

EESTI MAAÜLIKOOL
METSANDUSE- JA MAAEHITUSINSTITUUT
METSAKORRALDUSE OSAKOND

ANDRES KIVISTE

DIANA LAARMANN

ALLAN SIMS

Metsa kasvukäigu püsiproovitükkide võrgustiku kordusmõõtmine 2015

SIHTASUTUSE KESKKONNAINVESTEERINGUTE KESKUS JA EESTI MAAÜLIKOOLI VAHEL

3. MÄRTSIL 2015. A. SÕLMITUD LEPINGU NR. 3-2_8/1976-4/2014 LÕPPARUANNE

(KIK METSANDUSE 2014. A. PROGRAMMI PROJEKT NR. 9245)

TARTU 2016

SISSEJUHATUS

Metsanduse arengukava metsateaduse ja -hariduse valdkonnas on üheks prioriteetseks teadustöö valdkonnaks metsa- ja puidusaaduste mõõtmise, hindamise ja inventeerimise (sh monitooringu), metsa kasvu modelleerimise ning metsade kasutamise seotud rakendusuringud. Selle valdkonna probleemistike edukaks lahendamiseks on vaja teha mahukaid välimõõtmisi metsa proovitükkidel ning statistiliselt usaldatavaid andmeanalüüse. Eesti puistute ehituse ja kasvukäigu modelleerimise eesmärki silmas pidades on Eesti Maaülikooli metsakorralduse osakonnas jõutud seisukohale, et Eestile sobiva puistute kasvukäiku prognoosiva mudeli loomiseks tuleks luua vähemalt 600 proovitükki koosnev Eestit kattev püsiproovitükkide võrgustik, mis oleks esindatud kõikide kasvukohatüüpidega ning mida tuleks mõõta 5-aastase ajavahemiku järel.

Metsa püsiproovitükkide rajamine on üldtunnustatud meetod puistu kasvukäigu uurimiseks. Näiteks juba prof Andres Mathieseni initsiatiivil rajati Järvelja Öppe-Katsemetskonda 1920-ndatel aastatel enam kui 100 püsiproovitükki, millest on paarkümmend säilinud tänaseni. Kahjuks on rõhuv enamus Eestisse rajatud püsiproovitükke mõõdetud suhteliselt lühikese ajavahemiku jooksul (10...20 a.), kusjuures mõõtmismetoodika järjekindlusest pole enamasti kinni peetud. Seetõttu on Eestis seni kogutud püsiproovitükkide andmete kasutamine puistu ehituse ja kasvu modelleerimiseks üsna problemaatiline.

Olulise erinevusena seni rajatud metsa püsiproovitükkidest mõõdetakse kaasaegsetel puistu kasvukäigu püsiproovitükkidel lisaks puude mõõtudele ka puude asukoha koordinaadid. Sellisel viisil kogutud mõõtmisandmestik võimaldab luua üksikpuu kasvuvõrranditele tuginevaid puistu kasvumudeleid, mis on oma rakendustes tunduvalt paindlikumad ja mitmekülgsemate kasutamisevõimalustega kui traditsioonilised puistu kasvumudelid (kasvukäigutabelid).

Uut tüüpi puistu kasvukäigu püsiproovitükkide rajamist Eestis alustati Urmas Petersoni eestvedamisel, mille käigus mõõdeti 1995. ja 1996. a. 300 proovitükki. Need proovitükid rajati tollaegse Kursi metskonna salumetsadesse ning Konguta, Pikasilla ja Aakre metskondade palumetsadesse. Käesolevasse proovitükkide võrgustikku on neist valitud 203 proovitükki. Järgnevatel 1997. ja 1998. a. jätkati püsiproovitükkide rajamise metoodika arendamise katseteid Eesti Teadusfondi toetusel ning rajati 60 proovitükki Lõuna-Eesti metskondade ja Sagadi metskonna männikutesse. Süstemaatilist Eestit katva puistu kasvukäigu püsiproovi-

tükkide võrgustiku rajamist alustati 1999.a. Riigimetsade Majandamise Keskuse finantseerimisel. Edasi jätkus uute proovitükkide rajamine ja olemasolevate kordusmõõtmine aastate kaupa järgmiselt:

Aasta	Esmane mõõtmine	Korduv mõõtmine	Rahastaja
1995	102		
1996	101		
1997	26		ETF
1998	34		ETF
1999	139		RMK
2000	59	88	KIK
2001	67	101	KIK
2002	115	11	KIK
2003	24	48	KIK
2004	15	132	KIK
2005		160	KIK
2006		165	KIK
2007		129	KIK
2008	26	73	KIK
2009		144	KIK
2010	6	155	KIK
2011		165	KIK
2012		129	KIK
2013		97	KIK
2014	15	147	KIK
2015	21	154	KIK

Eesti Maaülikooli (EMÜ) ja sihtasutuse Keskkonnainvesteeringute Keskus (KIK) vahel 3. märtsil 2015.a. sõlmitud lepingu nr. 3-2_8/1976-4/2014 kohaselt pidi EMÜ metsakorralduse osakond 2015.a. kordus mõõtma 175 puistu kasvukäigu püsiproovitükki ning 50 proovitükil kirjeldama kasvukoha alustaimestiku ning mullanäitajate järgi.

Käesoleva lepingu täitmise tulemusena kordus mõõdeti 2015.a. 154 püsiproovitükki, mille eelmisest mõõtmisest oli möödunud 5 aastat. Suurt tähelepanu pöörati varasemate mõõtmisandmete kontrollimisele. Selleks tuli 2015.a. kordusmõõtmisel need puud, mille 2010.a. mõõtmine oli kontrollprogrammi poolt kahtlaseks tunnistatud, erilise hoolikusega üle mõõta. 21 uut proovitükki rajati kuusikutesse täiendamaks andmestikku kuna paljudel proovitükidel on olnud teostatud lageraie. Antud projekti käigus kirjeldati lisaks 51 proovitükil kasvu kohta, selleks välja töötatud metoodika alusel. Lisaks kasutati proovitükkide mõõtmisandmeid visuaalseks puistu tervislikku seisundi hindamiseks, puude kahjustuste uurimiseks ning proovitükkide maakasutuse ajaloo teada saamiseks.

Projekti vastutavaks täitjaks oli EMÜ metsakorralduse osakonna professor Andres Kiviste, projekti põhitäitjateks olid EMÜ metsakorralduse osakonna töötajad Diana Laarmann ja Allan Sims. Välitööde tegemisel osalesid metsakorralduse osakonna töötajad, magistrandid ja üliõpilased (E. Allikmäe, E. Rähn, K-L. Pindma, K.G. Laarmann, T. Vaarend, V. Kängsepp, L.Kasari). Andmesisestuse arvutisse tegi Diana Laarmann ja esmase andmetöötluse viisid läbi Diana Laarmann ja Andres Kiviste. Kasvukohtade kirjeldamise meetoodika on välja töötanud Ahto Kangur. Puistu, alustaimestiku ning mullastiku seoseid analüüsis Getter Grossthal. Puude tervisliku seisundi hindamist proovitükkidel tegi Eneli Allikmäe. Puude kahjustusi puistus uuris Kris Traks. Proovitükkide ajaloolist maakasutust uuris Lembit Pent. Taasmetastatud proovitükkide taastumist uuris Priit Pärn. Kõiki tudengeid juhendas Diana Laarmann.

Metsakorralduse osakonnas on metsandusliku modelleerimisalase informatsiooni haldamiseks loodud Metsandusliku Modelleerimise Infosüsteem (ForMIS, <http://formis.emu.ee/>), mis sisaldab dendromeetriliste mudelite andmebaasi, kasvukäigutabelite andmebaasi, kasvufunktsioonide andmebaasi ning püsiproovitükkide andmebaasi.

ForMIS-es on juurutatud ja arendatud juba mitu aastat püsiproovitükkide andmebaasi haldustarkvara. Andmestik täieneb pidevalt kordusmõõtmiste andmetega, seetõttu on pidev vajadus arendada võimalike vigade avastamise süsteemi, kus arvestatakse mitte ainult ühe, vaid ka mitme kordusmõõtmise andmeid.

