

Metsätehon raportti 180

25.8.2004

Rajoitettu jakelu

A. Ahlström Osakeyhtiö
Koskitukki Oy
Metsäliitto Osuuskunta
Metsäteollisuus ry
Pölkky Oy
Stora Enso Oyj
UPM-Kymmene Oyj
Vapo Timber Oy

Runkopankin käyttösovellukset

Tapio Räsänen
Vesa Imponen

Runkopankin käyttösovellukset

Tapio Räsänen
Vesa Imponen

Metsätehon raportti 180
25.8.2004

Rajoitettu jakelu:

A. Ahlström Osakeyhtiö, Koskitukki Oy, Metsäliitto Osuuskunta,
Metsäteollisuus ry, Pölkky Oy, Stora Enso Oyj, UPM-Kymmene Oyj
ja Vapo Timber Oy

Asiasanat:

puunhankinta, suunnittelu, ohjaus, puustotieto, runkopankki, leimikko,
hakkuukone, apteeraus, tietojärjestelmä

© Metsäteho Oy

Helsinki 2004

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	4
1 JOHDANTO	6
2 TAVOITTEET JA TEHTÄVÄT	6
3 AINEISTOT	8
3.1 Runkopankkiaineistojen hankinta.....	8
3.2 Runkopankkiaineistojen vienti tietokantaan.....	9
3.3 Metsätehon runkopankkitietokanta.....	10
3.4 Puustotunnusten arvioinnin ja mittauksen tarkkuuden koeaineistot	12
4 TULOKSET	14
4.1 Puustotunnusten arvioinnin ja mittauksen tarkkuus ja ajanmenekki	14
4.2 Puustotunnusten arviointivirheiden tarkastelu ja merkitys.....	19
4.3 Ennakkotietojen hyödyntäminen hankinnan ohjauksessa.....	20
4.4 Korjuun ohjelmointi.....	23
5 RUNKOPANKIN KÄYTTÖSOVELLUSTEN KEHITTÄMINEN	24
5.1 Tarvekysely.....	24
5.2 Runkopankkisovellusten hyödyntämismahdollisuudet eri käyttötapauksissa	25
5.3 Sovellusten ja ohjelmien tarpeet osakkailla	27
5.4 Sovellusten suunnittelu ja vaatimusmäärittely.....	31
6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA KEHITTÄMISTARPEET	31
KIRJALLISUUS	33
LIITTEET 1 - 2	

TIIVISTELMÄ

Puunhankinnan suunnittelussa ja ohjauksessa tarvitaan ennakkotietoa leimikkovarantojen puustoista ja puutavaralajikertymistä. Tietoa tarvitaan etenkin puutavaran toimitusmahdollisuuksien arviointiin ja tehtaiden tuotannosuunnitteluun, puutavaralaji- ja katkontavaihtoehtojen valintaan sekä korjuu- ja kuljetussuunnitelmien tekoon. Toiminnan suunnittelussa riittää usein aluetason ja toimitusjakson olemassa olevien varantojen tarkastelu, mutta suunnittelutarpeesta riippuen myös tulevia puunhankintamahdollisuuksia on voitava arvioida laskennallisesti. Puutavaralajikohtaisten kertymien arviointi on perusta lähes kaikelle toimituksella koskevalle suunnittelulle. Puutavaralajien ennakkointia tarvitaan myös puun ostossa ja hinnoittelussa.

Puustotietojen kuvaukseen ja ennustamiseen sekä katkontavaihtoehtojen tarkasteluun on Metsätehossa kehitetty hakkuukoneiden runkokohtaiseen mitattuun tietoon perustuvaa tietovarastoa, runkopankkia, sekä sen käyttöä varten laskentamenetelmiä ja -sovelluksia (tietovaraston muodostamisen välineet ja ohjelmat, MSN-menetelmä puustotietojen ennustamiseen sekä MASI-apteeraussimulaattori). *Runkopankin käyttösovellukset* -projektin päätavoitteena oli kehittää edelleen näitä menetelmiä ja ohjelmia niin, että ne olisivat riittävän laajasti testattuja ja lopulta puunhankinnassa käyttöön otettavia tietojärjestelmien osia tai erillissovelluksia.

Menetelmäkehitystä varten Metsätehon runkopankkia laajennettiin ja monipuolistettiin sekä tehtiin muutoksia tietokantaan. Lisäaineistoksi hankittiin 320 leimikon hakkuukoneaineistot, joista n. 200 leimikon tiedot vietiin tietokantaan. Runkopankin maantieteellistä kattavuutta parannettiin sekä hankittiin lisää erityisesti mäntyvaltaisia ja harvennusleimikoita. Runkopankissa on lisäaineistojen hankinnan jälkeen n. 500 leimikon tiedot. Menetelmäkehitystä sekä erilaisia laajempia alueellisia laskentatarpeita varten datan määrä on vielä niukka, mutta useisiin case-tyyppisiin analyysiin riittävä.

Leimikon puustotunnusten ja puutavaralajijakauman ennustamiseen tarkoitettujen vastinleimikoiden valintaan perustuvan MSN-menetelmän (Most Similar Neighbour) kehitystä on tehty erillisessä projektissa uutta runkopankkidataa käyttäen. Alustavat tulokset ovat lupaavia keskeisinä tunnuksina pidettävien puutavaralajien tilavuuksien sekä pölkkyjakaumien ennustevirheiden osalta. Menetelmä on harhaton ja keskimääräiset ennustevirheet pieniä, mutta leimikkotasolla hajonta on vielä kohtalaisen suurta. Ennustamisessa käytettäviä keskeisiä hakumuuttujatietoja ovat ne puustotunnukset, jotka kuvaavat puulajisuhteita, puuston määrää, kokoa ja laatua. Tietojen pitäisi olla saatavissa leimikon suunnittelun yhteydessä metsäsuunnitelmista tai ostoarvioista, tulevaisuudessa mahdollisesti numeerisen kuvatulkinnan keinoin.

