktid joonisel tähistavad vastava aasta mõõtmistulemusi, katkendjooned 95% usaldusintervalli aditiivse mudeli põhjal. Tumedam joon on lineaarse mudeli trend koos lineaarse mudeli 95% usaldusintervalliga.

Suurkiskjate pesakondade arvus perioodil 2003–2017 lineaarset ühesuunalist trendi ei esinenud ($t=0,4$; $p=0,66$; joonis 38). Indikaatori väärtus oli kõrgem 2008–2011, kuid seoses tulenevalt ilvese arvukuse langusega ($t=-4,6$; $p<0,001$) kaasnenud ilvese pesakondade arvu langusest kahanes ka suurkiskjate pesakondade arvu iseloomustav koondindeksi väärtus. Ilvese arvukuse tugev langus 2011–2013 on otseselt seotud nende kõige olulisema saakliigi, metskitse, arvukuse drastilise langusega külmadel ja lumerohketel 2010. ja 2011. aastate talvedel. Karu ja hundi pesakondade arv vaatlusaluse perioodi esimesel viiel aastal suurenes (vastavalt $t=2,7$; $p=0,02$ ja $t=3,1$; $p=0,009$) ning alates 2017. aastast on see püsinud stabiilsena suurkiskjate kaitse- ja ohjamise tegevuskavaga eesmärgiks seatud vahemikes.

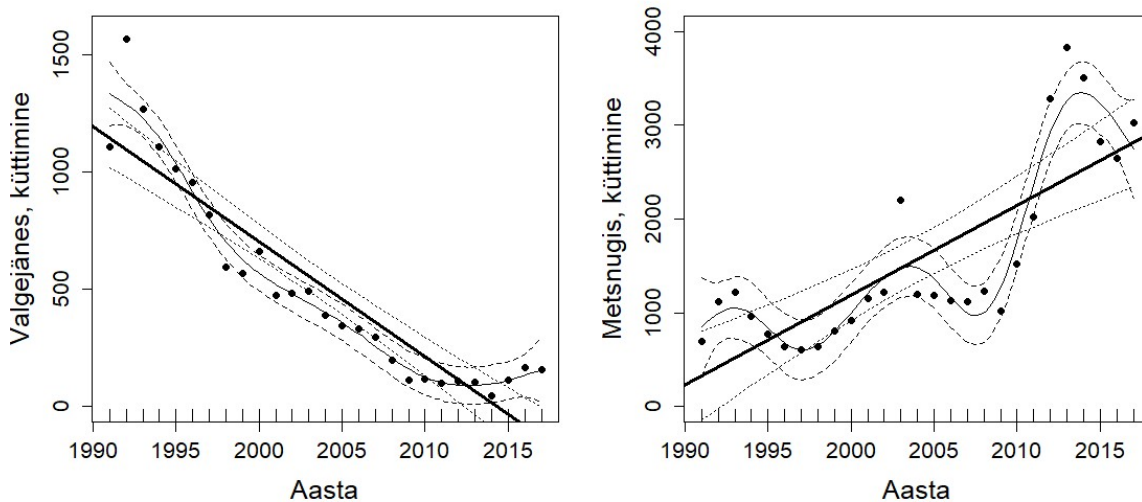


Joonis 38. Suurkiskjate pesakondade arv koondhinnena ja liikide kaupa eraldi Eestis aastatel 2003–2017. Suurkiskjate koondhinne (üleval vasakpoolne joonis), hundi (üleval parempoolne joonis), karu (all vasakpoolne joonis) ja ilvese (all parempoolne joonis) pesakondade arv. Punktid joonisel tähistavad vastava aasta mõõtmistulemusi, katkendjooned 95% usaldusintervalli aditiivse mudeli põhjal. Tumedam joon on lineaarse mudeli trend koos lineaarse mudeli 95% usaldusintervalliga. NB: Jooniste y telje skaalad ei ole võrdsed.

Valgejänese küttimine on Eestis perioodil 1991–2017 oluliselt vähenenud ($t=-12,1$; $p<0,001$; joonis 4). Järjepidev küttimismahtude langus on selgelt tuvastatav kuni 2009. aastani, mil valgejänese küttimine jäi võrreldes 1990-ndate algusega umbes kümme korda tagasihoidlikumaks. Alates 2009. aastast on jahihooaja vältel kütitud valgejäneste arv püsinud stabiilselt sarnasel madalal tasemel. Valgejänese küttimismahtude langus on seostatav liigi arvukuse olulise langusega, mille põhjustena võib välja tuua väikekiskjate kõrget arvukust viimasel paarikümnel aastal ja suurenenud röövlindude arvukust. Võimalik, et valgejänese arvukuse languse üheks põhjuseks on ka mitmel pool Euroopas (sh ka Soomes) tuvastatud viirushaigus *European brown hare syndrome* (EBHS), mis põhjustab nii hall- kui ka

valgejänesel suurt suremust. Osalt on valgejänese küttimismahtude languses seotud ka jahimeeste huvi vähenemisest väikekulukite küttimise vastu, mis omakorda seotud sõraliste arvukuse olulise suurenemisega 90ndate lõpus ja 2000ndate alguses.

Vastupidiselt valgejänesele on metsnugise küttimine perioodil 1991–2017 oluliselt suurenenud ($t=6,3$; $p<0,001$; joonis 39). Siiski ei ole tõus olnud pidev, vaid tuleneb küttimismahtude hüppelisest suurenemisest alates 2010. aastast. Metsnugise küttimist on väga tugevalt mõjutanud karusnaha kokkuostu hinna muutused, mis on oluliselt suurendanud ka nugise küttimisega tegelevate jahimeeste arvu.



Joonis 39. Valgejänese (vasakpoolne joonis) ja metsnugise küttimisandmed (parempoolne joonis) Eestis aastatel 1991–2017. Punktid joonisel tähistavad vastava aasta seiretulemusi, katkendjooned 95% usaldusintervalli aditiivse mudeli põhjal. Tumedam joon on lineaarse mudeli trend koos lineaarse mudeli 95% usaldusintervalliga.

Ulukiseire tulemuste põhjalikum ülevaade

Ulukiseire teiste indikaatorite viimased tulemused on esitatud 2018. aasta aruandes: <http://seire.keskkonnainfo.ee/attachments/article/4019/Metsaseire%20aruanne%202017.pdf>

Varasemad uuringud või teadusartiklid seireandmete põhjal. Seireandmete kasutamine siseriiklikes või rahvusvahelistes aruannetes

Artiklite ja ülevaadete nimekiri on esitatud Lisas 4.

Nimetada muud indikaatorid hindamaks metsa ökoloogilist seisundit, kuid mida antud töös detailselt ei kasutatud

Lisaks käesolevas ülevaates kasutatud indikaatoritele on veel võimalik esitada seisundi hinnang alljärgnevatel näitajatele. Antud töös on esitatud valgejänese, metsnugise ja orava jäljeindeksid, kuid lisaks nendele liikidel kogutakse talviste ruutloenduste käigus analoogset infot ka põdra, metssea,

punahirve, metskitse, karu*, hundi, ilvese, kopra*, halljänese, rebase, kähriku*, ondatra, mägra*, mingi, nirgi, kärbi, saarma, metsise, tedre, laanepüü kohta. Lisaks üksikute liikide suhtelist asustustihedust iseloomustavale jäljeindeksile saab loendustulemuste põhjal tuletada lokaalset ulukite liigi- ja isendirikkust iseloomustavaid indekseid (seda tehtud analoogsete andmete põhjal näiteks Soomes).

