

Statistilise metsainventuuri hetkeseis ja võimalused metsanduslikus
andmehõives Eestis

Mait Lang

Eesti Maaülikool
Metsandus- ja maachitusinstituut

Tartu 2010

Sisukord

Sissejuhatus.....	3
Ülevaade	4
Eesti SMI valikudisain ning tulemuste üldistamine.....	4
Metsamaa pindala/osakaalu hinnangud	7
Tüvepuidu kogumaht ja keskmine tüvemaht hektari kohta.....	8
Juurdekasvu, vanuse, täiuse, kõrguse ja boniteedi hinnangud.....	10
Raied.....	13
Mõõtmismetoodika.....	15
Veahinnangud.....	16
Andmebaas.....	21
Järeldused ja ettepanekud.....	22
Üldiselt.....	22
Mõned detailid.....	22
Kokkuvõte.....	23
Viited.....	24

Sissejuhatus

Metsad on olnud ja arvatavasti jäävad veel pikaks ajaks oluliseks tooraineallikaks inimestele ning samal ajal asendamatuks elukeskkonnaks paljudele liikidele. Metsade mõjust globaalsele ja lokaalsele kliimale ning kliima muutuste mõjust metsadele on räägitakse järjest rohkem aga siiski on paljude protsesside põhjused, käik ja ka lõpptulemus raskesti ennustatavad teadmiste vähesuse tõttu. Ülevaade metsaressursi olemist on olnud strateegilise tähtsusega juba aegadest, mil sõjalaevade ehitamiseks oli tarvis kindla kvaliteediga puitu või oli tarvis põletada puidust sütt rauasulatusahjudele või edaspidi juba kasvas vajadus saetud ehitusmaterjali järele. Enamasti hoolitses iga metsaomanik ise, et tal oleks oma metsadest ülevaade ning tellis vajadusel metsa kohta andmete kogumise ning kaartide valmistamise ja majandamisplaanide koostamise.

Riigi tasemel metsa ja metsamajandusega seotud strateegiliste otsuste tegemiseks (näiteks metsapoliitika, regulatsioonide ja seaduste väljatöötamiseks, majanduslike otsuste langetamiseks) oli siiski tarvis ühtsetel alustel saadud hinnanguid, mida sai üldistada kas kogu riigi või mingi piirkonna tasemel. Oma aja kohta üsna eesrindliku lahenduse võttis 1920ndatel aastatel kasutusele Rootsi, kus rajati üleriigiline proovialade võrk, mis võimaldas saada statistilisele meetodile põhinevaid hinnanguid peamiselt maakateooriate (metsamaa, põld, heinamaad jne) jagunemisest, metsade kogutagavara, liigilise koosseisu, puidukasutuse ning kordusmõõtmistel ka juurdekasvu kohta. Loomulikult oli meetodika kohandatud tolleaegsetele võimalustele ning optimeeritud (tehtud kompromiss) nii tööjõu kui saadavate hinnangute täpsuse osas.

Riikides, kus seesugune vaatlusvõrgul põhinev statistilisi meetodeid kasutav metsainventuur (SMI) kasutusele võeti, selgus üsna pea, et sellisel viisil kogutavad on väga väärtuslik materjal metsanduslike (peamiselt kasvu)mudelite väljatöötamiseks ja arendamiseks. Täpselt sama ala (proovitüki) kordusmõõtmised ehk aegrida on oluliselt väärtuslikumad kui ajutiselt mingit vanuserida esindavatest puistutest kogutud ühekordsed andmed. Ka muutuste hinnangute vead vähenevad püsiproovitükkide kasutamisel oluliselt ning näiteks Rootsis võeti ajutiste proovitükkide kõrval 1983. aastal kasutusele püsiproovitükid (Hägglund 1985). Ilmselgelt jäi põhiliseks eesmärgiks riigi tasemel statistiliste hinnangute saamine metsade olemi kohta ja seetõttu on suurte inventeerimissüsteemide inertist tulenevalt proovitükid neis tavaliselt väiksemad võrreldes metsa kasvu analüüsiks rajatavatel proovialadega. Siiski on üsna selge, et tänapäevaste probleemide, arvutusvõimsuste ja andmekogumismeetodite juures muutuvad üha olulisemaks usaldusväärsed mudelid.

Algselt nii-öelda valge laigu iseloomustamiseks väga hästi sobinud statistiline valikudisain hakkas ajale jalgu jääma juba 1960ndatel aastatel, kui oli saanud infrapunase (värvilise) analoogaerofotograafia tippaeg ruumiliste andmete kogumisel. Aerofotod sisaldasid ruumilist infot, mida sai kasutada hinnangute täpsustamiseks ning näiteks maakasutuse analüüsis omas aerofoto proovitükkidelt arvatud keskmise hinnangu ees olulisi eeliseid. Töötati välja ka valikuskeeme, mis vähendasid välitööde vajadust ning võimaldasid saada täpsemaid/väiksemate kulutustega hinnanguid olulisemal aladel (kihtvalik), aga vanades inertsetes süsteemides need üldiselt kasutust ei leidnud. Suurem murrang saabus 1990ndate aastate algul kui raalide arvutusvõimsus oli piisav digitaalsete satelliidipiltide masstöötlamiseks ning siis kohandati SMI ja digitaalse pildiinfo koosanalüüsiks praeguseks laialt levinud k-lähima naabri (k-nearest neighbours, kNN) meetod. kNN meetod ei nõudnud olulisi muudatusi olemasolevates meetodikates ning võeti just Skandinaavias kiiresti kasutusele.

Üleilmastumisest ei pääse tulevikus ka SMI. Juba praegu on FAO (*Food and Agriculture Organization of the United Nations*) initsiatiivil käimas globaalse metsaressursi hindamine FRA2010 (FAO, 2009), mille käigus töötatakse välja ja testitakse lisaks riikide saadetavatele kokkuvõtetele sõltumatut kaugseirel põhinevat meetodikat, kus vaatlusaladeks on üksteisest ühe kraadi kaugusel olevatel 10x10 km vaatlusalad, mille kohta koostatakse kaartide ja hinnangute aegread alates 1970ndate aastate algusest kasutades Landsat MSS, TM ja ETM+ arhiivipilte ning täpsustuseks kohalikke andmeid.

Eestis tehti katseid valikmeetoditel tuginevate metsainventuuriga aastatel 1992, 1996 ja 1997 (Kohava 2001). 1999. aastast alates on andmete kogumiseks kasutusel meetodika, mille OÜ Eesti Metsakorralduskeskus võttis mõningaste kohandustega üle Rootsist (Kohava 2000, 2001). Seega on andmeid kogutud juba 10 aastat ning 1999. aastal rajatud proovitükid mõõdeti sel aastal (2009) üle kolmandat korda (kasutuses on 5 aastane intervall (Kohava 2000)), mis on väga huvitav materjal tagasivaateks näiteks metsade juurdekasvu hinnangute osas.

Käesoleva ülevaate eesmärk on analüüsida Eestis kasutatavat statistilise metsainventuuri meetodikat, näidata võimalusi probleemide lahendamiseks ning pakkuda välja arenguvõimalusi. Kindlasti ei ole ülevaade ammendav, vaid pigem keskendutakse u. 10 aastat tagasi SMI-le Eestis seatud eesmärkide saavutatusele ning tulevikuväljavaadetele. Tööd raskendas oluliselt kinnitatud avaliku dokumendina kättesaadava Eesti SMI meetodika puudumine. Analüüsis on kasutatud avaldatud fragmente aastaraamatutest, brošüüridest, seminaridelt, käsikirjalistest materjalidest, Eesti Maaülikooli kasutada olevatest välimõõtmisandmed ajavahemikust 2003 - 2007 (tabelis klupp väljas D_13old, mis on puu rinnasdiameeter eelmisel mõõtmiskorral, on väärtused väljad täidetud alates 2004. aasta mõõtmistest, ja seega on tabelis eeldatavalt puude andmed alates 1999. mõõtmistest) ning välitööde meetodikat. Ilmnunud problemaatilistest aspektidest on teavitatud ka Eesti SMI meeskonda, kes kahetsusväärsetel vaid kahes isikus on pidanud organiseerima välitöid, tegelema andmetöötusega, arendama SMI meetodikat ning tarkvara st. tegelema sellega, milleks teistes riikides on terved instituudid.

Siinkohal tuleb veel märkida, et käesolev tekst on Eesti metsandusliku statistika kohta järelduste tegemiseks sobilik neile, kel on piisav ettevalmistus metsa mõõtmises, matemaatilises statistikas, andmetöötuses ning ülevaade seostest metsanduslike tunnuste ruumis. Teistele julgeb autor soovitada kommenteeritud aastaraamatut Mets - see on usaldusväärne allikas.

Ülevaade

Eesti SMI valikudisain ning tulemuste üldistamine

Eesti SMI põhineb kobaratesse (traktidesse) koondatud ringproovitükkidel, mis on süstemaatilise skeemi järgi üle uuritava ala paigutatud. Umbes pooled traktidest on püsivaatlusalad ning pooled on ajutised vaatlusalad. Proovitükkide ja traktide arv aastas on valitud selliselt, et tekiks viie aastane kordusintervall - st. 1999. aastal mõõdetud püsiproovitükid mõõdetakse üle aastal 2004, 2009 jne. Traktid on ristkülikukujulised. Algselt olid ajutised traktide suuruseks 800x1200m ja alaliste traktide suuruseks 800x800m, alates 2004 aastast on ajutised ja alalised traktid sama suurused (Kohava 2000; Adermann 2006a). Ajutisete ja alaliste proovitükkide arvu suhe on 1,25/1

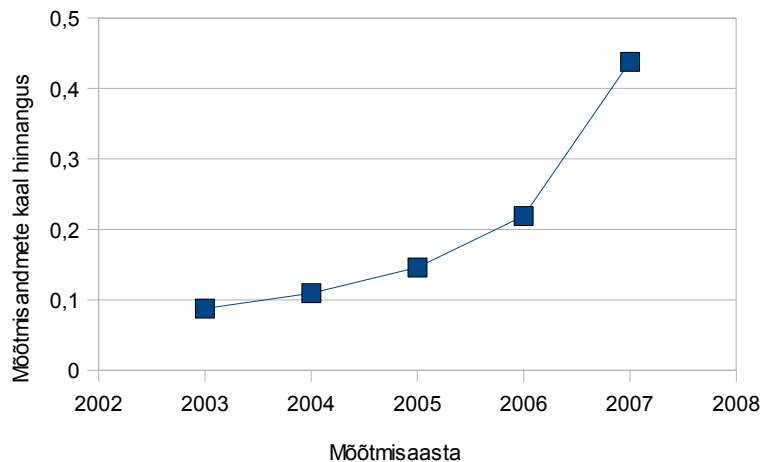
(Adermann 2006a). Disain on teoreetiliselt isekaaluv - st. nähtustel ja objektidel on teoreetiliselt, kui nähtused või objektid on uuritava alal ühtlaselt jagunenud, oma esindatusega võrdeline võimalus valimisse sattuda.