Tässä projektissa selvitettiin suuntaa-antavasti, kuinka tarkasti maastossa kyetään ko. tunnuksella määrittämään silmävaraisesti arvioiden tai relaskoopikoealoilta mitaten. Pääpuulajin pohjapinta-alalla painotettu keskiläpimitta arvioitiin ja mitattiin lähes yhtä tarkasti. Arviointivirhe vertailukeskiläpi-

mittaan nähden oli puustotunnusten arvioinneissa keskimäärin -0,7 cm (-2,7 %) ja mittauksissa -0,8 cm (-3,2 %). Pääpuulajin keskijäreiden (keskitilavuus) arviointi ja mittaus onnistuivat selvästi huonommin. Pääpuulajin keskipituuden keskimääräinen arviointivirhe oli molemmilla menetelmillä n. 0,9 m (4,5 %). Kokonaispohjapinta-alan arviointivirhe oli keskimäärin -4 %, mutta vaihteluväli suuri: -48 - +37 %. Pääpuulajin pohjapinta-alan arviointivirhe oli keskimäärin 11 %. Tilavuuden arviointivirheet olivat suurempia, mutta johdettuina tunnuksina tilavuusestimaatteja ei ole järkevää käyttää hakumuuttujina. Tuloksia vertailtiin muihin vastaaviin, lähinnä kuvioittaisen arvioinnin tarkkuutta selvittäneisiin tutkimuksiin, ja ne olivat lähellä samaa tasoa lukuun ottamatta pohjapinta-alan arviointia.

Projektissa tehdyssä kartoituksessa osakkaat arvioivat omista lähtökohdistaan käyttötapauskuvausten avulla tarpeita ja tavoitteita runkopankin ja sen sovellusten käytöstä puunhankinnan eri toiminnoissa sekä sovellusten liittämisestä osaksi puunhankinnan tietojärjestelmiä. Tärkeimpinä runkopankin ja sen sovellusten käyttöalueina nähtiin apterauksen ohjaustiedostojen määrittäminen ja testaus simuloinnilla sekä puun hinnoittelujärjestelmiin liittyvät sovellukset. Muutamat osakkaat arvioivat, että runkopankkisovelluksia voidaan käyttää myös leimikon tai korjuulohkon katkontavaihtoehtojen valintaan ja korjuun ketjutukseen.

Sovellusten kehittämisen tavoitteiksi asetettiin ohjelma-algoritmien kehittäminen ja testaus sekä ohjelmamoduulien tuottaminen. Modulaarisuudella on tavoiteltu sovellusten liittämistä helposti yhtiöiden puunhankinnan tietojärjestelmiin. Osakkaat arvioivat kehitettyjen käyttösovellusten tarvetta ja ne ryhmiteltiin seuraavasti:

1. Ohjelmat hakkuukonedatan purkamiseen, muokkaukseen ja tietokantaan vientiin (stm- ja prd-tiedostojen purkusovellukset ja sovellus runkokäyräyhtälöiden muodostamiseksi stm-läpimittatiedoista)
2. Runkopankin vastinleimikkojen haun sovellukset (MSN-menetelmä) leimikon puustotietojen tai pölkkijakaumien ennustamiseksi
3. Apteeraussimulaattori ja simuloinnin analysointiohjelmat

Kaikkia esiteltyjä sovelluksia arvioitiin tarvittavan jossakin muodossaan, mutta yhtiöittäin tarpeet hieman vaihtelivat. Hakkuukonetiedostojen purkamiseksi tekstitiedostoiksi ja XML-muotoisiksi tiedostoiksi on tehty ohjelmat. Niiden avulla tiedostojen käsittely tietokantaan vientiä varten voidaan tehdä automaattisemmaksi ja virheellistä tietoa suodattavaksi. MSN-sovellusta käyttöliittymineen on kehitetty ja sen testaus olisi vielä tarpeellista tehdä laajemmilla aineistoilla. MASI-apteraussimulaattorista on kehitetty toimiva prototyypiversio.

Runkopankin ja sitä käyttävien menetelmien hyödyntäminen puunhankinnan suunnittelussa ja ohjauksessa lähtee käytännön ongelmista tai tarpeista löytää uusia keinoja toimintojen suunnittelun tueksi. Soveltamistavat ja -ratkaisut ovat osa suurempaa puunhankinnan logistiikan järjestelmää. Kehitystyön painopiste siirtynee jatkossa puunhankintaorganisaatioiden käytännön sovellusten suunnitteluun ja testaukseen. Kehitystyötä tarvitaan kuitenkin vielä metsävarojen tai korjuukohteiden alueellisten kuvausmenetelmien kehittämisessä sekä leimikkotason ennustamisessa.

1 JOHDANTO

Hakkuukoneiden mittaustiedoista muodostettu tietovarasto ja menetelmät sen käyttämiseksi leimikon puustotunnusten ennustamiseen ja muuhun varantojen kuvaukseen ja analysointiin kehitettiin Runkopankkiprototyypin projektissa. Tulokset olivat odotusten mukaiset: tietovaraston ja sen käyttösovellusten arvioidaan mahdollistavan nykyistä tarkemmat arviot niin yksittäisen leimikon puustosta kuin laajemminkin varantojen ominaisuuksista. Yhdistettynä apteraussimulaattoriin niillä voidaan tehdä vaihtoehtoisia laskelmia puunhankinnan ohjausta ja tuotantolaitosten tuotannosuunnittelua varten. Käyttöönotto edellyttää runkopankin ja sen sovellusten rakentamista yritysten puunhankinnan tietojärjestelmien osaksi, mikä on sinänsä laaja tehtävä. Runkopankki ja apteraussimulaattori ovat osoittautuneet myös tarpeellisiksi T&K-työn välineiksi erilaisia tutkimustarpeita varten Metsätehossa, joten runkopankin laajentaminen ja sitä hyödyntävien menetelmien kehittäminen ovat olleet perusteltuja.