Alates 2015. aastast viiakse üle Eesti paikneval 47-l seirealal läbi hirvlaste talviste pabulahunnikute loenduseid, mille käigus registreeritakse püsimarsruutidel lisaks hirvlaste pabulahunnikute arvule ja täpsele asukohale ka metssigade, jäneste ja metsakanaliste ekskremendid ja muud tegevusjäljed. Ökosüsteemi muutuste hindamiseks on pabalaloenduste aegrida veel lühike, kuid näiteks hirvlaste elupaigaeelistusi ja ka lageraiete lühiajalist mõju sellele, on võimalik nende andmete põhjal uurida juba täna.

Erinevate jahilukite legaalse küttime andmeid on riiklikul tasemel kogutud juba alates 1955. aastast, maakonna täpsusega alates 1991. aastast ja jahipiirkonna täpsusega alates 2007. aastast. Suurkiskjate puhul on paljudel juhtudel täna teada ka küttimekohtade täpsed asukohakoordinaadid.

Töös esitatud andmed suurkiskjate pesakondade arvu kohta baseeruvad detailsetel (koordinaate sisaldavatel) vaatlus- ja küttimeandmetel.

Kõigi nelja Eestis elava sõralise liigi puhul on alates 90ndate lõpust kogutud jahipiirkondade kasutajatelt vaatlusandmeid, mille koondtulemused (vaadeldud isendite arv, noorloomade osakaal, täiskasvanud isendite sooline jaotus) on vähemalt viimase kümne aasta osas talletatud jahipiirkonna täpsusega.

Kütitud põtradelt kogutud bioproovide andmed: a) alalõualuud – vanus ja alalõualuu pikkus (alates 1992. aastast); b) sigimiselundkonnad – erinevad viljakusnäitajad (alates 1993. aastast); c) sarvede arengut ja kvaliteeti iseloomustavad mõõtandmed (perioodil 1992–2017.a.).

Põdrakahjustuste seire üle riigi paiknevatel seirealadel männinoorendikes ja keskealistes kuusikutes (alates 2010. aastast).

Jahipiirkonna kasutajate hinnangud suurulukite arvukusele ja osade väikeulukite arvukuse muutustele (riiklikul tasemel alates 1954. aastast, maakondlikul tasemel alates 1990. aastast; jahipiirkonna tasemel alates 2008. aastast).

Lüngad: mis indikaatorid oleksid veel vajalikud, kuid mida seires ei koguta?

Peamine puudus on see, et terve rea täna kogutavate seireandmete puhul on aegread metsa ökoloogilises seisundis toimunud muutuste hindamiseks veel liiga lühikesed.

Loodusdirektiivi metsaelupaikade seisund

Valitud indikaatorid

10 Loodusdirektiivi metsaelupaigatüüpi: metsistunud luited/luitemetsad (2180), vanad loodusemetsad (*9010), vanad laialehised metsad (*9020), rohunditerikkad kuusikud (9050), okasmetsad oosidel/oosi-okasmetsad (9060), soo-lehtmetsad (*9080), pangametsad/rusukaldemetsad (*9180), siirdesoo- ja rabametsad (*91D0), lammi-lodumetsad (*91E0), laialehised lammimetsad/uhtlammimetsad (91F0).

Indikaatorite definitsioonid

Loodusdirektiivi metsaelupaigatüüpide seisund kolmel aruandlusperioodil (2001–2006, 2007–2012 ja 2013–2018).

Millise seire raames indikaatorit kogutakse?

Riikliku keskkonnaseire Ohustatud taimekoosluste (Natura2000 kooslused) seire: Metsataimeliikide ja metsaelupaikade seire.

Lisaks kasutatakse loodusdirektiivi metselupaigatüüpide seisundi hindamiseks aastatel 2001-2018 inventeeritud loodusdirektiivi elupaigatüüpide andmeid, mis on koondatud EELISes. Samuti on siiani igal aruandlusperioodil tellitud elupaigatüüpide kohta loodusdirektiivi aruandes nõutavate seisundinäitajate hindamiseks ka eksperthinnang Palo (2018).

Seiremetoodika kirjeldus

Loodusdirektiivi metsaelupaikade inventeerimise juhend on esitatud Keskkonnaministeeriumi leheküljel:

<https://www.envir.ee/et/eesmargid-tegevused/looduskaitse/natura-2000/loodusdirektiivi-elupaigatuubid>

Seiremetoodika: <https://www.digar.ee/arhiiv/nlib-digar:194631>

Mis on seire peamine eesmärk, mille raames seireandmeid kogutakse?

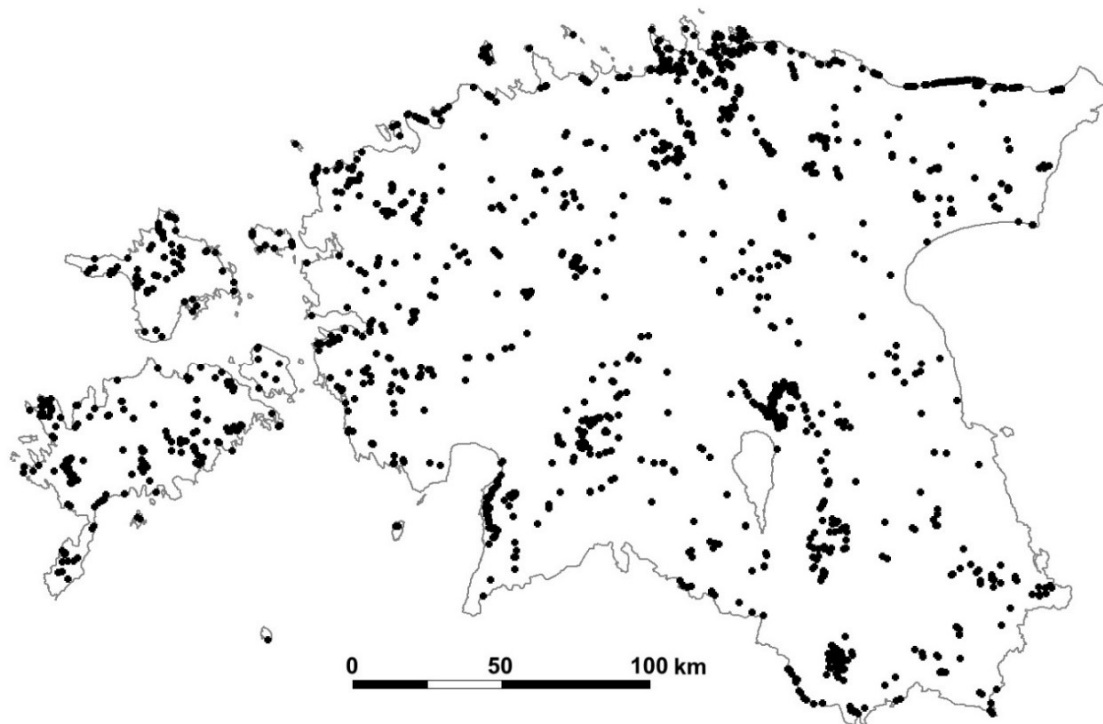
Taimekoosluste, sealhulgas nn elupaigatüüpide seire riikliku vajaduse määravad kahest rahvusvahelisest lepest tulenevad kohustused:

- 1) laiemas käsitluses Bioloogilise mitmekesisuse konventsioon;
- 2) kitsamas lähenduses Euroopa Liidu looduslike elupaikade direktiiv (92/43 EEC), mille lisades olevaid elupaiku tuleb kaitsta ja nende seisundit jälgida.