Proovitükid jagunevad tüübilt tagavara- (ajutised raadiusega 7m ja alalised raadiusega 10m), kasvukoha- ja raie/uuenemisproovitükkideks. Loomulikult kogutakse kasvukoha ja uuendamise ning raie andmeid ka tagavaraproovitükkidel (Adermann 2006a, 2006b). Tagavara proovitükkide vahekaugus traktis on 400 m, kasvukohaproovitükkide vahekaugus 200m ning raie/uuenemisproovitükkide vahekaugus on 100m (Adermann, 2006b).

Üsna suvaliselt on kasutusel ajutiste ning alaliste proovitükkide arvu vahekord (1,25/1) ning üheski Eesti kohta avaldatud SMI-d puudutavas trükises ei ole põhjendust sellele suhtearvule. Esitatakse ainult väide, et vaid püsivaatlusalasid kasutades ei saaks me infot uute metsaeraldiste kohta (Kohava 2000). Kas siis näiteks endisele metsastuvale heinamaale sattunud püsitrakti vaatluspunkt ei anna infot uue metsaeraldise tekke kohta? On üsna selge, et kui kasutaksime vaid püsivaatlusalasid ning meid huvitavad objektid või nähtused ning nende muutused on mingi püsivaatlusvõrgu suhtes ebasoodsas süstemaatilises rütmis/paigutuses, siis saame pidevalt nihutatud hinnanguid.

Hetkeseisundi hindamisel pole vahet, kas kasutada püsialasid või ajutisi vaatlusi. Teisalt kahaneb ajutistelt aladelt kogutava info väärtus aja möödudes väga kiiresti, aga püsivaatlusalade väärtus aja jooksul kasvab. Püsivaatlusalad võimaldavad näiteks muutusi hinnata oluliselt väiksema veaga. Seetõttu võeti ka Rootsis juba 1983. aastal kasutusele püsiproovitükid (Hägglund 1985). Oluline erinevus püsivaatlusalala ning ajutise vaatlusalala rajamisel on hind püsiala kahjuks. Samas on tegu n-ö pikaajalise investeeringuga, mis hakkab kasu tooma alles järgmisel mõõtmiskorral - Eestis seega viie aasta pärast. Siiski pole mõttekas ühekordsete vaatlusalade võimalust meetodikast täiesti välja jätta, kuna kaugseire kaasamisel ka Eesti SMI metoodikasse, nii nagu on seda tehtud mujal, võib osutada vajalikuks reserveerida teatud ressursid püsialade ning piltide põhjal saadud tulemuste kontrollimiseks.

Hetkel pole tehtud ning avaldatud ühtki teaduslikku uuringut, kus ammendavalt analüüsitaks kasutatava proovitükkide paigutusskeemi sobivust Eesti maastikumustrile. Kohava (2000) väidab vaid, et üldiselt sobib Rootsi keskosa traktiskeem Eesti jaoks. Seevastu on eremiitprofessor Artur Nilson 2001. aastal juhtinud tähelepanu vajadusele selgitada välja traktisese korrelatsiooni mõju ning töötada välja meetodika selle arvestamiseks veahinnangutes (Nilson 2001). Traktide paigutusskeemist (traktid asuvad kindla intervalli järel 117 kraadise asimuudiga joontel) järjestikustel mõõtmisaastatel tuleneva mõju uuringuid metsamaa hinnangule, arvestades metsade, soode, suurte veekogude ning põllumajanduslike alade teatud klasterdatud/süstemaatilist paiknemist Eestis, ei ole samuti avaldatud. Samas on maastikuelementide klasterdatus Eestis ilmne ja näitena saab siin tuua suuremad metsamassiivid Alutagusel, Pärnumaal, Vahe-Eesti metsamassiivi, Soomaa suured soolad, põllumajanduspiirkonnad Kesk-Eestis ning Võrtsjärve.



Joonis 1: SMI aastased koondhinnangud saadakse viie mõõtmisaasta kaalutud keskmisena. Joonisel on näitena 2007. aasta hinnangute arvutamisel kasutatud kaalud. Kaalud on normeeritud st. nende summa =1.

Üksikute aastate mõõtmisandmete põhjal tehtud kokkuvõtete avaldamine on SMI taoliste uuringute puhul pigem erandjuhus. Samas käivitati Eestis 1999. aastal SMI lootuses ainult proovitükkidel tehtud vaatlustele tuginedes täita lünk (peamiselt riigi infotehnoloogilise/metoodilise suutmatuse tõttu) metsanduses tekkinud iga-aastases raiete ülevaate statistikas. Aastaste raiutud pindala ja mahu hinnangute suured suhtelised vead (30-50%) ainuüksi riigi tasemel ei näitasid SMI sobimatust taolisteks uuringuteks.

Hinnangute vead on seotud vaatluste arvuga pöördvõrdeliselt - vaatluste arvu kasvades hinnangute viga väheneb. Samas seab igaaastasele vaatluste (proovitükkide) arvule üsna kindla piiri välitöödeks kasutada olev meeskondade arv ning rahalised vahendid. Seetõttu arvutatakse Eesti SMI-s koondhinnangud mitme aasta mõõtmisandmete põhjal ning selleks, et viimase mõõtmisaasta (värskete) andmete mõju oleks suurem, kasutatakse kaalutud keskmisi hinnanguid. Eesti SMI-s kasutatavad kaalud viimase viie aasta mõõtmisandmete üldistamiseks on toodud Joonisel 1 Adermann (2006a) järgi.

Pole teada, millistele tunnustele täpselt andmete vananemise kompenseerimise kaalumist rakendatakse (v.a. raied (Adermann 2006a)). Pole avaldatud (avalikult kätte saadavaid) uurimusi, mis selgitaks, kuidas selliselt kasutatavad kaalud sobivad ühetaoliselt kõikidele hinnatavatele tunnustele - st. kirjeldavad hästi tunnuste väärtuste muutumist ajas viie aasta jooksul Eesti tingimustes. Näiteks tormikahjustuste vms. mõnikord suurtel aladel korraga aga harva tekkivate nähtuste pindala hinnang viie aasta keskmisena on oluliselt erinev sõltuvalt sellest, kas aastate kaalud on võrdsed või erinevad. Samuti on vähetõenäoline, et näiteks kasvupaiga tüübi (mulla) omadused mingil proovitükil muutuks oluliselt viie aastaga, kui tegemist ei ole just üleujutuse, põlenguga või raie käigus täiesti lõhutud mullaga. Pealegi on Eestis olemas digitaalne 1:10000 mõõtkavas mullakaart, mis annab ka lokaalselt võimaluse suvalise puistu kasvupaiga tüüpi hinnata. SMI punktvaatlused saavad olla vaid mullakaardi pisteliseks kontrolliks, kui välisalkadesse on kaasatud vastava väljaõppega spetsialist.

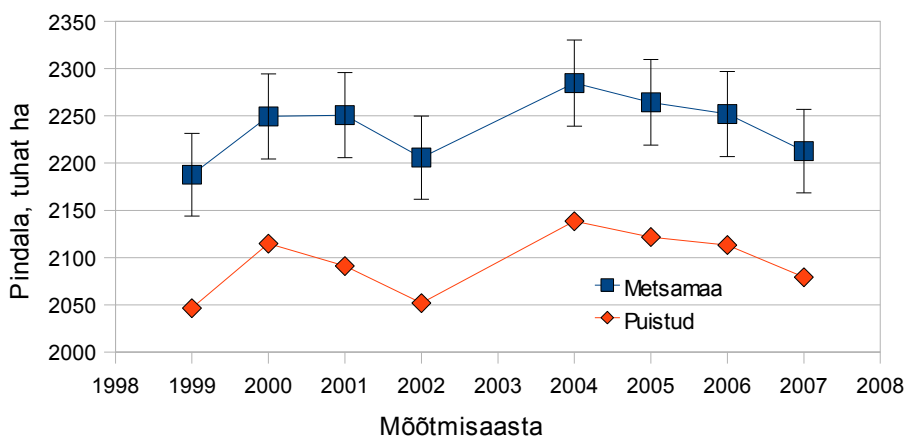
Tegelikult on kokkuvõtete tegemisel kaalude rakendamise probleem pigem kokkuvõtete tellijast

tulenev, sest tuleb otsustada, kas vajatakse viimase aasta ülevaadet, millest kostab osade tunnuste puhul eelmiste aastate kaja või hoopis mingi perioodi (näiteks viie aasta) keskmist hinnangut. Vastavalt sellele kohandatakse ka üldistatud hinnangute arvutamise eeskirjad.

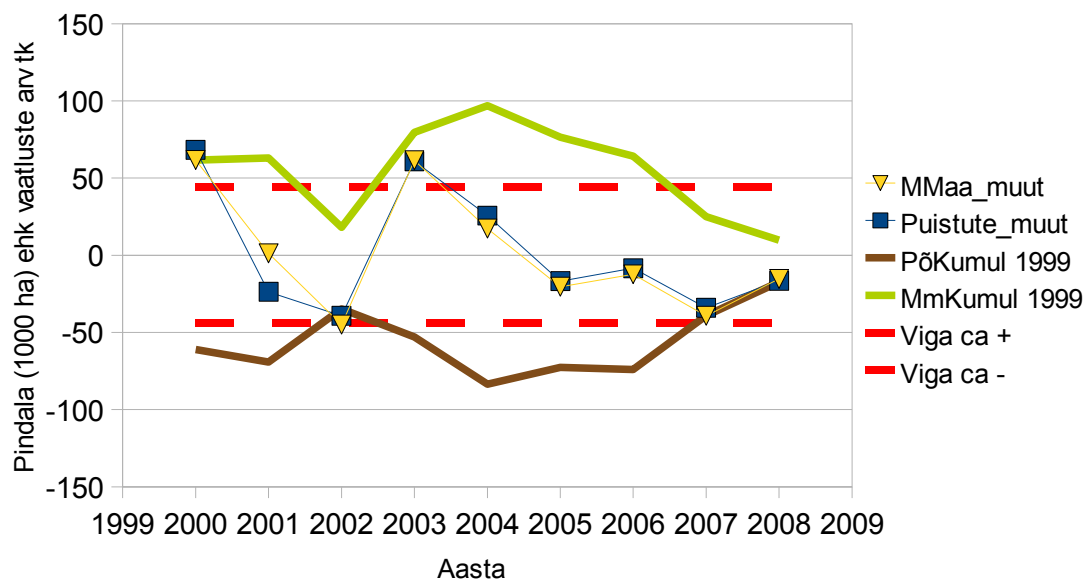
Metsamaa pindala/osakaalu hinnangud

Paljude tunnuste üldistamisel Eesti kohta on arvutustes ühe komponendina sees metsamaa osakaal kogu uuritava ala pindalast. Metsasus on ka ise üks hinnatav ning oluline raporteeritav tunnus. Üldiselt võib eeldada, et kui ei toimu suuri katastroofe, siis on aastate võrdluses sees mingi üldine trend. Eesti SMI metsasuse hinnangute juhuslikkusest tulenev teoreetiline valimiviga on ca. 2%, ehk 40000 ha. Metsasuse (metsamaa ja metsaga metsamaa) hinnang saadakse lihtsa suhtarvuna metsamaale sattunud ning kogu vaatluste arvust. Praeguse SMI võrgustiku skeemi kohaselt saadakse korrektsed hinnangud, kui uuritavad nähtused paiknevad üksikute vaatluskohtade suhtes juhuslikult. Kuna proovitükid on paigutatud suhteliselt väikesel alal paiknevatesse kobaratesse (traktidesse), siis võib kobarate mõõtmest suurema klasterdatusega nähtuste puhul tekkida olukord, kus terve trakt(id) satub/satuvad ühte massiivi. Eestis võib see probleem olla täiesti arvestatav ning selle ilminguks võib olla süstemaatiline hinnangu muutumine aastate lõikes.