Viime aikoina on aloitettu osakasyritysten omia runkopankin soveltamiseen tähtäviä projekteja. Tämän projektin tarkoituksena ei ollut osallistua suoraan yritysten projektien toteuttamiseen. Sen sijaan tavoite oli, että projekti voisi tukea niitä kehittämällä edelleen puuston ennustamismenetelmiä ja varsinaisia käyttösovelluksia sekä laajentamalla jo olevaa tietovarastoa.

Projekti oli mukana Metsäalan tutkimusohjelmassa (Wood Wisdom) Tekesin tukemassa tutkimuskonsortiossa ”Puuston ominaisuuksien ja raaka-aineen tuotantoketjujen prosessilähtöinen hallinta”. Runkopankin kehittämisessä tehtiin tutkimusyhteistyötä Joensuun ja Helsingin yliopistojen kanssa. Myös ”Leimikoiden korjuuohjelman ja apterausvaihtoehtojen optimointi”-hanke oli mukana konsortiossa. Tämän osaprojektin sisältöä muutettiin tutkimustyön käynnissä ollessa suunniteltua enemmän runkopankin kehittämistyötä tukevaksi, ja uutena näkökulmana painotettiin varannon ennustetietojen hyödynnettävyyttä hankinnan suunnittelussa ja ohjauksessa.

Koska runkopankin käyttösovelluksia kehittävää sekä ennustetietojen hyödynnettävyyttä tutkivia projekteja toteutettiin pitkälle toisiinsa kytkeytyvinä tehtävinä, myös tulokset päätettiin esittää tässä samassa raportissa.

2 TAVOITTEET JA TEHTÄVÄT

Projektin päätavoitteena oli kehittää runkopankkitietovarastoa käyttäviä laskentamenetelmiä ja sovelluksia puunhankinnan ohjausta ja suunnittelua varten. Tavoitteena oli kehittää erityisesti leimikon puustotunnusten ennustamismenetelmää ja varantojen puusto-ominaisuuksien kuvausta. Kehittämistä varten pyrittiin hankkimaan n. 250 leimikon lisäaineistot Metsätehon runkopankkiin sekä sen lisäksi hyödyntämään osakkaiden omia runkopankkiaineistoja. Tavoitteena oli runkopankkitietokannan laajennus sekä alueellisesti että erilaisten leimikkotyyppien osalta. Hankinnassa tavoiteltiin erityisesti mäntyvaltaisia ja harvennusleimikoita.

Projektin toisena tavoitteena oli selvittää, kuinka käytännössä leimikoista arvioitavissa olevat puustoa kuvaavat tunnukset vastaavat ennustamismenetelmien tarkkuusvaatimuksia. Selvitettäväksi asetettiin, miten arviointivirhe vaikuttaa toisaalta yksittäisen leimikon ja toisaalta sumatason puutavaralajijakauman ennustamisen osuvuuteen, kun ennusteet tehdään runkopankin leimikoiden simuloitujen apteerausten ja vastinleimikoiden haussa käytettävän MSN-menetelmän avulla. Sitä varten tehtiin muutamille aineistohankinnan leimikoille normaalikäytäntöä perusteellisemmat ennakkotietomäärittelykset ja puustomittaukset.

Varannon ennustetietojen hyödynnettävyyttä selvittäneessä rinnakkaisprojektissa keskeisenä tehtävänä oli ohjelmoida MSN-menetelmä osaksi Metsätehon runkopankkijärjestelmää. Lisäksi testattiin tämän menetelmän toimivuutta sekä tutkittiin leimikkojoukkoja koskevien puutavaraennusteiden tarkkuutta ja ennusteiden hyödynnettävyyttä hankinnan ja katkonnan ohjauksen näkökulmasta.

Leimikkokohtaisten keskijäreyksien ja kokonaistilavuuksien arviointivirheiden vaikutusta MSN-menetelmällä tehtäviin leimikkokohtaisiin ja sumatason tavaralajiennusteisiin tutkittiin simuloimalla satunnaislukugeneraattorin avulla erisuuruista normaalijakautunutta virhettä arvioinnin kohteena olevien leimikoiden todellisten keskijäreyks- ja kokonaistilavuustietojen ympärille. Näin pyrittiin ottamaan huomioon käytännön ostotoiminnan yhteydessä tehtävien puustotunnusarvioiden tarkkuus ja sen merkitys hankinnan suunnittelun ja ohjauksen kannalta. Myös korjuuohjelman tavaralajitarpeista lähtevää optimointia kokeiltiin pienen sekalukuoptimointimallin avulla. Tätä optimointitehtävää ei kuitenkaan kyetty resurssien puutteen vuoksi viemään loppuun asti.

Puustotunnusten ja pölkkyjakaumaa kuvaavien tunnusten ennustamismenetelmiä oli tavoitteena kehittää projektissa yhdessä Joensuun yliopiston kanssa. Resurssi- ja aikataulusyiden vuoksi tehtävää jouduttiin kuitenkin lykkäämään myöhemmin aloitettuun *MSN-menetelmä runkopankin käyttösovelluksena* -projektiin. Siinä tavoitteena on ollut kehittää MSN-menetelmää mm. hakumuuttujien valinnan osalta, testata menetelmää laajemmilla aineistoilla sekä tarkastella hakumuuttujien arviointivirheen vaikutusta ennustetuloksiin.

Projektissa pyrittiin parantamaan runkopankin hakukoneaineistojen käsittelyissä tarvittavia tiedostojen purku- ja suodatusohjelmia niin, että niitä voitaisiin hyödyntää myös osakkaiden omissa runkopankkihankkeissa. Varsinaiseen yritysraätälöintiin ei kuitenkaan ollut tarvetta ryhtyä. Metsätehon runkopankkitietokantaa muokattiin myös aiemmasta käyttötarpeita paremmin vastaavaksi.