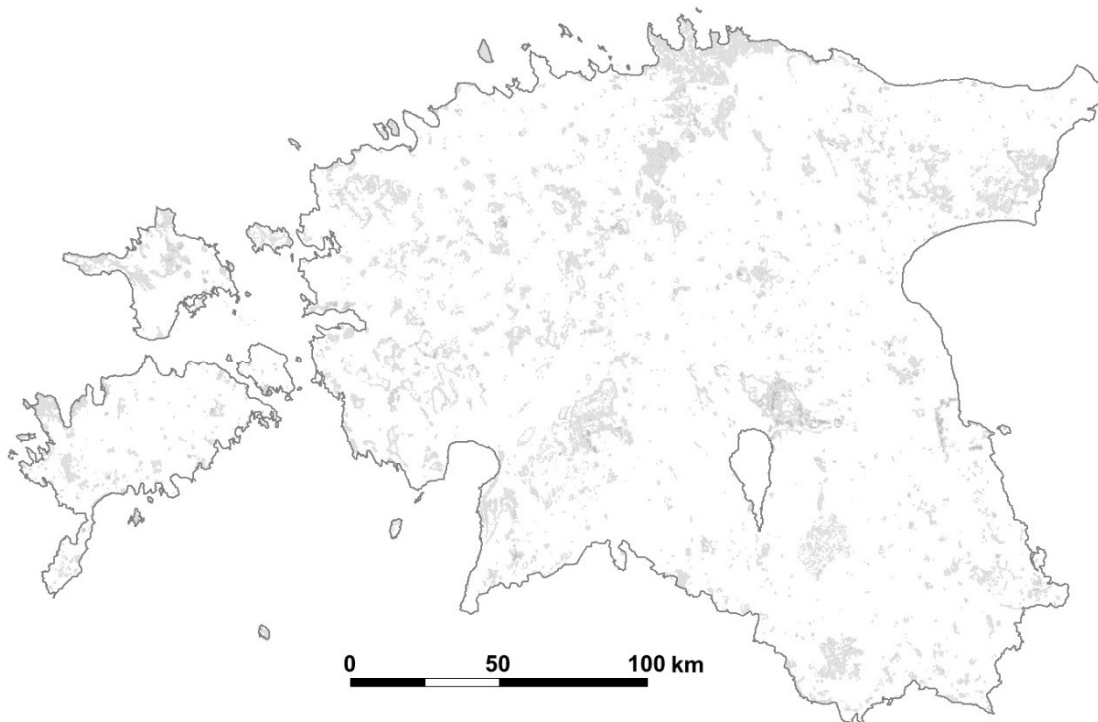
Ohustatud taimekoosluste seire hõlmab erinevate elupaikade ja liikide seiret. Seirealade valikul on lähtutud põhimõttest, et need esindaks nii inimõjuga kui ka olulise inimõjuta taimekooslusi.

Seirealade ruumiline paiknemine

Seirepunktide paiknemine üleriiklikult on esitatud joonisel 40. Inventeeritud metsaelupaigatüüpide andmed (pindobjektid), sh ruumandmed on koondatud EELISesse ja need on esitatud joonisel 41.



Joonis 40. Loodusdirektiivi metsaelupaigatüüpide seirepunktide paiknemine Eestis aastatel 2010–2018.



Joonis 41. Loodusdirektiivi metsaelupaikade (pindalad) jaotus EELISes olevate 2018. aasta andmete alusel.

Aegrea pikkus.

Alates 2001. aastast on olnud kolm seiretsükli, ehkki metoodika ei ole täielikult võrreldav.

Indikaatori/te seotus metsamajandamisega

Metsaraie vähendab Loodusdirektiivi metsaelupaigatüüpide pindala ja halvendab elupaikade seisundit.

Indikaatorite seisundite muutus uuritud perioodil

Parameetri seisundi võib hinnata enam-vähem stabiilseks. Enamiku metsaelupaigatüüpide seisund ei ole soodne ning ei ole võrreldes eelmise aruandlusperioodiga veel paranenud. Ühe elupaigatüübi - metsastunud luited (2180) seisund on vahepeal läinud halvemaks ja ühe elupaigatüübi – lammi-lodumetsad (*91E0) seisundihinnang on paranenud, teiste tüüpide üldhinnang on jäänud samaks, kahe elupaigatüübi osas võib täheldada paranemistrendi, kahe osas halvenemistrendi. (Tabel 1). Hinnangud aruandes nõutud osa-parameetrite (levila, pindala, struktuur-funktsioonid, tuleviku väljavaade ja üldhinnang) kohta on esitatud Lisas 7.

Tabel 1. Üldine Loodusdirektiivi metsaelupaigatüüpide seisundi hinnang kolmel aruandeperioodil (Keskkonnaministeeriumi kokkuvõtte Euroopa Komisjonile).

Kood	Metsaelupaigatüüp	Üldhinnang seisundile 2007	Üldhinnang seisundile 2013	Üldhinnang seisundile 2019
2180	metsastunud luited	Soodne	Soodne	Ebapiisav ja halvenev
9010	vanad loodusmetsad	Halb	Halb, kuid paranev	Halb, kuid paranev
9020	vanad laialehised metsad	Halb	Ebapiisav, kuid paranev	Ebapiisav
9050	rohunditerikkad kuusikud	Ebapiisav	Ebapiisav ja halvenev	Ebapiisav ja halvenev
9060	okasmetsad oosidel	Ebapiisav	Ebapiisav	Ebapiisav
9080	soo-lehtmetsad	Halb	Halb	Halb
9180	pangametsad	Soodne	Soodne	Soodne
91D0	siirdesoo- ja rabametsad	Ebapiisav	Ebapiisav ja halvenev	Ebapiisav
91E0	lammi-lodumetsad	Ebapiisav	Ebapiisav, kuid paranev	Soodne
91F0	laialehised lammimetsad	Ebapiisav	Ebapiisav, kuid paranev	Ebapiisav, kuid paranev

Metsaelupaigatüüpide seiretulemuste põhjalikum ülevaade

Metsaelupaigatüüpide seire toimub igal aastal. Kõik riikliku seire aruanded on leitavad Seireveebis Ohustatud taimekoosluste (Natura2000 kooslused) seire: metsaelupaigad ja metsataimeliigid alt (<http://seire.keskkonnainfo.ee/>).

