

EESTI MAAÜLIKOOL
METSANDUSE- JA MAAEHITUSE INSTITUUT
METSAKORRALDUSE JA METSATÖÖSTUSE ÕPPETOOL

DIANA LAARMANN

LAURA MOPPEL

VIVIKA KÄNGSEPP

HENN KORJUS

ENELI PÕLDVEER

Looduslikkuse taastamise katseala uuringu jätkamine Karula rahvuspargis

SA KESKKONNAINVESTEERINGUTE KESKUSE JA EESTI MAAÜLIKOOLI VAHEL 1. JUULIL 2019. A.
SÕLMITUD LEPINGU NR. 3-2_7/9491-4/2019 LÕPPARUANNE

TARTU 2020

Sisukord

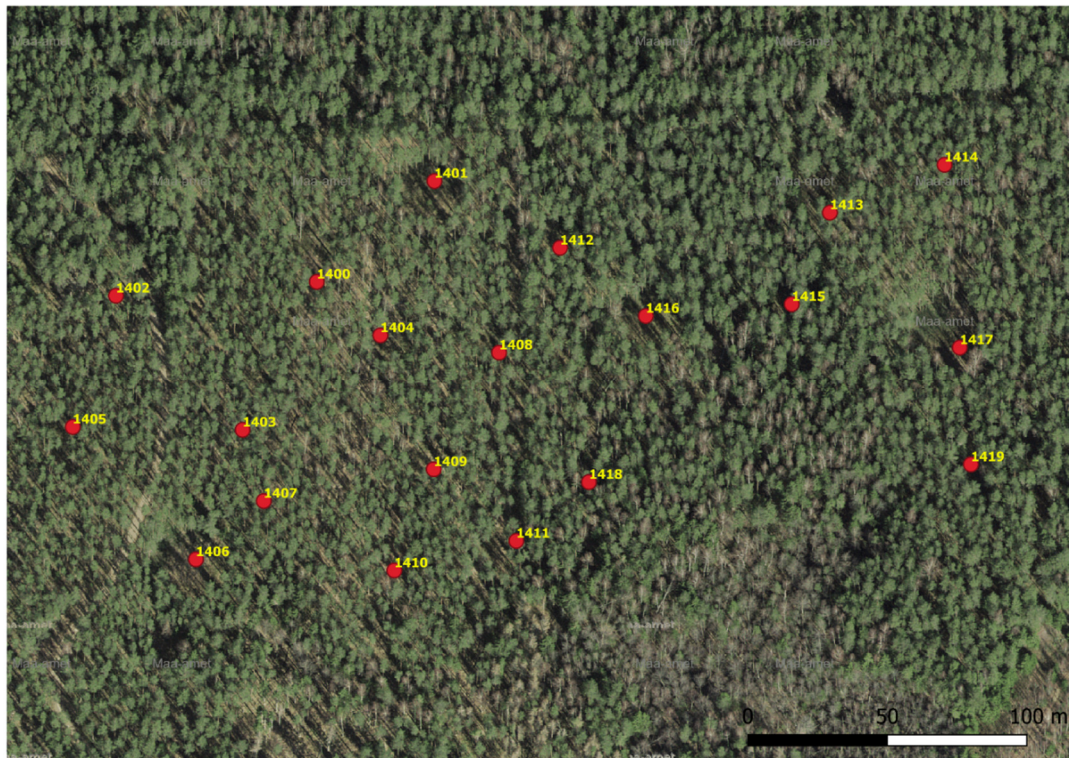
SISSEJUHATUS.....	3
METOODIKAD.....	6
PUISTU MÕÕTMISE METOODIKA.....	6
LAMAPUIDU SEIRE	15
LOODUSLIKU UUENDUSE SEIRE.....	15
ALUSTAIMESTIKU INVENTUUR.....	16
SAMBLIKE SEIRE	16
TORIKULISTE SEIRE.....	17
ANDMEANALÜÜS	17
TULEMUSED.....	19
PUISTUSEIRE.....	19
ALUSTAIMESTU SEIRETULEMUSED	39
INDIKAATORLIIGID	53
HINNANG ELUPAIGASEISUNDILE TAASTAMISVÕTETE KAUPA.....	54
KOKKUVÕTE	56

SISSEJUHATUS

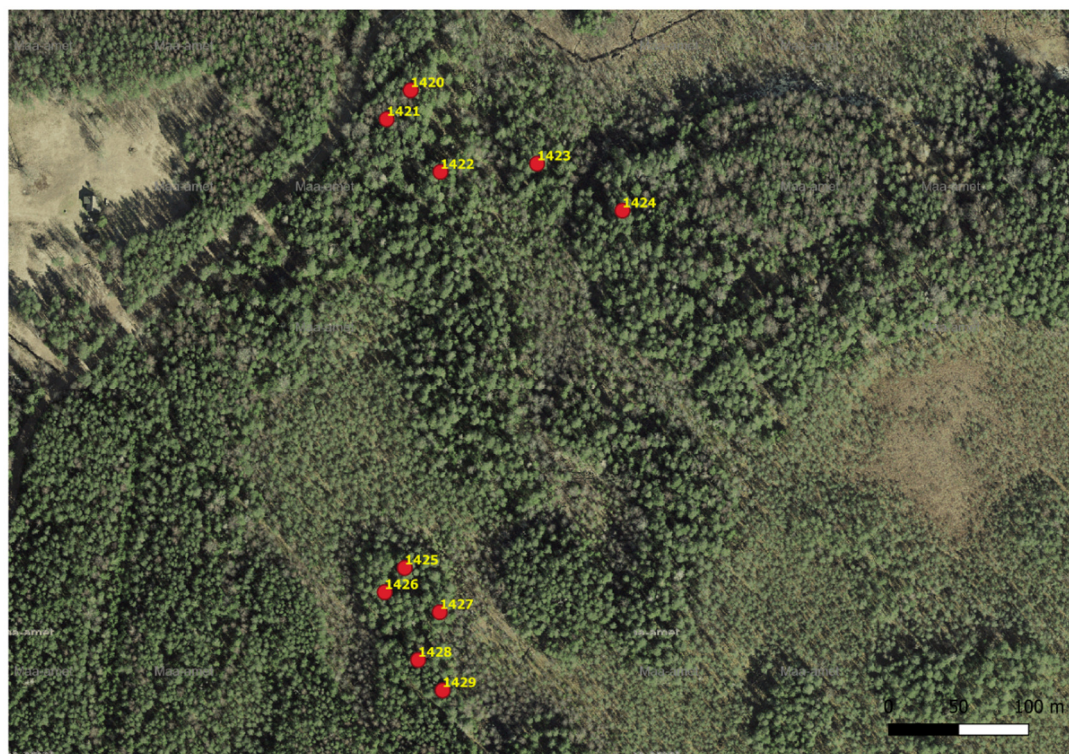
Eesti Maaülikooli (EMÜ) ja SA Keskkonnainvesteeringute Keskuse vahel 01. juulil 2019. a. sõlmitud lepingu nr. 3-2_7/9491-4/2019 kohaselt viis EMÜ metsakorralduse ja metsatööstuse õppetool läbi 2019-2020.a. Karula rahvusparki 2000. aastal rajatud metsade looduslikkuse taastamise katsealal inventuurid ning samuti inventeeriti üle 2014. aastal Pautsjärve reservaatil rajatud võrdalusalad. Projekti vastutavaks täitjaks oli EMÜ metsakorralduse ja metsatööstuse õppetooli kaasprofessor Diana Laarmann, projekti põhitäitjateks olid sama õppetooli professor Henn Korjus, nooremteadurid Eneli Pöldveer ja Vivika Kängsepp.

Käesoleva lepingu täitmise tulemusena viidi läbi puistu-, soontaimede, sammalde, samblike ja torikuliste inventuurid. Puistuinventuuril mõõdeti 30 proovitükil kasvavad puud, püstised surnud puud, lamapuud ning teostati loodusliku uuenduse inventuur. Välitööde tegemisel osalesid metsakorralduse ja metsatööstuse õppetooli töötajad ja tudengid (Diana Laarmann, Vivika Kängsepp, Laura Moppel). Alustaimestiku inventuuril teostati soontaimede ja sammalde seire proovitükile rajatud püsiruutudes. Seiret ja liikide määramist viis läbi Thea Kull. Samblike inventuur viidi läbi TÜ teaduri Inga Jüriado poolt. Torikuliste seire viis läbi mükoloog Indrek Sell. Andmesisestuse arvutisse tegi Laura Moppel. Kõik inventeerimisandmed on ühtlustatud ForMIS andmebaasiga. Esmase andmetöötluse viisid läbi ja taastamisedukust hindasid Diana Laarmann ja Laura Moppel.

Välitööd viidi läbi metsade looduslikkuse taastamise katsealal Karula rahvusparkis piiranguvööndis kvartalis 163 eraldistel 5 ja 6 ning Pautsjärve reservaadis (joonised 1 ja 2, tabel 1).



Joonis 1. Metsade looduslikkuse taastamise katsealade asukohad ja proovitükkide numbrid Karula rahvusparkis kvartalis 163, eraldistel 5 ja 6.



Joonis 2. Reservaadi proovialade asukohad ja proovitükkide numbrid Karula rahvusparkis, Pautsjärve reservaadis.

Looduslikkuse taastamise püsikatsealadelt saadud tulemusi tutvustati Eesti Maaülikoolis toimunud bakalaureusetööde kaitsmisel 8.06.20:

Laura Moppel "Looduslikkuse taastamisvõtete tulemuslikkuse hindamine Karula rahvusparkis".

Projekti ja selle esialgseid tulemusi tutvustati RMK Looduskaitsekonverentsil 4-5.novembril 2019 Pärnus

Diana Laarmann „Metsade struktuuri ja mitmekesisuse taastamise katsed eesti kaitsealadel“.

Projekti tutvustav kokkuvõte esitati 25. septembril 2020 Eesti Maaülikoolis toimunud projektide seminaril.

Diana Laarmann „Looduslikkuse taastamise katseala uuringu jätkamine Karula rahvusparkis“.

Tabel 1. Metsade looduslikkuse taastamise püsiproovitükid Karula rahvusparkis, esitatud on taastamisvõte, mis tehti katseala rajades 2000.a.

Kasutatud taastamisvõte	Selgitus	Proovitükkide arv
H	hailuga prooviala, hailu läbimõõt 12 m, puit ära viidud	4
HL	lamapuiduga prooviala, hailu läbimõõt 12 m, raiutud puud jäeti hailu	4
HPv	põletatud okstega prooviala, hailu läbimõõt 12 m, puit ära viidud, oksad põletati proovitükil	4
HPs	ülepõletatud hailuga prooviala, hailu läbimõõt 25 m, puit ära viidud, hail ülepõletatud	4
K	kontrollala, tegevusi pole tehtud	4
RES	reservaadi prooviala, taastamistegevuse eesmärk	10

METOODIKAD

PUISTU MÕÕTMISE METOODIKA

1.1. ETTEVALMISTUSTÖÖD

1.1.1. Iga mõõtmisele kuuluva proovitüki jaoks koostatakse blankett, mis on osaliselt täidetud eelmise mõõtmise andmetega ja mis kuulub välitööde käigus parandamisele ja täiendamisele.

1.2. MÕÕTMISTEKS ETTEVALMISTUMINE PROOVITÜKIL

1.2.1. Proovitüki leidmiseks kasutatakse eelnevalt ettevalmistatud kaarte ja GPS seadet. Proovitüki tsepter peaks olema leitav eelmisel mõõtmisel puudele tehtud värvimärkide järgi. Värvimärgid puudel on tsentri suunas. Proovitüki tsentris peaks olema metall- või plastmasstoru, toru puudumisel see asendatakse.

1.2.2. Mõõtmiseks ettevalmistamise käigus seadistatakse bussool magnetilisele põhjasuunale, kontrollitakse *Forestor Vertexi* kaugusmõõdu õigsust (10 m lindi abil) ja 1,3 m kõrguse mõõdu märki riietusel, klupi ja värvipulverisaatori töökorras olekut. Proovitüki tsentris lülitatakse tööle *Forestor Vertexi* vastaja (*transponder*). Puude mõõtmismärkideks kasutatakse värv peaks erineva eelmise mõõtmise värvist.

1.2.3. Enne mõõtmiste alustamist tuleks kontrollida erinevates suundades mõne juhuslikult valitud puu koordinaatide õigsust. Süstemaatilise nihke ilmnemise korral tuleb proovitüki tsepter nihutada sobivaimale kohale ja hoolitseda selle eest, et pärast mõõtmist ka sinna tähis jääks.

1.2.4. Tuleb mõõta üldandmete blanketil puuduolevad andmed (metsaelementide vanused, kõduhorisondi түsedused jne). Tuleb kontrollida, kas blanketile märgitud rinnete raadiused vastavad tegelikult mõõdetud puudele. Kui mingi rinde raadius on 0, siis selle rinde puud ei tohiks proovitükil olla või on jäetud mõõtmata (näiteks väga väike järelkasv, mida ei ole sisukas käsitleda puudena). Sel juhul puistu antud rinde takseertunnuseid ei arvutata.

- 1.2.5. Väga oluline on fikseerida miinimumdiameeter **Dmin**, kui peenikesi ilmselt väljalangevaid puid ei mõõdetata (tavaliselt keskealises või vanemas metsas).
- 1.2.6. Võimalikult täpselt tuleb üle mõõta proovitüki tsentri geograafilised koordinaadid. Kui on võimalik kasutada hiljem diferentsiaalparandit, tuleb blanketile lisada ka vastav GPS failinimi.
- 1.2.7. Blanketile kirjutatakse mõõtjate nimed (esimesse lahtrisse "kirjutaja", teise lahtrisse "mõõtja"), kuupäev ja kõigi toimingute alguse ja lõpu kellaaeg.
- 1.2.8. Märkuste lahtris on äärmiselt oluline iseloomustada võimalikult täpselt kahe mõõtmise vahel toimunud muutusi - tehtud raieid, samuti alusmetsa (põõsarinnet), iseärasusi, muutusi ja ka probleeme, mis võisid mõjutada mõõtmist (tugev tuul, vihm vms).
- 1.2.9. Hoolikalt vaadata üle eelmise mõõtmise blankett ja sellele märgitud veakahtlused (rindel vale raadius, raie märkimata jätmine, samuti puude mõõtmiste kontrollil tekkinud kahtlused). Eelmise mõõtmise andmete töötlemisel tekkinud küsitavustele tuleb kordusmõõtmisel vastus leida ja see peab kajastuma mõõtmisandmete blanketil.

1.3. PUUDE KLUPPIMINE

- 1.3.1. Proovitükkide blankettidele on trükitud eelmisel mõõtmisel saadud puude mõõtmisandmed järjestatuna asimuudi suurenemise järjekorras. See teeb puude leidmise lihtsamaks ja võimaldab vahetult mõõtmise käigus hinnata tulemuse usutavust. Eelmise mõõtmise andmete olemasolu võimaldab mõningal juhul ka neid korrigeerida.
- 1.3.2. Tavaliselt loeb "kirjutaja" blanketilt järjekordse puu andmed ja koostöös "mõõtjaga" otsitakse antud asimuudile ja kaugusele vastava puu üles. Kui on raiutud palju puid, võib tegutseda vastupidi, "mõõtja" võtab proovitükil järjest allesoleva puu, koostöös "kirjutajaga" mõõdetakse selle puu asimuut ja kaugus proovitüki tsentrist ning seejärel otsib "kirjutaja" blanketilt sobivaima puu.
- 1.3.3. Iga puu jaoks kontrollitakse või mõõdetakse uuesti järgmisi tunnuseid.

Rinne – Eelmisest mõõtmisest on elusa puu rindeks esimene (**1**), teine (**2**), järelkasv (**J**), alusmets (**A**) või üksikpuud (**Y**). Juhul kui esimese rinde mingil puuliigil (tavaliselt kuusel) oli võimalik puid eristada kahte vanusepõlvkonda, siis väiksemaarvulise põlvkonna puude rinde koodiks märgiti täht **E**. Jalal seisvaid surnud puid tähistati koodiga **S**, tüükaid koodiga **T**,

juurelt maha kukkunuid või juurtega maast lahti olevaid puid koodiga **M** ja raiutud puid koodiga **K**. Juhul kui peenikesi puid (näiteks teise rinde, järelkasvu ja alusmetsa puid) mõõdeti vaid sisemises ringis, siis peab proovitüki esiblanketil olema vastava rinde siseproovitüki raadius.

Kui kordusmõõtmisel teatud puud ei õnnestunud leida (ei leidnud ka tüügast ega kändu), on puu kauguse või asimuudi eelmisel mõõtmisel tehtud arvatavasti viga. Vea otsimisel tuleb kasuks eelmise mõõtmise väliandmete koopia, kus on puud mõõtmise järjekorras, mis lihtsustab eelmise mõõtmise liikumistee aimamist. Esialgu võib kadunud puu "meelde jätta" ja jätkata ülejäänud puude kordusmõõtmist lootuses "kadunud" puu hiljem üles leida. Juhul, kui kadunud puud leida ei õnnestu, tuleb kadunud puu rinnet tähistada koodiga **X**.

Kui kordusmõõtmisel rinde kood muutub, tuleb see tulbas **Rin** parandada (näiteks enne 2. rinne, nüüd surnud). Kui parandus tähendab viga esimesel mõõtmisel (Näiteks enne 2. rinne, nüüd 1. rinne), tuleb lisaks tulbas **Rin** parandamisele lisada märkuste lahtrisse "**Rin viga**". Sel juhul muudetakse andmestikus tagantjärele rinnet ka eelmisel mõõtmisel.

Puuliik – puuliikide koodid on järgmised

MA – mänd	KU – kuusk	LH – lehiseliigid
NU – nululiigid	TS – ebatsuuga	TO – teised okaspuud
TA – tamm	SA – saar	VA – vaher
JA – jalakas	KS – aru- ja sookask	HB – haab
LM – sanglepp	LV – hall lepp	PN – pärn
PP – papliliigid	RE – remmelgas	TL – teised lehtpuud
KP - künnapuu	SD – seeder	TM - toomingas

Põõsaliikide koodid

KD – kadakas	SP – sarapuu	PM – põõsasmaran
PA – pajud	TP – teised põõsaliigid	

Kui kontrollmõõtmisel selgub, et puuliik on vale, tuleb see blanketil parandada ja lisada märkuste lahtrisse "**PL viga**". Sel juhul muudetakse andmestikus tagantjärele puuliiki ka eelmisel mõõtmisel.

Asimuut – "kirjutaja" mõõdab bussooliga puu asimuudi 0,5° astmega. Bussooli sihik suunatakse puu keskele 1,3 m kõrgusel. Juhul, kui puud jäävad üksteise taha, püütakse asimuut määrata "kirjutaja" ja "mõõtja" koostöös. Kui asimuut on vale, siis parandatakse see

blanketil ja märkuste lahtrisse lisatakse "**Asim viga**". Sel juhul muudetakse andmestikus tagantjärele asimuuti ka eelmisel mõõtmisel. Võib juhtuda, et esimesel mõõtmisel oli bussooli põhjasuund paigast ära, mistõttu on kõigi puude asimuudid nihkes. Sel juhul ei ole mõtet kõigi puude asimuute parandama hakata, vaid tuleb bussool seadistada samale suunale, mis eelmine kord, kuid üldandmete blanketi märkuste ossa tuleb lisada selgelt "**Asimuuti nihutada N°**". Sel juhul muudetakse andmestikus tagantjärele proovitüki kõigi puude asimuute N kraadi võrra. Nihe N võib olla ka negatiivne.

Kaugus – "mõõtja" mõõdab *Forestor Vertex*iga puu kauguse proovitüki tsentrist 0,1 m astmega. Kaugus mõõdetakse 1,3 m kõrguselt puu keskelt. Proovitüki piirile jäävate puude kaugus proovitüki tsentrist kontrollitakse mõõdulindiga. Juhul kui *Forestor Vertex*i ultraheli-signaali ei suuda läbida tihedat alusmetsa, tõstetakse vastaja (*transponder*) 2 m kõrgusele. Kui kaugus on vale, siis parandatakse see blanketil ja märkuste lahtrisse lisatakse "**Kauguse viga**". Sel juhul muudetakse andmestikus tagantjärele puu kaugust proovitüki tsentrist ka eelmisel mõõtmisel. Tähelepanu, "*Vertex*" kauguse määramist tuleb enne töö algust ja ilmastikuolude muutumisel mõõdulindi abil kontrollida ja vajadusel kalibreerida.

Diameeter – "mõõtja" mõõdab puu rinnasdiameetri kahes suunas 0,1 cm astmega, esmalt proovitüki tsentri suunas ja seejärel sellega risti. Diameeter mõõdetakse 1,3 m kõrguselt juurekaelast, mis peaks eelmisel mõõtmisel olema tähistatud värvitäpiga. Mineraalpinnasel kasvavatel puudel loetakse **juurekael** pinnasega samal kõrgusel olevaks, kuivendatud soomuldadel arvestatakse turbahorisondi kõdumisega püüdes võtta juurekaelaks puu tüve ja juurte vahelist mõttelist piiri. Peenikestel laasumata kuuskedel võib tülika juurdepääsu tõttu teistkordne diameeter jätta mõõtmata. Kui puu on jämedam kui 50 cm ja ei mahu klupi haarade vahele, mõõdetakse puu diameeter spetsiaalselt diameetri jaoks gradueeritud mõõdulindiga. Mitmeharulised puud mõõdeti eraldi puudena, kui tüvede hargnemine oli madalamal kui 1,3 m. Kui 1,3 m kohal on oksakodarik, mõõdetakse diameeter sellest 5 cm kõrgemalt. Keskealises või vanemas metsas võib puud diameetriga alla 4 cm jätta mõõtmata (vastav märges tuleb teha blanketi esimesele lehele **Dmin** lahtrisse). Juhul, kui tüvel 1,3 m kõrgusel on **vigastus** (näiteks põdrakahjustus), mõõdetakse puu diameeter vigastusest ülal või allpool. Sel juhul lisatakse märkuste lahtrisse diameetri mõõtmise kõrgus (näiteks "dh=1,5", kui diameeter mõõdeti 1,5 m kõrgusel). Kui puu vigastus on tüvel pikalt ($1,3 \pm 0,5$ m), mõõdetakse 1,3 m kõrguselt väikseim ja suurim diameeter. Diameetri mõõtmise koht märgitakse värvitäpiga proovitüki tsentri suunas.

Kui diameetri juurdekasv (võrreldes 5 aasta taguse mõõtmisega) osutub negatiivseks, tuleb juurdekasvupuuriga mõõta mõõtmiste vahelise perioodi juurdekasv ja eelmise mõõtmise

diameetri korrigeerimiseks lahutada praegusest diameetrist kahekordne radiaalne juurdekasv. Eelmise mõõtmise diameetrit tuleb korrigeerida ka siis, kui diameetri juurdekasv on ebanormaalselt suur (näiteks üle 4 cm). Juhul kui eelmise mõõtmise diameetrit korrigeeritakse, tuleb märkuste lahtrisse lisada "**D viga**".

Rikked ja märkused – andmebaasi väljad "Rikked" ja "Märkused" on blanketil ruumi kokkuhoiu huvides ühendatud ühte lahtrisse. Kahjustuse koodid ja astmed on vastavalt tabelis 2 ja tabelis 3. Kui kordusmõõtmisel selgub, et puul on vana rike (näiteks juba kinnikasvanud põdrakahjustus), aga eelmisel mõõtmisel see rike ei olnud registreeritud, tuleb see info lisada märkuste lahtrisse, kust nad hiljem andmesisestuse käigus lisatakse varasemate mõõtmiste rikete välja. Kui rikke kood kirjutatakse ainult uue mõõtmise andmestikku, siis seda tõlgendatakse **uue** rikkena, mis on tekkinud mõõtmise vahelisel perioodil. Soovi korral võib seda rõhutada märkuste lahtris kirjega "UUS RIKE".

Tabel 2. Kahjustuste koodid

Kood	Kirjeldus	Kood	Kirjeldus	Kood	Kirjeldus
1	Tuli	5	Lumi	6	Külm
10	Sõralised	20	Latipihklane	21	Säsiürask
22	Kooreüraskid	23	Hiidürask	24	Juureürask
25	Männikärsakas	26	Männi koorelutikas	27	Maipõrnikas
28	Külmaliblikas	29	Tammemähkur	30	Männivaablane
31	Männivaksik	40	Juurepess	41	Männitaelik
42	Külmaseen	43	Männi koorepõletik	44	Haavataelik
45	Tüvevähk	47	Võrsevähk	50	Teised kahjustused
53	Mehaaniline vigastus	54	Saastekahjustused	99	Määramata kahjustus (kommenteerida)

Tabel 3. Kahjustuse aste

Kood	Kirjeldus
N	Nõrk, puu kasv ei ole tuntavalt pidurdunud
K	Keskmine, puu kasv on aeglustunud
T	Tugev, puu on oluliselt kahjustatud, juurdekasv on praktiliselt peatunud
V	Väga tugev, puu on kahjustatud hukkamiseni

1.3.4. Kui kõik puud on klupitud, fikseeritakse üldandmete blanketil kluppimise lõpetamise kellaeg.

1.4. MUDELPUUDE MÕÕTMINE

1.4.1. Mõõtmise teises etapis mõõdetakse mudelpuud, kus "kirjutaja" võtab blanketilt puude loetelust järjekordse mudelpuu, otsib selle proovitükil üles ja kinnitab puu tüvele 1.3 m kõrgusele *Forestor Vertexi* vastaja (*transponderi*). Seejärel mõõdab "mõõtja" mudelpuu kõrguse, võra alguse ja kuiva oksaraja alguse kõrgused 0.1 m astmega. "Kirjutaja" lisab mõõtmistulemused blanketile.