Runkopankin käyttösovellusten ja menetelmien kehittäminen yritysten omissa järjestelmissä käytettäväksi ja niiden alustava tuotteistaminen oli välillisenä tavoitteena. Työn suuntaamiseksi ja määrittämiseksi tehtiin osakkaille kysely runkopankin käyttötarpeista. Siinä määritettiin osakkaiden vaatimuksista lähtien eri käyttösovelluksille tuotteistamismahdollisuudet, tietotekniset vaihtoehdot, niiden edellyttämät toimenpiteet resurssi-, kustannus- ja aikatauluvaatimuksineen sekä sovelluksen ylläpito- ja jatkokehitysedellytykset.

3 AINEISTOT

3.1 Runkopankkiaineistojen hankinta

Projektissa täydennettiin Metsätehossa aiemmin koottua runkopankkia uusilla lisäaineistoilla. Hankinnassa ensisijaisia tavoitteita olivat:

- painotus mäntyvaltaisissa ja harvennusleimikoissa
- alueen laajentaminen Keski-Suomesta muualle.

Aineistohankinta toteutettiin käytännössä osakasyritysten valitsemilla hankintatiimeillä ja keruuseen soveltuvilla koneilla normaalin korjuutoiminnan puitteissa pyrkien mahdollisimman vähäiseen ylimääräiseen työhön. Tiimeille oli nimetty kohteiden valinnasta, rajauksesta, leimikkotietojen tallennuksesta ja tiedostojen toimittamisesta vastaava henkilö. Hankinnan tavoitemäärä oli 15–20 leimikkoa konetta kohden. Kohteen minimikooksi määritettiin 300 runkoa.

Metsätehon työntutkija opasti koneiden kuljettajat aineistojen tallennukseen. Aineistohankinta aloitettiin loppuvuodesta 2000 ja se kesti noin vuoden. Metsäliitossa aineistonkeruuta tehtiin omia tarpeita varten jatkuvana toimintana suurimmalla osalla piireistä ja tätä keruuta hyödynnettiin myös projektissa. Metsäliitosta toimitettaviin aineistoihin valittiin kerätyistä runkopankkiaineistoista osa, ja niitä täydennettiin samoilla leimikon perustiedoilla kuin projektin varsinaisessakin tiedostojen keruussa.

Kerättäviä aineistoja olivat

- hakkuukoneiden tuottamat runkokohtaiset tiedot (stm-tiedostot)
- kohdetiedot lomakkeella tai tiedostona
- kohteen hakkuun tuotantotiedot (prd-tiedostot)
- apterauksen ohjaustiedot (apt-tiedostot)
- mitta- ja laatuvaatimukset (paperilla tai tiedostona).

Aineistojen keruussa oli mukana 4 Timberjackia ja 19 Ponssea, mutta muilla konemerkeillä aineistoja ei yritetty kerätä. Yhdellä Timberjackilla tiedostojen tallennus ei onnistunut lainkaan ja muutaman kokeilun jälkeen kone jätettiin pois keruusta. Toisenkin Timberjackin aineistoissa oli ongelmia mm. puuttuvien prd-tiedostojen ja runkomääräepäselvyyksien vuoksi, joten sen keräämiä aineistoja ei ole voitu täysin käyttää. Ponsseilla aineistojen keruu onnistui pääsääntöisesti moitteettomasti. Korjuukohteita, joista aineistot saatiin hankittua, oli yhteensä 218. Tavoitteena oli 220–270 kohdetta, joten siitä jäätettiin hieman. Aineistojen virheiden ja puutteiden takia osa kohteista jouduttiin tietokantaan viennissä hylkäämään ja lopullinen kohdemäärä oli 190 (taulukko 1).

Projektin kuluessa tarjoutui mahdollisuus saada käyttöön myös Helsingin yliopiston metsävarojen käytön laitoksen *Hakkuukoneella kerättyihin puusotietoihin ja satelliittikuviin perustuva metsävaratietojen päivitysjärjestelmä* -hankkeessa kerätyt hakkuukone- ja leimikkoaineistot (yhteensä 103 leimikkoa). Aineistot hankittiin, mutta niiden leimikkotietojen tarkastaminen ja osittain myös stm- ja prd-tiedostojen yhdistäminen keskenään ja

oikeisiin kohteisiin on vienyt paljon aikaa ja on osin vielä kesken. Aineistoja ei resurssisyistä voitu projektissa tallentaa Metsätehon runkopankkitietokantaan. Tavoitteena on, että ne voidaan prosessoida ja viedä tietokantaan jonkin muun hankkeen tai työn yhteydessä.

TAULUKKO 1 Aineiston määrä yhtiöittäin.

Yhtiö	Hakkuukoneita	Kerättyjä kohteita	Runkopankkiin vietyjä kohteita
Koskitukki Oy	2	22	18
Metsäliitto	11	54	53
Stora Enso Oyj	5	73	72
UPM-Kymmene Oyj	5	69	47
Helsingin yliopiston aineistot	3	103	0
Yhteensä	26	321	190

3.2 Runkopankkiaineistojen vienti tietokantaan

Aineistojen käsittelyssä tietokantaan vientiä varten oli seuraavat työvaiheet:

1. Leimikon perustietojen tarkastus ja puuttuvien tietojen lisäykset
2. Stm- ja prd-tiedostojen purku purkuohjelmilla
 - 1. vaiheessa hylättävien runkojen valinta ja välitiedostojen muodostus (mm. pölkkytietojen vertailu läpimitta- ja pituustietoihin)
3. Puutavaralajikoodien tarkistukset kohteittain ja tulkinta-avainten lisäykset tietokantaan
4. Stm- ja prd-tiedostojen runkomäärien vertailut (jos isoja eroja, kohdetta ei ole viety tietokantaan)
5. Runkotietojen muodostus
 - rungon pituuden estimointi
 - runkokäyräyhtälön parametrien laskenta
 - rungon hylkäys, jos esim. laskettu läpimitan keskivirhe on liian suuri
6. Runkolukusarjojen muodostus
 - hylätyt rungot huomioon runkolukusarjoissa
7. Kohteen tietojen vienti tietokantaan
 - prosessoinnissa muodostettujen välitiedostojen tallennus

Aineistojen käsittely oli varsin raskas ja aikaa vievä työvaihe ja vaati suuren osan koko projektin resursseista. Varsinkin runkotietojen muodostus SAS-ohjelmistolla oli paljon laskentaresursseja ja aikaa vaativa vaihe, koska ajot oli suoritettava kohteittain ja tarkistettava ajon tulos ennen tietokantaan vientiä.