Andmed inventeeritud metsaelupaigatüüpide kohta on leitavad EELISes.

Varasemad uuringud või teadusartiklid seireandmete põhjal. Seireandmete kasutamine siseriiklikes või rahvusvahelistes aruannetes

Indikaatoreid kasutatakse Euroopa Liidu Loodusdirektiivi aruandluses.

Arutelu

„Võitjad ja kaotajad“

Käesolev aruanne annab esimese terviklikuma ülevaate Eesti metsaökosüsteemi seisundist riiklikus keskkonnaseires kogutud indikaatorite alusel viimastel dekaadidel. Indikaatoritena kasutati nii metsa statistilise inventuuri (metsaressurss), metsatervise kui ka ökoloogilisi näitajaid. Valitud indikaatorite alusel saadud tulemused näitasid, et Eesti metsade ökoloogilise seisundi saab hinnata halvast kuni heani. Seda põhjusel, et kasutatud indikaatorite alusel on metsatervis Eestis paranenud–mändide okkakadu või aluseline ning happeline sadenemine on vähenenud viimastel aastakümnetel. Metsaliblikate ja ulukite seisukord on stabiilne või hea. Samas on valdav osa metsalindude indikaatoreid omakorda märkimisväärselt kahanenud, kuuskede okkakadu ja okaspuude mehaanilised vigastused on suurenenud. Metsaelupaigatüüpide seisund ei ole Eestis paranenud.

Asjaolul, et Riigikontrolli päring oli suunatud riiklike seirete tulemuste kohta, siis selles uuringus valdavalt ei kasutatud muid uuringuid, kokkuvõtteid või inventuure, mis on teostatud kas ülikoolide, osatühingute või mittetulundusühingutega seotud inimeste poolt. Neid kaasates saaks kindlasti parema ja veel täpsema ülevaate anda metsaökosüsteemi seisundi kohta, kuid kõikide eelnevalt tehtud uuringute läbitöötamine on väga ajakulukas ja see polnud selle ülevaatelise uuringu eesmärk. Siiski samal teemal teistest uuringutest annab kaasaegse ülevaate 2018. aastal koostatud metsanduse arengukava alusuuring (anon, 2018a).

Seirete eesmärkideks pole seatud selgitamaks välja seoseid metsamajandusega

Uuringust selgus, et mitte ühegi Keskkonnaagentuuri poolt teostatava või koordineeritava seire eesmärk pole otseselt seostada metsatervise või ökoloogilisi näitajaid metsamajandusega. Seda seepärast, et valdavalt ei ole veel ökosüsteemipõhist lähenemist erinevates seirevaldkondades kasutusele võetud. Sarnane on olukord ka Euroopas, kus näiteks NEC direktiiviga (2284/2016) on antud esimesed suunised hakata süsteemselt jälgima õhusaaste mõjusid erinevat tüüpi ökosüsteemidele ning sellepõhist seiresüsteemi alles hakatakse arendama. Eesti riiklikud seired näitavad küll ökosüsteemi komponentide (sh indikaatorite) muutust ajas, kuid neid ei koguta ühelgi juhul eesmärgiga, et hinnata näiteks raietegevuse või raiemahtude mõju. Ainult metsa statistiline inventuur annab ülevaate Eesti metsade puidutagavarast, kuid see ei hinda metsamajanduse mõju metsale kui ökosüsteemile. Et hinnata metsamajanduse mõju ökosüsteemi seisundile, peaks kas täpsustama seirete eesmäärke, teostama uusi seireid või läbi viima asukohapõhise analüüsi algandmete põhjal seostades omavahel näiteks metsaraie või mõne muu metsaressursi näitaja ja väljalititud indikaatori seire (alg)andmed.

Uuringu koostamisel selgus, et varem pole riiklikul tasemel otseselt tähelepanu pööratud asjaolule, kuidas metsamajandus võiks mõjutada metsaökosüsteemi seisundit riiklike seireandmete põhjal. 2016. aasta lõpuks juhiti küll Eesti Ornitoloogiaühingu poolt tähelepanu, et metsaraie tõenäoliselt mõjutab erinevate metsaga seotud linnuliikide populatsioone, sest sellele viitasid haudelinnustiku punktloenduse tulemused (Nellis, 2017). Kui jätkuvalt jääb püsima soov, et riiklik seire peaks vastama ka metsamajanduse (sh raiemahtude) mõju väljaselgitamisele, peaks seiretööde eesmärgid uuesti

kriitiliselt üle vaatama. Viimane seirete eesmärkide ülevaatamine toimus Keskkonnaagentuuri koordineerimisel aastatel 2017–2018 ja tööprotsessi käigus ei pööratud sellele asjaolule tähelepanu ühegi huvigrupi poolt. Keskkonnaagentuur ja Keskkonnaministeerium lähtusid seireprogramm ülevaatamisel olemasolevate seiretööde vajadustest – kas rahvusvahelised ja siseriiklikud nõuded on täidetud, kas kogutav andmestik võimaldab anda piisava usaldusväärse ülevaate keskkonnas toimuvatest muutustest lähtuvalt seiretöö eesmärgist, millised võiksid olla kuluefektiivsemad andmete kogumise võimalused jne. Arvestades riikliku keskkonnaseire eelarve piiratust, käsitleti uute vajaduste lisamist ainult selles ulatuses, mis on otseselt õigusaktide ja rahvusvaheliste kohustustega seotud täiendavad vajadused. Uute eesmärkide lisamine on võimalik, kui on eelnevalt välja töötatud ning kokku lepitud meetodika ning on olemas lisarahastus täiendavate seiretööde või uuringute tegemiseks.

Muld, süsinikuvood

Väga tundlikuks komponendiks metsamajanduslikele tehnoloogilistele võtetele on metsa muld. Seda mõjutavad nii uuendusraie viis ja tehnoloogia (masinad, raiejäätmete käitlemine jne) kui ka uue metsapõlvkonna rajamise ja kasvatamise viis ning kasutatav tehnoloogia. Siia kuulub ka metsamaade maaparandus e. melioratsioon ja selle mõju metsaökosüsteemi komponentidele ja keskkonnaseisundile. Vastavasisuliste uuringutega saaks maaparanduse täpsemat mõju ja ulatust välja selgitada. Veekvaliteeti saaks uurida vee keemilise seire abil olemasolevates kuivenduskraavides. Tööde meetodika sõltub juba konkreetselt sõnastatud uurimisküsimusest või eesmärgist (raiete mõju, freesturbarabade olemasolu lähikonnas vms).