Vaadates ajavahemikul 1999-2007 saadud hinnanguid metsasuse kohta (Joonis 2) Eestis, paistab silma teatud regulaarsus hinnangute muutustes (Kohava 2000, 2001; Viilup 2002; Adermann 2003, 2005, 2006a, 2007, 2008). Aastate 1999, 2002 ning 2007 hinnangud on väiksemad ning ajavahemikku 2004-2007 iseloomustab pidev metsasuse kahanemise trend, kusjuures hinnangute usalduspiire arvestades võib 2004. ning 2007. aasta erinevuse peaaegu oluliseks nimetada (metsamaa kahanemine ca 40000 ha võrra). Kuna 2008. ja 2009 aasta tulemusi ei ole avaldatud, siis võib sellise trendi olemasolu statistiline kinnitus olla võibolla eksitav. Sellise trendi põhjusteks võib olla maastikumustri ning selle komponentide uurimiseks kasutatava proovipunktide paiknemise sobimatus, sest üldiselt teadaolevalt on Eestis hetkel pigem prevaleeriv pidev metsasuse kasv. Siiski, kui vahepeal söötis olnud põllumaid uuesti Euroliidu toel on harima hakatud, siis võib selline trend olla ka reaalne (Joonis 3). Kahjuks jääb praeguse SMI meetoodika ja andmehõive puhul see küsimus usaldusväärse vastuseta, sest muutusi iseloomustav väike proovitükkide arv (20-50) ei võimalda enamasti statistiliselt usaldusväärset otsust (Joonis 3).



Joonis 2: Metsamaa ja puistute pindala hinnangud SMI kokkuvõtete järgi. Metsamaa keskmistele on lisatud 2% usalduspiirid, mis vastavad hinnangute vigadele (ca 40 000 ha).



Joonis 3: Põllumaa ja metsamaa kategooriate pindalade muutumine. Mmaa_muut ja Puistute_muut on metsamaa pindala või puistute pindala muutus eelmise aastaga võrreldes. PõKumul 1999 ja MmKumul 1999 on alates 1999. aastast järjest summeeritud muutused. Jäme horisontaalne katkendjoond tähistab metsamaa kategooria vaatluste arvust lähtuvaid veapiire.

Tegelikult ei ole tarvis korraldada kalleid välimõõtmisi maastikumustrile sobiva proovialade skeemi väljatöötamiseks, sest Eestis on olemas 1:10000 digitaalsed põhikaart, mullakaart ning palju muud juba olemasolevat materjali, mille järgi sobiva proovialade paiknemise skeemi saab välja töötada või siis testida praegust ruumianalüüsi vahenditega. Tänapäevane arvutusvõimsus käib nendest andmehulkadest lihtsalt üle.

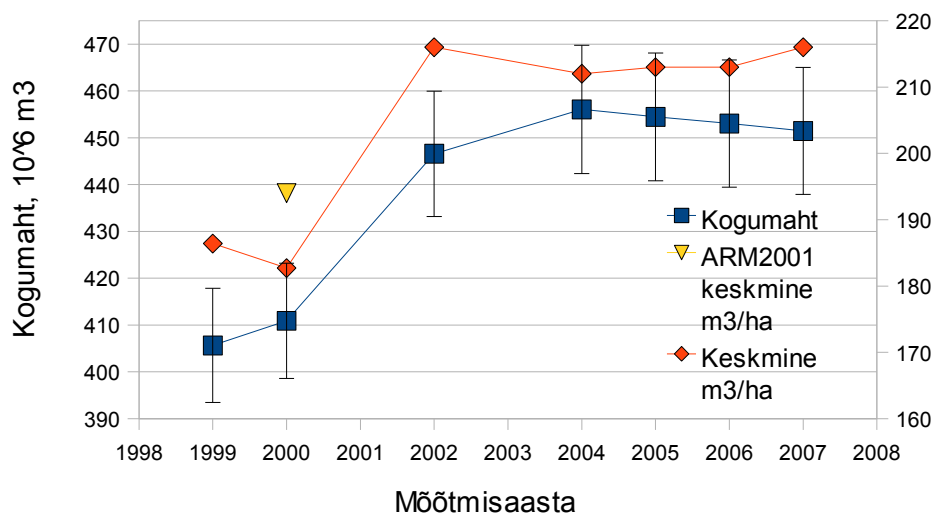
Üsna selge on ka, et tänapäevaste kaugseire pakutavate võimaluste - digitaalsed aerofotod, satelliidipildid (näiteks Landsat TM ja ETM+ ülesvõtted on vabalt alla laaditavad) puhul ei ole mingit mõtet kasutada ca. 100 a vanust valge laigu kaardistamise meetodikat maakasutuse hindamiseks. Kasutades näiteks proovitükkide klastreid, mis meetodika järgi esindavad igatüki ühte 5x5 km kaardiruutu (Kohava, 2000), niinimetatud pilditõlgenduse ala tsentrina, oleks võimalik saada oluliselt stabiilsemad hinnangud (Gillis, 2002).

Tüvepuidu kogumaht ja keskmine tüvemaht hektari kohta

Järgmine tunnus, mis metsa puhul kindlasti huvi pakub, on puidu kogumaht. Puidu mahu määramiseks on vaja üldiselt teada metsade pindala ning ühe pinnaühiku kohta keskmist tüvepuidu hulka ($m^3 ha^{-1}$). Olenemata mahu üldistamise viisist kogu alale proovitükkide mõõtmisandmetest tuleb arvestada võimalike vigadega pindala määramisega ja proovitüki/puu tasemel mahu arvutamises. Proovitükil olev puidu maht saadakse üksikpuude mahu summana. Puu maht arvutatakse metsas mõõdetud rinnasdiameetri ning mudelpuude põhjal saadud kõrguste kõveralt hinnatud puu kõrguse järgi mahuvalemi abil. Arvestusest jäävad välja keskealistes ja vanemates puistutes alla 4 cm rinnasdiameetriga peenpuud. Alla 8cm rinnasdiameetriga puid klupitakse alalistel proovitükkidel 5m raadiusega 90 kraadises sektoris ning ajutistel proovialadel 3,5m raadiusega siseringsis

(Adermann 2006b).

Vaadates SMI põhjal saadud puidu kogumahu hinnanguid (Joonis 4) (Kohava 2000, 2001; Viilup 2002; Adermann 2003, 2005, 2006a, 2007, 2008) ilmneb, et 1999 ning 2000. aasta hinnangud on statistiliselt oluliselt väiksemad (ca 410 milj m³) järgmiste aastate hinnangutest, mis jäävad 450 milj m³ lähedale ning enam üksteisest oluliselt ei erine. Siiski kajastub juba metsasuse hinnangutes olnud kahanev (usalduspiire arvestades mitteoluline) trend ka mahu määrangutes ajavahemikus 2004-2007. Kõrvutades kogumahu hinnangut keskmisega hektari kohta selgub, et ajavahemikul 2004-2007 on keskmine hektaritagavara pigem kasvav. Väga oluline on avaldatud tulemuste põhjal jälgida, kas hinnang on antud kogu metsamaa või ainult puistute (metsaga metsamaa) kohta (Joonis 4). Näiteks annab Viilup (2002) aastaraamatus Mets metsade keskmise hektaritagavara sama, mis on Kohava (2000) toodud puistute keskmine.



Joonis 4: Puidu kogumahu ja keskmise tüvemahu hektaril hinnangud. Kogumahu hinnangutele on lisatud 3% veapiirid, mis vastavad avaldatutele. 2000. aasta keskmise tüvemahu osas erinevad Kohava (2000) ja Viilup (2002) -ARM2001, kuna Kohava (2000) on kogu metsamaa kohta, Viilup (2002) ainult puistute kohta.

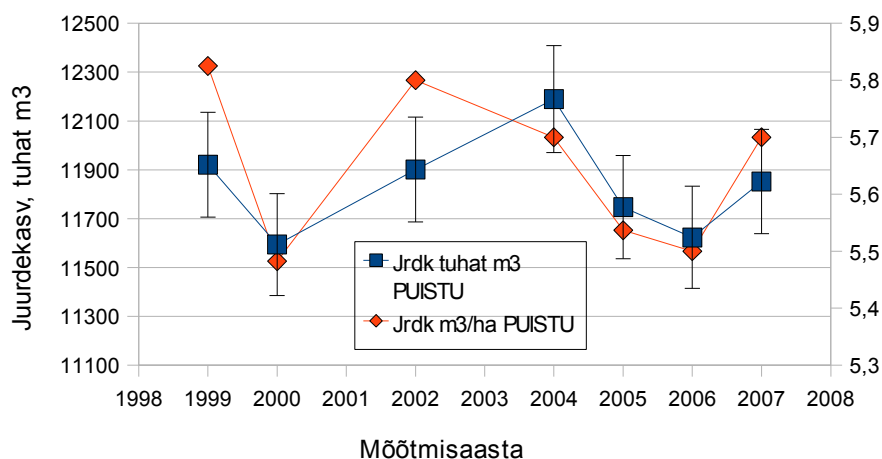
SMI 1999 ja 2000 aasta proovitükkidelt kogumahu hinnangute saamiseks rakendati ebaõnnestunud meetodikat proovitüki tsentri mittejuhuslikkusest (proovitükki keskpunkti ei saa üldiselt puu sisse paigutada) tuleneva väikestel proovitükkidel puude pigem grupeerunud paigutuse tõttu tekkiva mahu ülehinnangu korrigeerimist (Nilson 2001). Ning seetõttu olid 1999 ja 2001 aasta väliandmete põhjal avaldatud hinnangud ca 10% väiksemad alates 2004. aastast avaldatud hinnangutest.