Kohteen perustietojen tarkastus ja tietojen täydennys ja korjaus oli tarpeen tehdä, vaikka tietojen tallennukseen oli laadittu erillinen tallennussovellus, jolla pyrittiin siihen, että pakolliset tiedot tulevat tallennetuiksi ja koodit

ovat oikein. Koordinaatti- ja kuntatietoja jouduttiin lisäämään ja korjaamaan. Puutavaralajikoodien tarkistus oli pitkälti käsityötä ja vaati muutoksia sekä purkuohjelmiin että tietokantaan. Runkolajikoodien tulkinta oli joillakin kohteilla ja puutavaralajeilla ongelmallista. Hakkuukoneen eri mittalaitteversioista aiheutui myös muutoksia purkuohjelmiin (mm. ensimmäisen läpimitan mittauskorkeuden osalta). Kohteen pinta-alatiedon virheellisyys tai puuttuminen teki kohteen käyttökelvottomaksi runkopankkiin vientiä varten, mutta tällaisia kohteita ei ollut kovin monta. Tietokantaan lisättiin taulu runkojen koordinaattien tallennusta varten. Tiedostojen käsittelyt ja tietokannan muodostus on kuvattu tarkemmin aiemmassa runkopankkia käsittelevässä raportissa ”Runkopankki puunhankinnan ohjauksen välineenä” (Metsätehon raportti 94).

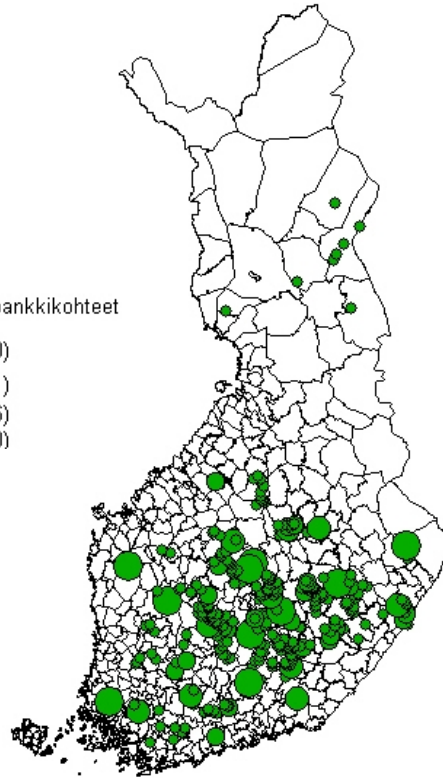
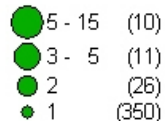
3.3 Metsätehon runkopankkitietokanta

Uusien aineistojen tietokantaan viennin jälkeen Metsätehon runkopankkitietokannassa on:

- 502 kohdetta (leimikkoa tai lohkoa)
- n. 422 000 runkoa
- n. 1 371 000 pölkkyä

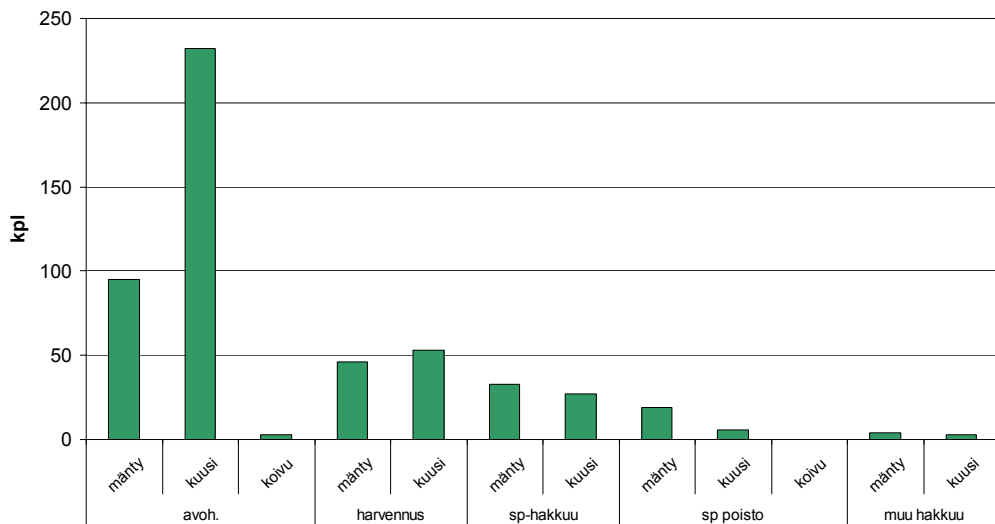
Kohteet sijaitsevat pääosin Etelä-Suomessa. Keski-Suomen ja Saimaan alueilla on kohteista suuri osa, mutta leimikkoja on myös muilta alueilta (kuva 1). Alueelliseen kattavuuteen ei hankinnassa ole vielä pyritty. Se edellyttäisi huomattavasti laajempaa aineistonhankintaa. Kohteista 45 % on kuusivaltaisia päätehakkuuleimikoita. Pääpuulajin tilavuusosuuden mukaan kohteista on kuusivaltaisia 64 %, mäntyvaltaisia 35 % ja koivuvaltaisia 0,6 %. Kohteiden jakauma hakkuutavan ja pääpuulajin suhteen on esitetty kuvassa 2 sekä tietoja kohteiden pinta-alasta ja hakatusta puustosta taulukossa 2.

Tietokannassa olevat runkopankkikohteet



Karttapohja © Genimap Oy, L5715/04

Kuva 1. Runkopankkiaineiston maantieteellinen jakautuminen.



Kuva 2. Runkopankin kohteiden jakauma hakkuutavan ja pääpuulajin mukaan.

TAULUKKO 2 Kohteiden pinta-alan ja poistetun puuston tunnuslukuja.