Eestis on suur osa metsamuldi, millede puhul tuleks eriti hoolikalt jälgida raietööde läbiviimise aega ning selleks kasutatavat tehnoloogiat. Samas puudub adekvaatne teave selle kohta, kui suures ulatuses võib raietööde käigus saada pinnas mehhaanilisi kahjustusi ja kas selle tagajärjel võib oluliselt muutuda uue metsapõlvkonna kasvukeskkond. Ei ole selge, millised muutused toimuvad mulla süsinikuvoogude muutustes seoses raietöödega. Siiski on vastavasisulisi uuringuid alustatud, et teadmiste lünka täita. Näiteks Veiko Uri tööühma uuringud Maaülikoolist annavad esmase ülevaate, et hinnata metsamajandamise mõju puistu süsinikubilansile (Anon, 2018a). Muid vastavasisulisi uuringuid pole vähemalt viimasel kolmekümnel aastal tehtud. Kuna selle aja jooksul on oluliselt muutunud nii metsaraiel kui ka ja metsamaterjali väljaveol kasutatav tehnika ja tehnoloogiad, ei ole enam võimalik toetuda varasematele uuringutele.

Tehnoloogiliselt uue lähenemisena kasutusele võetud raiejäätmete kogumine langilt on otseselt seotud mulla süsinikuvoogudega. Ka selle tegevuse mõju vajab täiendavat selgitamist. Pikemaajalisteks eesmärkideks tuleb seada erinevate raiete tehnoloogiate mõju selgitamist mullale ja metsa taastumisele raie järgselt. Lisas 6 on toodud esmane väljapakutav kava, mida võiks läbi viia püstitatud eesmärkide täitmiseks.

Taimed

Metsaelupaigaga seotud taimedest kaaluti töö esimeses etapis ka kaunis kuldkinga (*Cypripedium calceolus*) seisundi hinnangu väljaselgitamist. Kaunis-kuldking oleks hea taimeliik hindamiseks tema seisundit seoses kasvukohtade pindala muutustega. Selles uuringus taimeliigi riikliku seire andmeid ei saanud paraku kasutada kahel põhjusel. Esiteks on keskkonnaregistrisse kantavate andmete täpsus perioodi 2007–2018 vältel paranenud, sest punktobjektide asemel on hakatud registreerima pindobjekte. Teiseks, samas registrisse kandmise erinevuse tõttu on aegread seetõttu veel lühikesed, et hinnata kaunis kuldkinga kasvukoha seisundi muutusi.

Päevaliblikad

Hetkel saab metsaelupaigaga seotud päevaliblikate seisundi hinnata heaks, sest nii metsaliblikate liikide kui ka isendite arv on uurimisperioodi vältel mõõdukalt suurenenud. Värsked raielangid nimelt suurendavad ajutiselt avatumate alade pindala metsas ja sellest tuleneb toidubaasi tõenäoline paranemine (Viljur, Teder, 2016 ja 2018). Seeläbi on raielankidel rohkem õitsvaid taimi, sest toidubaasi hulk valmikutele on suurenenud. Vanema puistuga metsades ei ole vähemalt osal ajal vegetatsiooniperioodist piisavalt toidutaimi liblikatele. Siiski on oluline välja tuua, et avatud alade osakaal metsamaastikus ei varieeruks väga suurtes piirides. Nii tagatakse pidev enam-vähem stabiilse suurusega toiduressurss liblikatele. Liiga suurte raiemahtude juures aga eksisteerib sellist elupaika ligikaudu kümnekond aastat ning seejärel see kaob, mõjudes liblikate populatsioonidele negatiivselt.

Kaudselt mõjutavad päevaliblikaid tõenäoliselt ka mikrokliimaatilised muutused – päikest, aga ka tuult, on avatumatel aladel rohkem. Mosaiikses maastikus, kus metsasiilud ja langid paiknevad läbisegi, on samaaegselt olemas nii päike kui kaitse tuule eest. Suurte lagedatel aladel pärsib tuul päevaliblikate tegevust väga tugevasti. See on üks põhjus, miks Eestis tasuks vältida suurte, üle 10 ha küündivate hiigellankide teket. Positiivne raiesmike mõju metsaliblikatele on paraku ainult lühiajaline, sest nagu eelnevalt mainitud, ajutine elupaik raiesmike näol kasvab peatselt suksessiooni tõttu kinni ja need alad muutuvad päevaliblikatele vähem sobivaks.

Linnud

Uuringu eelanalüüs näitas, et üks-ühele (metsamajandus vs linnuindikaator) statistilised seosed võivad anda väga vastuolulisi tulemusi. Eelanalüüsist ilmnes, et suuremate raiemahtude juures oli lindude komposiitindeks *EST-FOBI* madalam. Sellele viitavad ka Lisas 3 esitatud tulemused. Samas asjaolul, et metsamaa pindala Eestis kasvab, kuid metsalindude (tavaliigid) arvukus väheneb, siis ilmneb täiesti vastuoluline negatiivne seos: väiksema pindalaga metsamaa justkui toetas varasemat lindude kõrgemat arvukust ja seeläbi komposiitindeksi väärtust. Seetõttu sõltuvalt metsaressurssi indikaatorist, on võimalik tuletada kaks täiesti vastuolulist tulemust. Eelnevate asjaolude tõttu oli otstarbekas sellisest vastuolulisest analüüsist loobuda, sest sellise lähenemise ei olnud võimalik esitada usaldusväärseid seoseid. Lisaks oleks vaja laiemat arutelu, kas ja/või kuidas praegu laialt kasutatavad metsaressurssi indikaatorid sobivad hindamaks metsaökosüsteemi seisundit. Viimasele asjaolule juhitakse tähelepanu ka Metsanduse arengukava 2030 algatamise ökoloogia valdkonna alamtöörühma probleemide kaardistuse dokumendis (anon, 2018b).

Käesoleva uuringu tulemused viitavad, et metsalindude populatsioonide languse üks põhjus võib olla elupaikade kadumine (Lisa 3). Vaid kaudsetele andmetele tulenedes võib lisaks oletada, et linnupopulatsioonid on osaliselt kahanenud ka mõjutuste tõttu rändeteedel ja talvitusaladel (Lisa 3).

Uurimisküsimuse täpsus

Metsamajanduse ja metsaökosüsteemi omavaheliste seoste kindlakstegemiseks on tulevikus alati vaja selgelt sõnastatud uurimisküsimusi. Metsamajandus hõlmab endas palju erinevaid tahke (raiete liigid, raiete ajad, raiete pindalad, puuliigiline või vanuseline muutlikkus, metsakuivendus jne). Ühe (sh.

lühiajalise) uuringuga ei ole võimalik kõike seda välja selgitada. Seetõttu on oluline tulevikus alati täpsemalt sõnastada eesmärk/eesmärgid ja kõige olulisem/olulisemad uurimisküsimus(ed).

Seireandmete kättesaadavus

Keskkonnaagentuur juhib või koordineerib riiklikku keskkonnaseiret. Keskkonnaagentuur teeb endast oleneva, et kõikidel huvilistel oleks vajadusel võimalik kasutada sadade riikliku seire raames kogutud indikaatorite andmeid (Lisa 2) oma uurimistöodes ja ülevaadetes. Hetkeseisuga aga on riiklikud keskkonnaseire andmed tõenäoliselt alakasutatud või on kogutud aegread veel lühikesed. Keskkonnaagentuur arendab hallatvaid andmebaase (Keskkonnaregister, Eesti eluslooduse infosüsteem, Metsaregister, Keskkonnaseire infosüsteem KESE) edasi ning tulevikus keskkonnaseireandmete kasutavus tõenäoliselt suureneb oluliselt uuringuteks, ülevaatusteks või ka poliitiliste otsuste tegemiseks.