1.4.2. **Mudelpuud** märgitakse kahe kõrvutioleva värvitäpiga. Mudelpuudeks reeglina on võetud iga 5. puu (järjekorranumbri viimase numbriga 0 või 5), ülevalitsevad ja valitsevad puud ning proovitükil harvaesinevate puuliikide esindajad. Kameraaltööde käigus võib olla tehtud korraldus kordusmõõtmisel täiendavate mudelpuude mõõtmiseks.

Kõrgus – puu kõrguse mõõtmine on problemaatiline viltuste puude puhul. Sel juhul mõõdetakse puud suunast, mis on puu kaldega risti ja märkuste lahtrisse lisatakse mõõtmis-suund (näiteks "h mõõdetud OW suunast").

Võra alguse kõrgus – selle all mõistetakse elusa võra algus. Üksikuid elusoksi, mille vahel on surnud okstekodarikud, ei loeta elusvõra koosseisu.

Kuiva oksaraja alguse kõrgus – seda mõõdetakse juhul, kui puu tüvel täheldatakse vähemalt 2 cm jämedusi ja 10 cm pikkusi oksatüükaid (eelkõige okaspuudel).

1.4.3. Kui kõrguse juurdekasv (võrreldes 5 aasta taguse mõõtmisega) osutub negatiivseks, tuleb (okaspuudel) üritada lugeda puu tipust mõõtmiste vahelise perioodi jagu oksakodarikke

tagasi ja mõõta *Vertexiga* puu kõrgus eelmise mõõtmise ajal. Eelmise mõõtmise kõrgust tuleb korrigeerida ka siis, kui kõrguse juurdekasv on ebanormaalselt suur (näiteks üle 3 m). Juhul kui eelmise mõõtmise kõrgust korrigeeritakse või oleme kindlad, et see on vale, tuleb märkuste lahtrisse lisada "**H viga**". Sellisel juhul andmestikus tagantjärele eelmise mõõtmise kõrgus korrigeeritakse või kustutatakse (kui vale mõõtmine).

1.4.4. Kui eelmise mõõtmise võra alguse kõrgus või kuiva oksaraja kõrgus on ilmselgelt vigane, tuleb märkuste lahtrisse lisada "**HV viga**" või "**HKO viga**".

1.4.5. Ka mudelpuude mõõtmiseks kulunud aeg fikseeritakse proovitüki blanketil. Kõige raskem on mõõta puude kõrgusi mitmerindelises metsas kõrgetes ja tihedates lehtpuugruppides. Eelmise kõrguse mõõtmisi võib tunnistada vigaseks, kui oleme selles kindlalt veendunud (näiteks kaldus puud võidi mõõta teisest suunast). Ka kõrguste mõõtmise puhul on äärmiselt tähtis "*Vertexi*" kalibreerimine.

1.5. PROOVITÜKIL TEHTAVAD ÜLDTÖÖD

1.5.1. Proovitükkidel avastatud häiringud, inimtegevused (eriti raied) ja muud tähelepanekud kirjutatakse proovitüki esimesele blanketile, kus proovitüki number, maakond, metskond, kvartal, eraldus ja metsakorralduse aasta peaksid olema juba eelnevalt trükitud.

1.5.2. Lahtris **Reljeef** kirjeldatakse pinnavormi, kuhu proovitükk sattus. Kui proovitükk sattus mäe nõlvale, mõõdetakse nõlva tõusunurk. Parandada, kui ei ole täidetud.

1.5.3. Lahtris **Mikroreljeef** kirjeldatakse proovitüki pinda ("tasane", "mätlik", "künklik", "veesilmadega" jne). Parandada, kui ei ole täidetud.

1.5.4. Igast ilmakaarest proovitüki tsestrist 25-30 m kaugusel puuritakse vanusepuuriga 1,3 m kõrguselt üks valitsev puu. Puursüdamikult loetakse **aastarõngaste arv**, samuti mõõdetakse selle puu diameeter ja kõrgus. Puursüdamiku võtmise koht tähistada värviristiga. Kui eelmisel mõõtmisel ei ole tehtud, siis teha kordusmõõtmisel.

1.5.5. Kõigi proovitükil leiduvate metsaelementide (puuliik, rinne) jaoks hinnatakse selle **vanus** ja **tekkeviis** (kultuur, looduslik seemnetekkeline, võrsetekkeline). Esimesel mõõtmisel on tihti peale mõne metselemendi vanus määramata. See tuleb teha kordusmõõtmisel.

1.5.6. Proovitüki tsestrist igas ilmakaares 5, 10 ja 15 m kaugusel mõõdetakse mulla **kõduhorisoni** түsedus cm. Kõduhorisoni түseduse hulka ei loeta eluskatet sh. samblaid ja samblikke. Kõduhorisoni maksimaalseks түseduseks võetakse 50 cm. Kui eelmisel mõõtmisel on tegemata, siis teha kordusmõõtmisel.

- 1.5.7. Lahtrisse **KKT** kirjutatakse kasvukohatüüp E. Lõhmuse tüpologia järgi.
- 1.5.8. Lahtrisse **Raadius** kirjutatakse proovitüki raadius ja erinevatele rinnetele vastavad proovitüki raadiused. Kui teatud rinde raadius on null, siis see tähendab, et proovitükil vastava rinde takseertunnuseid ei arvutata (ehkki võib olla mõõdetud selle rinde üksikuid puid). Kontrollida, kas eelmise mõõtmise rinnete raadiused on õiged.
- 1.5.9. Lahtrisse **Mõõtjad** kirjutatakse proovitüki mõõtjate nimed (esimesena "kirjutaja", teisena "mõõtja")
- 1.5.10. Blanketi osale **Märkused** kirjutatakse infot proovitükil täheldatud inimtegevuste (hooldusraied), iseärasuste, tormimurd, häil, kokkuveoteed jms kohta. Selleks, et majanduslikud tööd lisada hiljem üldandmete faili välja "Raieliik", tuleks raie iseloomustamiseks valida üks alljärgnevatest koodidest: HR – harvendusraie, SR – sanitarraie, KR – koridoride raiumine, KV - kokkuveotee, HL – häilraie, VR – valikraie, MR – arusaamatu raieliik.
- 1.5.11. Kontrollitakse, kas proovitüki **skits**, kus proovitüki tsepter on seotud lähedal asuvate selgelt leitavate loodusobjektidega, on piisavalt arusaadav või vajab täpsustamist.
- 1.5.12. Proovitüki kergemaks leidmiseks järgmisel kordusmõõtmisel värskendatakse proovitüki tseptri läheduses paar puud **värviringiga**. See info lisatakse ka proovitüki blanketile vastavate puude märkuste lahtrisse.
- 1.5.13. Proovitüki tseptrisse kaevatakse **plastmasstoru**, mis jääb 5-10 cm ulatuses mullast välja. Metsaseire vaatluspunktides on proovitüki tseptripost eelnevalt olemas. Selle asendit ei muudeta, samuti ei lisata metsaseire vaatluspunktides puudele värviringe, sest osa mõõdetavatest puudest on juba eelnevalt tähistatud.
- 1.5.14. Proovitüki tseptris fikseeritakse seadmega Magellan GPS ProMark X proovitüki geograafilised **koordinaadid**. Kohapeal saadud tulemus kirjutatakse proovitüki blanketile ja seadmesse salvestatakse ka mõõtmistulemused (vähemalt 150 satelliidilugemist igalt proovitükilt) koordinaatide järeltöötamiseks hiljem baasjaama diferentsiaalparandeid kasutades. Kui puude võrade all on satelliidisignaale nõrgad, võib vajaduse korral kasutada lisaantenni, mis õngeridvast kohandatud toega upitatakse 6 m kõrgusele parema nähtavuse piirkonda.
- 1.5.15. Mõnedel proovitükkidel on tehtud harvendusraiet. Nendel proovitükkidel mõõdetakse allesjäänud puud ja seejärel **laiendatakse proovitükki 20, 25 või 30 m raadiuseni** nii, et proovitükile jääks vähemalt 100 esimese rinde puud. Uute puude numeratsioon jätkub eelmise mõõtmise puude arvust edasi ja mõõtmistulemused kirjutatakse uuele blanketile.

1.5.16. Proovitükist tuleb teha 5 fotot: proovitüki tsentrist põhja, ida, lõuna ja lääne suunas ja veel lõuna suunast proovitüki tsentrit.

1.5.17. Üldtööde tegemiseks kulunud aeg dokumenteeritakse eraldi lisaks kluppimiseks ja mudelpuude mõõtmiseks kulunud ajaga tabelis **Ajakulu**.

Iga mõõdistatud proovitüki kohta on prinditud lehekülg (Lisa 1), millel on esitatud proovitüki takseerkirjeldus mõõtmisandmete põhjal ja puude asendiskeem. Lehel on kasutatud järgmisi tähiseid ja lühendeid.

Metskonna nimi ning kvartali ja Metskonna nimi ning kvartali ja eralduse number (Kv-Er) on võetud viimase metsakorralduse aasta (MK aasta) järgi.

Kasvukohatüübi (KKT) lahtris kasutatakse Metsa korralduse juhendiga (RTL, 21.12.2006, 91, 1684) määratud lühendeid.

A1 - esimese rinde vanus, aasta.

H1 - esimese rinde keskmine kõrgus, m.

D1 - esimese rinde takseerkeskmine diameeter, cm.

G1 - esimese rinde rinnaspindala, m²/ha.

N1 - esimese rinde puude arv hektaril.

M1 - esimese rinde hektaritagavara, m³/ha.

N2 - teise rinde puude arv hektaril.

M2 - teise rinde hektaritagavara, m³/ha.

NSurn - surnud puude arv hektaril.

MSurn - surnud puude hektaritagavara, m³/ha.

NRaie - hiljuti raiutud puude arv hektaril.

MRaie - hiljuti raiutud puude hektaritagavara, m³/ha

Pindala - proovitüki pindala, ha.

Puude asendiskeemil on erinevat värvi markeritega tähistatud erinevate rinnete ja puuliikide puid, tüükaid, surnud puid ja kände. Mudelpuud on tähistatud markeritega, mis on paksus kirjas. Markerite suurus on lineaarse seoses puu diameetriga. Skeemil on esitatud proovitüki piirringjoon, sisemise proovitüki ringjoon (võib langeda kokku piirringjoonega) ja proovitüki keskpunkt (tsenter).

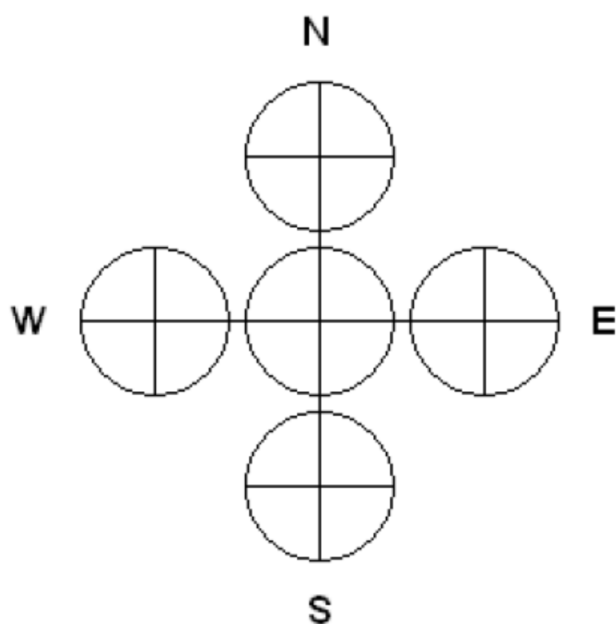
LAMAPUIDU SEIRE

Proovialadel mõõdeti ära kõik lamapuud, mille kännu poolse otsa diameeter oli vähemalt 10 cm. Lamapuu mõlemast otsast määrati asimuut, mõõdeti kaugus tsentrist ja puu diameetrid. 1,3 m kauguselt kännu poolsest otsast hinnati kõvadusaste, võimalusel määrati ka puuliik. Lamapuidu kõvadust hinnati vastavalt lagunemise astmele:

- I Kõva. Puit on kõva, värske või peaaegu värske lamapuu, koor on terve.
- II Pisut pehkinud. Puit on suhteliselt kõva, koor on hakanud lagunema.
- III Poolpehkinud. Puit laguneb löögi tulemusel. Tavaliselt koor puudub või on lagunenu.
- IV Pehkinud. Puit on põhilises osas lagunenu, tükid kergesti eemaldatavad. Epifüüdid katavad välispinda.
- V Puit on lagunenu. Tekstuur on pulbrine ja mullataoline.

LOODUSLIKU UUENDUSE SEIRE

Loodusliku uuenduse hindamiseks rajati proovialadele viis satelliitproovitükki suurusega 25 m². Ühe satelliitproovitüki tsenter paigutati püsiproovitüki tsentrisse. Ülejäänud neli satelliitproovitüki paigutati 10 m kaugusele põhja, lõuna, ida ja lääne suunda. Satelliitproovitükkide asetsemine on esitatud joonisel 3. Igal satelliitproovitükil loendati liigiti loodusliku uuenduse arv ja mõõdeti iga liigi kahe kõrgeima puu kõrgus. Proovialadel inventeeriti hariliku männi, hariliku kuuse, kase perekonna, ning teiste puuliikide- hariliku tamme, hariliku haava, hariliku vahtra ja hariliku pärna looduslik uuendus.



Joonis 3. Satelliitproovitükkide paiknemise asendiskeem puistu püsiproovitükil

ALUSTAIMESTIKU INVENTUUR

Soon- ja sammaltaimede seiramiseks rajati igale proovitükile 5 põhja-lõuna suunalist taimestiku püsiprooviruutu. Iga ruudu pindala on 1 m². Taimestikuruudu nurgad märgistati puidust tokkidega. Igas taimestiku püsiprooviruudus hinnati eraldi soontaimede ja sammaltaimede liigid ning nende üldkatvus protsentides.

SAMBLIKE SEIRE

Samblike seire käigus hinnati nende ohtrust valitud kasvupindadel. Vaatluseks valiti I rinde põhipuuliigist kuni viis puud ning ülejäänud alal esineva puuliigi kohta kuni kaks puud. Tüügaspuudest seirati 3-5 tüve kõrgusega vähemalt 1,5 m ja rinnasümberrõõduga vähemalt 10 cm. Lamapuudest valiti 3-5 vähemalt 1,5 m pikkust tüve. Juurestikest seirati kuni kolm vähemalt 0,5 m kõrgust vertikaalse asetusega juurepaljandit. Proovialale tekitatud kändudest seirati kuni kolme kändu. Igal seirepuul kasutati samblike ohtruse määramiseks 0-1,8 m ulatuses subjektiivset hinnangut skaalaga: 1 – väga vähe, 1-2 eksemplari, esineb <5% tüveosal; 2 – vähe, kuni 10 eksemplari, esineb 5-20% tüveosal; 3 – kesmiselt, esineb 20-50% tüveosal; 4 – palju, esineb >50% tüveosal. Lamapuude, juurestike ja kändude samblikuliikide ohtrusi

registreeriti sarnase skaala alusel. Igal alal registreeriti ka seiratavad samblikuliigid keskpunktist kuni 100 m raadiuses.

TORIKULISTE SEIRE

Torikuliste seire puhul kaardistati ära üle 15 cm läbimõõduga elusad ja surnud puud ja lamapuud, mis olid vähemalt 10 cm suuruse diameetriga. Märkides ära puuliigi ja lamapuude laguastme viie astme skaalal. Torikulised määrati ära kogu proovitüki ulatuses. Analüüsil hinnati puumädanikke tekitavate liikide ohtrust ja indikaatorliike, lisaks Eesti punase raamatu liikide olemasolu. Analüüsivormi märgiti, mis substraadil eksemplar leiti 1 – eluspuu, 2 – tüügas, 3 – lamapuu, 4 – lamaval oksal, 5 – lamapuu tüve juurel, 6 – känd ja 7 – maapind. Eriliikide täheldamisel hinnati liikide esinemist igal erineval substraadil: 1 – üksik viljakeha, 2 – kaks kuni kolm eksemplari, 3 – vähearvukas ja 4 – arvukas. Analüüsivormi märgiti ka see, kui viljakehad proovialal puudusid.

ANDMEANALÜÜS

Seiretulemuste analüüsimisel kasutati antud töö puhul kahefaktorilist dispersioonanalüüsi. programmides PC-ORD ja Microsoft Excel. Dispersioonanalüüsi korral on tegemist mudelitega, kus funktsioontunnuseks on pidev tunnus, kuid argumenttunnused on diskreetsed (võivad olla nii arvulised kui ka mittearvulised). Dispersioonanalüüsi argumenttunnuseid nimetatakse faktoriteks. Kahefaktorilise dispersioonanalüüsi korral analüüsitakse kahe faktori keskväärtuste mõju korruga.

Käesoleva töö puhul sooviti teada saada, kas puistu, alustaimestu ja torikuliste liigiline muutus oli tingitud taastamisvõttest.

Dispersioonanalüüsi puhul peavad olema täidetud järgnevad eeldused:

1. funktsioontunnus Y on kõigis rühmades normaaljaotusega;
2. funktsioontunne Y dispersioon on kõigis rühmades ühesugune.

Tulemused saavad tõestatuks F -jaotuse α -täiendkvantiili alusel. Metsanduses võetakse olulisuse nivooks tavaliselt $\alpha = 0.05$. Olulisuse nivoo alusel saame vastu võtta kaks hüpoteesi: H_0 - nullhüpotees või H_1 - sisukas ehk alternatiivne hüpotees. H_0 - nullhüpotees väljendab tavaliselt uurijat mittehuvitavat juhtu (üldkogumi vastamine teatud standardile, kus puuduvad erinevused, mõjud ja seosed). Nullhüpoteesi ei ole võimalik tõestada. H_1 - sisukas ehk alternatiivne hüpotees on see, mida uurija soovib tõestada (tavaliselt väljendub see mingi erinevuse, mõju või seose olemasolus). Sisukas hüpotees loetakse tõestatuks olulisuse nivoo α , kui F -statistiku väärtus on suurem kui 0.05. Sellest tulenevalt on rühmade keskväärtused erinevad. Juhul kui F -statistiku

väärtus on väiksem või võrdne kui 0,05, siis ei ole võimalik sisukat hüpoteesi tõestada ja tuleb vastu võtta nullhüpotees. Sellisel juhul on rühmade keskväärtused võrdsed.

Bioloogilist mitmekesisust konkreetses piirkonna hinnatakse liigirikkuse ja mitmekesisuse uuringutega erinevates taksonoomilistes rühmades. Indeks on arvutatud puude, rohttaimede, puhmaste, sammalde ja samblike kohta. Shannoni mitmekesisuse indeks sõltub nii liikide arvust kui ka rohkusest:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln p_i \quad , \quad (1)$$

kus

S = liikide arv

i = isendite arv i-ndas liigis

p_i = liigi (suhteline) ohtrus (võrrelduna teiste liikidega)

Shannoni mitmekesisuse indeks näitab nii liikide rikkust kui ka ohtrust uuritavatel aladel. Mida rohkem on uuritavatel aladel liike ja mida suurem on nende arvukus, seda suurem on indeksi väärtus.

Hindamaks taastamisvõtete efektiivsust ning võtet vahelist erinevust kasutati tarkvara PC-ORD analüüsipakette MRPP (Multiple Response Permutation Procedure-mitme parameetriline protseduur) ja ISA (Indicator Species Analysis - indikaatorliikide analüüs) MRPP (Multiple Response Permutation Procedure) on mitmeparameetriline analüüs, millega saab kontrollida liigikoosseisu ning mitmekesisuse erinevusi taastamisvõtete vahel. Liigilise koosseisu erinevust taastamisvõtete /majandusvõtete lõikes hinnati 2019. aasta kohta. Indikaatorliikide analüüsi (ICA- Indicator Species Analysis) kasutati 2019. aasta andmete põhjal. See meetod on kohaldatud ainult liikidele, sest see põhineb ainult sellistel andmetel nagu ohtrus ja sagedus. Analüüs leiab igale liigile suhtelise ohtruse ja sageduse (%) ning indikaatorväärtused (%) vastavalt taastamisvõttele. Indikaatorväärtuste statistilist olulisust testiti Monte Carlo simulatsiooni testiga, mis baseerub 1000-l grupeerimisel.

TULEMUSED

PUISTUSEIRE

Puistu takseernäitajad koos proovitükil asuvate puude skeemidega on toodud Lisas 1. Käesoleva lepingu raames mõõdetud proovitükkide nimekiri on esitatud tabelis 4. Taastamisvõttena on ära toodud katseala rajamisel 2000.a. tehtud võte. Kuna proovitükkidel 1400-1411 (kuulusid kõik pohla kasvukohatüüpi) viidi läbi harvendusraie, siis läbiviidud lamapuidu jätmise katse (HL) eelpoolnimetatud proovitükkidel on lõppenud ehk lamapuit on osaliselt puistust välja viidud, samuti inventuuri käigus ei tuvastatud põletamise jälgi väikestes häiludes (HPv). Seega, edasises analüüsis liideti kokku katsed ühise nimetaja, häilraie (H) alla.

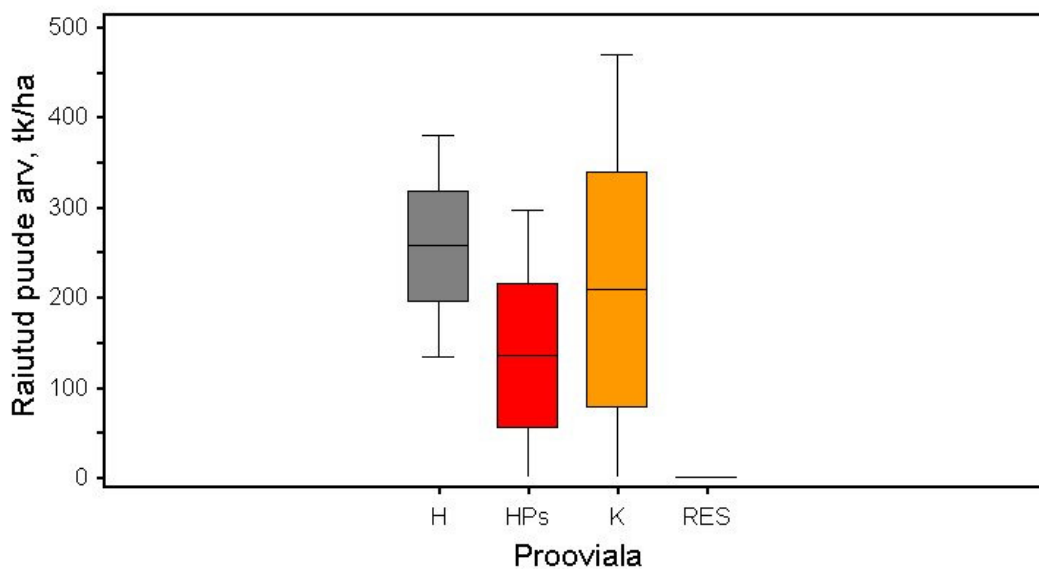
Edaspidi on kõikide karpdiagrammide jooniste allkirjade selgitused järgnevad: Karpdiagrammi keskmine joon näitab keskmist väärtust, ääred ühte standardviga ja vuntsid kahte standardviga. Taastamisvõtted: H- häil, HPs- ülepõletatud häil, K- kontrollala, RES- reservaat. Seetõttu ei hakka neid joonistel eraldi välja tooma.

Tabel 4. 2019. aastal mõõdetud puistu proovitükid: taastamisvõte VÕTE (K-kontrollala, H-häilu raiumine, HP-häilu raiumine koos okste ülepõletamisega, v-väike häil, s-suur häil, HL- häilu raiumine koos lamapuidu jätmisega), kasvukohatüüp KKT (PH – pohla, JM- jänese kapsa-mustika), harvendusraie RAIE, proovitüki keskmine kõrgus H (m) ja proovitüki keskmine diameeter D (cm).