Oletagem, et 2004-2007 aasta SMI kogumahu hinnangus on kahanev trend ning hektari keskmise mahu hinnangutes on kasvav trend. Kuigi mahu trendi usalduspiiride väga suure kattuvuse tõttu statistiliselt tõestada pole võimalik ning kindlasti oleks seeriat tarvis täiendada ka 2008 ning 2009. aasta tulemustega. Seevastu metsamaa hinnangute kahanevat trendi 2004 ja 2007. aasta võrdluses õnnestub peaaegu metsanduslikus statistikas tavapärase 95%-lise usaldusnivoo juures tõestada. Eeltoodut aluseks võttes võiks arvata, et kahaneb just noorte ja väiksema tüvemahuga puistute osakaal. See aga ei vasta arvatavasti tõele või vähemalt ei suuda SMI seda kinnitada.

Juurdekasvu, vanuse, täiuse, kõrguse ja boniteedi hinnangud

Fotosünteesi käigus vegetatsiooniperioodi jooksul seotud süsinik ladestub esmalt (puit)taimedesse ning mulda ning satub mõne aja pärast osaliselt süsinikuringesse tagasi läbi lagunemisprotsesside. See osa süsinikust, mis salvestub metsas aasta jooksul tüvepuidu mahu juurdekasvuna, pakub tänapäeval huvi mitmel põhjusel. Kindlasti on oluline puidu kui tooraine mahu juurdekasv, kuid kliimamuutuste ühe teguri CO₂ ringe osana on just metsa poolt õhust kõrvaldatud süsiniku hulk eriti oluline. Puidu juurdekasvu hinnang on vajalik ka metsakasutuse mahu planeerimiseks. Juurdekasvu saab hinnata puursüdamikelt, proovialade kordusmõõtmiste põhjal või mudeli abil.

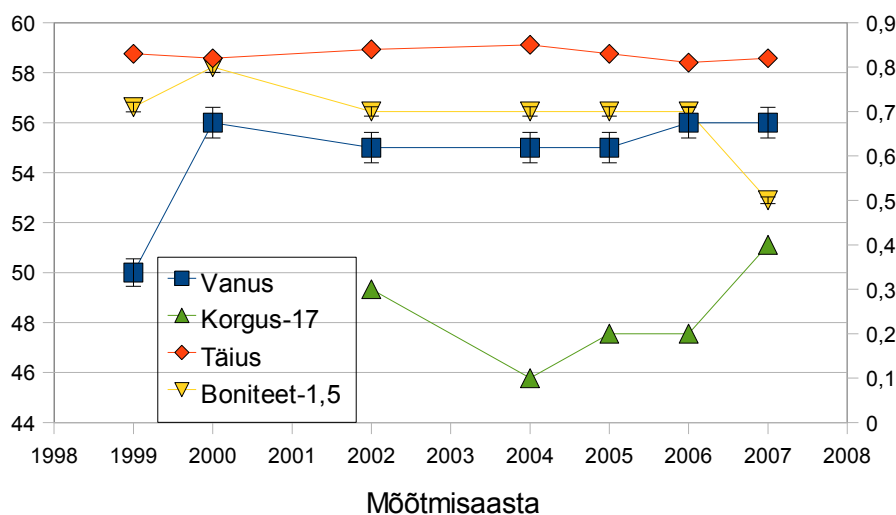
SMI põhjal saadud hinnanguna on Eesti metsades tüvepuidu juurdekasv aastas ca 11,5 - 12,1 miljonit kuupmeetrit (Joonis 5), kuid aastast aastasse on variatsioon suhteliselt suur ning 2004. aasta juurdekasv on ka statistiliselt oluliselt suurem 2000 ja 2006. aasta hinnangutest (Kohava 2000, 2001; Adermann 2003, 2005, 2006a, 2007, 2008). Siiski tuleb nentida, et 2004. aastast varasemad hinnangud ei ole saadud otse proovialade kordusmõõtmiste tulemusena (2004. aastal mõõdeti üle 1999 rajatud püsialad), vaid on arvatud Eesti metsanduses (ka metsakorralduse juhendis) kasutatava juurdekasvu hindamise mudeliga. Kuna avaldatud SMI tulemuste kokkuvõtete kaastekstides (Adermann 2005, 2006a, 2007, 2008) ei ole näidatud, et juurdekasvu hinnangu meetodikat on muudetud, siis võib arvata, et ka 2004. aastast edasi on kasutatud vanusel, kasvupaiga viljakusel ning puistu täiusel põhinevat metsa korralduse juhendi lisan kirjeldatud mudelit (Mekor 2006).



Joonis 5: Tüvemahu juurdekasvu hinnangud puistutes (metsaga metsamaa). Kogujuurdekasvu hinnangule on lisatud 1,8% veapiirid.

Seega pakub huvi selliselt saadud juurdekasvu hinnangu aegrea variatsiooni tõlgendamisel arvutuste sisendiks olevate tunnuste muutumine, kuigi vaatluse all on Eestis hektari kohta mingil aastal juurde kasvanud puidu ja kogujuurdekasv aastas, mis võivad konkreetsel aastal olla mõjutatud ka valimisse sattunud puistute liigilisest koosseisust (kogujuurdekasv ka metsasuse hinnangust).

Mingil põhjusel on 1999. aasta hinnangutes puistud keskmiselt viis aastat nooremad järgnevates aastatest, millest edasi vanuse hinnang jääb üsna stabiilseks kõikides 55-56 aasta ümbruses (Joonis 6). Erinevus on usalduspiire arvestades kindlalt oluline. Ka keskmise boniteedi hinnang on üldiselt stabiilne ca 2,2. Vaid 2000. aasta hinnangutes on boniteet olnud veidi (aga usaldusväärselt) kehvem ning 2007 aasta märgatavalt (ja usaldusväärselt) parem (Joonis 6). Tuleb kindlasti meeles pidada, et boniteedi (kasvupaiga headuse) väärtus arvutatakse liigiomaselt puistu kõrguse ning vanuse järgi ning näiteks keskmise kõrguse hinnang kasvab 2007. aastal 20 cm (Joonis 6) võrreldes 2006. aastaga.

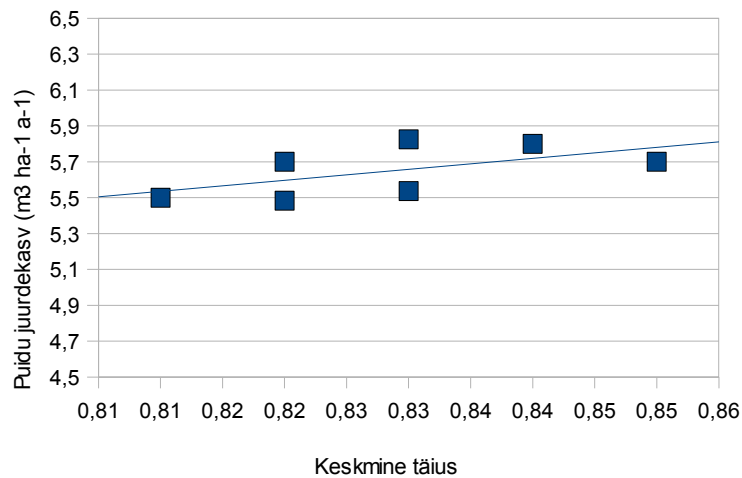


Joonis 6: Keskmise vanuse, keskmise täiuse, keskmise kõrguse ja keskmise boniteedi hinnangud. Vanuse hinnangule on lisatud 1,1% veapiirid ja boniteedile (nihutatud konstandiga -1,5 paremaks esituseks) on lisatud veapiirid 1,5% veapiirid. Kõrgus on nihutatud konstandiga -17 m.

Puude kõrguste hinnang proovitükil saadakse klassikaliselt kas kõiki puid üle mõõtes, mis on kulukas või siis mudelpuude andmete põhjal konstrueeritud rinnasdiameetri (D13) ja kõrguse (H) seose abil. SMI meetodikas kasutatakse üldistatud lähenemist, kuna igalt proovitükilt valitakse vaid 2-3 mudelpuud, millest $H=f(D13)$ leidmiseks ei piisa. Kõikidel proovitükkidel mõõdetud mudelpuud rühmitatakse puistu üldiste takseertunuste (vanus, boniteet, täius, kasvupaiga tüüp ...) järgi, mis võimaldab rühma jaoks tavaliselt $H=f(D13)$ leida, ning iga proovitüki jaoks valitakse siis vastavalt sobiva rühma kõrgusmudel. 2004. aastal võeti kasutusele veidi paindlikum kõrgusmudel, mis Adermann (2005) järgi aitaks kõrvaldada varasemalt kõrgusmudelis olnud süstemaatilist positiivset nihet (Nilson 2001).

Üsna huvitav on keskmise täiuse ning juurdekasvu paariseseos $Jrdk=0,537+6,17Täius$ ($p=0,17$), kus korrelatsioonikordaja $r=0,58$ (Joonis 7). Kuigi vaatlusi on vähe ning determinatsioonikordaja üsna väike $R^2 = 0,34$ ning mudelit saab usaldusväärselt pidada vaid 83% usaldusnivool, on saadud trend, täiuse parandit sisaldava mudeli kasutamist oletades igati loogiline. Kasutatud on ka ümardatud andmeid trükistest, mis võib hajuvust suurendada. Kindlasti oleks tarvis kaasata vaatluste hulka ka 2008. ja 2009. aasta hinnangud. Siiski võib spekuloida, et täiuse parandit kasutava tüvepuidu juurdekasvu mudeliga saadud hinnangutes on olulist müra - nimelt on SMI meetodikas kasutatavate 10 ja 7 m raadiuste pisikeste proovitükkide põhjal saadud täiuse hinnang väga ebastabiilne eriti hõredamates/vanemates/ebahühtlastes puistutes, kus proovitüki põhjal saadud

puude arvu hinnang väga varieerub või jääb vaatlusalale lihtsalt liiga vähe puid, et seda saaks klassikaliselt puistuna käsitleda.