Täiendavalt on meetoodikaid ja uurimustulemusi tutvustatud konverentsidel ja seminaridel:

12.02.2016. Tartu. RMK teadusseminar, kus osales ~100 inimest

Sims, A. 2016. Koore paksuse analüüs (posterettekanne).

Metslaid, M., Hordo, M., Laarmann, D., Korjus, H., Kiviste A. 2016. Climatic sensitivity of Scots pine growing on reclaimed oil shale area in Estonia (posterettekanne).

Täiendavalt on valminud bakalaureusetööd, mida esitleti eelkaitsmisel 15. aprillil 2016.a ja kaitstakse juuni algul:

Getter Grossthal. 2016. Mullastiku ja taimestiku seosed Laeva piirkonna metsa kasvukäigu püsiproovitükkidel.

Lembit Pent. 2016. Maakasutuse muutused Eesti metsa kasvukäigu püsiproovitükkidel.

Kris Traks. 2016. Puude kahjustused metsa kasvukäigu püsiproovitükkidel.

Täiendavalt on valminud magistritööd, mida esitleti eelkaitsmisel 15. aprillil 2016.a ja kaitstakse juuni algul:

Eneli Allikmäe. 2016. Puude seisundi hindamine resistograafia metsa kasvukäigu püsiproovitükkidel.

Priit Pärn. 2016. Metsaökosüsteemi taastumise analüüs põlevkivikarjäärade taasmetsastamisel.

Püsiproovitükkide andmete põhjal valminud käsikirjad ja publikatsioonid:

Maleki, Kobra; Kiviste, Andres (2016). Individual tree mortality of silver birch (*Betula pendula* Roth) in Estonia. *iForest – Biogeosciences and Forestry*, e1-e9, ifor 1672-008.

Metslaid, Sandra; Stanturf, John; Hordo, Maris; Korjus, Henn; Laarmann, Diana; Kiviste, Andres (2016). Growth responses of Scots pine to climatic factors on reclaimed oil shale mined land. *Environmental Science and Pollution Research*, DOI: 10.1007/s11356-015-5647-4.

Sims, Allan. 2016. Eesti sai oma koorealgoritmi. *Metsamees* 126, 41-44.

Kiviste, Andres; Hordo, Maris; Kangur, Ahto; Kardakov, Anton; Laarmann, Diana; Lilleleht, Ando; Metslaid, Sandra; Sims, Allan; Korjus, Henn (2015). Monitoring and modeling of forest ecosystems: the Estonian Network of Forest Research Plots. *Metsanduslikud Uurimused* 62, 26-38.

Maleki, Kobra; Kiviste, Andres; Korjus Henn (2015). Analysis of individual tree competition effect on diameter growth of silver birch in Estonia. *Forest Systems*, 24(2), e023.

Korjus, Henn; Laarmann, Diana; Kangur, Ahto, Paluots, Teele, Põllumäe, Priit (2015). Habitat quality assessment of herb-rich spruce forests in Estonia. *Journal of Engineering Science and Technology Review*. [ilmumas]

Korjus, Henn; Põllumäe, Priit; Kangur, Ahto (2015). Milleks vajame Järveljale metsakorralduslikku näidisala? *Metsanduslikud Uurimused* 63, xx-xx [ilmumas].

Kuusk, Andres; Lang, Mait; Kodar, Ave; Sims, Allan (2015). Estimation of leaf area index of hemiboreal forests. *The Open Remote Sensing Journal*, 6, 1–10.

Metslaid, Sandra; Korjus, Henn; Kiviste, Andres (2015). Forest productivity and growth variation on degraded post-mining landscapes: Assessment based on long-term observations. In: Book of Abstracts: Sustaining ecosystem services in forest landscapes, IUFRO Landscape Ecology Working Group Conference 2015, Tartu, Estonia, 23-30 August 2015. Ed. Tiia Lillemaa, Urmas Peterson and Ajith Perera. Tartu: IUFROLE WG Conference, 196–196.

Korjus, Henn; Paluots, Teele; Silm, Sandra (2015). Habitat quality and vegetation composition of NATURA 2000 habitat type 9050 in Estonia. In: Proceedings of the International Conference "Frontiers In Environmental and Water Management": March 19-21, 2015, Kavala, Greece. Ed. G.N. Zaimis, V. Iakovoglou, D. Kaziolas, D. Emmanouloudis, K. Ioannou. Kavala: Eastern Macedonia & Thrace Institute of Technology, 141–146.