	Hakkuutapa				
	Avohakkuu	Harvennus	Siemen- tai suojuspuu- hakkuu	Siemen- tai suojuspuiden poisto	Muu hakkuu
Pinta-ala, ha keskiarvo vaihteluväli	2,0 0,2–11,4	2,7 0,2–18,3	2,8 0,4–20,0	3,0 0,5–7,8	3,1 0,5–5,9
Poistuman tilavuus, m ³ /ha keskiarvo vaihteluväli	228 12–673	127 17–333	179 16–360	103 13–297	123 39–243
Runkojen keski- järeys (tilavuus/ runkomäärä), m ³ vaihteluväli	0,47 0,09–1,12	0,28 0,04–0,8	0,42 0,09–1,18	0,68 0,28–1,1	0,48 0,13–0,76

3.4 Puustotunnusten arvioinnin ja mittauksen tarkkuuden koeaineistot

Projektissa hankittiin erillinen koeaineisto, jolla pyrittiin selvittämään puustotunnusten arvioinnin ja kevyen mittauksen tarkkuutta sekä ajanmenekkiä. Kokeiltavat menetelmät olivat

1. Silmävarainen puustotunnusten arviointi (liite 1)
2. Puustotunnusten mittaus relaskoopikoealoilta (liite 2)
3. Savcor Forest Oy:n Leima-ennakkomittausmenetelmä kontrollimenetelmänä (Metsätehon työntutkija)

Aineisto käsitti alunperin 18 runkopankkiaineiston leimikkoa, mutta yksi jouduttiin hylkäämään puutteellisten tietojen vuoksi (taulukko 3). Koeleimikoilla puunhankintaorganisaation osto- tai korjuuesimiehet (1–2 kohteellaan) sekä Metsätehon työntutkija tekivät tunnusten arvioinnit ja mittaukset. Työntutkija teki yleensä vain puustotunnusten arvioinnin sekä mittasi tunnukset Leima-ennakkomittausmenetelmällä. Vertailutietona käytettiin hakkuukoneen mittaustietoja (prd- ja stm-tiedostot).

TAULUKKO 3 Puustotunnusten arvioinnin ja ennakkomittauksen koeaineistot.

Kohde	Mittaja		Hakkuutapa	Pääpuulaji	Kokonaistilavuus, m ³ /ha	Pääpuulajin keskiläpimitta (ppa:lla painotettu), cm	Pääpuulajin keskijäreys (painottamaton), dm ³	Pääpuulajin keskijäreys (ppa:lla painotettu), dm ³
	Arviot	Koealaimittaukset						
1	2	1	harvennus	kuusi	143	19,6	187	355
2	2	1	siemenpuuhakkuu	mänty	117	25,2	420	523
3	3	1	avohakkuu	kuusi	334	19,3	170	242
4	2	1	harvennus	kuusi	90	24,1	238	379
5	2	1	siemenpuuhakkuu	mänty	179	33,0	743	868
6	3	1	avohakkuu	kuusi	292	29,4	700	888
7	2	1	avohakkuu	mänty	273	22,8	310	414
8	3	1	avohakkuu	mänty	161	23,4	291	393
9	3	2	siemenpuuhakkuu	mänty	157	31,6	695	1024
10	2	1	avohakkuu	mänty	152	30,1	692	908
11	3	2	avohakkuu	kuusi	256	26,6	377	630
12	2	1	avohakkuu	mänty	286	33,1	817	948
13	3	2	avohakkuu	mänty	360	28,7	664	806
14	3	2	harvennus	mänty	76	18,7	221	300
15	3	2	avohakkuu	mänty	333	29,6	643	850
16	1	2	avohakkuu	mänty	87	17,9	166	201
17	1	2	harvennus	mänty	64	15,3	109	149
Yhteensä	42	25						

Koejärjestelyt oli ohjeistettu niin, että mittaja teki ensin leimikon puustotunnusten silmävaraisen arvioinnin ja vasta sen jälkeen mittaukset relaskooppikoealoilta. Silmävaraisesti määritettiin siis vain yhdet keskitunnusarvot kullekin puulajille. Yksi mittajista arvioi kuitenkin tunnukset koaloittain, joista laskettiin keskiarvot. Arvioitavat tunnukset puulajeittain olivat:

- rinnankorkeuden keskiläpimitta, cm
- keskijäreys, litraa/runko
- keskiläpimittaisen puun pituus, m
- puulajin kokonaistilavuus, m³/ha
- tukkipuu-%
- laatutyvien osuus mäntytukkirungoista, %
- arvioinnin ajanmenekki yhteensä, min

Relaskooppikoealoja oli ohjeistettu mitattavaksi 4–5 kpl / leimikko. Koealoilta mitattiin puulajeittain:

- hakattavan ja jäävän puuston pohjapinta-ala, m²/ha
- keskipuun (pohjapinta-alamediaanipuun) rinnankorkeusläpimitta, cm
- keskipuun (pohjapinta-alamediaanipuun) pituus, m
- keskijäreys, litraa/runko
- puulajin kokonaistilavuus, m³/ha
- tukkipuu-%
- laatutyvien osuus mäntytukkirungoista, %
- arvioinnin ajanmenekki yhteensä, min

4 TULOKSET

4.1 Puustotunnusten arvioinnin ja mittauksen tarkkuus ja ajanmenekki

Arvioituja ja relaskooppikoealoilta mitattuja puustotunnuksia verrattiin hakukoneen mittaustietoihin laskemalla vertailuarvot hakattujen runkojen stm-tiedoista. Tarkastellut puustotunnukset ja niiden vertailutunnukset on esitetty taulukossa 4.

TAULUKKO 4 Tarkasteltavat tunnuksat ja vertailutunnusten laskenta.