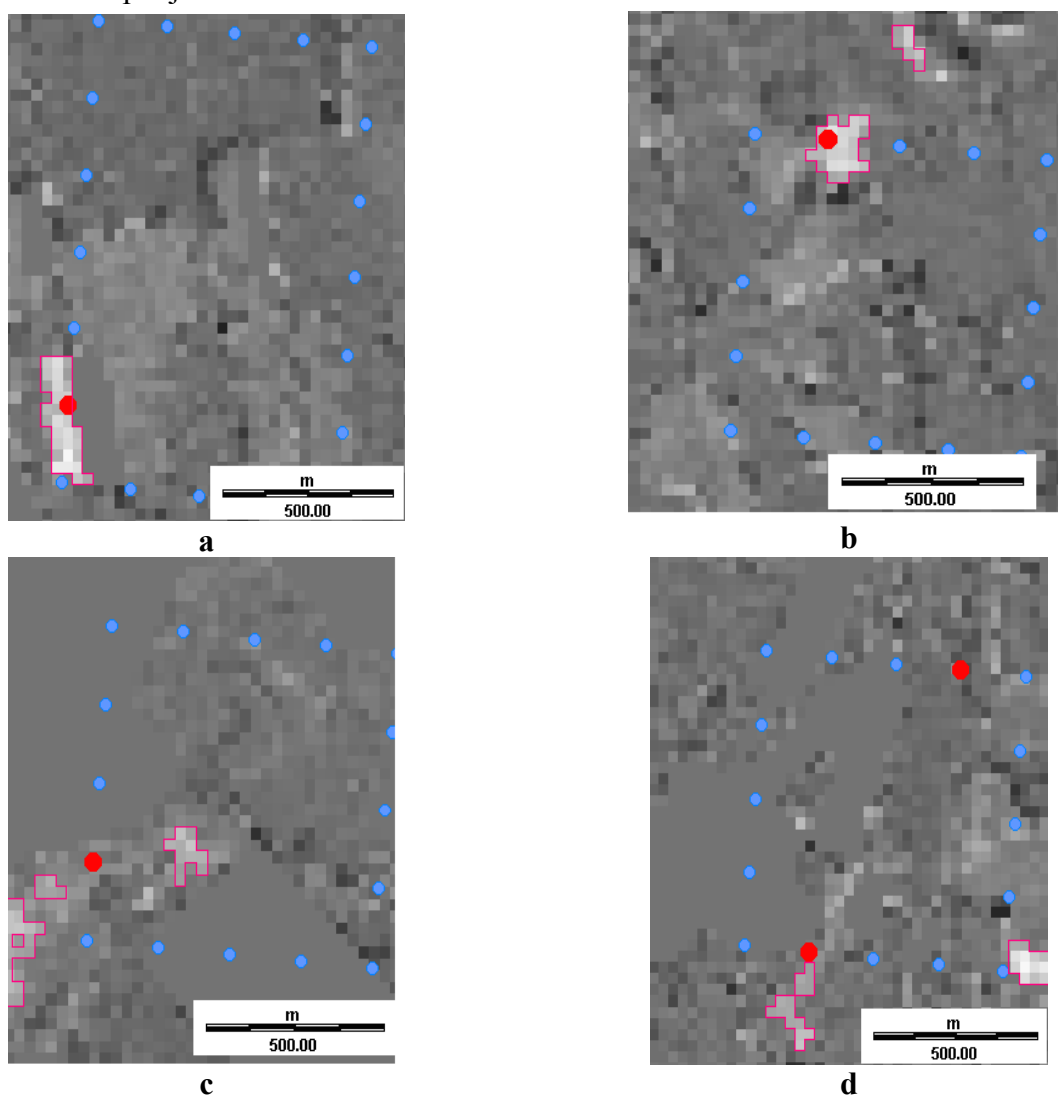


Joonis 7: Tüvepuidu aastase juurdekasvu hektaril ning puistute keskmise täiuse seos SMI kokkuvõtete põhjal. Determinatsioonikordaja $r^2=0,34$, $Jrdk=0,537+6,17Täius$ ja $p=0,17$.

Tegelikult on tüvepuidu juurdekasvu ja tüvemahu muudu, mis on juurdekasv-(väljalangenud osa +raied), hinnangutes juba ammu võimalik üle minna kordusmõõdistatud proovitükkide andmete kasutamisele. 2009. aastal alustati kolmanda mõõtmiskorraga 1999. aastal rajatud proovitükkidel ning alates 2004-2008 tehti teine mõõdistus 1999-2003 aasta proovitükkidele!

Raied

Statistilise metsainventuuri käivitamisel Eestis 1999. aastal pandi sellele väga suuri lootusi raiete seire osas. Raiete pindala ja mahu hinnangute saamine ei erine põhimõtteliselt maakasutusviiside ning kogumahu hinnangute saamisest. Probleemiks on vaid see, et raiete pindala kogu vaatlusalasest pindalast on väga väike ning hinnangud saadakse raiealadele väga väikese arvu sattunud proovitükkide järgi (Eestis tavaliselt alla 80-120, kui raiealade leidmiseks kasutatav punktide arv tervel vaatlusalal on ca 8500) (Adermann 2006a). Juba teoreetiline viga selliste suhtarvude juures küünib ca 30% raieliigiti Eestis aastas raieliikide kogupindala hinnangu keskvärtusest. Viga suureneb oluliselt vaadeldes metsaomanikke või muid alajaotusi. Seega peab näiteks tegelikkuses lageraiete pindala kahe aasta võrdluses muutuma praktiliselt poole võrra eelmise aasta pindalast, et seda SMI vaatluste põhjal usaldusväärset tõestada saaks.

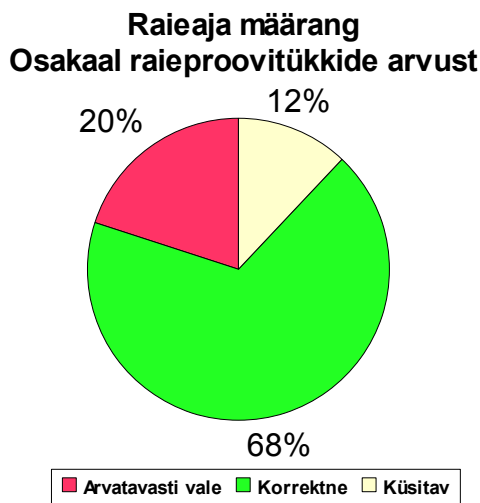


Joonis 8: SMI andmetes olevate lageraie proovitükkidega võrdlus määratud raieperioodi katva satelliidipildilt tehtud raiete kaardiga. Väikesed sinised punktid on traktis olevad proovitükid, suured punased on raiealale märgitud proovitükid, punase joonega on piiratud satelliidipildilt tuvastatud raiealad (heledad). Osajoonised **a** ja **b** näitavad kindlat kokkulangevust, **c** ning **d** võimalikku viga ning **d** lisaks kindlat viga raieperioodi määramisel.

Täiesti lootusetu on teha seesuguste vigadega hinnangute põhjal järeldusi raiete seostest liigilise koosseisu ning omandi tasandil. Loomulikult ei ole teoreetiline valimi suurusest tulenev viga raietega seonduvates hinnangutes ainuke. Näiteks Lang (2003) leidis SMI 2000. aastal välimõõtmiste andmeid satelliidipiltidelt tehtud lageraiete kaartidega (Lang jt, 2002) võrreldes, et kuni 20% juhtudest võib SMI andmetes raiehooaja määranng olla väga kahtlane (joonised 8 ja 9). Vead lisanduvad raiutud puu mahu arvutamiseks vajaliku rinnasdiameetri tuletamisel kännu läbimõõdust ning sealt edasi kõrguse hinnangus. Paratamatult jääb osa kände näiteks kokkuveoteedel oleva oksavalli alt leidmata. Kuna raieprooviaalad asuvad 100m. vahedega, siis on autokorrelatsiooni (mitu vaatluspunkti satuvad samale alale) tõttu veahinnang teoreetilisest kindlasti suurem ja seda tuleks ka arvestada.

Pole kahtlust, et välitöödel üritatakse raiehooaeg (st kas antud raieala kaasata valimisse või mitte) määrata võimalikult objektiivselt ning selleks on tehtud vastavalt treeningut. Siiski on tegemist potentsiaalse "turvaauguga", mis võimaldab hinnanguid tüürida või siis tekitab lihtsalt vea, mida pole näiteks täpsushinnangutes arvestatud. Kohava (2000) kirjutab, et SMI tegijaid on "kritiseeritud kosmosefotode mittekasutamise pärast" kuid möönab, et mõningast abi raietega seonduva osas satelliidipiltidelt siiski saaks. Näiteks Lang jt. (2006) näitavad, et satelliidipiltidelt tehtud raiete kaartide, metsateatiste ning SMI andmete põhjal loodud mudelite kooskasutus geoinfosüsteemis on väga tõhus vahend raietega seonduva problemaatika analüüsiks.

Millegipärast ei ole satelliidiülesvõtteid, ega metsaregistrit ega RMK andmebaasi, ega metsateatiste andmeid SMI analüüsi siiani Eestis kaasatud. Kui satelliitpiltide analüüsi kaasamine on ainult SMI tegijate otsustada, siis kolme järgmise puhul on vajalik nimetatud andmebaaside haldajatega kokkulepe.



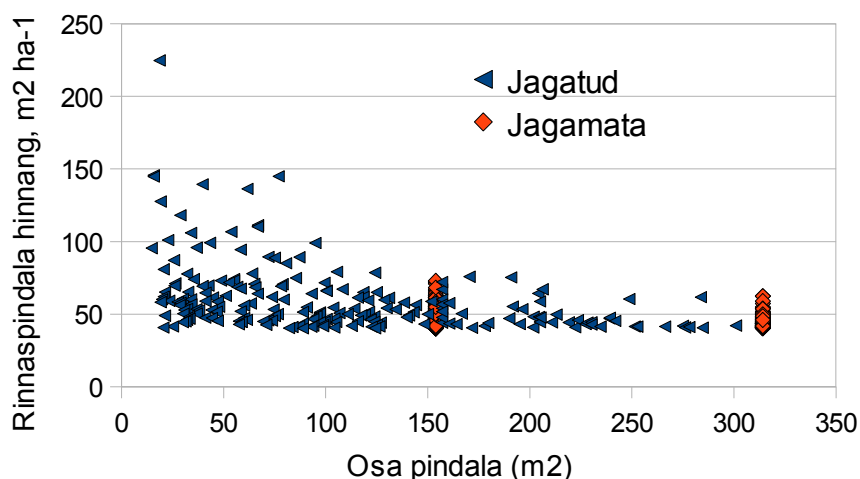
Joonis 9: SMI raiehooaja ja satelliidipiltidelt tehtud lageraie kaartide määrangu võrdlus 2000. aasta mõõtmisandmetele. On võimalik, et ca 20 % juhtudes on lageraietel raiehooaeg valesti määratud.

Mõõtmismetoodika

Välitööde tegemise metoodika tuleneb otseselt uuringu eesmärkidest, kogutavatest tunnustest ning uuritava objekti omadustest. Seega on praegune välitööde metoodika välja töötatud SMI-le seatud eesmärkidest lähtuvalt. Esmapilgul tühisena tunduvad nüansid ja lihtsustused võivad hilisemas andmetöötluse faasis tekitada komplikatsioone või nihkeid, mis avalduvad alles sama ala kordusmõõdistamisel. SMI välimõõtmisi teevad kahtlemata oma ala meistrid, kes lähtuvad selleks otstarbeks koostatud välitööde juhendist (Adermann 2006b). Välitööd on SMI üks kõige kulukamaid etappe, seetõttu tuleb kasutada võimalikult palju olemasolevat infot (aerofotod, kaardid, andmebaasid), et optimeerida kogu mõõtmisprotseduurile tehtavaid kulutusi ja suurendada saadud andmete pikaajalist kasutamisevõimalust ehk andmetest saadavat tulu. Aerofotosid kasutatakse ka Eesti SMI metoodikas näiteks maakateooriate osalisel määramisel proovitüki jaoks (Kohava 1999).