Paluots, Teele; Korjus, Henn (2015). Vegetation and quality assessment of Natura 2000 forest habitat 9050 "Fennoscandian herb-rich forests with *Picea abies*". In: Book of Abstracts: International Conference "New Frontiers in Environmental and Water Management" March 19-21, 2015, Kavala, Greece. Ed. G.N. Zaimis, V. Iakovoglou, D. Kaziolas, D. Emmanouloudis, K. Ioannou. Kavala: Eastern Macedonia and Thrace Institute of Technology, 43.

Paluots, Teele; Korjus, Henn; Laarmann, Diana (2015). Vegetation assessment and habitat quality of Natura 2000 forest habitats in Estonia. In: Abstracts: 58th Annual Symposium of the International Association for Vegetation Science: Understanding Broad-scale Vegetation Patterns, 19 – 24 July 2015, Brno, Czech Republic. Ed. Milan Chytrý, David Zelený & Eva Hettenbergerová. Brno: Masaryk University, 288–288.

KOKKUVÕTE JA ARENGUKAVA

Vastavalt sihtasutuse Keskkonnainvesteeringute Keskus ja Eesti Maaülikooli vahel 03.03.2015 sõlmitud teadusuuringu lepingule nr. 3-2_8/1976-4/2014 "Metsa kasvukäigu püsiproovitükkide võrgustiku kordusmõõtmine 2015", teostas EMÜ metsakorralduse osakonna töögrupp lepingu lähteülesandes ettenähtud välitööd täies mahus, sisestas andmed arvutisse ja teostas esmase andmeanalüüsi ning selle põhjal valminud bakalaureuse- ja magistritööd.

1. Välitööde grupp koosseisus E. Allikmäe, E. Rähn, K-L. Pindma, K.G. Laarmann, T. Vaarend, V. Kängsepp, L. Kasari, D. Laarmann tegid mõõtmisi üle Eesti kokku 175 puistu kasvukäigu püsiproovitükil, kus teostati puistu inventuur, 51 proovitükil, kus teostati kasvukoha kirjeldamise uuring, 20 proovitükil, kus teostati puistu tervise hindamise uuring ning erinevatel proovitükkidel, kus uuriti puude kahjustusi ning metsaökosüsteemi taastumist.
2. Proovitükkidel mõõdeti kõigi puude koordinaadid proovitüki tsentri suhtes, puude diameetrid kahes suunas, mudelpuudel lisaks kõrgus ja võra alguse kõrgus. Samuti hinnati iga puu rikkeid ja vigastusi.
3. Proovitükkidel mõõdetud puud tähistati diameetri mõõtmise kohalt värvitäpiga. Proovitüki tsesentrisse kaevati plastmasstoru. Proovitüki asukoha leidmiseks kordusmõõtmisel 5 aasta pärast koostati skits, kus proovitükkide tsesentrid on seotud looduses leiduvate püsiobjektidega.
4. GPS seadmega kontrolliti ning vajadusel korrigeeriti proovitükkide tsesentrite geograafilised koordinaadid.
5. Mõõtmisandmed sisestati arvutisse andmehaldus tarkvara abil, millega kontrolliti sisestatud andmete kooskõla ja arvutati proovitükkide takseertunnused.
6. Kordusmõõtmisel mõõdeti proovitükkidel erilise hoolikusega need puud, mis Maris Hordo erindite leidmise programm oli tunnistanud "kahtlaseks mõõtmistulemuseks". Iga erindi puhul tehti otsus, kas oli tegu mõõtmisveaga või loodusliku häiringuga.
7. Kõigi proovitükkide kohta on tehtud esmased takseerarvutused, puude asendiskeemid ja kaardid, mis on esitatud käesolevas aruandes.
8. Hinnati kordusmõõtmisele kuulunud proovitükkidel pärast viimast mõõtmist väljalangenud puude suremise põhjusi vastavalt punktis 1.8 esitatud meetodikale.
9. Teostati mullainventuur vastavalt välja töötatud meetodikale.