Tunnus	Arviot	Mittaukset	Vertailutunnus
Pääpuulajin keskiläpimitta, cm	x	x	Kohteen runkopankkiin vietyjen puiden 1) painottamaton ja 2) pohjapinta-alalla painotettu 1,3 m:n korkeuden läpimitta, joka on laskettu runkokäyräyhtälömuodosta (ei alkup. stm-arvo)
Pääpuulajin keskijäreys, dm ³	x	x	Pohjapinta-alalla painotettu runkojen keskimääräinen käyttöosan tilavuus
Pääpuulajin keskipituus, m	x	x	Pohjapinta-alalla painotettu puiden keskimääräinen pituus (estimoitu runkokäyräyhtälön muodostuksessa)
Kokonaispohjapinta-ala, m ² /ha		x	Kohteen runkopankkiin vietyjen puiden 1,3 m:n korkeuden pohjapinta-alojen summa / pinta-ala
Pääpuulajin pohjapinta-ala, m ² /ha		x	Edell. pääpuulajille
Pääpuulajin osuus pohjapinta-alasta, %-yks.		x	Edell. lasketun mukainen pääpuulajin ppa:n osuus kokonaisppa:sta (ei ha-kohtainen)
Kokonaistilavuus, m ³ /ha	x	x	Hakkuupoistuman kokonaistilavuus (stm:n pölkkykoht. tilavuuksien summa)
Pääpuulajin tilavuus, m ³ /ha	x	x	Pääpuulajin hakkuupoistuman kokonaistilavuus (laskettu kuten ed.)

Pääpuulajin pohjapinta-alalla painotettu keskiläpimitta arvioitiin ja mitattiin lähes yhtä tarkasti. Arviointivirhe vertailukeskiläpimittaan nähden oli puustotunnusten arvioinneissa keskimäärin -0,7 cm (-2,7 %) ja mittauksissa -0,8 cm (-3,2 %). Arviointivirheen keskihajonta oli arvioinneissa 3,3 cm (20 %) ja mittauksissa hieman pienempi, 2,9 cm (11 %) (kuva 3). Arvioitu tai mitattu keskiläpimitta vastasi kuitenkin paremmin pohjapinta-alalla painotettua kuin painottamatonta, sillä ero kaikista rungoista laskettuun aritmeettiseen keskiläpimittaan oli paljon suurempi (13,3 % arvioissa ja 12,3 % mitattuna arvona, kuva 4). Keskiläpimitan arviointi ja mittaus oli ohjeistettukin siten, että sen tuli vastata pohjapinta-alan mediaanipuun läpimittaa. Maksimiläpimitan mittaus oli mukana koealoittain mitattavissa puustotunnuksissa, mutta siitä ei ollut mittaushavaintoja riittävästi, jotta vertailuja olisi voitu tehdä.

Pääpuulajin keskijäreiden arviointi ja mittaus onnistuivat selvästi keskiläpimittaa huonommin. Muiden puulajien keskijäreiksi ei tarkasteltu. Sekä arvioidun että mittauksin määritetyn keskijäreiden arviointivirhe oli aineistossa keskimäärin n. -30 dm^3 (n. $-7,5 \%$). Keskijäreys siis määritettiin yleensä todellista pienemmäksi. Suhteellisen keskivirheen keskihajonta oli arvioinneissa 27% ja mittauksissa 20% (kuva 5). Suurimmat keskivirheet olivat aineistossa arvioinnein määritetyissä, mutta joissakin tapauksissa arvioitu keskijäreys oli selvästikin lähempänä todellista keskijäreyttä kuin mitattu. Tulosten perusteella keskijäreys ei ole erityisen helposti määritettävissä oleva tunnus ja hajonta voi olla suurta. Mittaajien välinen hajonta samalla leimikolla oli huomattavasti suurempi keskijäreiden kuin keskiläpimitan arvioinnissa.

Pääpuulajin pohjapinta-alalla painotetun keskipituuden (pohjapinta-alan mediaanipuun pituuden) keskimääräinen arviointivirhe oli yhtä suuri arvioimalla ja mittaamalla määritettynä. Keskimäärin virhe oli n. $0,9 \text{ m}$ ($4,5 \%$). Suhteellisen keskivirheen keskihajontakin oli samaa tasoa: molemmilla menetelmillä 8% -yksikköä (kuva 6).

Poistettavan puuston pohjapinta-alat puulajeittain määritettiin relaskooppikoealoilta. Vertailutietona olivat hakkuussa poistettujen puiden stmi-tiedoista lasketut $1,3$ metrin korkeuden pohjapinta-alat, jotka summattiin puulajeittain ja muunnettiin hehtaarikohtaisiksi. Vertailua vaikeutti se, että joidenkin leimikoiden pinta-ala oli selvästi virheellinen. Pinta-aloja ei tarkistusmitattu hakkuiden jälkeen. Tällaiset selvästi virheelliset kohteet poistettiin tarkasteluista, mutta aineistoon on silti voinut jäädä epävarmoja pinta-alatietoja. Sekä kokonais- että pääpuulajin hehtaarikohtaisen pohjapinta-alan mittaustarkkuudessa oli suuri hajonta. Kokonaisppa:n arviointivirhe oli kohteilla keskimäärin -4% , mutta vaihteluväli $-48 - +37 \%$. Pääpuulajin ppa:n arviointivirhe oli keskimäärin 11% ja vaihteluväli hieman kokonais-pohjapinta-alan vastaavaa suurempi.

Puulajisuhteiden arvioinnin tarkkuutta tarkasteltiin pohjapinta-alamittausten avulla. Tarkastelussa ei pinta-alojen virheellisyys haitannut. Keskimäärin leimikoiden pääpuulajin ppa-osuuden arviointivirhe oli $9,7 \%$ -yksikköä ja vaihteluväli $-10 - +30 \%$ -yksikköä. Pääpuulajin osuus siis yliarvioitiin jonkin verran relaskooppimittauksissa.