Praeguses välitööde juhendis (Adermann 2006b) on ette nähtud puude kaugused tsentrist mõõta detsimeetrites. See võimaldab piiripealsete puude puhul SEES/VÄLJAS otsuse tegemise keerukust ning lisab veavõimaluse. Kui proovitüki tsender tuleb kordusmõõtmisel taastada puudest kaugusi mõõtes, siis piiripealsete puude puhul tekib tsentri asukoha määramatusest jällegi otsustusviga, mis lõppkokkuvõttes aegridade analüüsil väljendub juhusliku veana. Oleks loogiline, et tsentri lähedal mõned puud ning proovitüki piiri suhtes kriitiliselt lähedal olevate puude kaugused mõõdetaks sentimeetrise intervalliga, et SMI andmed püsiksid kvaliteetsed.

Proovitükkide jagamine väikesteks osadeks tekitab olukorra, kus puistu rinnaspindala hinnanguks tulevad ebareaalsed väärtused. Tõesti, väga tihedates puude gruppides võib rinnaspindala hinnang hektari kohta olla puistute keskmisest oluliselt suurem, kuid väga väikeste vaatlusalade puhul muutub oluliseks mõõtmistäpsus ning tühised vead pindalas (mõned ruutmeetrid) või rinnasdiameetri või puude arvu osas tekitavad väga suure vea rinnaspindala hinnangus. Kui vaatame kõiki proovialasid (nii jagatud kui ka jagamata), mille põhjal saadud rinnaspindala hinnang on üle $40\text{ m}^2\text{ ha}^{-1}$, siis tuleb ilmekalt esile, et just väikestel osaproovialadel saadakse mõnikord Eesti puistute kohta täiesti ebareaalsed hinnangud väärtusega üle $60\text{ m}^2\text{ ha}^{-1}$ (Joonis 10). Seega tuleks vältida väikeste jaotatud osade tekitamist. Ühe üle $200\text{ m}^2\text{ ha}$ rinnaspindala hinnangu andnud proovitüki osa puhul (*Prto_aid* = "2006_3188N082", pindala $18,63\text{ m}^2$, 27 puud) võib kahtlustada pindala määramise viga.



Joonis 10: Väikestel proovitükiosadel saadakse suurema tõenäosusega puistute kohta ebarealistlikud rinnaspindala hinnangud. Põhjuseks on puude paiknemise seaduspärasused, ja rinnaspindala vea võimendumine üldistamisel suhtena $10000 \cdot \text{Viga} / \text{Pindala}$, kus Pindala on ruutmeetrites.

Problemaatiline on välitööde juhendis (Adermann 2006b) ka peenpuude käsitlemine. Juhendi kohaselt klupitakse alates 40 mm ja kuni 80 mm rinnasdiameetriga puid tavaliselt eraldi väiksemas sektoris. Samas tuleb mõtmetelt piiripealne puu, mille rinnasdiameetri hinnang (kahe läbimõõdu keskmine) on näiteks 38-40mm või 77-80mm puhul puu alati klupiga üle kontrollida. Kui selline ajakulu on juba tehtud, siis tuleks need puud ka analüüsis arvesse võtta. Suure hulga kluppimistingimuse piiri lähedaste puudega püsiproovitükkidel tekib kahe järjestikuse mõõtmiskorra võrdlemisel probleeme näiteks mahu juurdekasvu arvutamisel.

Veahinnangud

Statistiliste meetodite kasutamisel saadavad hinnangud on usaldusväärselt kasutavad vaid koos nendele lisatud veapiiridega. Teoreetilised veapiirid klassikalise juhusliku valimi jaoks saadakse valimi hajuvuse põhjal ning nende arvutamine ei ole tavaliselt keeruline. Valimidisaini omaduste eiramise, nähtuse eripära eiramise (näiteks sündmused/objektid ei ole eeldatava jaotusega ruumis), mõõtmisvigade ja mudelite vigade mõju arvestamine nõuab süsteemi detailanalüüsi nii enne katse planeerimist kui ka korduskatsete andmete pidevat läbitöötamist. Selles punktis käsitletakse peamiselt varasemates punktides analüüsimate probleeme.

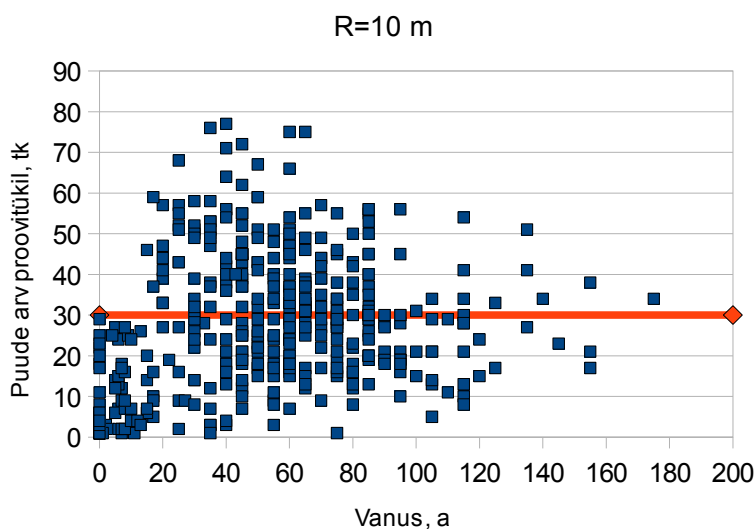
Vaatame, kuidas ja kas mõjutab proovitüki raadius/suurus hinnanguid (teoreetiliselt ei tohiks). Üldiselt on SMI klassikaliselt olnud orienteeritud pigem vaatluste arvu (proovitükkide arvu) suurendamisele - suurema valimi põhjal saadakse väiksemad teoreetilised valimivead. Kuna vaatluse all on lisaks ON/EI OLE tunnustele (maakategooria, kahjustus) ka sellised, mis nõuavad punktvaatlusest suuremal alal mõõtmise tegemist (takseertunnuste hindamine proovitükil), siis puude arv ühe proovitüki kohta ning välitöödeks vaja mineva tööjõu maht on omavahel sõltuvuses. SMI meetodikates on klassikaliselt tehtud mõõndus proovitüki suuruse (mõõdetavate puude arvu)

arvelt eelistades suuremat proovitükkide arvu.

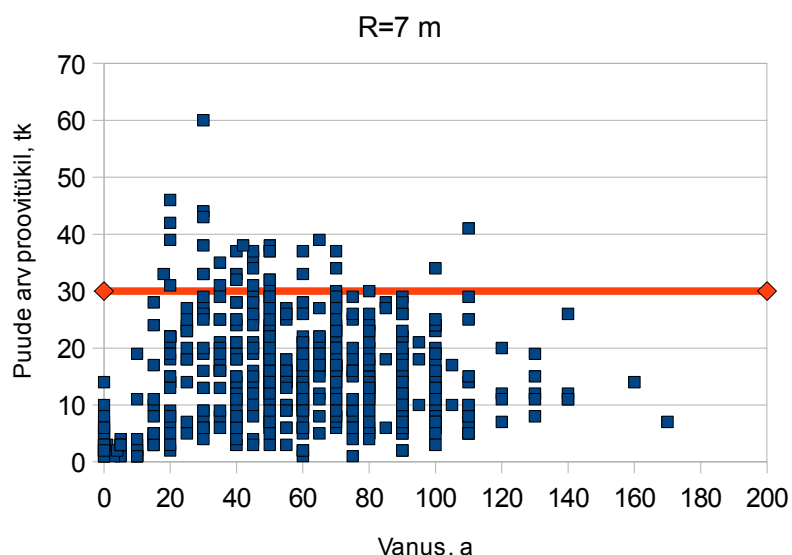
Kuna SMI käigus kogutava kordusmõõtmiste andmete väärtus järjest kasvab ning muutub ahvatlevaks ka üldiste metsanduslike mudelite väljatöötamisel, siis on oluline, et püsiproovitükkidele jääks vähemalt 30-40 valitseva rinde puud (Nilson 2001). Teeme järgmise SQL päringu (Van_Arv.sql) rinnaspindala (G), vanuse (A) ning puude arvu (N) saamiseks proovitükkidele SMI mõõtmisandmetest:

```
SELECT SUBSTR(p.prto_aid, 1, 4) as aasta, ;
       k.prto_aid,p.osa_pind,p.vanus, cnt(*) as puid,;
       (PI()*sum(VAL(d_13uus)^2/4000000)) as Gprt, ;
       (PI()*sum(VAL(d_13uus)^2/4000000)/osa_pind/10^-4) as G_ha, ;
       p.peenpuud ;
FROM klupp k, prtosa p ;
WHERE k.prto_aid=p.prto_aid ;
      AND RIGHT(ALLTRIM( p.prto_aid),1)='0' ;
      AND VAL(d_13uus)>8 ;
GROUP BY k.prto_aid ;
INTO CURSOR van_arv && vanuse, G ja puude arvu väljavõte
```

Päringu tulemustest selgub, et $\text{MIN}(N) \geq 30$ tingimus on täidetud üsna paljudel püsiproovitükkidel (43% 2007. aastal) Eesti SMI andmetes (Joonis 11) kuid vaid väga vähestel ajutistel proovitükkidel (Joonis 12).



Joonis 11: SMI 2007. aasta jagamata püsiproovitükid. Jämeda horisontaalhoonega (Y=30) on näidatud soovituslik minimaalne puude arv proovitükil stabiilsete hinnangute saamiseks.



Joonis 12: SMI 2007. aasta ajutised jagamata proovitükid. Jämeda horisontaalhoonega ($Y=30$) on näidatud soovituslik minimaalne puude arv proovitükil stabiilsete hinnangute saamiseks.

Järgnevalt teeme ajutiste ning alaliste proovitükkide põhjal saadud rinnaspindala hinnangute tundlikkuse hindamiseks lihtsa katse. Töötleme edasi eelmise päringuga saadud tabelit (2007. aasta mõõtmisandmetest jagamata proovitükid) ning uurime, kui palju mõjutaks hektari kohta üldistatud rinnaspindala hinnangut keskmise puu sisse või välja jätmise (Gmoju.sql):

```
SELECT *, ;
  (gprrt-gprrt/puid)/osa_pind/10^-4 as g_vahem, ;
  (gprrt+gprrt/puid)/osa_pind/10^-4 as g_suurem ;
FROM van_arv ;
INTO CURSOR Gmoju .
```

Nagu võib eeldada, on ajutistel $R=7m$ proovialadel, kus eksitakse sel juhul keskmiselt 7% mõõdetud rinnaspindalast, ühe puu tõttu tekkiva vea mõju suurem. Stabiilsema hinnangu saame suurema raadiusega $R=10m$ püsiproovialadelt, kus eksimisel on suhteline viga keskmiselt 4% mõõdetud rinnaspindalast (Tabel 1).