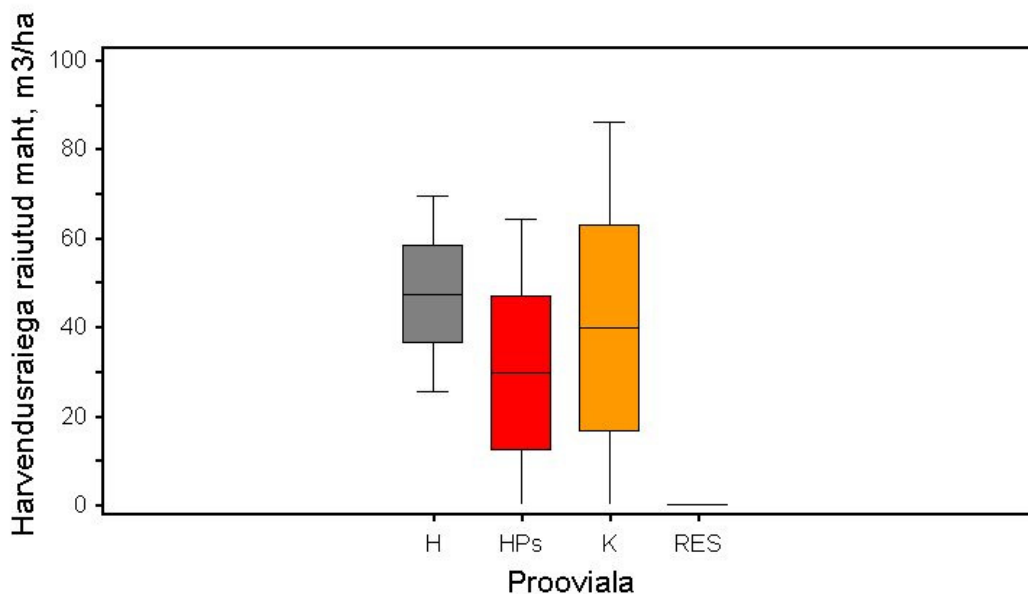
PRT	KKT	VÕTE	TÄPSUSTATUD VÕTE	RAIE	H	D
1400	PH	HL	H	JAH	23,3	19,9
1401	PH	HPs	HPs	JAH	25,3	22,6
1402	PH	K	K	JAH	21,2	21,7
1403	PH	HPv	H	JAH	23,4	19,9
1404	PH	H	H	JAH	24,6	21,2
1405	PH	H	H	JAH	21,3	19,2
1406	PH	HPs	HPs	JAH	23,3	21,4
1407	PH	K	K	JAH	24,2	20,5
1408	PH	H	H	JAH	22,5	19,7
1409	PH	H	H	JAH	23,8	20,8
1410	PH	HL	H	JAH	24,6	23,4
1411	PH	HPv	H	JAH	25,7	22,5
1412	JM	HL	H	EI	25,7	25,3
1413	JM	HPv	H	EI	24,6	23,9
1414	JM	K	K	EI	27,2	23,5

1415	JM	HL	H	EI	25,7	24,1
1416	JM	HPs	HPs	EI	23,9	23,5
1417	JM	HPs	HPs	EI	25,4	24,2
1418	JM	K	K	EI	25,6	21,7
1419	JM	HPv	H	EI	24,7	23,4
1420	JM	RES	RES	EI	34,5	39,6
1421	JM	RES	RES	EI	36,0	41,8
1422	JM	RES	RES	EI	35,2	39,5
1423	JM	RES	RES	EI	32,5	43,0
1424	JM	RES	RES	EI	32,2	39,7
1425	PH	RES	RES	EI	29,3	40,0
1426	PH	RES	RES	EI	28,9	41,3
1427	PH	RES	RES	EI	30,4	42,2
1428	PH	RES	RES	EI	32,3	38,6
1429	PH	RES	RES	EI	33,1	38,4

Harvendusraiega raiuti keskmiselt 371 puud hektari kohta. Kontrollaladel enim ehk 417 tk/ha, häilu proovialal 385 tk/ha ja ülepõletatud häiluga proovialal 271 tk/ha (joonis 4a). Keskmise raiemaht oli 70 m³/ha, kontrollalal 79 m³/ha, häiluga proovialadel 71 m³/ha ja ülepõletatud häiluga alal 60 m³/ha (joonis 4b).

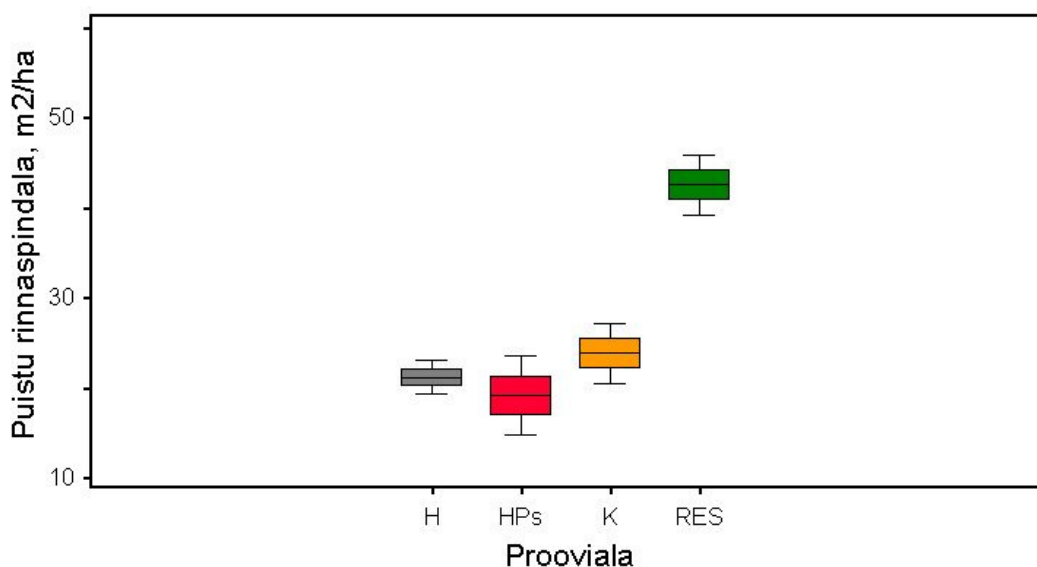


Joonis 4a. Harvendusraiega raiutud puude arv hektari kohta proovialade järgi.



Joonis 4b. Harvendusraiega raiutud puude maht hektari kohta proovialade järgi.

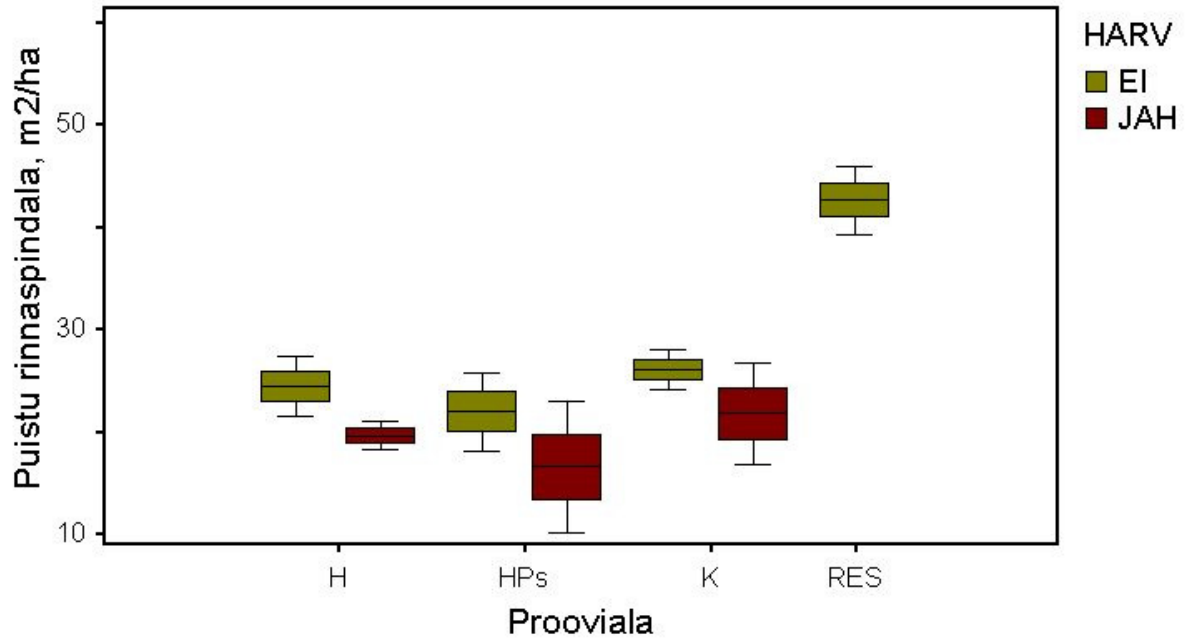
Puistu takseernäitajatest on esitatud ülevaade joonistel 5-16. Puistu keskmine rinnaspindala 2019.a. (joonis 5a) oli 28,3 m²/ha, suurim reservaaadi proovialal ning väikseim ülepõletatud häiluga proovialal, oluliselt eristub teistest välja vaid reservaadiala ($p < 0,001$).



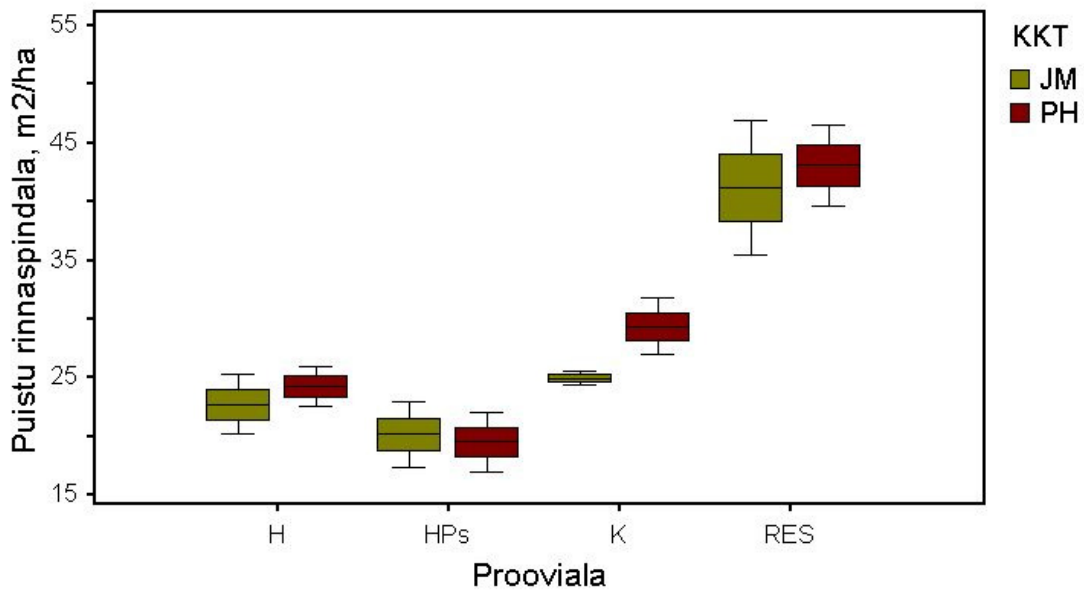
Joonis 5a. Puistu rinnaspindala proovialade järgi.

Harvendatud ja harvendamata proovialadel (joonis 5b) on näha, et harvendusraie on vähendanud puistu rinnaspindalat. Joonisel 5c on võrdluseks toodud 2014.a. inventuuri tulemused, siis ei olnud veel raiet toimunud. Kuna raie toimus kasvukohatüübi põhiselt (harvendusraie oli tehtud

pohla kasvukohatüübi puistus), siis on jooniste b ja c jaotus samade proovitükkide põhjal ning seetõttu ka joonistel esitatud värvid samad.

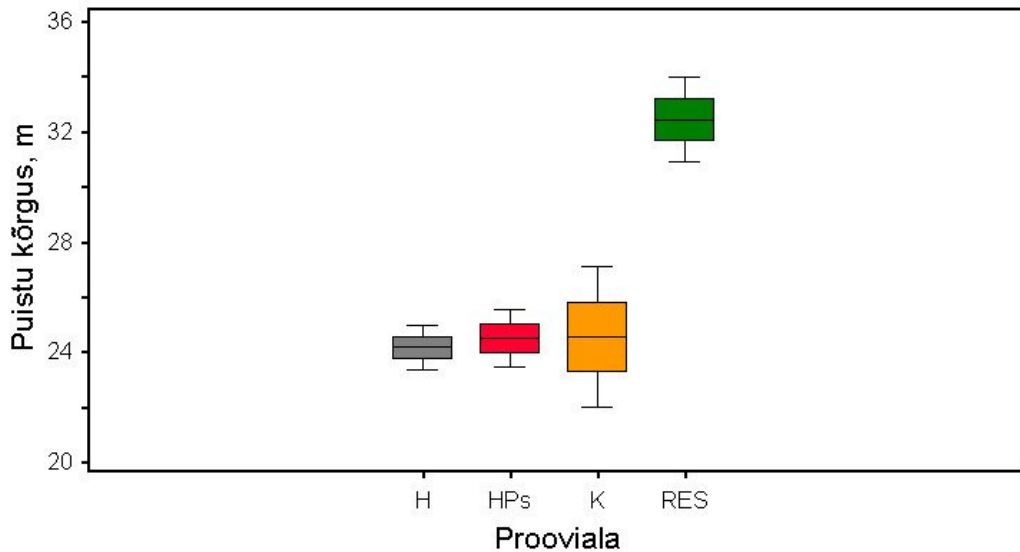


Joonis 5b. Puistu rinnaspindala proovialade ja majandamistegevuse järgi.

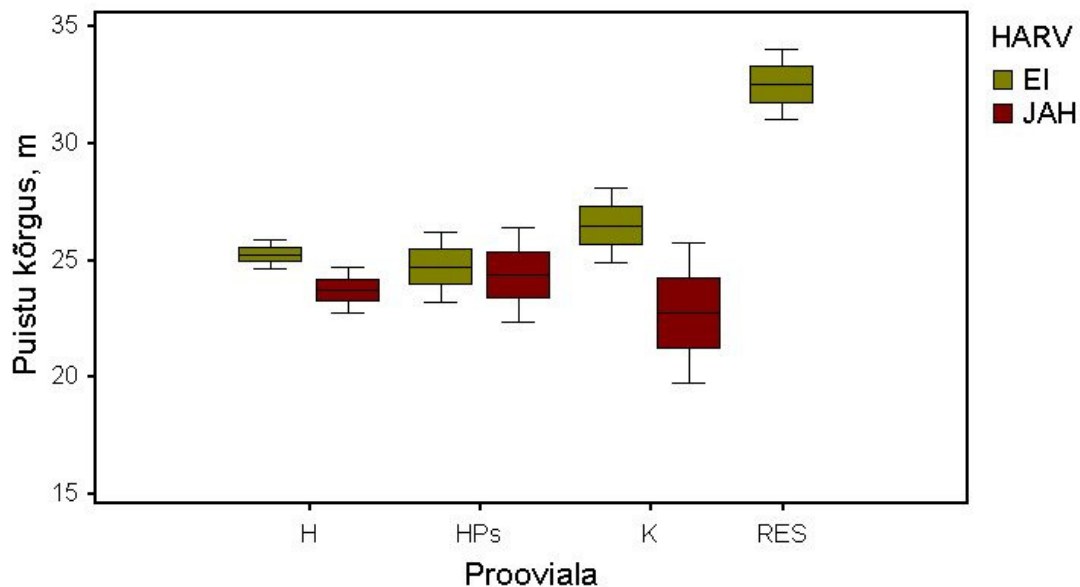


Joonis 5c. Puistu rinnaspindala 2014.a. proovialade ja kasvukohatüüpide järgi.

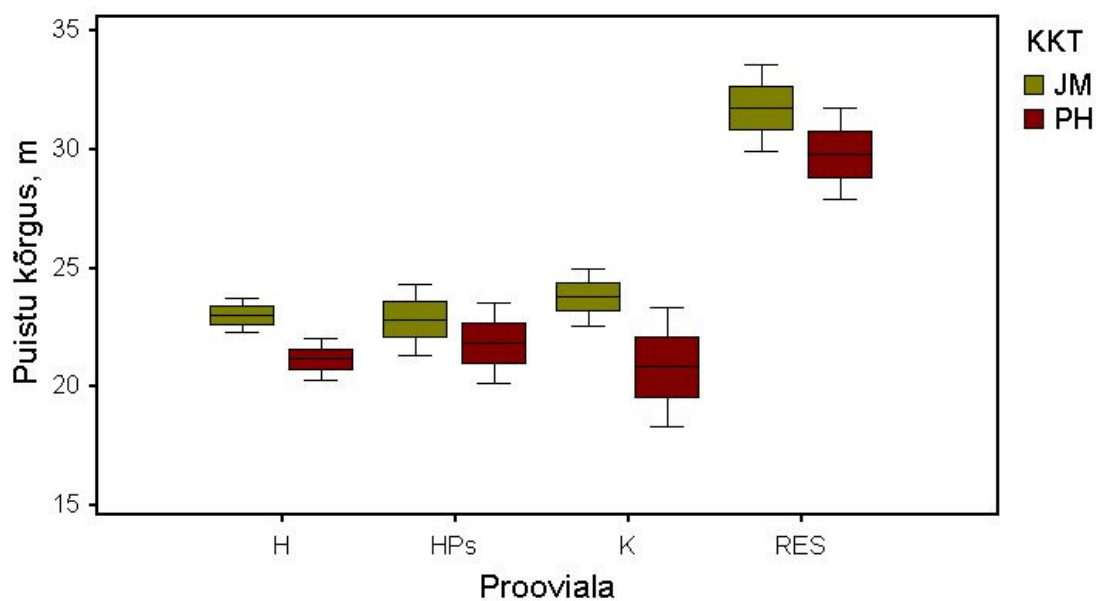
Puistu keskmine kõrgus proovitükkidel taastamisvõtete lõikes on esitatud joonisel 6a. Puistu keskmise kõrguse arvutamisel on võetud arvesse vaid 1. rinde puude kõrgused. Uurimuses kasutatud proovialade keskmine puistu kõrgus on 27 m, kõrgeimad puud kasvavad reservaadi proovialal, teiste proovialade puistute kõrgus üksteisest ei erine ($p>0,05$). Taastamisvõtete tegemine ei mõjuta puistu kõrgust. Sama näitavad ka harvendatud ja harvendamata proovialade joonis 6b ning võrdluseks on ka toodud joonis 6c, kus on esitatud 2014.a. mõõtmisandmed.



Joonis 6a. Puistu kõrgus proovialade järgi.

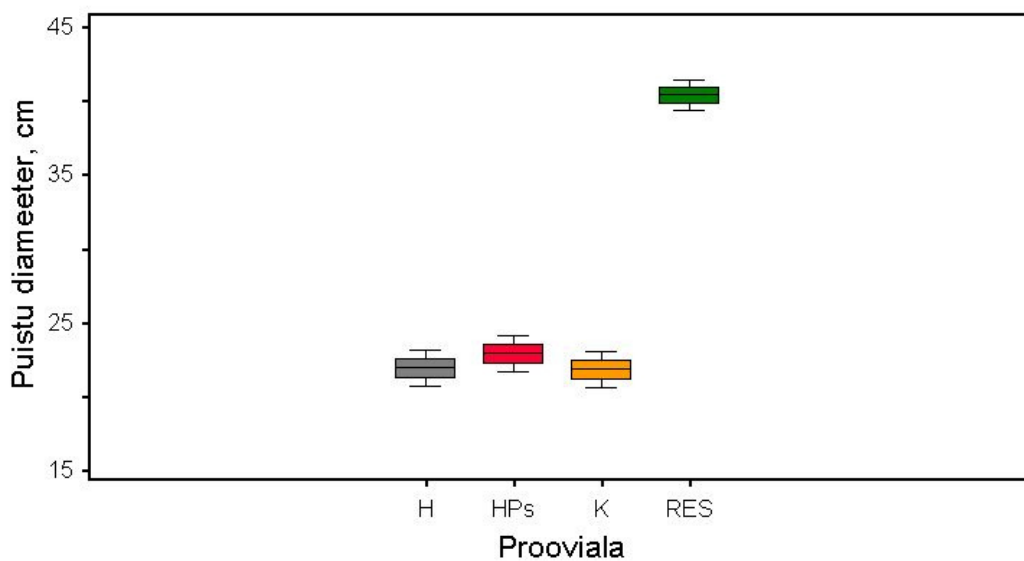


Joonis 6b. Puistu kõrgus proovialade ja majandamistegevuse järgi.

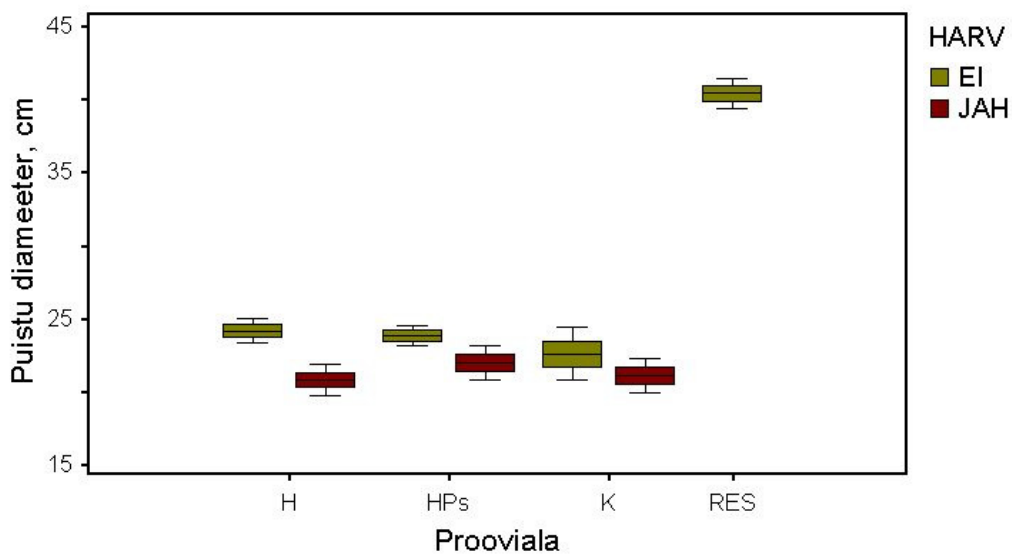


Joonis 6c. Puistu kõrgus 2014.a. proovialade ja kasvukohatüüpide järgi.

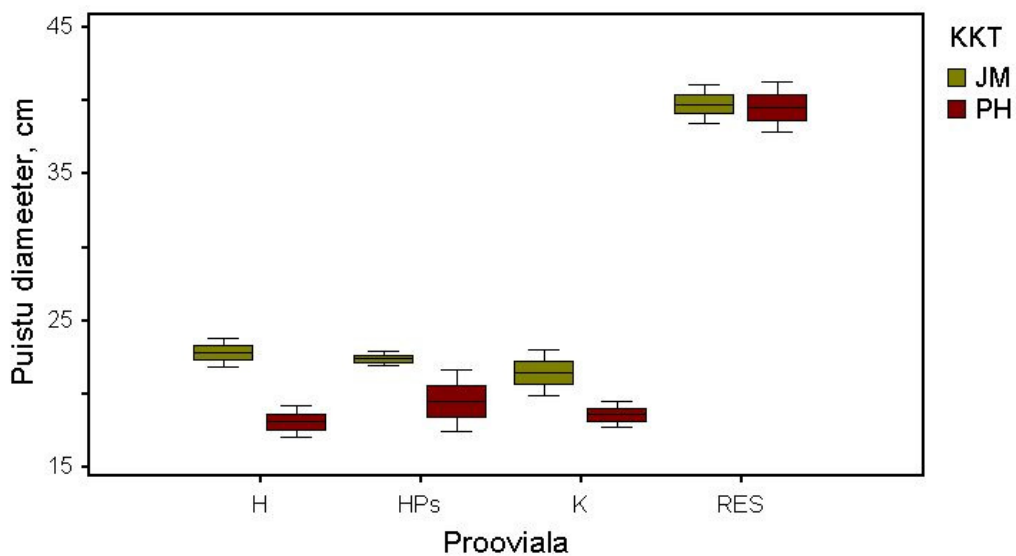
Proovialade puistute keskmine rinnasdiameeter oli 28,2 cm, teistest eristuvad vaid reservaadipuistud (joonis 7a), kus keskmine diameeter on 40,4 cm. Harvendusraie ei ole oluliselt mõjutanud puistu keskmist diameetrit (joonised 7b, 7c).



Joonis 7a. Puistu diameeter proovialade järgi.

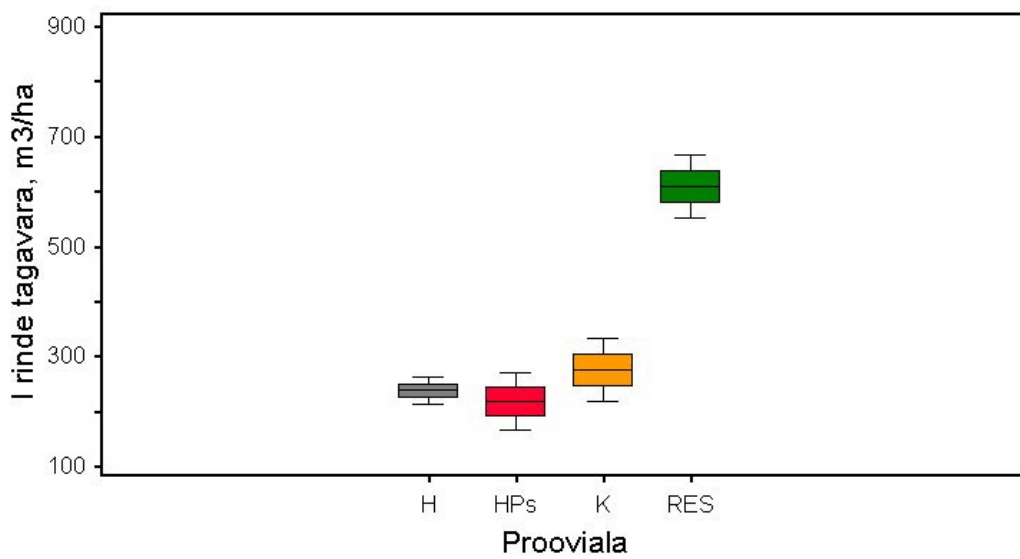


Joonis 7b. Puistu diameeter proovialade ja majandamistegevuse järgi.