ELME projekt

Keskkonnaagentuuris viiakse hetkel läbi projekti ELME – „Elurikkuse sotsiaal-majanduslikult ja kliimamuutustega seostatud keskkonnaseisundi hindamiseks, prognoosiks ja andmete kättesaadavuse tagamiseks vajalikud töövahendid” (2016–2023). Selle projekti raames töötatakse välja ökosüsteemiteenuste kaardistamise ja hindamise tegevuskava, kaardistatakse ja hinnatakse valitud ökosüsteemide teenused ja hinnatakse rohevõrgustiku toimivust ning koostatakse juhised selle toimivuse parandamiseks. Seega ka tulevikus jätkatakse Keskkonnaagentuuris metsaökosüsteemi seisundi hindamist lisaks riiklikele seiretele.

Võimalikud uued eluslooduse seired metsaelupaikades

Uute eluslooduse seiretena peaks võimalusel tulevikus kaaluma näiteks kõdupuidu mardikate, samblike, torikseente, metsa vooluveekogude elustiku ja mullaelustiku (seoses raietehnikate ja raiemasinatega) seiret. Nendele asjaoludele juhitakse tähelepanu metsanduse arengukava alusuuringus (anon, 2018a). Võimalusel tasuks tulevikus nende seirete teostamist kaaluda uute seirete või olemasolevate seirete täiendamise kujul, kuid eeldatavalt vajab see lisaressurssi.

Keskkonnaagentuuris ei koguta riiklike seirete raames otseselt infot metsade raietehnikate (lageraie, hooldusraie jne) või raiemasinate erisurve pinnasele jms mõju kohta mitmetele muudele metsaökosüsteemi indikaatoritele (sh veekvaliteet, mõju muldadele). Võimalusel tasuks tulevikus selliste uuringute teostamist kaaluda.

Soovitused

Lähteülesande eesmärkide täitmine tõi välja mitmeid kitsaskohti ning lahendamist vajavaid asjaolusid (sh konkreetsemad uurimisküsimused). Mitmeid lünki, mis on seotud metsade majandamise ja ökoloogilise seisundiga, tuuakse lisaks välja metsanduse arengukava alusuuringus (anon, 2018a). Alljärgnevalt on esitatakse käesoleva uuringu raames esile kerkinud olulisemad kitsaskohad.

Käesolevas ülevaates sihilikult ei püütud statistiliselt seostada metsatervise ja ökoloogilisi indikaatoreid metsaressursi indikaatoritega, sest selline lähenemine oleks võinud olla vastuoluline ning eksisteeris ka oht saada valesid järeldusi, mis põhinevad juhuslikel seostel. Seetõttu on tulevikus soovitatav kasutada seirete algandmeid ning teostada asukohapõhine detailne analüüs, kuhu kaastatakse ka metsaressursi näitajad (raie, metsade liigilise koosseisu muutus vmt). Selline lähenemisviis on küll ajakulukam, kuid annab tõenäoliselt adekvaatsema tulemuse metsamajandamise ja metsaökosüsteemi seisundi indikaatorite omavaheliste seoste kohta.

Riiklik metsade statistiline inventuur näitab, et ökoloogilisest vaatenurgast on metsaressursi indikaatorid üldiselt heas seisus. Raiemahud on küll viimasel dekaadil suurenenud (tõenäoliselt kõrgema puidu hinna tõttu), kuid ka näiteks surnud puidu hulk metsas on suurenenud, lisaks on metsade liigilise struktuuri mitmekesisus paranenud. Samas on mõned metsatervise ning mitmed ökoloogilised indikaatorid näidanud negatiivseid suundumusi. See viitab, et üleriiklikult kasutatavad metsaressursi indikaatorid ei pruugi üldse olla head hindamaks adekvaatselt metsade seisundi ökoloogilist poolt.

Riiklike seireandmete kasutus

Eestis on hetkel suureks probleemiks vähene teadusrahastus. Seetõttu ei tehta piisavalt põhjalikke uuringuid, mis puudutaksid Eesti keskkonda ja baseeruks lisaks muudele uurimisandmetele ka riiklikele seireandmetel. Teadusrahastuse suurenedes kasutatakse tulevikus kindlasti rohkem ka riiklike keskkonnaseire andmeid erinevate otsuste tegemiseks. Seni on riiklike keskkonnaseire andmeid seoses metsamajandusega vaid põgusalt kasutatud. Samas muudeks eesmärkideks on riiklike seireandmeid kasutatud, sest seireandmete alusel on avaldatud suur hulk nii rahvusvahelisi kui ka eestikeelseid teadusartikleid (esialgne nimekiri on esitatud Lisas 4).

Seirete korraldavate asutuste muutus

Eluslooduse seire korraldamine on väga palju asutuste vahel iseseisvumise taastamisejärgsel ajavahemikul muutunud. Perioodil 1994–2018 on riiklikku eluslooduse seiret korraldanud koguni kuus erinevat asutust või ülikooli: Keskkonnaministeeriumi Info- ja Tehnokeskus, Tartu Ülikool, Maaülikooli Keskkonnainstituut, Looduskaitsekeskus, Keskkonnaamet ja Keskkonnaagentuur. Seire korraldamise jaoks oleks aga parem stabiilsus ning seetõttu tasuks tulevikus vältida seiret korraldava asutuse järjekordset muutmist.

Kasutatud kirjandus

Anon, 2018a. Eesti metsanduse arengukava aastani 2030 alusuuringu aruanne.

Anon, 2018b. Metsanduse arengukava 2030 algatamise ökoloogia valdkonna alamtöörühma probleemide kaardistus. Keskkonnaministeerium.

Apuhtin, V., Asi, E., Napa, Ü. 2012. Eesti metsade seisund. – Eesti keskkonnaseire 2007-2010. Keskkonnateabe Keskus.

Apuhtin, V., Asi, E., Õunap, H., Timmusk, T., 2017. Riiklik keskkonnaseire, alamprogramm 7. metsaseire, 2016 aasta aruanne. Keskkonnaagentuur.

Elts, 2017. Eluslooduse mitmekesisuse ja maastiku seire allprogrammi Valitud elupaikade talilinnustik 2017. aasta aruanne.

Kraut, A. 2016. Conservation of Wood-Inhabiting Biodiversity – Semi-Natural Forests as an Opportunity. Tartu Ülikool.

Lõhmus, A. & U. Sellis 2001: Must-toonekure toitumispaidad Eestis. Hirundo 14, 109-112.

Lõhmus, 2018. III 5. Lageriaepõhise metsamajanduse mõju ohustatud elustikule ja selle leevendamise võtted. Eesti metsanduse arengukava aastani 2030 alusuuringu aruanne.