Tabel 1: Rinnaspindala (G) hinnangu tundlikkus keskmise puu (g_{kesk}) sisse või välja jätmisel jagamata püsi- ja ajutistel proovitükkidel. 2007. aasta jagamata proovitükid.

Raadius	Proovitükke	$G - g_{kesk}$ ($m^2 ha^{-1}$)	G ($m^2 ha^{-1}$)	$G + g_{kesk}$ ($m^2 ha^{-1}$)
R=7	573	21,73	23,38	25,03
R=10	402	21,60	22,50	23,36

Kas väiksematel proovitükkidel saadud suurem keskmise rinnaspindala hinnang on tingitud proovitüki tsentri mittejuhuslikust paigutusest (Nilson 2001) või on erinevus valimisse sattunud puistutes, vajab lähemat uurimist. Muudame eelnevat päringulauset, et saaksime kõikide aastate

ajutiste ja püsialade keskmiste G hinnangute võrdluse ning teeme tulemustest järgmise kokkuvõtte (Gpys_ajut.sql), mille tulemus on tabelis (2) :

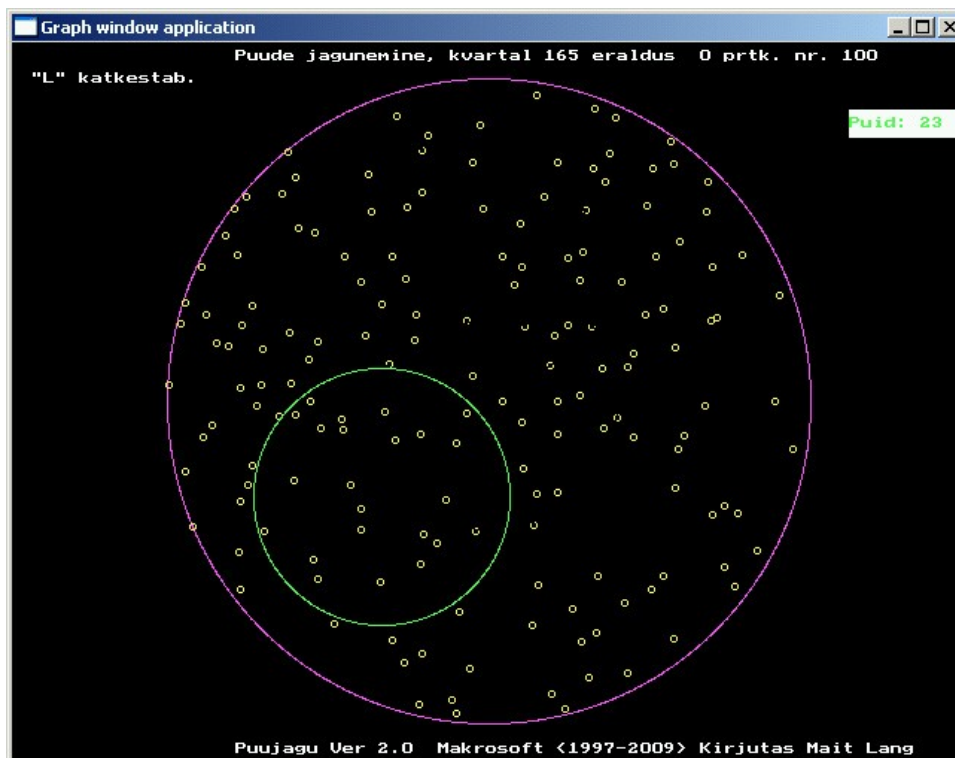
```
SELECT p.aasta, avg(p.g_ha) as Gpys, avg(a.g_ha) as Gajt ;
FROM van_arv p, van_arv a ;
WHERE p.osa_pind>200 AND a.osa_pind<200 AND p.aasta=a.aasta ;
GROUP BY p.aasta ;
INTO CURSOR Gpys_ajut .
```

Tabel 2: Keskmine rinnaspindala hinnang jagamata püsi- (Gpys) ja ajutistel (Gajt) proovitükkidel aastate kaupa

<i>Aasta</i>	<i>Gpys (m² ha⁻¹)</i>	<i>Gajt (m² ha⁻¹)</i>	<i>Suhe Gpys / Gajt</i>
2003	21,47	24,13	0,89
2004	22,78	24,12	0,94
2005	22,32	24,22	0,92
2006	21,60	22,67	0,95
2007	22,50	23,38	0,96

Kui ajutiste (R=7m) ning alaliste (R=10m) proovitükkide põhjal saadud aasta keskmiste rinnaspindalade erinevuse põhjuseks oleks valimiviga, siis peaks vähemalt mõnel aastal suhe Gpys/Gajt ≥ 1 , aga sellist aastat ei ole. Väiksema pindalaga ajutistelt proovialadelt saadud suurema G hinnangu (positiivse nihke!) põhjuseks on peamiselt just tsentri mittejuhuslikkus (Nilson, 2001) ja pindala ning puu SEES/VÄLJAS otsustusvigade võimendumine.

Juhusliku paiknemise korral vastab puude arv pinnaühiku kohta puistus üldiselt Poissoni jaotusele, mille keskvärtus ja dispersioon on võrdsed. Puude jaotumine pinnaühikul võib olla ka regulaarne (kultuurid), kus dispersioon on väiksem keskvärtusest ning grupiline (näiteks juurevõsust ja kännuvõsust tekkinud puistud), kus dispersioon on suurem keskvärtusest. Oluline on märkida, et jaotumise juhuslikkus, grupilisus või regulaarsus sõltub vaadeldava ala suurusest. Seda on lihtne kirjeldada arvutisimulatsiooni abil, kus paigutame juhuslikult puistu puude kaardile järjest suurenevat proovitükki (Joonis 13). Iga vaatlusalala suuruse juures teeme stabiilse hinnangu saamiseks näiteks tuhat katset, mille põhjal leiame puude arvu keskvärtuse ning dispersiooni, mille suhe iseloomustab puude paiknemise seaduspärasusi antud vaatlusühiku suuruse juures.



Joonis 13: Puude kaardil saab arvutisimulatsioonina korraldada katseid, kus muutuva suurusega testala abil on võimalik analüüsida puude jagunemise seaduspärasuste sõltuvust testala (proovitüki) suurusest.

Kuna välimõõtmistel tehniliselt ei ole proovitüki tsentrit "puu sisse" paigutada eriti lihtne/odav (see vajaks paremat varustust kui bussool ning mõõdulint - vaja oleks midagi elektrontahhümeetri analoogi sarnast), siis puude veidi klasterdatud paigutuse tõttu antud proovitüki suuruse juures saamegi proovitüki tsentrit paratamatult lagedamale paigutadest puude arvu ülehinnangu. Kui välimõõtmiste tehnilist varustust ei muudeta, siis tuleb välja töötada arvutuslikud meetodid puude klasterdatuse ning proovitüki paiknemise mittejuhuslikkuse koosmõju kõrvaldamiseks hinnangutest. 1999. aasta hinnangutes (Kohava 2000) kasutatud relaskooploenduse järgi lisatud korrektsioon oleks põhimõtteliselt/teoreetiliselt võimalik, kuid mittekontaktse mõõtmise tõttu tekkivate lisavigade pärast praktikas üldiselt mitterealiseeritav ning põhjustab pigem ise vigu (Nilson 2002)

Traktisese korrelatsiooni (proovitükid on kobaratena, aga mitte juhuslikult ning ei ole täidetud iga objekti ehk metsaeraldise võrdne valimisse sattumise tõenäosus) mõju hinnangutele on põgusalt analüüsinud Nilson (2002), kuid selle arvestamise kohta Eesti SMI-s saaks selgust vaid SMI meetodikast, mis peaks sisaldama kogu arvutuseeskirja. Kohava (2001) pakutud meetodil lihtsalt iga teist proovitükki valmist välja jättes traktisese korrelatsiooni mõju hinnangutele ja eriti hinnangute vigadele ei avaldu nende maastikuelementide puhul, mis on trakti suurusega võrdelised või suuremad.

SMI ühte olulisemat hinnatava tunnust - nimelt mahtu, ei mõõdeta, vaid maht arvutatakse puude kõrgusele ning rinnasdiameetrile tugineva mudeli abil. Raielankidel tuletatakse raiutud puude maht leidmiseks on esmalt vaja kännu läbimõõtu rinnasdiameetriks teisendada ja selleks kasutatakse lineaarset mudelit. Mahu arvutamiseks vajalik kõrguse hinnang saadakse mudelpuude alusel üle sarnaste proovitükkide koostatud kõrguste mudeli põhjal. Seda laadi mudelite vead on samuti vaja arvesse võtta SMI koondhinnangute puhul lisaks valimiveale.

Andmebaas

Selles punktis olevad märkused puudutavad konkreetselt Eesti Maaülikooli Metsandus- ja maaehitusinstituudi käsutuses lepinguga kasutada oleva SMI andmebaasi koopia (andmed 2003 - 2007) struktuuri ning andmebaasis kirjetes olevat informatsiooni. SMI tegijate käsutuses olevas originaalandmebaasis on need probleemid arvatavasti juba kõrvaldatud. Tegemist on üsna tehniliste detailidega.

Tabelis klupp annab päring `SELECT dist rinne FROM klupp` väärtusteks tühja, "1", .NULL. ja "Y". Samas kasutatakse välitööde juhendis (Adermann 2006b) teise rinde eristamist.

Andmebaasi tekkivate ja sealt kustutatavate puude käsitlemine ning varasemate vigade kõrvaldamine uutel mõõtmiskordadel nõuab oluliselt detailsemat käsitlust, kui on praegu lihtsalt määrang "U" (uus puu) või "V" (kustutada) väljas `klupp.inf_d5a`. Pigem tuleb iga puud käsitleda eraldi objektina, millel on salvestatud ajalugu. Hetkel võib juhtuda, et tsentri ebatäpse määra korral (taastatakse varasematest detsimeetrise intervalliga määratud puude kaugustest) hakkab järjestikustel mõõtmiskordadel piiripealseid puid andmebaasis sisse ja välja pendeldama.

Tabelis prt on paljudel proovitükkidel asukohakoordinaadid puudu. Kuigi SMI taoliste uuringute puhul eelistatakse proovitükkide asukohad hoida pigem varjatutena, et mitte mõjutada näiteks metsa majandaja otsuseid, siis hetkel tekitab asukohakoordinaatide puudumine tabelis pigem lisaprobleeme näiteks kaugseire integreerimisel Eesti SMI metoodikasse.

Andmebaasi struktuuri on praegu keeruline kolmandat mõõtmiskorda lisada ja väljad `D_13uus` ja `D_13old` jäävadki sisaldama kahe viimase mõõtmiskorra andmeid, mis viib selleni, et andmetöötlus ning päringud muutuvad kohmakamaks.