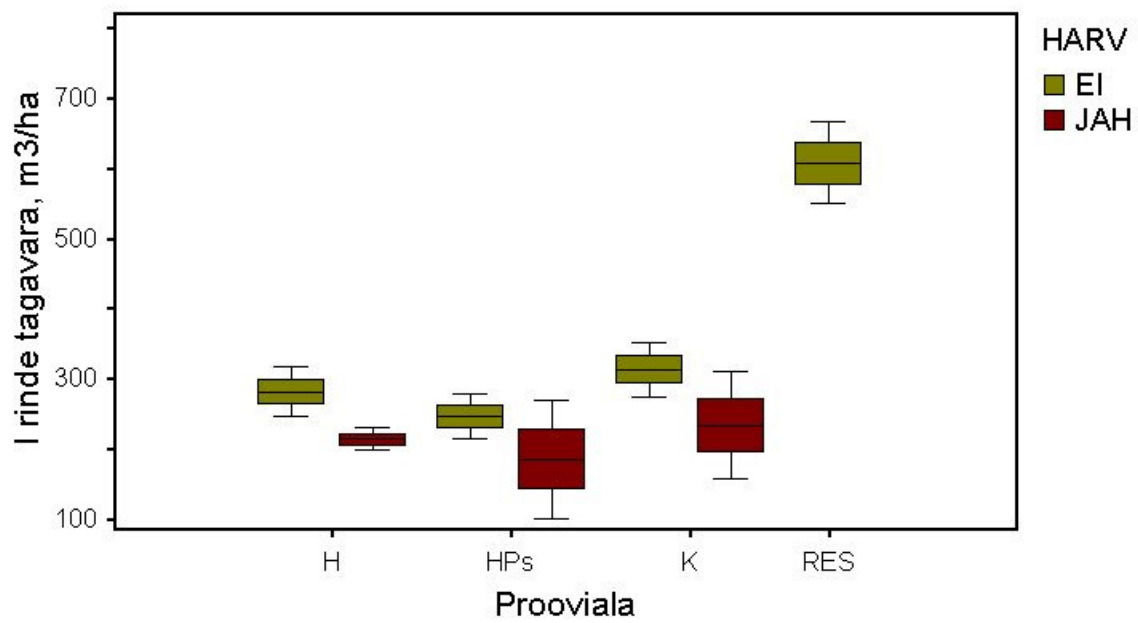


Joonis 7c. Puistu diameeter 2014.a. proovialade ja kasvukohatüüpide järgi.

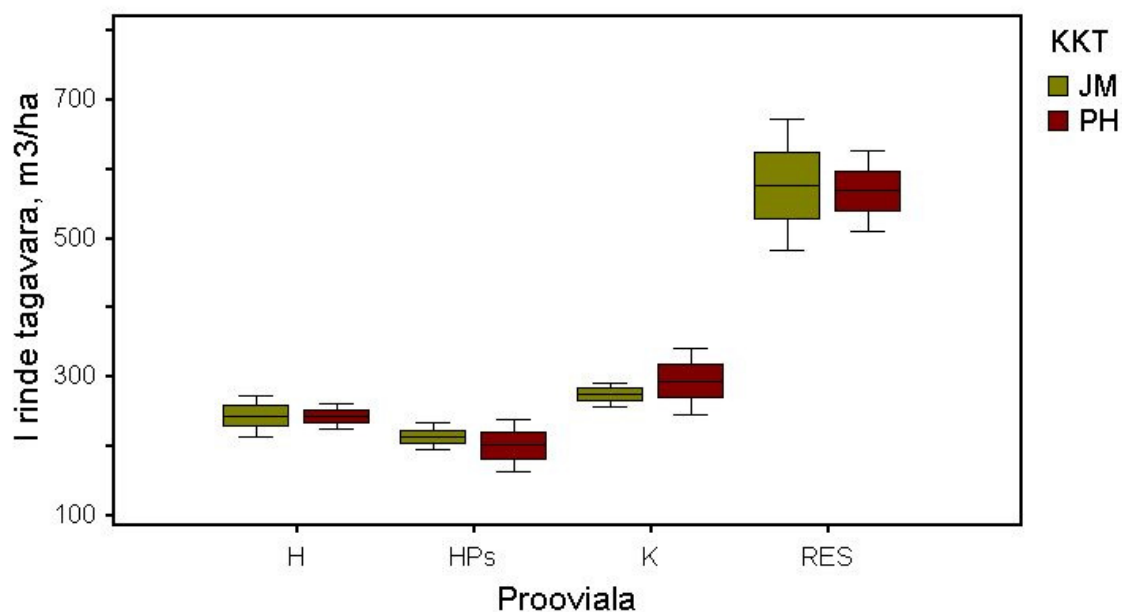
Puistu 1. rinde tagavara on suurim reservaadi proovialadel (joonis 8a), teised proovialad üksteisest ei erine. Puistu tagavara on vähenenud harvendusraie tõttu, statistiliselt oluliselt häilu H korral (joonis 8b). Muutuste võrdlemiseks on toodud joonis 8c, kus on näha, et 2014.a. erinevad kasvukohatüübid omavahel ei erine.



Joonis 8a. Puistu tagavara proovialade järgi.

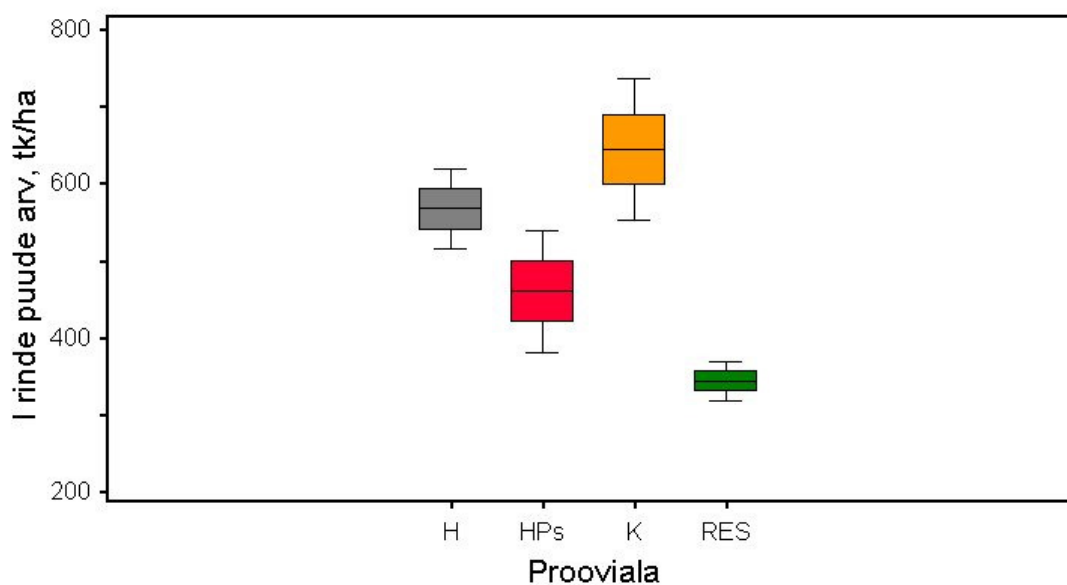


Joonis 8b. Puistu tagavara proovialade ja majandamistegevuse järgi.

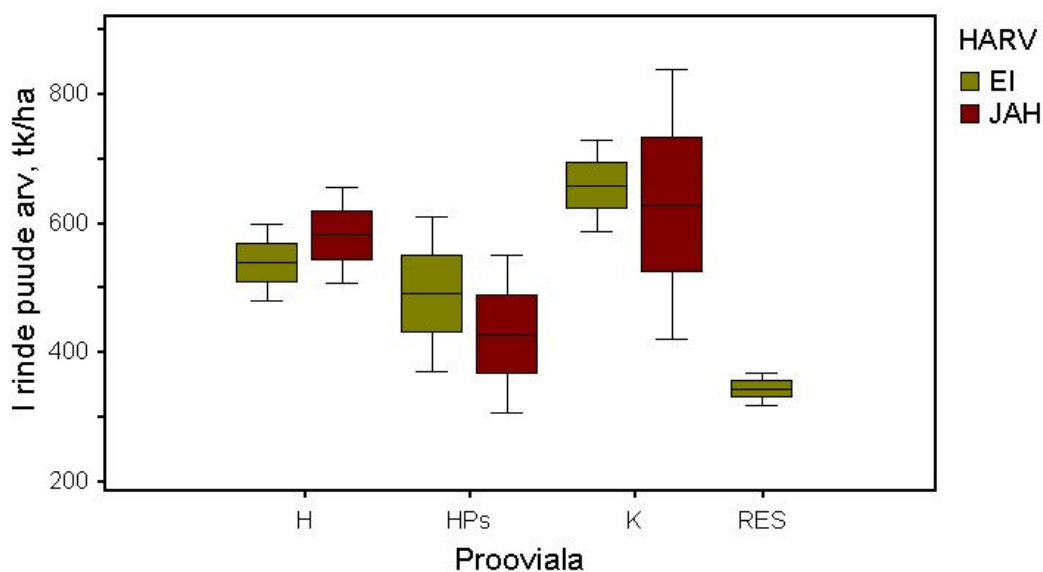


Joonis 8c. Puistu tagavara 2014.a. proovialade ja kasvukohatüüpide järgi.

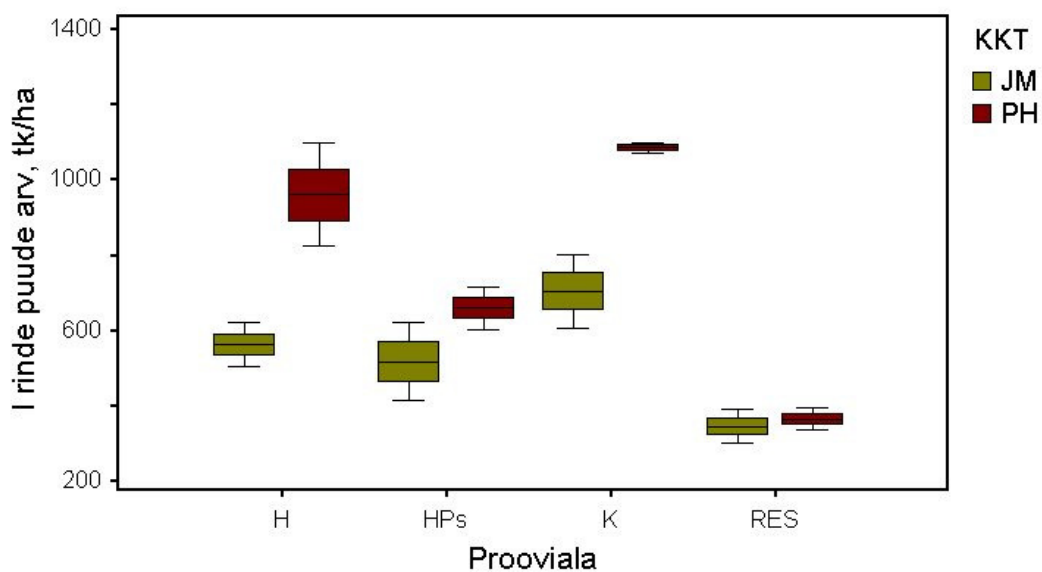
Proovialade keskmine I rinde puude arv on 487 tk/ha, mis on suurim kontrollalal ning väikseim reservaadi proovialal, mis oluliselt kõikidest teistest aladest ka erineb ($p < 0,001$). Samuti eristub ülepoletatud häiluga prooviala, mis oluliselt erineb kontrollalast (puid on vähem) ja reservaadi proovialast (puid on rohkem) (joonis 9a). Harvendusraie tõttu on oluliselt vähenenud puude arv hektari kohta (joonised 9b ja võrdluseks 9c).



Joonis 9a. 1. rinde puude arv proovialade järgi hektari kohta.

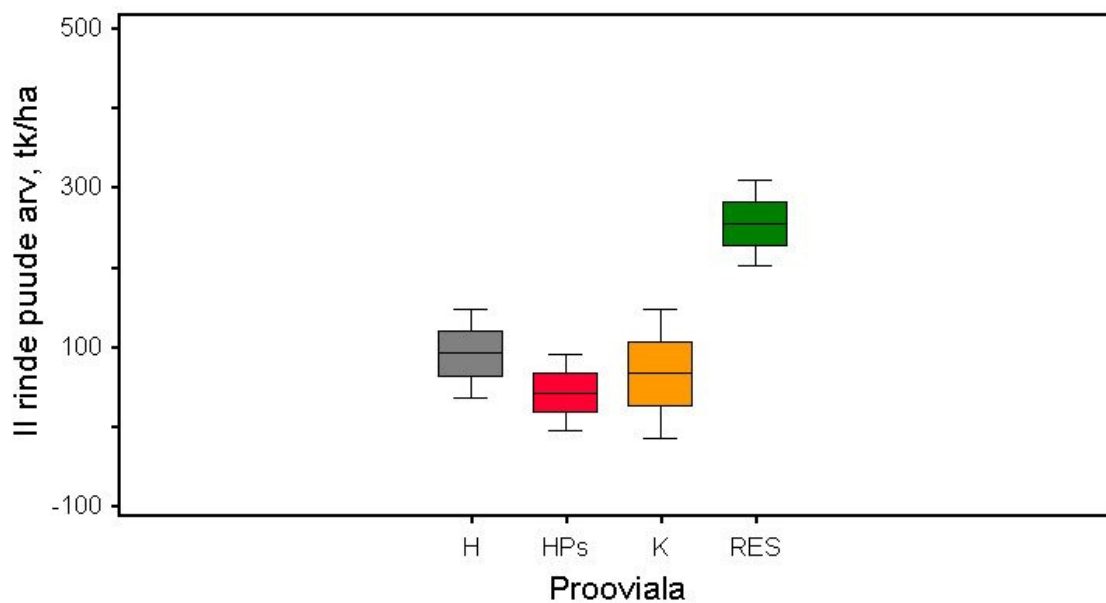


Joonis 9b. 1. rinde puude arv proovialade ja majandamistegevuse järgi.

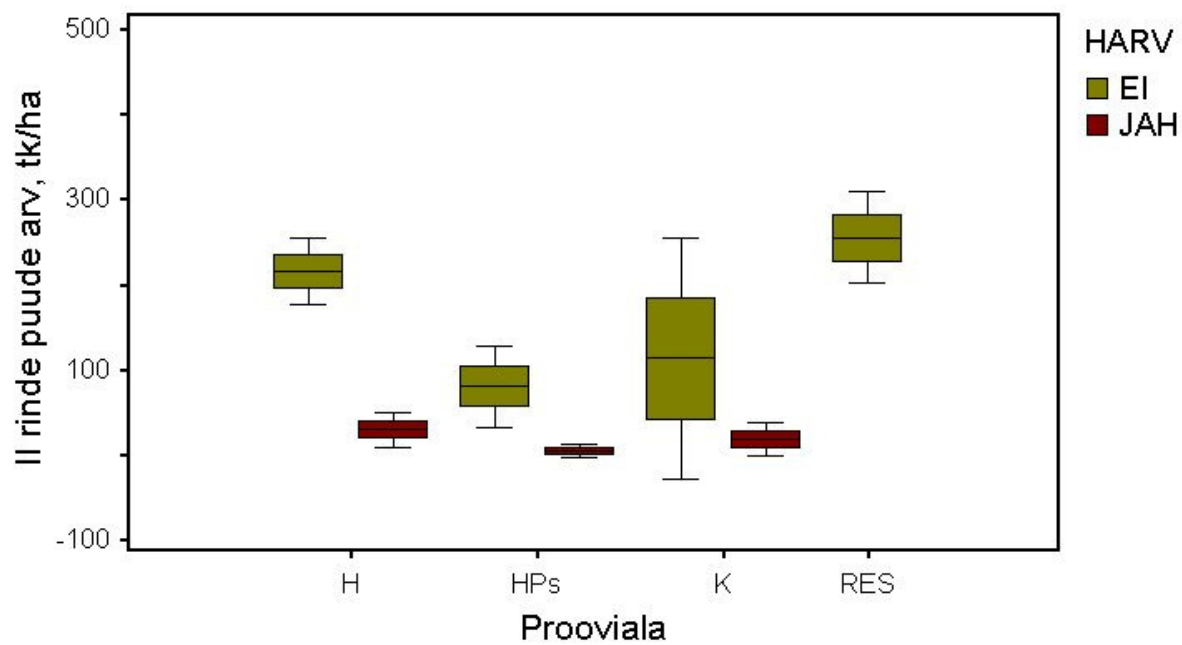


Joonis 9c. 1. rinde puude arv 2014.a. proovialade ja kasvukohatüüpide järgi.

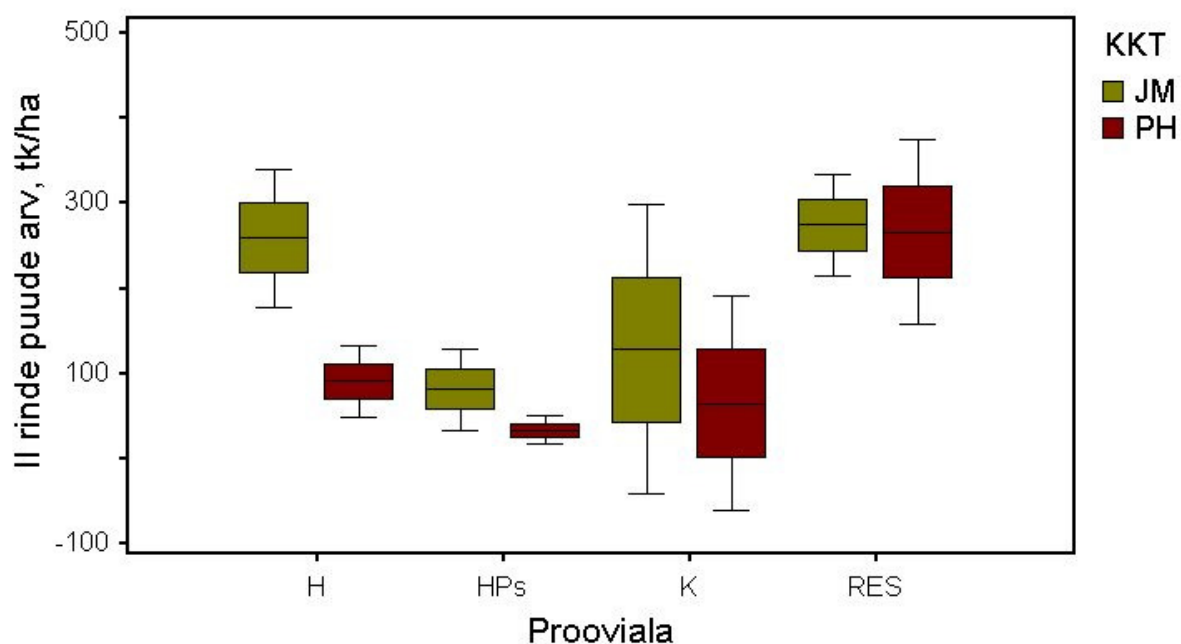
II rinde puude arv on keskmiselt 136 tk/ha, mis on suurim reservaadi proovialal, mis erineb oluliselt ($p < 0,001$) teistest proovialadest, kus II rinde puude arv oli väiksem (joonis 10a). Harvendusraie on vähendanud proovitükkide omavahelist varieeruvust (joonised 10b ja 10c).



Joonis 10a. 2. rinde puude arv proovialade järgi hektari kohta.

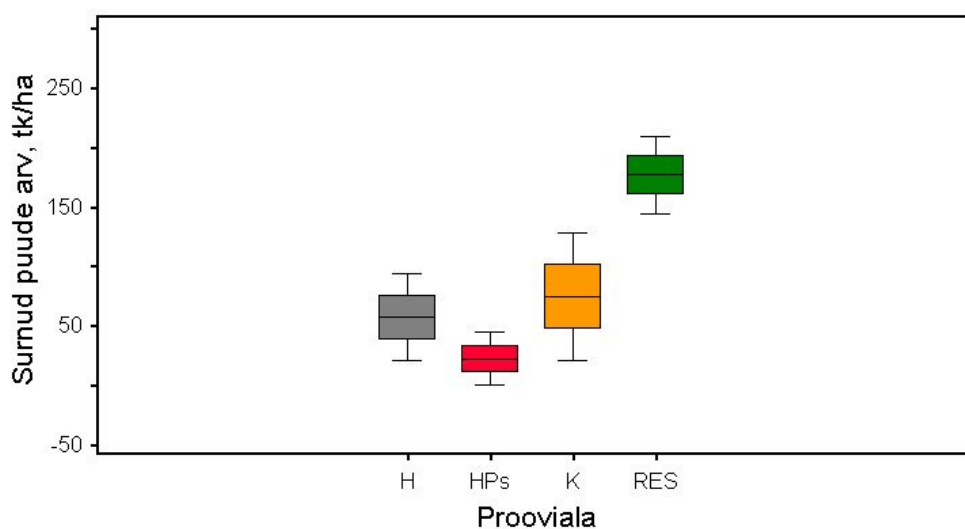


Joonis 10b. 2. rinde puude arv proovialade ja majandamistegevuse järgi.

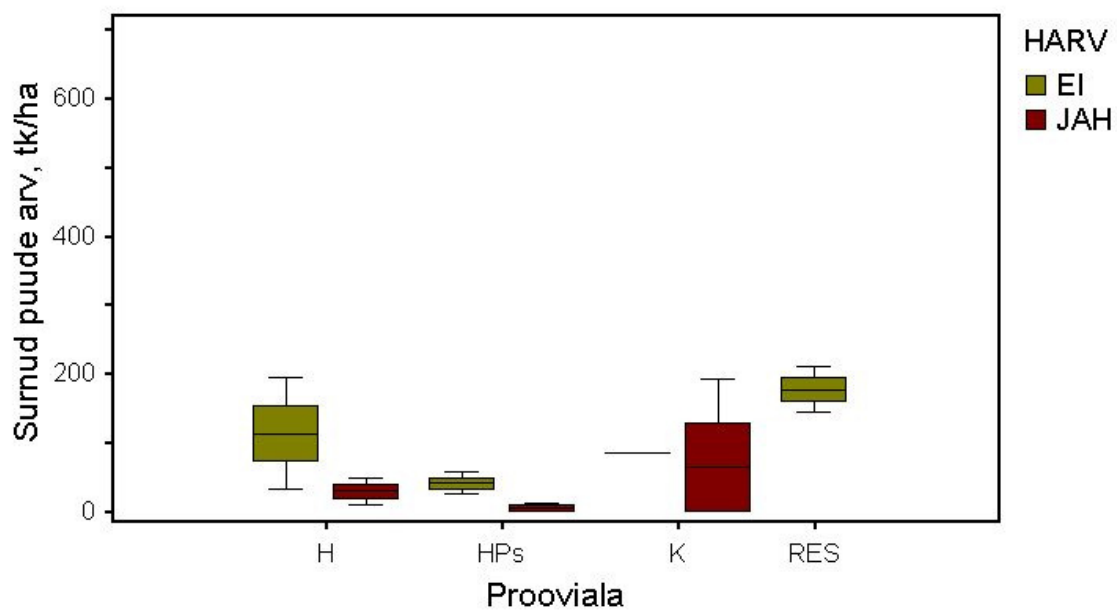


Joonis 10c. 2. rinde puude arv 2014.a. proovialade ja kasvukohatüüpide järgi.