Nellis, R. 2017. Haudelinnustiku punktloendused 2017. aastal. Riigihanke nr 182729 osa nr 20 aruanne. Tellija: Keskkonnaagentuur. Eesti Ornitoloogiaühing.

Palo, A., 2018. Eesti loodusdirektiivi metsaelupaikade seisund (2010-2012/2013-2018). Eksperttöö metsaelupaikade seisundi hindamiseks. Käsikiri Keskkonnaagentuuris.

Pannekoek, J., Van Strien, A. 2001. TRends and Indices for Monitoring data. Statistics Netherlands, Voorburg.

Pinheiro, J., Bates, D., DebRoy, S., Sarkar, D. & R Core Team 2016. nlme: Linear and Nonlinear Mixed Effects Models.

R Core Team 2018. R R: A Language and Environment for Statistical Computing.

Remm, L. 2015. Impacts of forest drainage on biodiversity and habitat quality: implications for sustainable management and conservation. Tartu Ülikool.

Rosenvald, R. 2008. Biota and persistence of retention trees in relation to the characteristics of the trees and cut areas. Eesti Maaülikool.

Runnel, K. 2016. Fungal targets and tools for forest conservation. Tartu Ülikool.

Uibopuu, A. 2013. Communities of arbuscular mycorrhizal fungi in spruce forest ecosystem and their effect on performance of forest understorey plant species. Tartu Ülikool.

Viljur, Teder, 2016. Butterflies take advantage of contemporary forestry: clear-cuts as temporary grasslands. *Forest Ecology and Management*. 376, 118-125.

Viljur, M.-L., Teder, T. 2018. Disperse or die: Colonisation of transient open habitats in production forests is only weakly dispersal-limited in butterflies. *Biological Conservation*, 218, 32-40.

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

LISAD

Lisa 1 a. Lähteülesanne. Riigikontrolli päring seoses metsökosüsteemi hindamiseks vajalike riikliku seire andmetega

13.06.2018

Metsanduse arengukava eesmärgiks on saavutada tasakaalustatud kokkulepe jätkusuutliku metsamajandamise suunamiseks, selle saavutamise üheks oluliseks eelduseks on omada **terviklikku ülevaadet metsaökosüsteemi seisundist ja selle pikaajalistest muutustest** seondatuna oluliste metsakasutusest tulenevate mõjuteguritega (nt uuendusraiate maht, maaparandus). Keskkonnaseisundi ja selle muutuste selgitamise ülesanne on pandud riiklikule keskkonnaseire programmile, mille mitmed allprogrammid on otseselt seotud ka metsaökosüsteemiga. Eesti keskkonnaseire ülevaadet (viimane perioodi 2011-2015 kohta) ei anna paraku tervikpilti metsaökosüsteemi seisundist ja selle muutustest ega loo seoseid potentsiaalset keskkonnamõju omavate majandustegevustega. Ka kehtiv metsanduse arengukava aastani 2020 ei sisalda indikaatoreid metsaökosüsteemi seisundi kohta ning selle täitmise ei käsitle metsaökosüsteemi seisundit ega selle seost metsanduslike tegevustega.¹

Eeltoodust tulenevalt palume Keskkonnaagentuuril **hinnata pikaajalistele riikliku keskkonnaseire andmetele ja ka teistele olemasolevatele pikaajalistele vaatlusandmetele** (SMI, pikaajalised uuringud jms) **tuginevalt metsaökosüsteemi seisundiga otseselt seonduvaid komponente ning anda koondhinnang metsaökosüsteemi seisundile ja selle muutustele pika perioodi (võimalusel vähemalt 20 aastat) jooksul.**

Palume hinnangu koostamisel arvestada järgnevat:

- Anda ülevaade metsaökosüsteemi seisundiga otseselt seonduvatest peamistest seiratavatest komponentidest (näiteks metsade elurikkuse osas metsaelupaikadega seotud indikaatorliigid ja metsaelupaigatüübid, puistute seisundi osas puude tervist iseloomustavad näitajad ja seenhaiguste levik, metsa pinnaveekogude indikaatornäitajad ja veerežiim, metsamuldade indikaatornäitajad, orgaanilise aine muutused varises ja mullas, jne). Iseloomustada nende seisundi näitajate pikaajalist dünaamikat ja selgitada muutuste tõenäolisi põhjuseid.
- Hinnata olemasoleva info ja võimaluste piires metsamajanduse koormuse mõju metsaökosüsteemi seisundi näitajatele. Kui sellise hinnangu andmine pole võimalik, siis palume selgitada, mille taha hinnangu andmine jääb. Viimase paarikümne aasta jooksul (1997/2017) on uuendusraiate pindala ja raiemaht kasvanud enam kui kaks korda (1996/2016 võrdluses isegi 5 korda). Selgitada, kas muutused majandamiskoormuses avalduvad seirenäitajates ja kui siis mil moel.
- Anda terviklik üldistatud hinnang metsaökosüsteemi seisundile, selle pikaajalistele muutustele ning seondada muutused oluliste mõjuteguritega.
- Hinnata riikliku keskkonnaseire programmi ja laiemalt riigi seireinfo tugevusi ja nõrkusi eelpool püstitatud ülesande täitmiseks. Samuti palume iseloomustada meetodilisi väljakutseid metsaökosüsteemi seisundi muutuste terviklikuks hindamiseks.

¹ Näiteks Metsanduse arengukava 2011-2016 täitmise aruanne raporteerib metsade looduskeskkonna säilitamise eesmärgi osas, et rangelt kaitstavate metsade eesmärgiks seatud osakaal on saavutatud, kuid puudub indikatsioon metsade elurikkuse ja elupaikade seisundi muutuste kohta, samuti puistute tervisliku seisundi pikaajaliste muutuste kohta.

Lisa 1 b. Memo 09.07.2018 kohtumine Riigikontrolli esindajatega metsaökosüsteemi seisundi hindamisest

Teema on tõusnud üles, kuna Riigikontroll koostab metsanduse ülevaadet. Keskkonnaministeeriumi koostatav metsanduse arengukava aastani 2030 käsitleb ka metsaökosüsteemide seisundit, aga Keskkonnaministeerium ei ole Keskkonnaagentuurilt selle teemalist sisendit küsinud. Eesmärk on kaardistada olemasolev info ja puudused. Selle tulemusel oleks võimalik kavandada metsanduse arengukavaga vajalikud tegevused.

Riigikontroll näeb, et metsanduse arengukava koostamise protsess jõuab lõpuks sinnani, kus on võimalik võrrelda erinevaid stsenaariume, mis põhiliselt põhinevad erinevatel raiemahtudel. Vaja oleks hinnata, mis on nende mõju metsaökosüsteemide seisundile (nii majanduslik, kui keskkonnamõju).

Kõigepealt on vaja paika saada metoodika. Praegu on käimas ELME projekt, mille käigus hinnatakse metsaökosüsteemide teenuseid, sh seisundi hindamise metoodika väljatöötamine.

Praegu on võimalik kasutada keskkonnaseire programmiga kogutavaid andmeid. Andmeid küll kogutakse, aga neid ei analüüsita piisavalt.