Järeldused ja ettepanekud

Siin on toodud vaid üksikud punktid, millest peaks tööd alustama SMI meetoodika arendusrühm Eestis. Tegelik tööplaan saab tekkida arutelu käigus peale konkreetsete eesmärkide seadmist statistilise metsainventuuri meetoodika arendusmeeskonnas.

Üldiselt

- 1) Leppida riigi tasandil kokku, millise perioodi kohta SMI kokkuvõtteid avaldatakse! Ka praegu avaldatud kokkuvõtted ei ole mitte mõõtmisaasta kohta, vaid kaasatakse (küll kahaneva kaaluga) eelmise nelja aasta mõõtmisandmed. Iga-aastane usaldusväärsete (st. tulemustest on võimalik oluliste tunnuste trende tuvastada) metsi puudutava statistiliste hinnangute avaldamine on väga ambitsioonikas projekt ning nõuab hoopis teistsugust meetodilist lähenemist, kui on kasutatud seni - osutub vajalikuks integreerida SMI, metsaregister ning kaugseire (aero- ja satelliitpildid).
- 2) Praegu Eestis kasutatav SMI meetoodika lahendab jätkuvalt eelmise sajandi lõpu matsanduslikke päevapoliitilisi probleeme ehk uuritakse, kui suur on riigis metsasus keskmiselt, kui suur on puidu kogumaht ning juurdekasv ja raiete ulatus! riigis. Saadavate hinnangute vead aga (ainuksi juba teoreetilised valimivead!) ei võimalda meil teha otsuseid trendide kohta riigis ning ammu mitte maakondlikul/piirkondlikul tasemel.
- 3) SMI meetoodika ja arvutuseeskirjad tuleb lisada/teha kättesaadavaks iga avaldatud kokkuvõtte juurde. See väldib edaspidi ootamatute üllatuste nagu seda oli näiteks Kohava (2000 ja 2001) rakendatud korrektsioon väikestel proovitükkidel ilmnenud tagavara ülehinnangu kompenseerimiseks.
- 4) Selleks, et kümne aasta pärast ei tuleks käesolevas tekstis toodut uuesti päevakorda võtta, vaid SMI meeskonnal oleks võimalik pigem raporteerida uutest teadmistest Eesti metsade olemi ja kasvu kohta, tuleb kiiresti leida ressursid ning tellida andmeanalüüs ning arendused väljastpoolt SMI meeskonda, sest kaks vaid inimest ilmselgelt ei jõua tõhusalt tervet SMI meetoodikat arendada tegeldes samal ajal välitööde organiseerimise, tulemuste publitseerimise, andmehalduse ning tarkvaraarendamisega.
- 5) Eesti Maaülikooli, Tartu Ülikooli, Tartu Observatooriumi ning SMI meeskonna koostöös tuleb töötada välja Eesti SMI versioon 2.0, arvestades käesolevas tekstis tehtud märkuseid (siintoodu ei ole loomulikult ammendav), ning teha kõikidest kogutud algandmetest uuesti kokkuvõtted. Näiteks arvutatakse parandatud mudelite/meetoodika tekkimisel nii ümber skanneri MODIS piltide põhjal tehtud avalikult kättesaadavad globaalsed biogeofüüsikaliste muutujate kaardid (produktid) ning viimane versioon kannab numbrit 5.

Mõned detailid

- 1) Analüüsida, kui palju tuleb ikkagi proovitükke rajada, et saaks andmed Aastaraamatu jaoks ning andmed oleks kasutatavad ka metsanduslike normatiivide testimiseks/arendamiseks/modelleerimiseks. Praeguseks kogunenud andmestik võimaldab sellist analüüsi teha. Vabanenud vahendite arvelt tuleb suurendada püsivaatlusaladelt kogutava andmestiku kasutatavust metsanduslike normatiivide arendamiseks. Millised on siis need uued metsaeraldused, mille "püüdumiseks" ajutisi vaatlusalasid kasutatakse ning kas saadud info väärtuse ning tehtud kulutuste pikaajaline suhe on oluliselt parem püsivaatlusaladelt saadavast.

- 2) Mahtude arvutamiseks kõrguste kõvera arvutamine praegusel viisil tekitab vigu. Mahukõver on lahendus.
- 3) Võtta juurdekasvu hinnangute alusena kasutusele kordusmõõdistatud proovitükkide andmed, et vabaneda täiuse hinnangust sõltuva mudelist.
- 4) Lahendada puude klasterdatud asetuse tõttu ja tehniliste takistuste pärast tekkiva proovitüki tsentrit mittejuhuslikkusest tekkiv probleem.
- 5) Leida lahendus väikeste jaotatud osade (mõnedkümned ruutmeetrid) alusel tekkivatele ebarealistlikele rinnaspindala ja mahu hinnangutele Eesti puistute kontekstis.
- 6) SMI potentsiaalsed arendusena, tuleks ka Eestis kiiresti kasutusele võtta on kNN meetod kaugseireinfo kaasamiseks hinnangute täpsustamisel nagu on seda tehtud mujal riikides.
- 7) Lahendada peenpuude ning piiripealsete puude probleem.
- 8) Töötada välja meetodika proovitüki suuruse kasutamisel kaaluna sõltuvalt näiteks potentsiaalsest puude arvust.
- 9) Lisada hinnangute teoreetilistele valimivigadele ka mudelitest ning proovialade ruumilisest paigutusest tekkivad vead.
- 10) Järgmise aastaks välitöödeks võiks varustada välirühmad ka "digiseebikatega" ning teha proovitükkidest pildid näiteks põhjasuunast keskele, keskelt nelja ilmakaarde nii, et maakate oleks näha ja puud oleksid näha. Piltide tekitamise hind on marginaalne võrreldes muudele tunnustele tehtud kulutustega. Piltidelt võib olla lihtne hiljem kameraalselt välitöödel tekkinud vigu korrigeerida ning pildid võivad aidata ka hävinud tsentri taastamisel kaasa. Piltidest on abi ka peenpuude probleemi lahendamisel.
- 11) Töötada läbi SMI andmestik võrdluses digitaalse mullakaardiga, et leida, kas nn kasvukohaproovialade rajamisel saadud andmed annavad olulist lisaväärtust.
- 12) ...

Kokkuvõte

Tuginedes Eesti statistiline metsainventuur saame täna öelda, et meie puistutes on kokku ca 450 miljonit m³ puitu, metsasus on veidi suurem kui 50% ja tüvepuidu juurdekasv on ca 11,5 miljonit m³. Sõltumatu hinnangu oleme saanud ka keskmisele liigilisele koosseisule ning mõnedele põhilistele takseertunnustele. Teame, et aastas on raietest mõjutatud ca 50-70 tuhat ha metsi. Need ongi vastused 10 aasta tagustele küsimustele, milleks Eestis sellisel kujul SMI käivitati. Seevastu niipea, kui meid huvitavad trendid, erinevused või piirkondade võrdlus, jätab praegune SMI meetodika meid üldiselt hätta, sest hinnangute vead ei võimalda tavapärase usaldusnivoo juures enamikke hüpoteesidest vastu võtta. Vaatluste arvu nimel tehtud kompromiss püsivaatlusalade suuruses muudab andmestiku raskesti kasutatavaks ka metsanduslike normatiivide arendamisel.

Seega on jällegi päevakorras Eesti SMI pikaajaliste eesmärkide püstitamine, mida oleks pidanud tegema juba 10 aastat tagasi, ning sellest lähtuvalt meetodika arendamise ja olulise täiustamise vajadus. Tuleviku suhtes lootustandev aspekt on juba kogunenud andmestik, mis annab võimaluse enne lisatavaid parandusi enne praktikasse rakendamist testida.

Viited

- Adermann, V., 2003. Eesti Metsad 2002. Metsavarude hinnang statistilisel valikmeetodil. Eesti metsakorralduskeskus OÜ. Tallinn.
- Adermann, V., 2005. Eesti Metsad 2004. Metsavarude hinnang statistilisel valikmeetodil. Metsakaitse- ja Metsauuenduskeskus. Tallinn.
- Adermann, V., 2006a. Eesti Metsad 2005. Metsavarude hinnang statistilisel valikmeetodil. Metsakaitse- ja Metsauuenduskeskus. Tallinn.
- Adermann, V., 2006b. Statistilise metsainventeerimise välitööde juhend. Metsakaitse- ja Metsauuenduskeskus. Tallinn.
- Adermann, V., 2007. Eesti Metsad 2006. Metsavarude hinnang statistilisel valikmeetodil. Metsakaitse- ja Metsauuenduskeskus. Tallinn.
- Adermann, V., 2008. Eesti Metsad 2007. Metsavarude hinnang statistilisel valikmeetodil. Metsakaitse- ja Metsauuenduskeskus. Tallinn.
- FAO, 2009. Veebileht <http://www.fao.org/forestry/fra/en/> .
- Gillis, M., 2002. Canada's new national forest inventory. Veebileht <http://cfs.nrcan.gc.ca/news/116>
- Hägglund, B., 1985. En ny svensk riksskogstaxering. Institutionen för skogtaxering, Rapport 37, Svirges lantbruksuniversitetet, Umea, 90p.
- Mekor, 2006. Keskkonnaministri 14.12.2006. a määruse nr 77 „Metsa korraldamise juhend“ lisa 12. 26lk.
- Kohava, P., 2000. Eesti Metsad 1999. Metsavarude hinnang statistilisel valikmeetodil. OÜ Eesti metsakorralduskeskus. Tallinn.
- Kohava, P., 2001. Eesti Metsad 2000. Metsavarude hinnang statistilisel valikmeetodil. OÜ Eesti metsakorralduskeskus. Tallinn.
- Lang, M., Lük , T, Uiga, R., 2002. Lageraiete kaardistamine satelliidi Landsat TM Piltidelt. KIK 2001. aasta projekti nr 39 aruanne. Tartu Observatoorium. Tõravere. 31 lk.
- Lang, M., 2003. Estimate of forest felling time - a comparison between satellite images and NFI. Poster rahvusvahelisel konverentsil "National Forest Inventory - the Source of Reliable Information on Forest Resources" 12-14. oktoober 2003, Brištonas, Leedu.
- Lang, M.; Jürjo, M.; Adermann, V.; Korjus, H., 2006. Integrated approach for quantitative assessment of illegal forest fellings in Estonia. Baltic Forestry, 12(1), 103 - 109.
- Nilson, A., 2001. Metsade statistilise valikmeetodiga inventeerimise analüüs. Seminariettekanne slaidid 19.12.2001.
- Nilson, A., 2002. EMKK SMI andmestiku ja selle töötlemise vigadest aruande “Metsade inventeerimine statistilise valikmeetodiga 2000. aastal” ja eelnõu “Eesti metsade statistilise inventeerimise metoodiline juhend” ning aruandele lisatud algandmete põhjal. Arvutitrukk. 2lk.
- Viilup, Ü., 2002. Metsaressursid. Aastaraamat Mets 2001. Metsakaitse- ja Metsauuenduskeskus. Tartu.