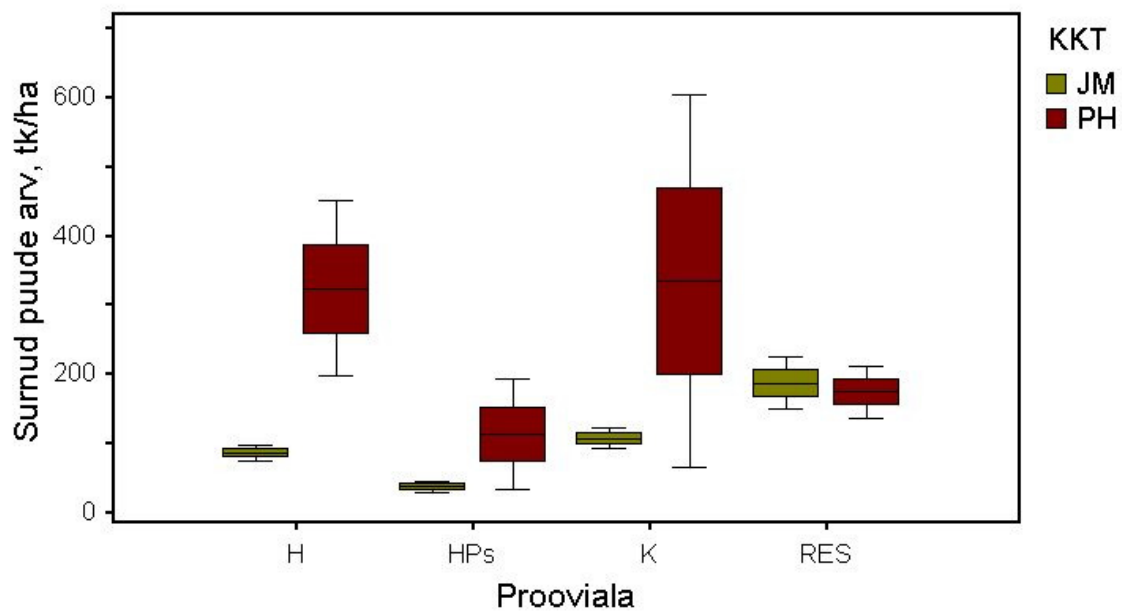
Surnud puid on keskmiselt 94 tk/ha (joonis 11a). Reservaadi prooviala erineb surnud puude arvu (176 tk/ha) poolest teistest proovialadest ($p < 0,01$). Kõige vähem esineb surnud puid ülepõletatud häilul (22 tk/ha), sest häil on teistest häiludest poole suurem (joonis 12). Kontrollala keskmine surnud puude hulk on 74 tk/ha. Surnud puude arv harvendusega proovitükkidel on oluliselt vähenenud (joonis 11b, 11c).



Joonis 11a. Püstiste surnud puude arv proovialade järgi hektari kohta.

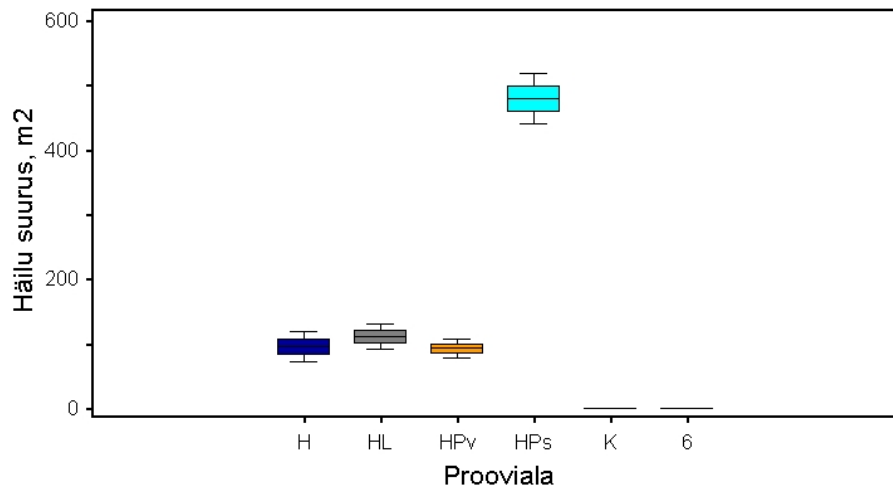


Joonis 11b. Püstiste surnud puude arv proovialade ja majandamistegevuse järgi.



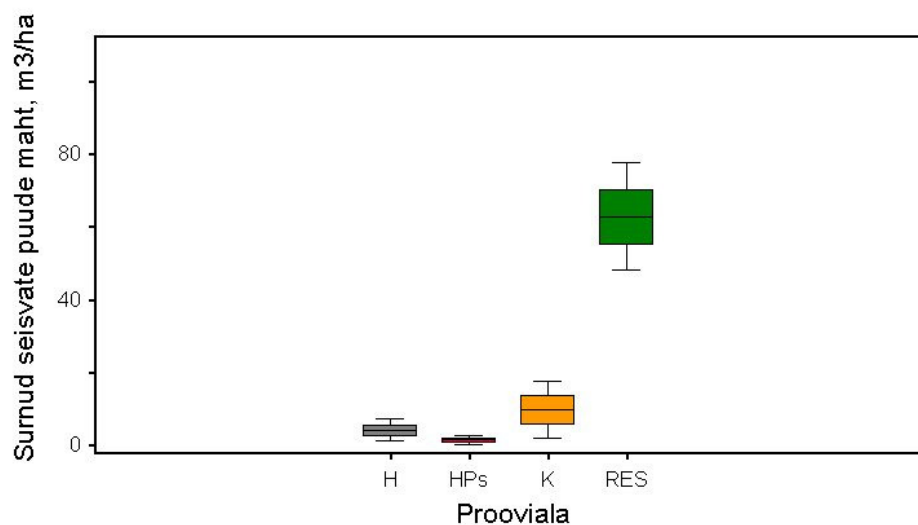
Joonis 11c. Püstiste surnud puude arv 2014.a. proovialade ja kasvukohatüüpide järgi.

Taastamisvõtete käigus raiutud häilude suurust aastal 2014 näitab joonis 12, kus on näha, et kontrollaladel ja reservaardis häilusid ei esine, kõige suuremad häilud on raiutud taastamisvõtte HPs korral. Keskmise häilu suuruse taastamisvõtete H ja HPv korral on vastavalt 96 m² ja 93 m². HL korral 111 m² ja HPs korral 480 m².

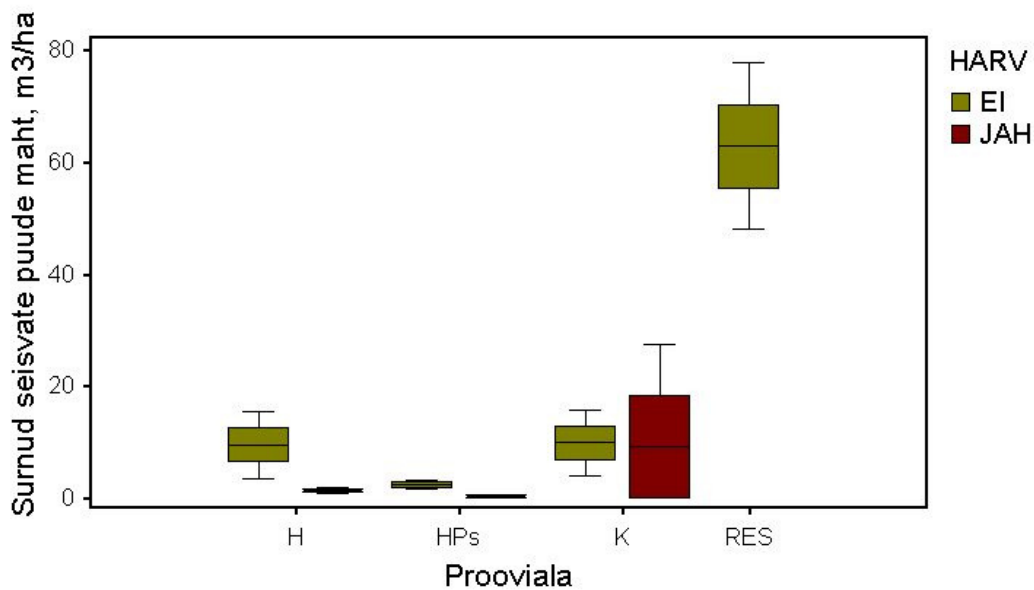


Joonis 12. Taastamisvõtete käigus 2000.a. rajatud häilude suurus 2014. aastal proovialade järgi.

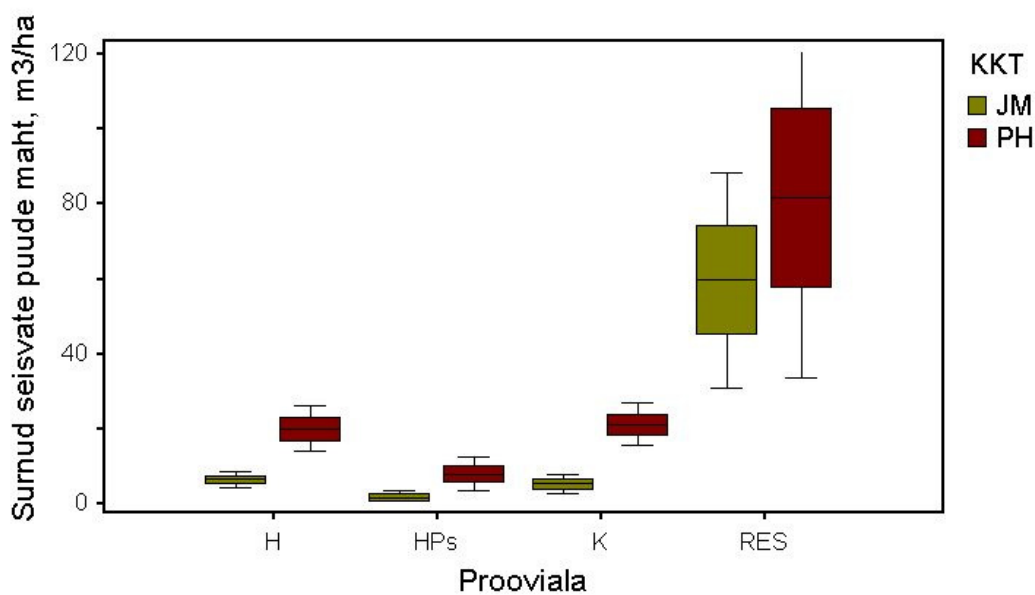
Püstiste surnud puude keskmine tagavara on 24 m³/ha (joonis 13a). Reservaadi prooviala erineb surnud puidu mahu (63 m³/ha) poolest teistest proovialadest ($p < 0,001$). Samuti erineb kontrollala (9 m³/ha) häiluga alast (4 m³/ha, $p < 0,05$). Ülepõletatud häiluga alal on vaid 1,3 m³/ha püstist surnud puitu. Joonistel 13b ja 13c on selgelt näha, kuidas harvendusraie korral surnud puidu maht on vähenenud.



Joonis 13a. Püstise surnud puidu maht proovialade kaupa.



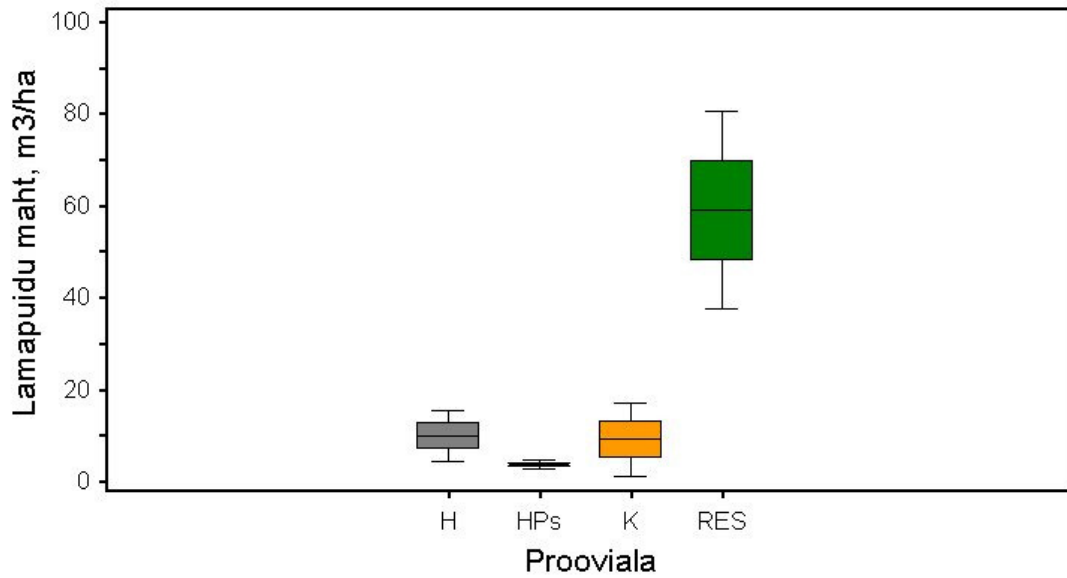
Joonis 13b. Püstiste surnud puude maht proovialade ja majandamistegevuse järgi.



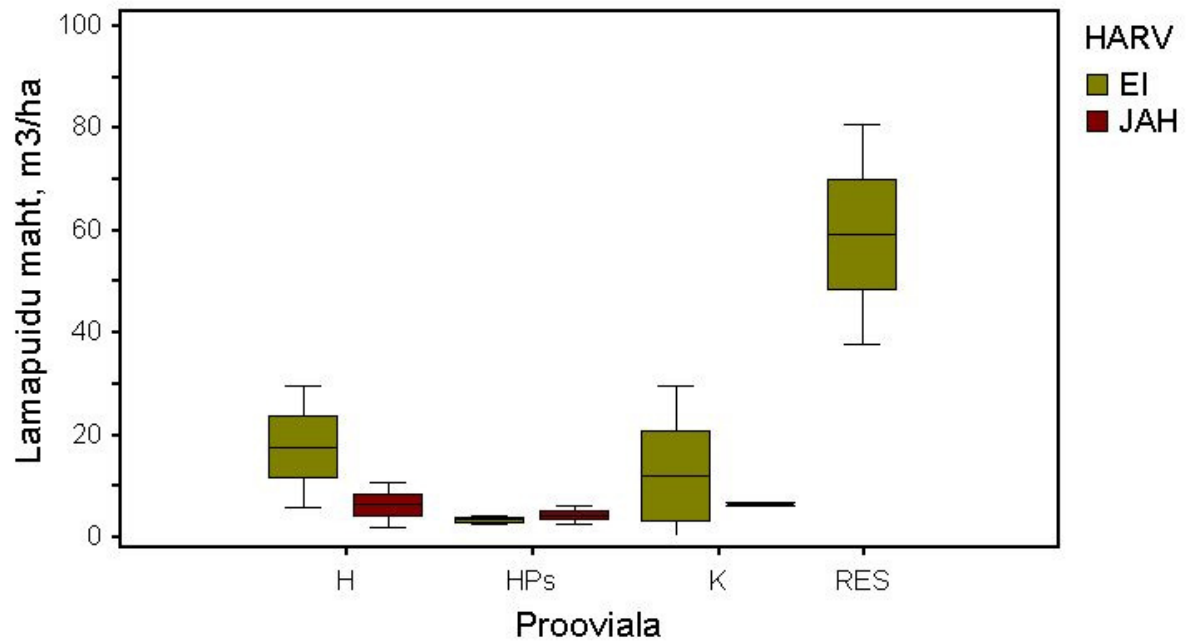
Joonis 13c. Püstiste surnud puude maht 2014.a. proovialade ja kasvukohatüüpide järgi.

Kõige rohkem esineb lamapuitu reservaadi proovialal, keskmiselt 58,9 m³/ha (joonis 14a), reservaadi prooviala erineb lamapuidu mahu poolest kõigist teistest proovialadest ($p < 0,001$). Teised taastamise proovialad omavahel ei erine ($H = 9,9$ m³/ha; $HPs = 3,6$ m³/ha; $p > 0,05$), samuti ei

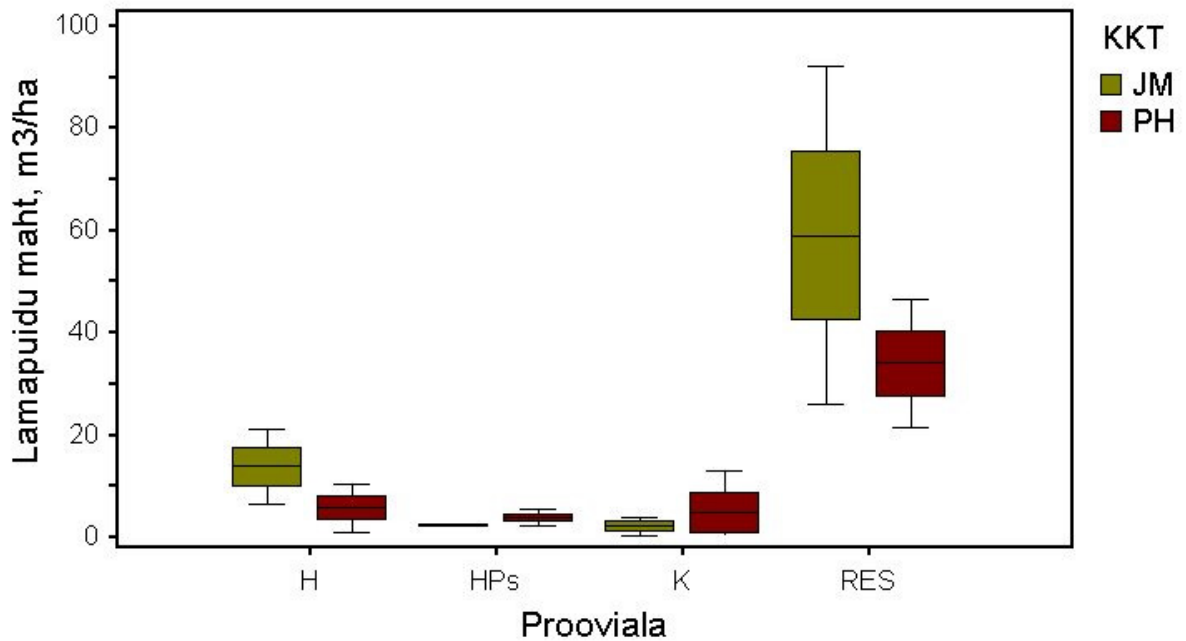
eristu kontrollalad (9 m³/ha). Harvendusraiet tehes viidi ära ka katse käigus tekitatud lamapuit, seetõttu lamapuidu maht ka vähenes (joonised 14b ja 14c).



Joonis 14a. Lamapuidu keskmine maht proovialadel.

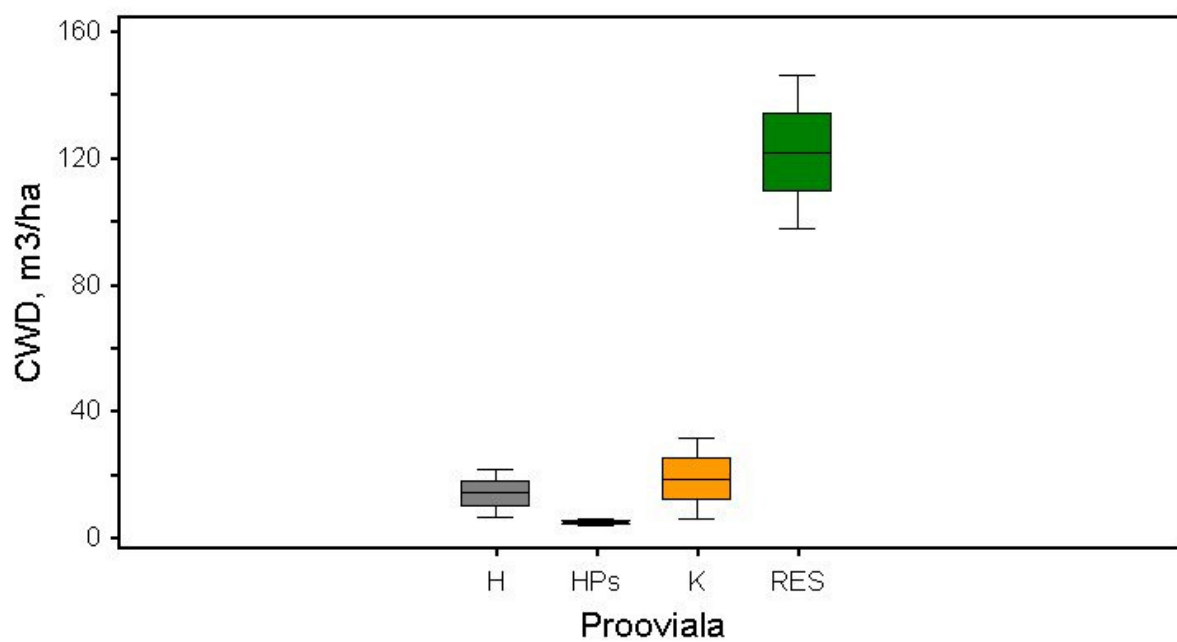


Joonis 14b. Lamapuidu maht proovialade ja majandamistegevuse järgi.

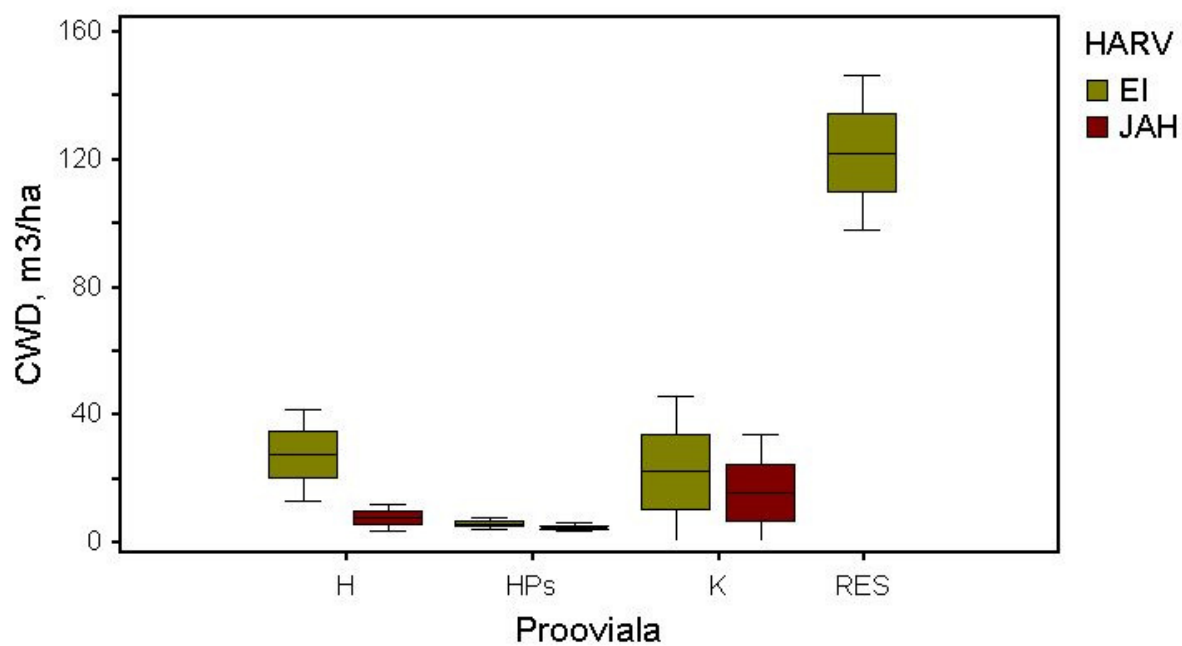


Joonis 14c. Lamapuude maht 2014.a. proovialade ja kasvukohatüüpide järgi.

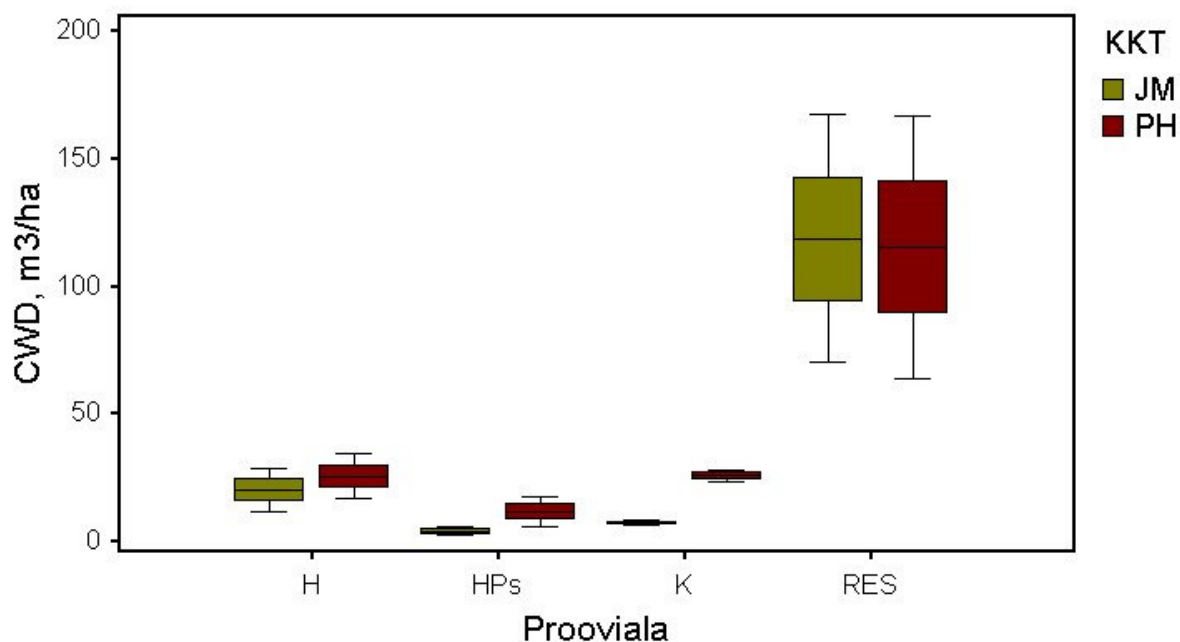
Kogu surnud puit, nii püstised surnud puud kui ka lamapuud (*CWD-coarse woody debris*) moodustavad olulise osa elurikkuse tagamisel eelkõige just kaitsealadel. Inimtegevusest kõrvalejäetud reservaadis on CWD maht keskmiselt 122 m³/ha ja mis eristub selgelt ülejäänud proovialadest (joonis 15a). Kõige väiksem on CWD maht üle põletatud suurel häilul. Harvendusraie vähendas oluliselt CWD mahtu proovialadel (joonised 15b, 15c)



Joonis 15a. CWD (püstised surnud+lamapuit) maht proovialade järgi.