10. Teostati alustaimestiku inventuur vastavalt välja töötatud metoodikale.
11. Metsandusliku modelleerimise infosüsteemi (ForMIS) sisestati või ühildati KKPRT andmebaas nii, et kõik mõõtmisandmed asuvad infosüsteemis (<http://formis.emu.ee/sampplot/>).
12. Viidi läbi esmane andmeanalüüs, otsiti seoseid puistu, taimestiku ning mullastiku vahel.
13. Uuriti maakasutuse muutuseid proovitükkidel.
14. Hinnati puistu tervist resistograafia ning uuriti kasvavate puude kahjustusi.
15. Hinnati metsaökosüsteemi taastumist taasmetsastatud proovitükkidel.

EMÜ metsakorralduse osakonnas loodud Eestit kattev metsa kasvukäigu püsiproovitükkide võrgustik koosneb praegu 714 proovitükist, laiendatud võrgustik koosneb 859 proovitükist, kuhu kuuluvad ka teistel eesmärkidel rajatud proovitükid või katsealad, kus on kasutatud puistuinventuuril KKPRT võrgustiku metoodikat.

Järgnevalt oleks antud valdkonnas vaja teha järgmist

1. Kõige olulisemaks ülesandeks metsa kasvukäigu püsiproovitükkide võrgustiku juures on kindlustada proovitükkide **regulaarne kordusmõõtmine** 5 aastase intervalli järel. Ainult sellisel juhul saame teada informatsiooni puude juurdekasvu ja väljalangevuse kohta, mis on vajalikud puistu kasvumudelite kohta. Juhul, kui järgneval paari aastakümne jooksul ei õnnestu proovitükke kordusmõõdeti, osutub proovitükkide võrgustik ja seni tehtud töö puistu kasvukäigu modelleerimise seisukohalt praktiliselt kasutuks.
2. Kogutud proovitükkide andmestikku saab kasutada **Eesti puistu ehituse seaduspärasuste uurimiseks**: puude diameetri jaotusseadused, kõrguskõverate mudelid, puude võra mudelid, kliima dendroskaalade uuendamine, puudevahelised konkurentsindexid ja puude paiknemise mudelid jms. Need teemad on praegu EMÜ metsakorralduse osakonnas üheks tähtsamaks uurimisvaldkonnaks.
3. Tuleks jätkata kasvukäigu püsiproovitükkide eralduste **ajaloo** uurimist. Koostöös Riigimetsa Majandamise Keskusega on alustatud juba RMK arhiividest varasemate andmete ja tegevuste otsimine: metsapõlvkonna takseerkirjeldus, lageraieaasta, uuenemisviis, hooldusraied ja muud metsamajanduslikud tööd, vahepealsete aastate takseerkirjeldused. See töö on sobiv metsandustudengitele ülesandena metskonnas menetluspraktika raames.

4. Kasvukäigu püsiproovitükkide võrgustikku tuleks kasutada täiendavate uurimisteede algatamiseks, näiteks puude tüvemoodustaja mudeli koostamiseks, puude võrade uurimiseks ja ortofotode rakendamiseks vajalike mudelite loomiseks jne.
5. Üha enam tähelepanu tuleb pöörata proovitükkide mõõtmiste kvaliteedile. Proovitükki-
del tehtud mõõtmisvigu analüüsis põhjalikult Maris Hordo, kes kaitses 2004. a. magistri-
töö teemal "Erindite diagnostika puistu kasvukäigu püsiproovitükkide andmeil".
6. Mõõtmiste kvaliteedi parandamiseks töötada välja tahvelarvutitele andmesisestussüs-
teem, mis võimaldab metsas mõõtmiste käigus koheselt tuvastada võimalikud vead ja
erandid.
7. Tuleb jätkata proovitükkide kasvukohtade kirjeldamistega nii, et lõpuks oleksid kõikidel
proovitükkidel teostatud mulla- ning alustaimestikuinventuur.
8. Tuleb jätkata puistu tervisliku seisundi uurimist, kasutades selleks resistograafi ning
laiendada uurimust puu mädanikku põhjustajate identifitseerimisega (liigilise määrami-
sega).
9. Tuleb jätkata kaugseiremeetodite rakendamist puistu mõõtmistel.