Laiem eesmärk on jõuda mingil hetkel selleni, et Keskkonnaagentuur suudab anda hinnangu metsaökosüsteemide seisundile. Lähem eesmärk on saada ülevaade hetkeseisust.

Otsus: Keskkonnaagentuur töötab välja kontseptsiooni ja paneb esialgse metoodika kokku, hinnangu andmise tähtaeg on 2019 I kvartali lõpuks. Ajakava saab lähiajal suures plaanis paika, võimalik projektijuht saaks tööd alustada septembris-oktoobris.

Hinnatav periood pannakse paika pärast seda, kui on selgunud, milliseid indikaatoreid saab kasutada ja millisel perioodil on võimalik kasutada võrreldavaid andmeid.

Lisa 2: Indikaatorite loend riiklike keskkonnaseirete alusel, mis on seotud metsaökosüsteemiga. Tegemist ei ole lõpliku nimekirjaga, sest algandmeid kombineerides on võimalik tuletada uusi indikaatoreid. Siiski on see esmane põhjalikum ülevaade suurusjärgudena kui palju indikaatoreid riiklike keskkonnaseirete käigus metsaökosüsteemi komponentide kohta kogutakse.

Eksperthinnagutena on esitatud ka uuendusraie pindala kasv (50%) mõju ja raievanuste langetamise mõju metsatervise ja ökoloogilistele indikaatoritele. Rõhutame, et tegemist on esmase eksperthinnanguga, mis vajaks kindlasti täpsemaid uuringuid ka eksperthinnagute paikapidavuse osas.
Esitatakse eraldi failina.

Lisa 3. Ülevaade metsadega seotud linnustiku seisundist 14 linnuindikaatori põhjal.

Esitatakse eraldi failina.

Lisa 4. Kirjanduse ülevaade (artiklid, väljaanded, kogumikud), milles on kasutatud metsaökosüsteemi seisundi indikaatoreid riiklike seirete põhjal. NB alljärgnev loetelu ei pruugi olla täielik.

Esitatakse eraldi failina.

Lisa 5. Raietehnoloogiate mõju selgitamine mullale ja metsa taastumisele raiejärgselt.

Kasutatavate raietehnoloogiate detailne kirjeldus ja analüüs:

- koostada uurimistöo meetodika, viia läbi selle testimine ja vajadusel täpsustamine;
- statsionaarsete katsealade võrgustiku rajamine ülestöötatavate puistute baasil keskkonnaseisundi pikaajaliseks ja mitmekülgseks seireks;
- mulla keemiliste ja füüsikaliste parameetrite pikaajaline jälgimine püsikatsealadel (proovide võtmine huumuse ja lämmastiku sisalduse määramiseks, lasuvustiheduse ja mulla kõvaduse määramine erinevatest sügavustest jne).

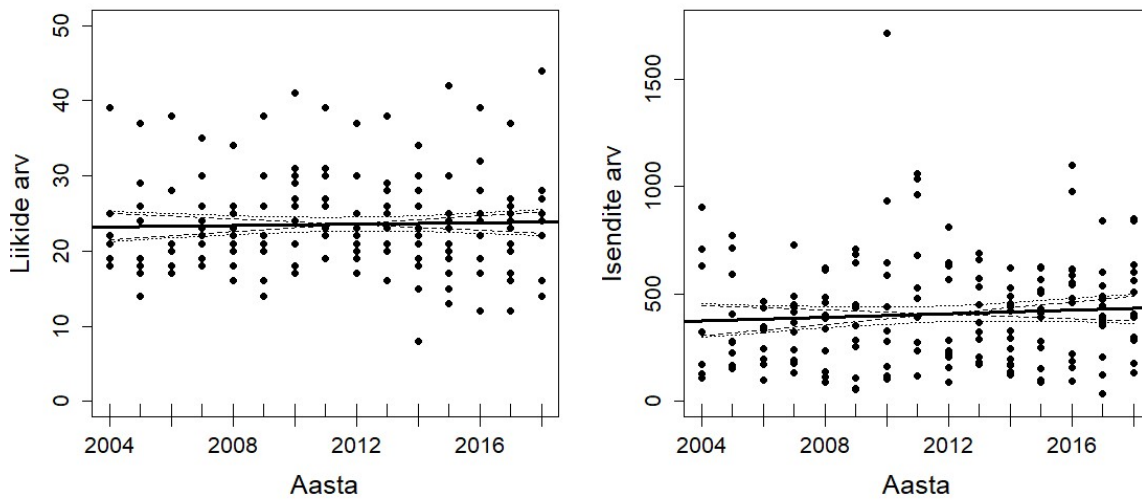
Esmasteks ülesanneteks uuringus peaks olema:

- Eestis raietöödel enamkasutatava tehnoloogia analüüs;
- püsikatsealade valiku põhimõtete väljatöötamine (jaotumine peapuulikiide, muldade või kasvukohatüüpide lõikes);
- püsikatsealade valimine looduses;
- raieks määratud puistute raie-eelse seisundi fikseerimine;
- puurinde iseloomustus (koosseis, diameeter, kõrgus, tagavara);
- katsealal kasvava järelkasvu hindamine;
- taimkatte analüüsiruutude rajamine alustaimestiku liigilise koosseisu ja katteväärtuse hindamiseks;
- põhjaveekaevude rajamine põhjaveetaseme olemasoleva seisuga ja muutuste hindamiseks (lisaks ka katseala läheduses samades tingimustes kasvavas puistus);
- muldade detailne iseloomustamine nii keemiliste kui füüsikaliste parameetrite osas (eriti mulla lasuvustihedus ja kõvadus erinevatel sügavustel);
- pärast metsa ülestöötamist teha uued uuringud alustaimestiku, järelkasvu, põhjaveetaseme, mulla lasuvustiheduse ja kõvaduse osas.

Järgnevatel aastatel jälgitakse toimunud muutuste dünaamikat.

Ülestöötatud raiesmiku seisukorra hindamise meetodika koostamine, mille ülesandeks on uurimistel kindlustada võimalikult objektiivne ülevaade raiesmiku seisukorrast. See peab võimaldama hinnata ühe või teise mehhanismi, samuti kasutatava tehnoloogia mõju raiesmikel pärast metsa ülestöötamist erinevates kasvukohatüüpides. Sellele järgneks uue metsapõlvkonna rajamise viisi ja tehnoloogia mõju jne.

Lisa 6. Päevaliblikate (62 päevaliblikaliiki, kes pole metsaelupaikadega seotud) liikide ja isendite arvu muutus perioodil 2004–2018. Liikide arv (vasakpoolne joonis) ja isendite arv (parempoolne joonis) Eestis aastatel 2004–2018. Punktid joonisel tähistavad vastava aasta seiretulemusi, katkendjooned 95% usaldusintervalli aditiivse mudeli põhjal. Tumedam joon on lineaarse mudeli trend koos lineaarse mudeli 95% usaldusintervalliga.



Lisa 7. Ülevaade Loodusdirektiivi metsaelupaikade parameetrite seisundist.

Esitatakse eraldi failina.