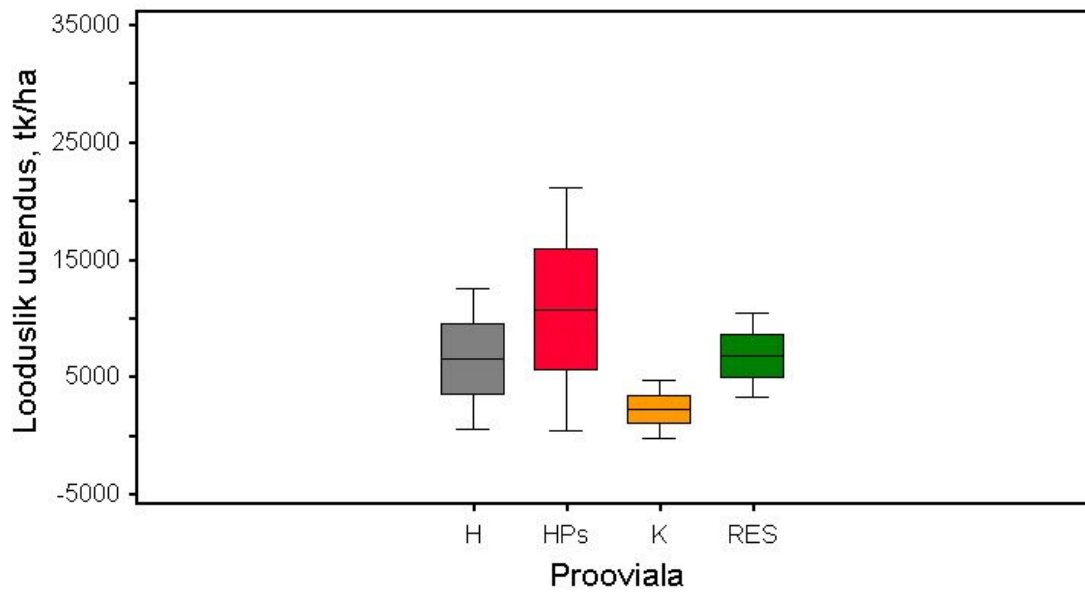
Joonis 15b. CWD (püstised surnud+lamapuit) maht proovialade ja majandamistegevuse järgi.



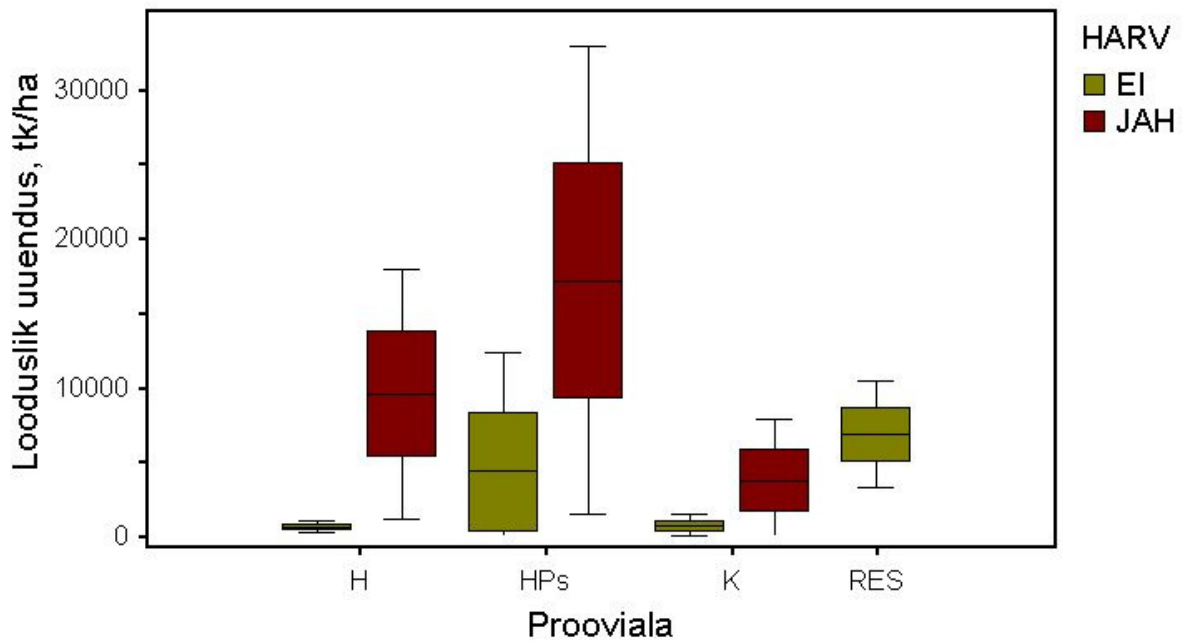
Joonis 15c. CWD (püstised surnud+lamapuit) maht 2014.a. proovialade ja kasvukohatüüpide järgi.

Inventeeritud loodusliku uuenduse keskmine arv proovialadel on 6617 tk/ha (joonis 16a). Kõige rohkem looduslikku uuendust esineb ülepõletatud häiluga proovialal, keskmiselt 10740 tk/ha, kuid ebaühtlaselt proovitükiti vahemikus 320-25040 tk/ha. Kõige vähem esineb looduslikku uuendust kontrollaladel (2200 tk/ha). Loodusliku uuenduse poolest proovialad omavahel ei erinevad ($p > 0,05$).

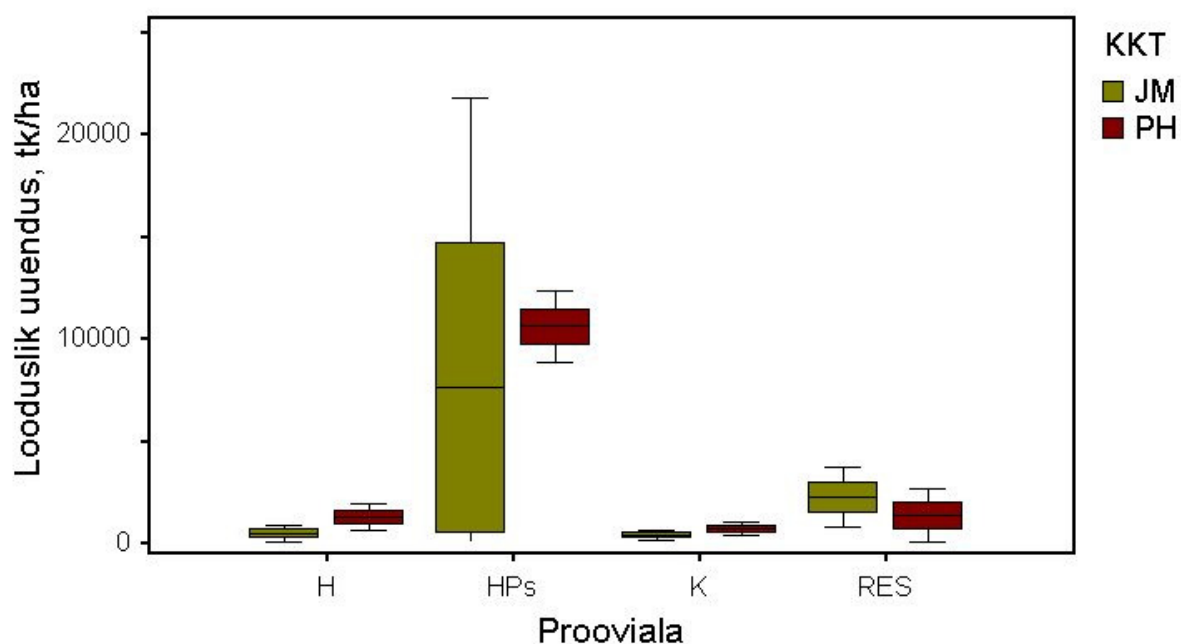
Kui vaadata eraldi harvendusega ja ilma harvenduseta proovialasid (joonis 16b, 16c), siis selgub, et harvendusraie tõstis loodusliku uuenduse arvukust nii võtetega aladel kui ka kontrollalal märkimisväärselt.



Joonis 16a. Loodusliku uuenduse arvukus proovialade järgi.



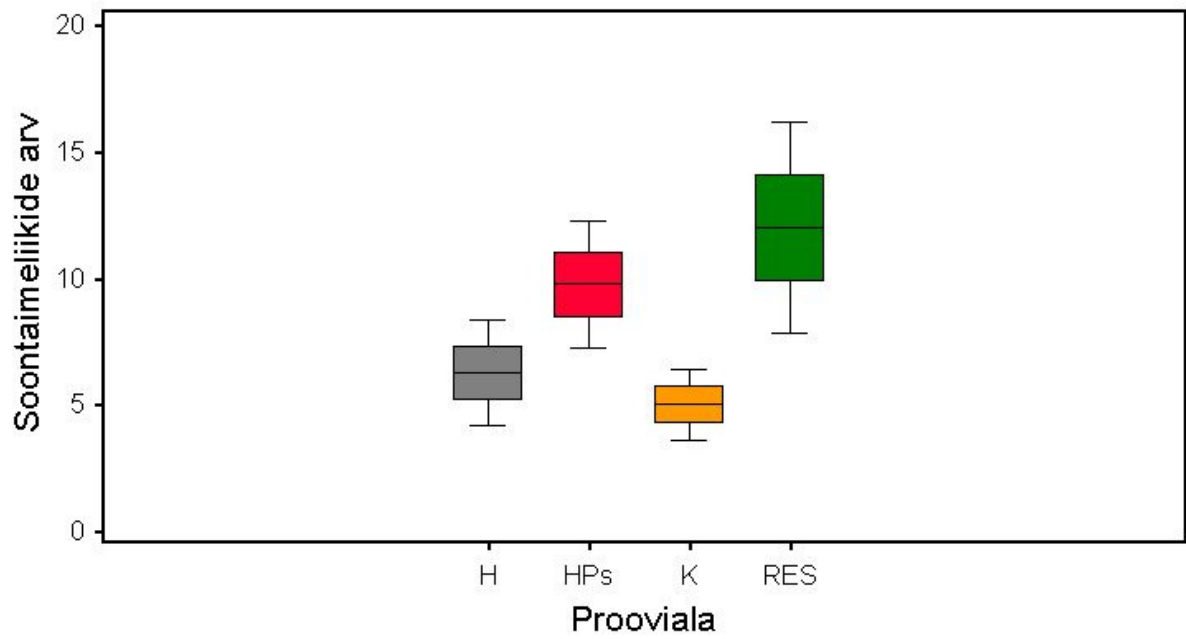
Joonis 16b. Loodusliku uuenduse arvukus proovialade ja majandamistegevuse järgi.



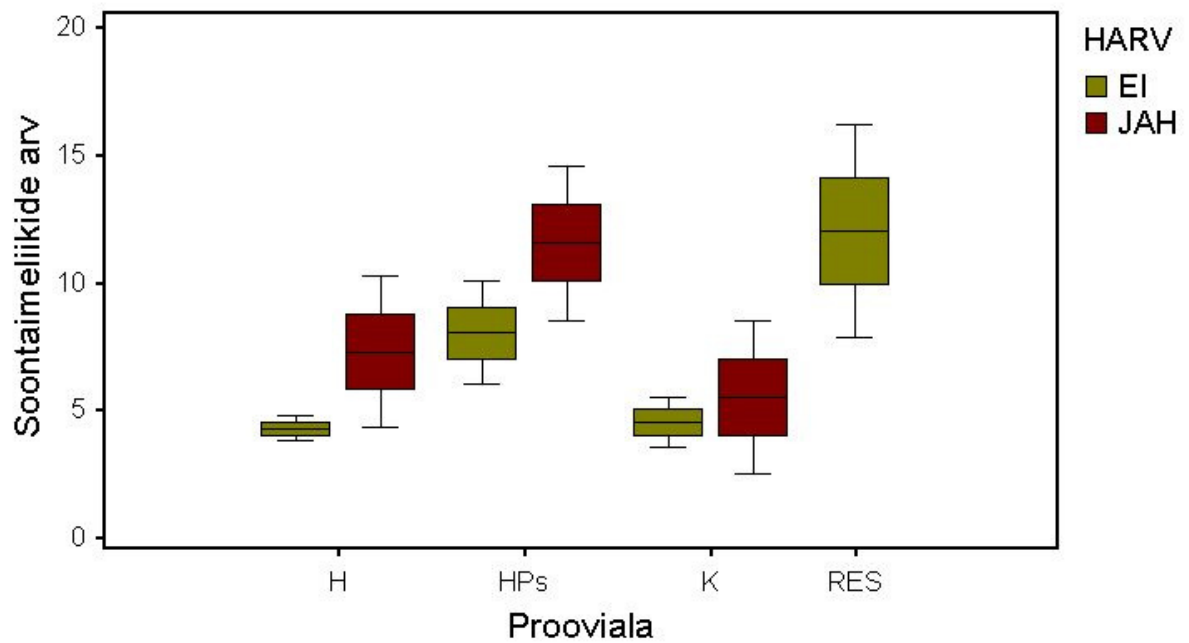
Joonis 16c. Looduslik uuendus 2014.a. proovialade ja kasvukohatüüpide järgi.

ALUSTAIMESTU SEIRETULEMUSED

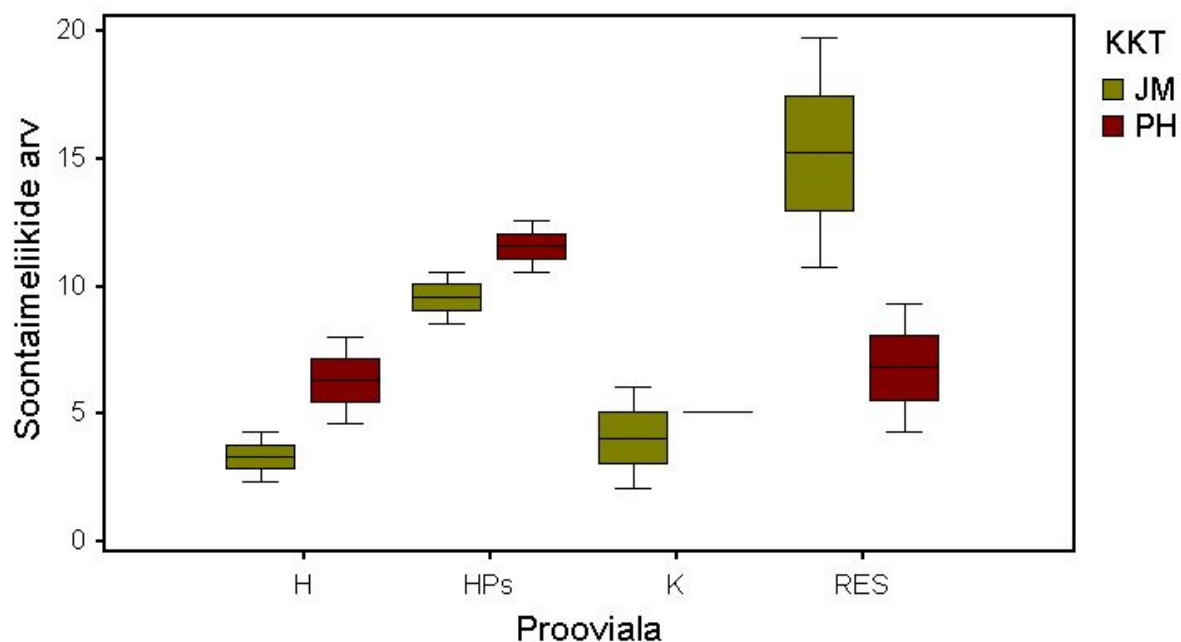
Proovialadel esines 57 erinevat liiki soontaimi, keskmine liikide arv proovialal oli kaheksa (joonis 16a). Maksimaalne liikide arv oli 24 ja see esines reservaadi proovialal. Kõikidel proovialadel esines harilikku mustikat. Proovialadel leidis III kaitsekategooria looduskaitsealune liik, roomav öövilge. Keskmiselt kõige rohkem liike oli reservaadi proovialal, kõige vähem aga kontrollalal, mis omavahel oluliselt ka erinevad ($p=0,01$). Taastamise proovialadest liigirikkaim oli üle põletatud häiluga prooviala, mis oluliselt erineb kontrollalast ($p<0,05$). Harvendatud proovialadel keskmine liikide arvukus oluliselt ei muutunud (joonis 16b, 16c).



Joonis 16a. Soontaimede keskmine liikide arv proovialade kaupa.

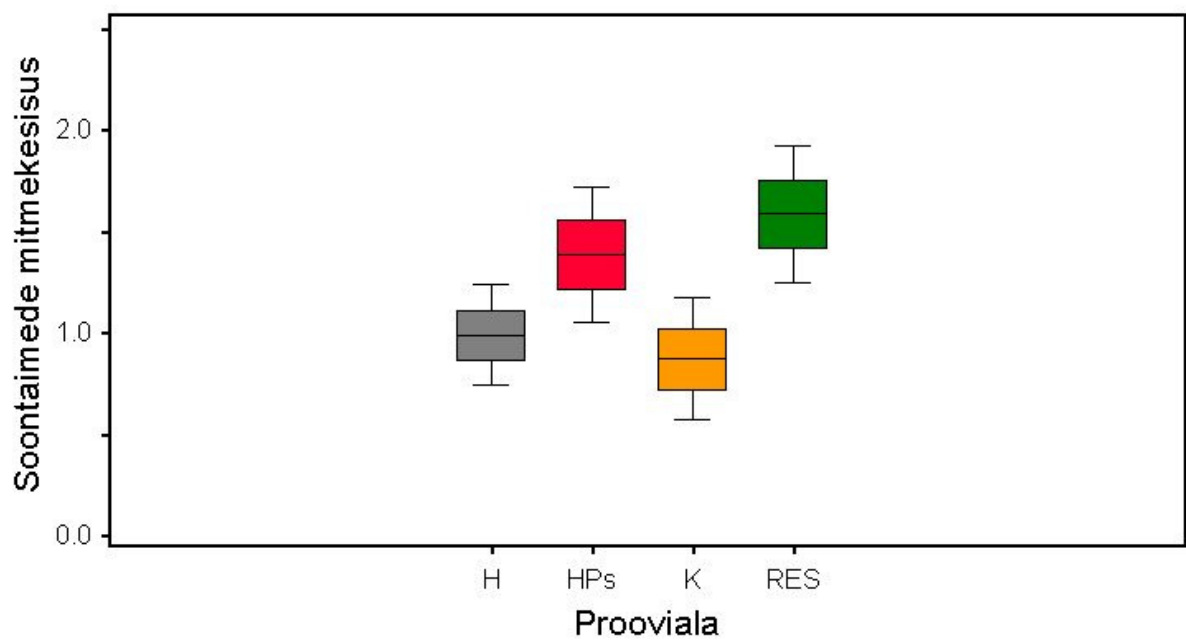


Joonis 16b. Soontaimede keskmine liikide arv proovialade ja majandamistegevuse järgi.

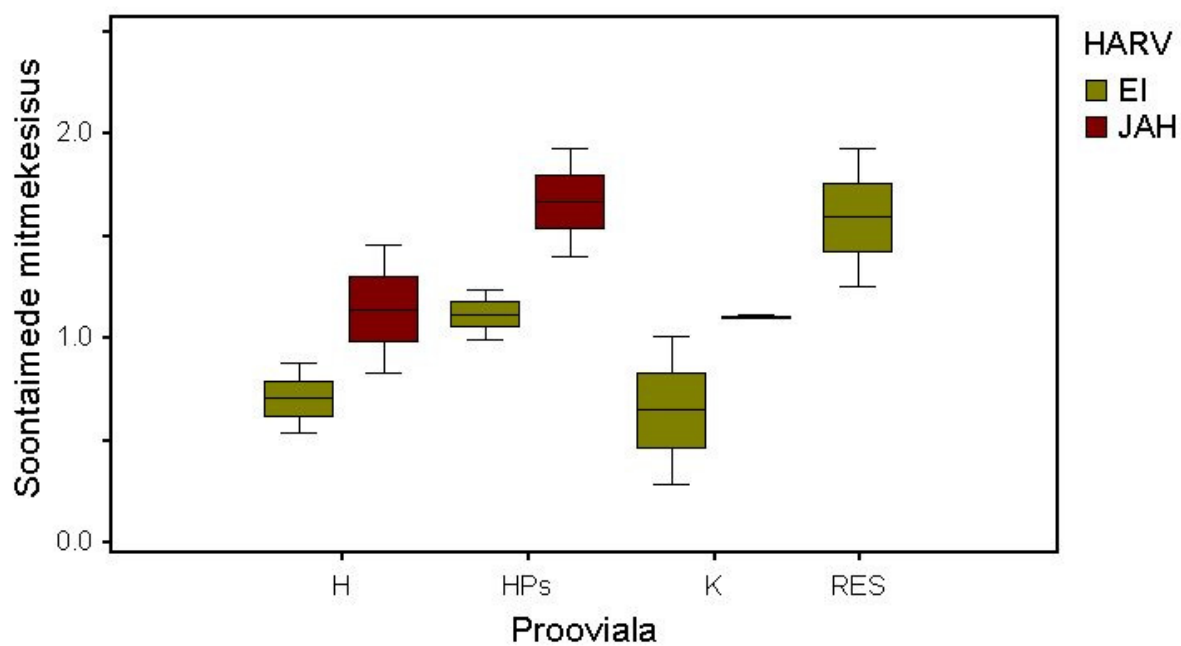


Joonis 16c. Soontaimede keskmine liikide arv 2014.a. proovialade ja kasvukohatüüpide järgi.

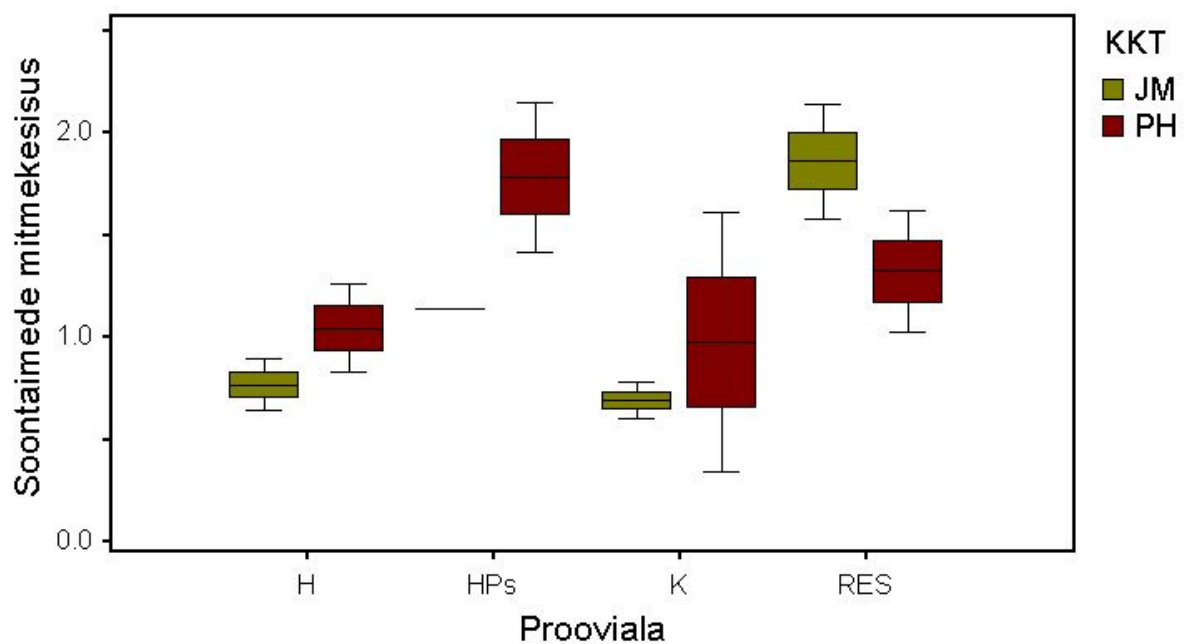
Vastavalt Shannoni indeksile on soontaimede poolest kõige mitmekesisem reservaaði prooviala ja ülepõletatud häiluga prooviala, mis omavahel ei erine ($p > 0,05$). Väikseim keskmine mitmekesisus on kontrollalal. Paariviisilise võrdluse tulemusena eristub Shannoni indeksi järgi reservaaði prooviala häiluga proovialast ja kontrollalast ($p < 0,05$). Shannoni mitmekesisuse indeksid on esitatud joonisel 17a. Harvendusraie on vähendanud soontaimede liigilise mitmekesisuse koha peal kontrollalade omavahelist varieeruvust (joonis 17b, 17c). Samuti on ka väike mitmekesisuse muutus olnud loodusreservaaðis pohla kasvukohatüübis 1.32 pealt 2014.a. muutunud 1.11 peale, kuid jänese kapsa-mustika kasvukohatüübis on jäänud mitmekesisuse indeks reservaaðis samaks, samuti ka teistel proovialadel.



Joonis 17a. Soontaimede mitmekesisuse indeks (Shannoni) proovitükil taastamisvõtete kaupa.

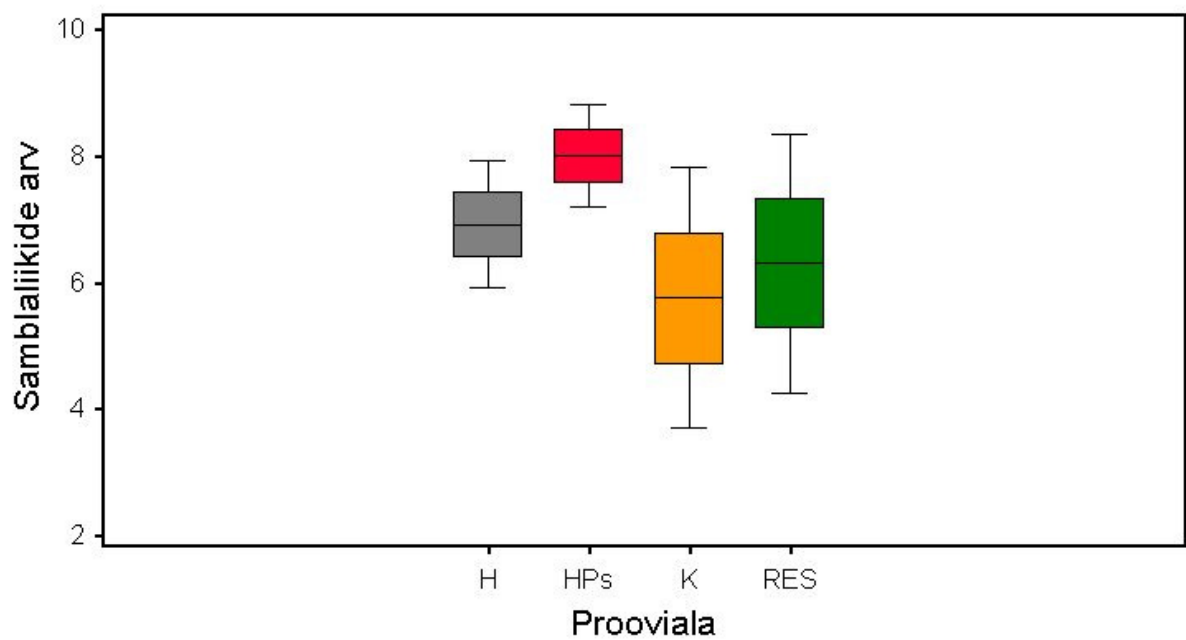


Joonis 17b. Soontaimede mitmekesisus proovialade ja majandamistegevuse järgi.

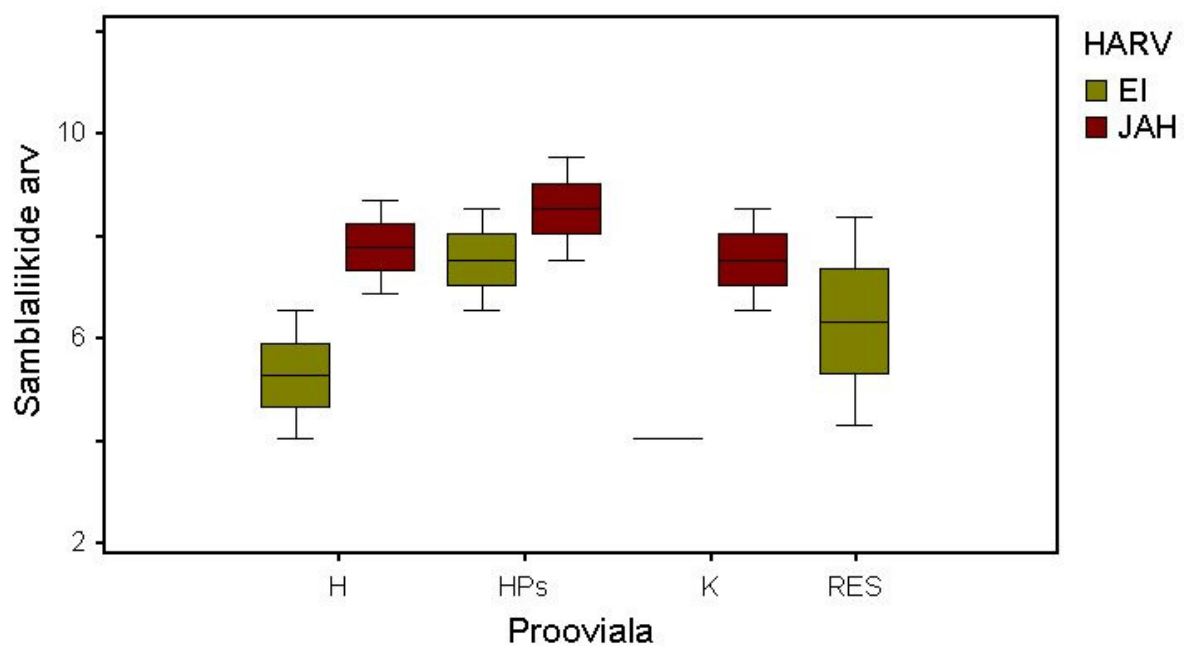


Joonis 17c. Soontaimede mitmekesisus 2014.a. proovialade ja kasvukohatüüpide järgi.

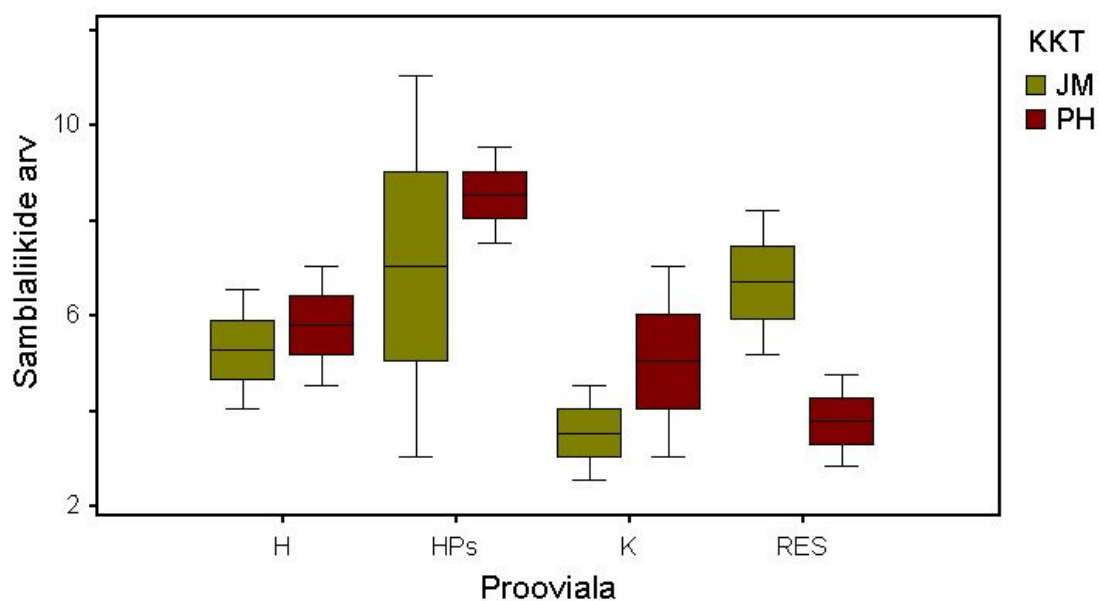
Proovialadel esines 39 erinevat samblaliiki, keskmine liikide arv proovialal on seitse, kõige rohkem erinevaid liike, 12 tk, leidis reservaadi alal (prt 1422). Samblaliikide arv erinevate proovialade vahel ei erinenud (joonis 18a). Harvendusraiega alal tuvastati keskmiselt 2 liiki (nii kontrollalal kui ka häiluga alal) 2019.a inventuuril rohkem (joonis 18b, 18c).



Joonis 18a. Sammalde keskmine liikide arv proovitükil taastamisvõtete kaupa.

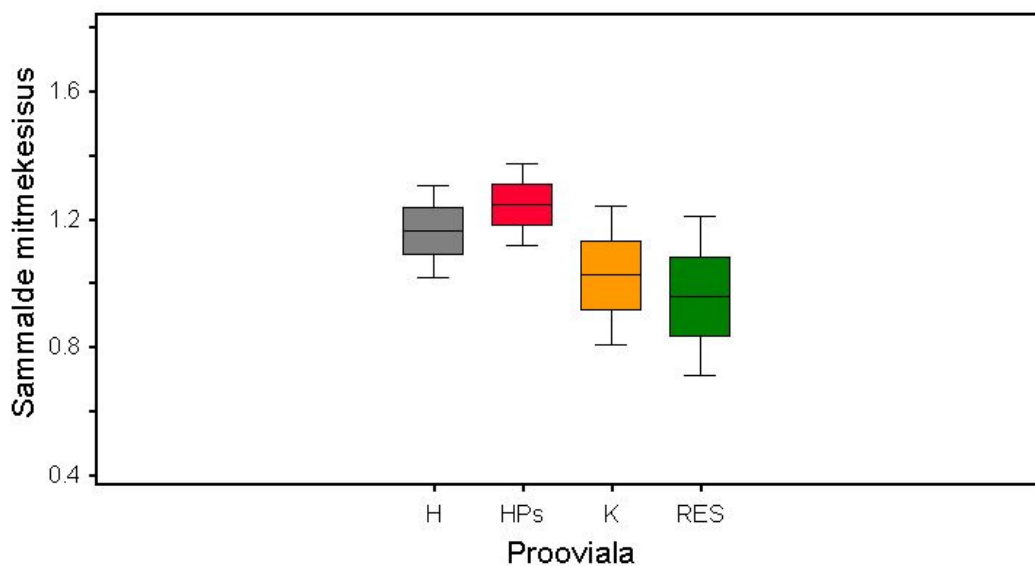


Joonis 18b. Sammalde keskmine liikide arv proovialade ja majandamistegevuse järgi.

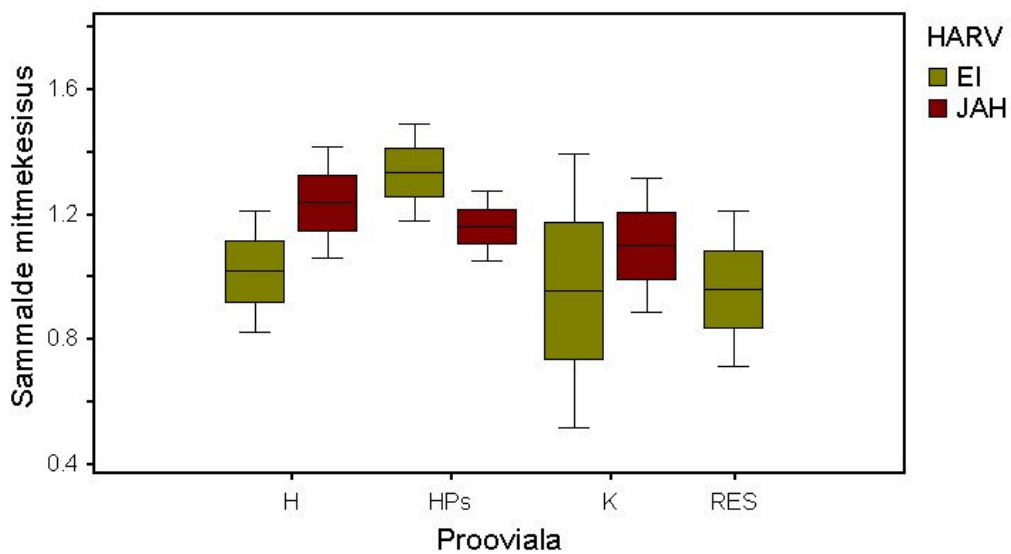


Joonis 18c. Sammalde keskmine liikide arv 2014.a. proovialade ja kasvukohatüüpide järgi.

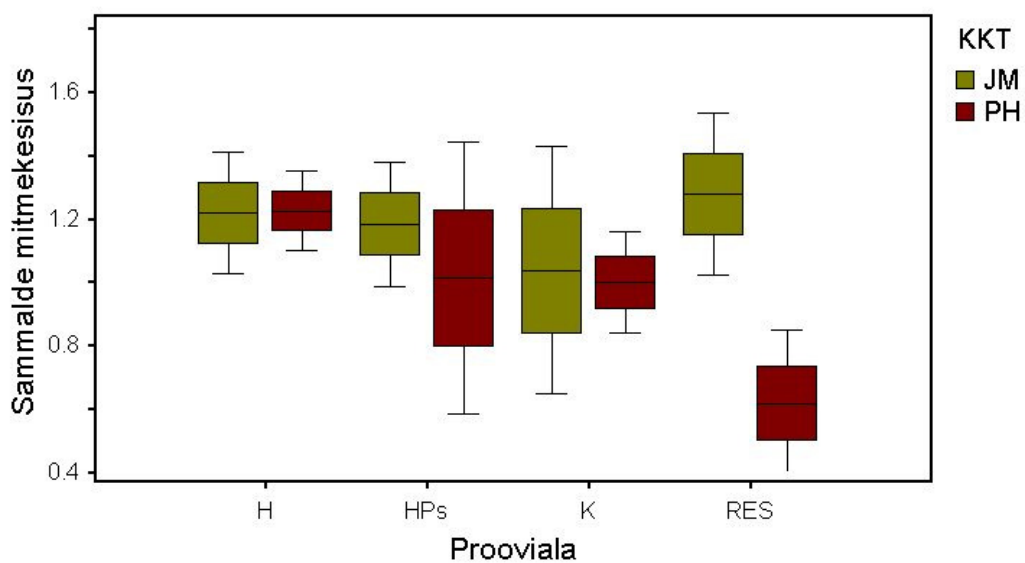
Keskmine sammalde Shannoni indeks oli 1,09, prooviala omavahel ei erine (joonis 19a). Väikseim mitmekesisus on reservaadi proovialal, kus Shannoni indeks on 0,96. Harvendusraie ei avaldanud mõju sammalde mitmekesisusele (joonis 19b, 19c)



Joonis 19a. Sammalde mitmekesisuse indeks (Shannoni) proovitükil taastamisvõtete kaupa.



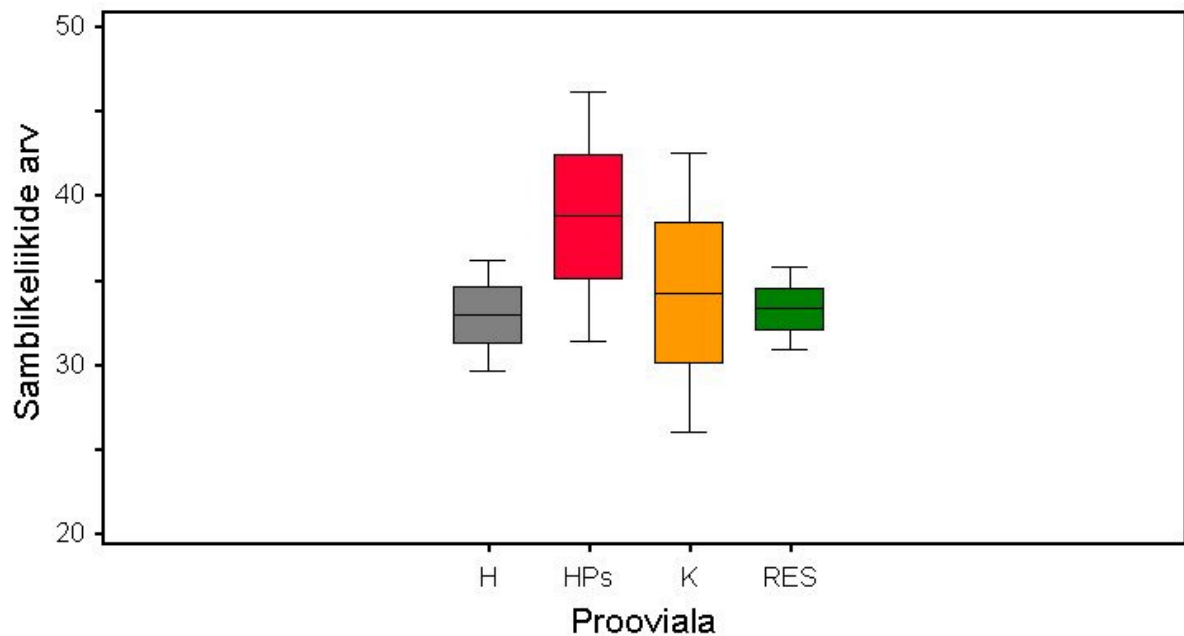
Joonis 19b. Sammalde mitmekesisus proovialade ja majandamistegevuse järgi.



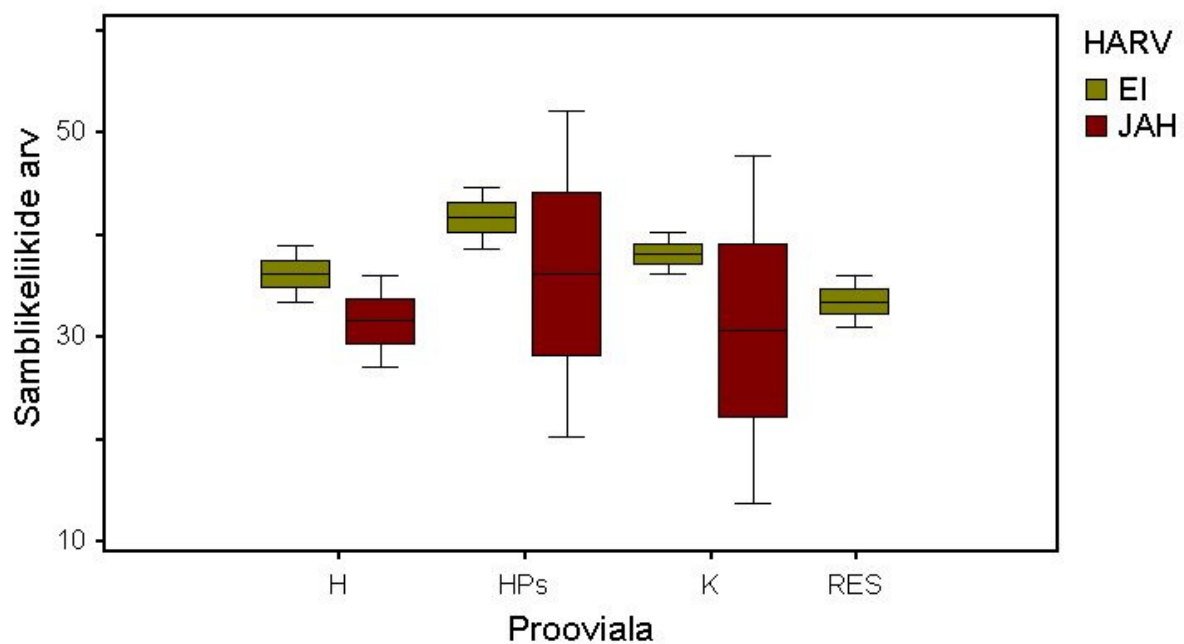
Joonis 19c. Sammalde mitmekesisus 2014.a. proovialade ja kasvukohatüüpide järgi.

Proovialadel esineb kokku 126 erinevat liiki samblikke. Keskmiselt esineb ühel proovialal 34 erinevat liiki samblikke. Registreeritud samblikuliikidest esinesid järgmised haruldased liigid: *Chaenothecopsis epithallina*, lehvik-porosamblik, Friesi soomussamblik, *Micarea elachista*,

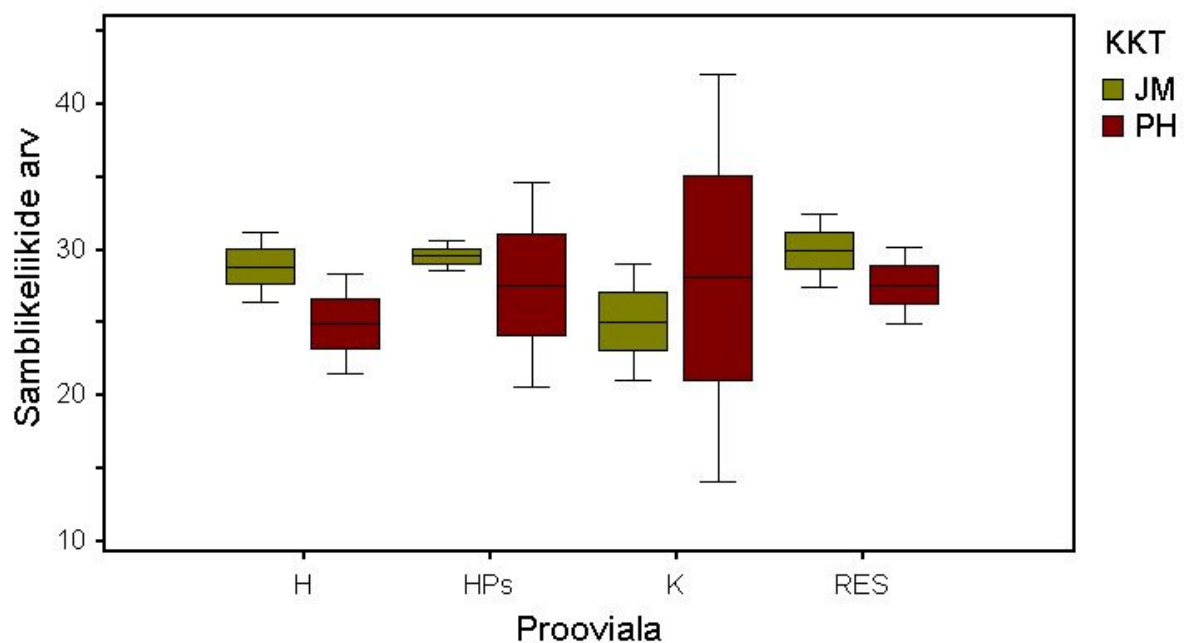
Micarea melanobola, *Micarea misella*. Registreeriti üks Eestis II kategooria looduskaitse alla kuuluv männi-soomusamblik ülepõletatud häiluga proovialal. Inventuuri käigus leiti Eestis kriitiliselt ohustatud samblik mätas-porosamblik, mis kasvas männil, männitüükal või lamapuul, liik leiti nii reservaadis kui ka harvendatud häiluga proovialal (prt 1410). Ülepõletatud häiluga proovialal (prt 1417) leiti Eestis ohualdis samblik tame-porosamblik, mis kasvas lamapuul. Reservaadis leiti vääriselupaikade indikaatorliik *Arthonia leucopellaea*. Samblikeeliikide arvukuse järgi proovialad üksteisest ei erine (joonis 20a). Samblike liikide arv on aga kõikidel proovialadel tõusnud võrreldes eelmise inventuuriga (joonis 20b, 20c).



Joonis 20a. Samblike keskmine liikide arv proovialade järgi.

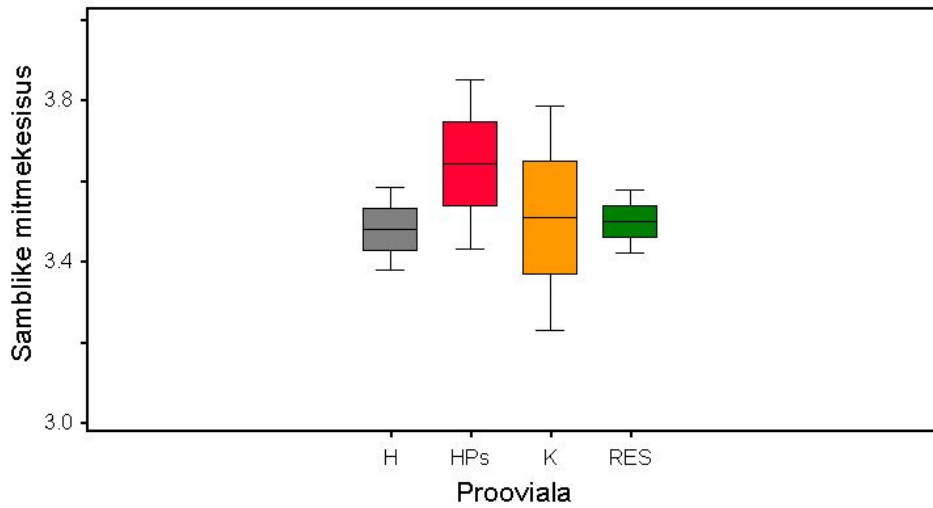


Joonis 20b. Samblike liikide arv proovialade ja majandamistegevuse järgi.

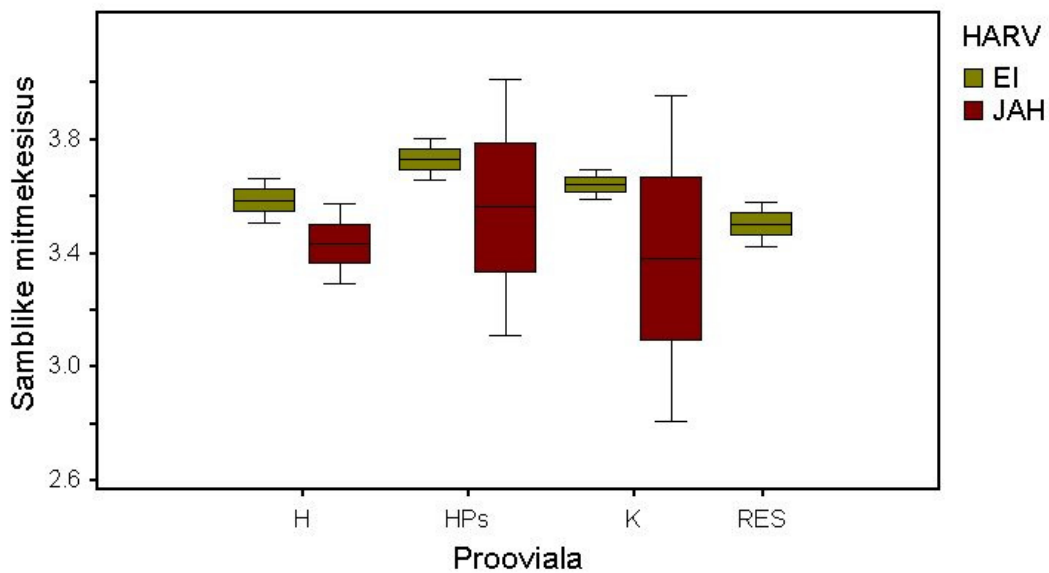


Joonis 20c. Samblike keskmine liikide arv 2014.a. proovialade ja kasvukohatüüpide järgi.

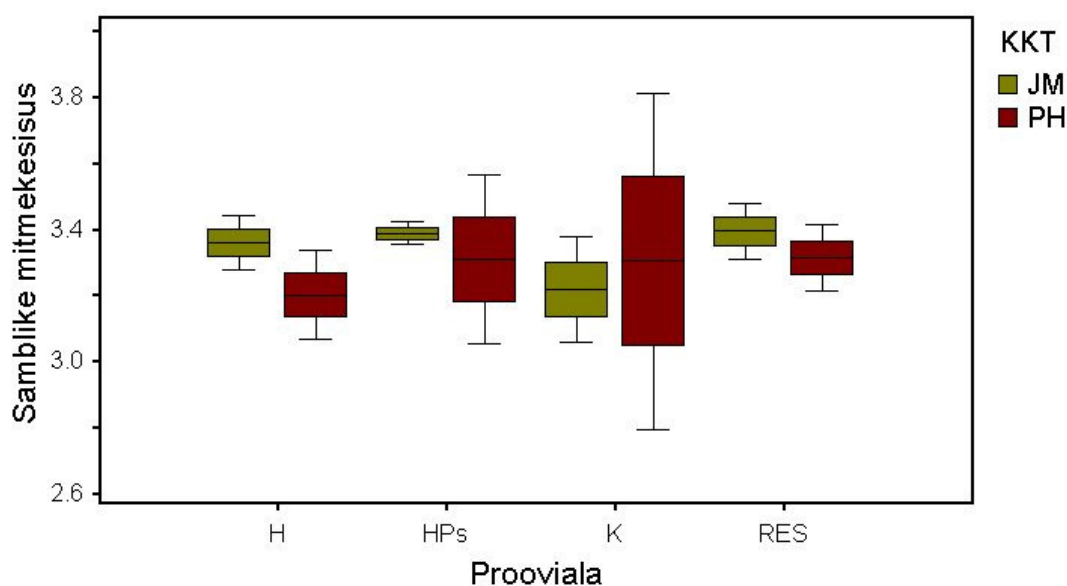
Shannoni indeksi poolest on mitmekesisem ülepoletatud häiluga prooviala ja reservadi prooviala, kuid üksi ala statistiliselt omavahel ei erine (joonis 21a). Samuti ei leitud harvendusraiel olulist mõju (joonis 21b, 21c). Samblike inventuurist üksikasjalikumalt on kirjas Lisas 2.



Joonis 21a. Samblike mitmekesisuse indeks (Shannoni) proovialade järgi.

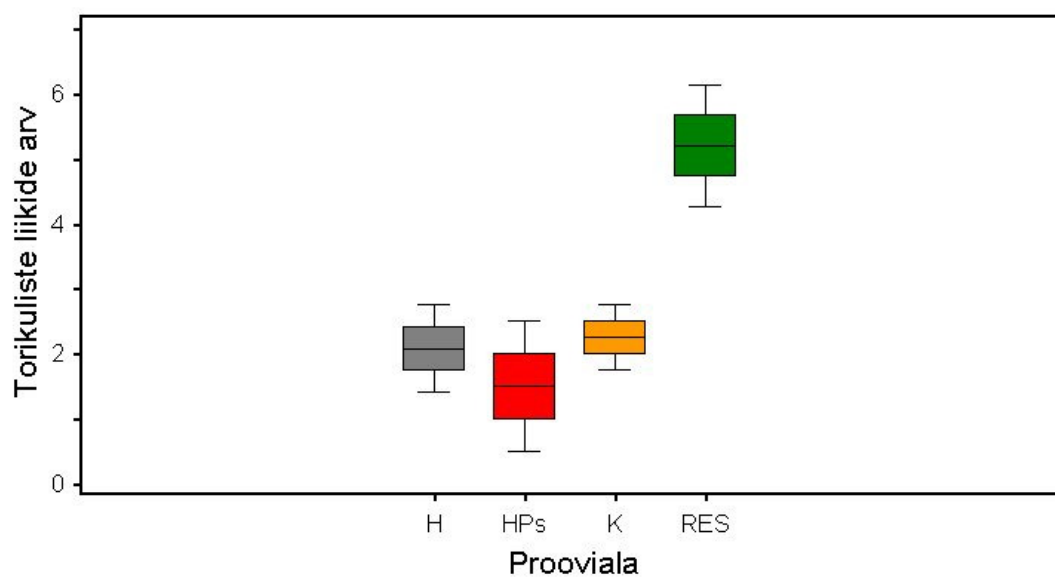


Joonis 21b. Samblike mitmekesisus proovialade ja majandamistegevuse järgi.

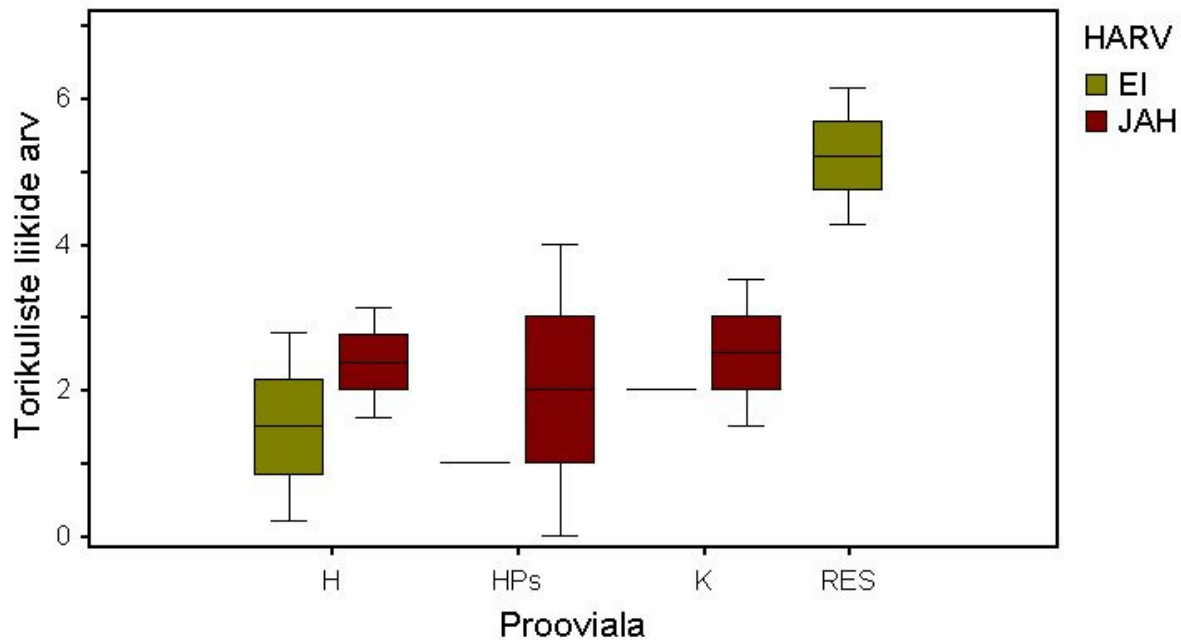


Joonis 21c. Samblike mitmekesisus 2014.a. proovialade ja kasvukohatüüpide järgi.

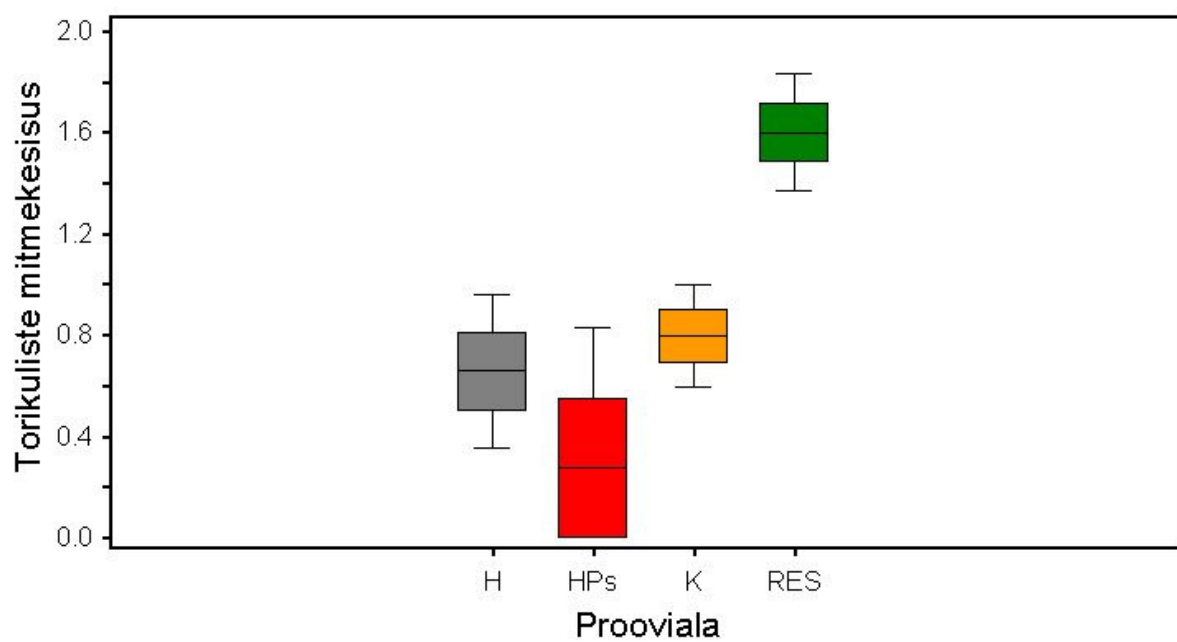
Torikuliste seire viidi läbi esmakordselt. Kokku registreeriti 31 erinevat liiki. Ühel häiluga proovialal (prt 1412) ei olnud ühtegi torikulise leidu. Reservaadialadel leiti vääriselupaikade ja põlismetsa indikaatorliike – pisarnahkis, roosa pess, tumepruun taelik, männitaelik, volt-tardnahkis, roostetorik. Lisaks leiti häiluga aladelt männi-ebatarrik (prt 1409), lillatümak (prt 1411), männi-vahakorgik (prt 1407). Kõik eelpool nimetatud proovitükkidel oli läbi viidud harvendusraie. Häiluga alalt (prt 1415) leiti kahe indikaatorliigi esinemine – kollane püsipoorik ja männi-vahakorgik. Torikuliste liikide arvuga eristus välja reservaadi ala (keskmiselt 5 liiki) (joonis 22a). Harvendusraiega aladel oli liikide varieeruvus proovitükiti suurem (joonis 22b). Torikuliste mitmekesisus oli samuti suurim reservaadis (joonis 23a). Torikuliste mitmekesisuse varieeruvus proovialadel oli suurim ülepõletatud häiluga alal (joonis 23b). Torikuliste inventuurist üksikasjalikumalt on kirjas Lisas 3.



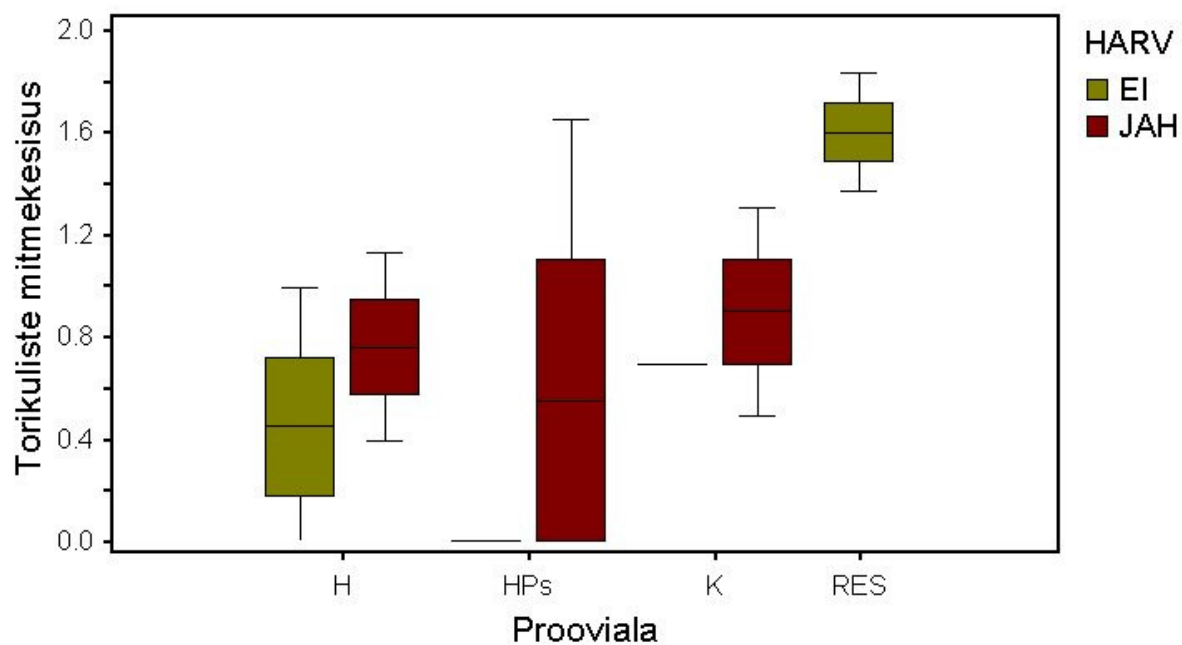
Joonis 22a. Torikuliste liikide arv proovialade järgi.



Joonis 22b. Torikuliste liikide arv proovialade ja majandamistegevuse järgi.



Joonis 23a. Torikuliste mitmekesisus proovialade järgi.



Joonis 23b. Torikuliste mitmekesisus proovialade ja majandamistegevuse järgi.

INDIKAATORLIIGID

Indikaatorliikide analüüsil selgusid liigid, mis on indikaatoriks erinevate taastamisvõtete/proovialade korral. Tabelis 5 on esitatud indikaatorliigid, mis eristusid 2019. aasta seirel.

Tabel 5. Indikaatorliigid taastamisvõtete järgi. Taastamisvõtted: H- häil, HPs- ülepõletatud häil, K- kontrollala, RES- reservaat

	p-väärtus	Esinemissagedus (%)			
		H	HPs	K	RES
Taimeliik					
Harilik mänd	0,003	50	75	25	0
Jäneskastik	0,012	8	75	0	10
Kattekind	0,05	2	0	50	10
Harilik jänesekapsas	0,02	0	0	0	50
Samblaliik					
Soovildik	0,02	25	75	0	0
Lainjas kaksikhammas	0,008	100	100	100	90
Palu-karusammal	0,01	50	75	25	0
Teravalehine turbasammal	0,04	8	25	50	0
Sambliku liik					
Narmassamblik	0,05	0	25	0	50
Männi-virvesamblik	<0,001	8	0	0	50
<i>Lecidella subviridis</i>	0,007	58	25	100	0
Jahu-löövesamblik	<0,001	25	0	25	100
<i>Loxospora elatina</i>	0,008	8	25	25	90
<i>Micarea elachista</i>	<0,001	8	0	0	90
Torikulised					
Kännupess	0,02	0	25	25	90
Tumepruun taelik	0,008	0	0	0	40
Männitaelik	0,01	0	0	0	50
Volt-tardnahkis	0,02	0	0	0	50

HINNANG ELUPAIGASEISUNDILE TAASTAMISVÕTETE KAUPA

Hinnangut elupaikade seisundile seirealade ja taastamisvõtete lõikes saab anda vaid esialgsena, kuna taastamisvõttest on möödunud liiga lühike aeg (vaid 20 aastat). Sellise ajavahemiku jooksul saab hinnata vaid taastamisvõtte otstarbekust ja taastumisprotsessi käivitumise edukust, kuid lõplikku hinnangut taastumisvõtte või seireala seisundi kohta on liiga vara anda. Lisaks on taastamise katseala mõjutatud ühel eraldisel (er. 5, kv. 163, pohla kasvukohatüübis) RMK poolt harvendusraie tegemisest, lisaks raiuti ära ka seisvad surnud puud ning välja viidi ja masinatega purustati ka katse käigus tekitatud lamapuit. Harvendusraie tegemisega ja seisvate surnud puude raiumisega takistati surnud puiduvoo teket ning arengut, mis on looduslikule metsale üks iseloomulik tunnus ja kaitsealuste metsade arengueesmärk.

Katseala asub Karula rahvuspargis, Saera piiranguvööndis, mille eesmärk vastavalt kaitseeeskirjale on sh looduse mitmekesisuse ja maastikuilme kaitse - on lubatud majandustegevus, kuid on keelatud uuendusraie ja puhtpuistute kujundamine. Seetõttu jääb arusaamatuks läbiviidud harvendusraie vajalikkus ja põhjendatus.

Taastamisvõtte otstarbekuse hindamisel kasutati järgmist skaalat:

- 1- võtte ei ole üldse otstarbekas
- 2- võtte otstarbekus on kaheldav
- 3- võtte on võib olla otstarbekas
- 4- võtte on otstarbekas
- 5- võtte on väga otstarbekas ja põhjendatud

Taastumisprotsessi edukuse hindamisel kasutati järgmist skaalat:

- 1- taastumisprotsess ei ole märgatav
- 2- taastumisprotsess on käivitunud, kuid võttega ala ei erine kontrollalast
- 3- taastumisprotsess on aeglane
- 4- taastumisprotsess on märgatav
- 5- taastumisprotsess on kiire

Kasutatud taastamisvõtte:

H- häil, lisaks kuuluvad siia alla ka endine lamapuiduga häil HL (tekitatdu lamapuit eraldisel 5 on kadunud) ja põletatud okstega häil HPv (põletamise jälgi pole siiani avastatud). Häilu läbimõõt katseala rajamisel kolme võtte korral oli 12 m.

HPs- ülepoletatud häil, häilu läbimõõt katseala rajamisel oli 25 m
 Harvendus – saab kasutada edaspidiselt kui ühte taastamisvõtet

Tabel 6 annab ülevaate taastamisvõtete edukuse kohta. Selgus, et kõige otstarbekam taastamisvõte oli ülepoletatud häil. Harvendusraie kasutamine edaspidises uuringus ühe taastamisvariandina, võib anda hinnangu, kas taastamisvõtete tegemine ühes puistus on ühekordne tegevus või peaks seda teatud aja tagant uuesti läbiviima vastavalt seatud eesmärgile ja puistu arengusuunale. Harvenduse tegemine on vähemalt lühiajaliselt tõstnud loodusliku uuenduse arvukust ning mõnede liikide arvukust ning mitmekesisust. Et saada hinnanguid tehtud harvendusraie tulemustest, tuleb katseala edasi uurida.

Tabel 6. Hinnang elupaiga seisundile taastamisvõtete lõikes.

Taastamisvõte	Seirealade arv	Taastamisvõtte otstarbekus	Taastumisprotsessi edukus
H (HL+HPv)	4	3	3
H (HL+HPv) harv	8	3	2
HPs	2	5	4
HPs harv	2	3	2
K harv	2	3	2

KOKKUVÕTE

Uurimuses kasutatud taastamise proovialade puistuid mõjutas enam teostatud taastamisvõtte või selle puudumine. Suurem häil vähendab puistu rinnaspindala, tagavara ja täiust. Reservaadi puistut iseloomustasid suuremad puud, hõredam esimene ja tihedam teine rinne, mis on iseloomulik loodusmetsadele.

Loodusliku uuenduse tekkel on oluline osa valgustingimustel. Tulemustest selgus, et rohkem looduslikku uuendust on tekkinud ülepõletatud häiluga proovialal, mis on uuenenud valgusnõudlike liikidega nagu harilik mänd ja kask. Teised alad on uuenenud peamiselt kuusega. Enim kuuse looduslikku uuendust on reservaadi proovialal, mis on edukalt uuenenud ka teiste puuliikidega nagu harilik tamm, harilik haab, harilik vaher ja harilik pärn. Samuti mõjutas positiivselt loodusliku uuenduse teket harvendusraie tegemine võrreldes alaga, kus seda ei tehtud.

Lamapuitu esines kõige rohkem reservaadi proovialal, mis on tingitud looduslikust arengust. Keskmine lamapuidu maht reservaadis jänesekapsa-mustika kasvukohatüübis oli 59 m³/ha ja pohla kasvukohatüübis 34 m³/ha. Lamapuidu hulk harvendusega aladel vähenes. Kontrollalal, mis jäi harvendusest puutumata suurenes keskmine lamapuidu maht prooviala kohta 1,9 m³/ha 2014.a. 11,8 m³/ha 2019.a.

Püstiste surnud puude ning lamapuidu maht kokku (*CWD-coarse woody debris*) arvestatuna oli reservaadis keskmiselt 122 m³/ha, seda nii JM kui ka PH kasvukohatüübis. Kontrollalal JM kasvukohatüübis oli 22 m³/ha ja harvendatud PH kasvukohatüübis 15 m³/ha. Häiluga alal JM kasvukohatüübis oli 27 m³/ha ja harvendatud häiluga alal PH kasvukohatüübis 7 m³/ha.

Suurima soontaimede liigirikkuse ja mitmekesisusega oli reservaadi prooviala (24 liiki maksimaalselt ühel proovialal), mille indikaatorliikideks olid soontaimed, mis eelistavad varjulisi kasvukohti nagu harilik jänesekapsas ja harilik jänasesalat, aga ka III kaitsekategooria alla kuuluv roomav öövilge. Ülepõletatud häiluga prooviala liikide arv oli JM kasvukohatüübis keskmiselt 8 ja harvenduse korral 11, mille indikaatorliikideks on valguslembesed soontaimeliigid.

Sammalde keskmine liikide arv oli suurim ülepõletatud häiluga proovialal (8 liiki), kuid kõige rohkem 12 liiki ühel proovialal leidis reservaadis. Sammalde mitmekesisuse indeksi järgi ükski prooviala ei eristunud, indeksi väärtus oli 1,0 ning maksimaalne 1,6.

Suurim samblike liigirikkus ja mitmekesisus esines ülepõletatud häiluga proovialal ja reservaadi proovialal. Registreeritud samblikuliikidest esinesid järgmised haruldased liigid: *Chaenothecopsis*

epithallina, lehvik-porosamblik, Friesi soomussamblik, *Micarea elachista*, *Micarea melanobola*, *Micarea misella*.

Torikulisi leiti kokku 31 erinevat liiki, enim reservaadis. Kontrollalad ei erinenud taastamisvõttega aladest. Reservaadialadel leiti vääriselupaikade ja põlismetsa indikaatorliike: pisarnahkis, roosa pess, tumepruun taelik, männitaelik, volt-tardnahkis, roostetorik. Lisaks leiti häiluga aladelt männi-ebatarrik, lillatümak, männi-vahakorgik, kollane püsipoorik..

Reservaadi prooviala ja ülepõletatud häiluga prooviala erinevad enam teistest proovialadest uuritud andmete põhjal. Taastamisvõtetest omab olulisemat mõju suurema läbimõõduga ülepõletatud häilu rajamine, seda eelkõige loodusliku uuenduse seisukohalt ning alustaimestu mitmekesisuse osas. Harvendusraie tegemine eraldisel 5 pohla kasvukohatüübis tõstis loodusliku uuenduse arvukust ja alustaimestu liigirikkust ning mitmekesisust, kuid tegemist võib olla lühiajalise reageeringuga looduse poolt.

Kuna metsas toimuvad protsessid leiavad aset ajapikku on vajalik ka alade pikemaajaline jälgimine, et saada infot kas ja kuidas taastamistegevused mõjutavad proovialasid looduslikkuse poole ning milline on harvendusraie edasine mõju liigirikkusele ja surnud puidu voo taastekkimisele.