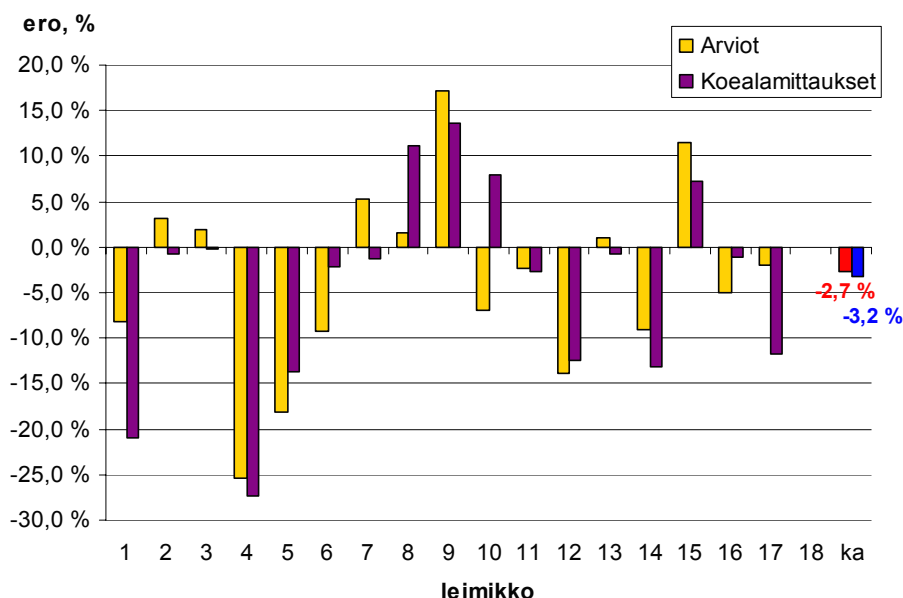
Tilavuuden arvioinnissa tarkasteltiin sekä kokonais- että pääpuulajin tilavuuseroa. Vertailutiedon muodostamisessa oli sama ongelma kuin pohjapinta-alallakin eli joidenkin kohteiden pinta-alatieto oli epävarma ja hehtaarikohtaisia vertailutilavuuksia ei voitu laskea. Nämä leimikot jätettiin pois tarkasteluista.

Kokonaistilavuuden määrittämisessä hajonta oli varsin suurta, vaikka keskimääräinen arviointivirhe olikin arvioinneissa vain $+0,9 \%$ ja koealamittauksissa $-1,9 \%$. Tilavuuden arviointivirheen keskihajonta oli $60\text{--}70 \text{ m}^3/\text{ha}$ (n. 30%) molemmilla menetelmillä (kuva 7). Pääpuulajin tilavuusvirhe oli leimikoilla $2,8 \%$ arvioinneissa ja $4,3 \%$ koealamittauksissa. Pääpuulajin tilavuusvirheen keskihajonta oli lähes samaa tasoa kuin kokonaistilavuudenkin (kuva 8). Suurimmat tilavuuden määrittämisen erot syntyivät harvennushakkuukohteilla.

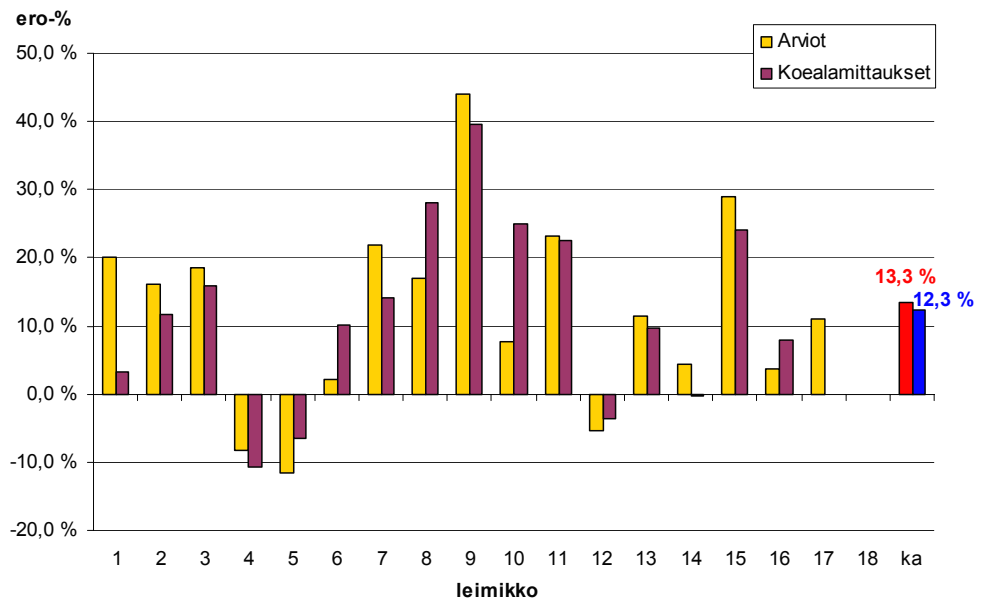
Koealamittauksissa määritettyä puulajien kokonaistilavuutta verrattiin myös samojen leimikoiden koalojen pohjapinta-alojen ja keskipituuksien keskiarvojen avulla määritettyyn relaskooppitaulukon tilavuusarvoon. 18 mittauksesta seitsemässä tilavuus olisi ollut vertailutilavuutta selvästi tarkempi, jos olisi käytetty ko. arvoja. Viidessä tapauksessa ero olisi ollut suurempi ja loppuissa samaa tasoa eli niissä määritetty tilavuus vastasi relaskooppitaulukon arvoja, mutta tilavuusero vertailuarvoon saattoi silti olla suuri. Relaskooppitaulukoista saatujen kokonaistilavuuksien ero vertailutilavuuteen oli keskimäärin $-15 \text{ m}^3/\text{ha}$.

Tilavuuden määrittäminen ei näyttäisi tulosten perusteella onnistuvan erityisen hyvin sen paremmin silmämääräisesti arvioituna kuin koealamittauksiin, mikä oli melko yllättävää. Selityksenä suurille tilavuuksien arviointivirheille ja hajonnoille voi olla kuitenkin se, että kohteiden pinta-aloja ei erikseen tarkistettu jälkeinpäin ja siten vertailutieto saattoi olla virheellinen.

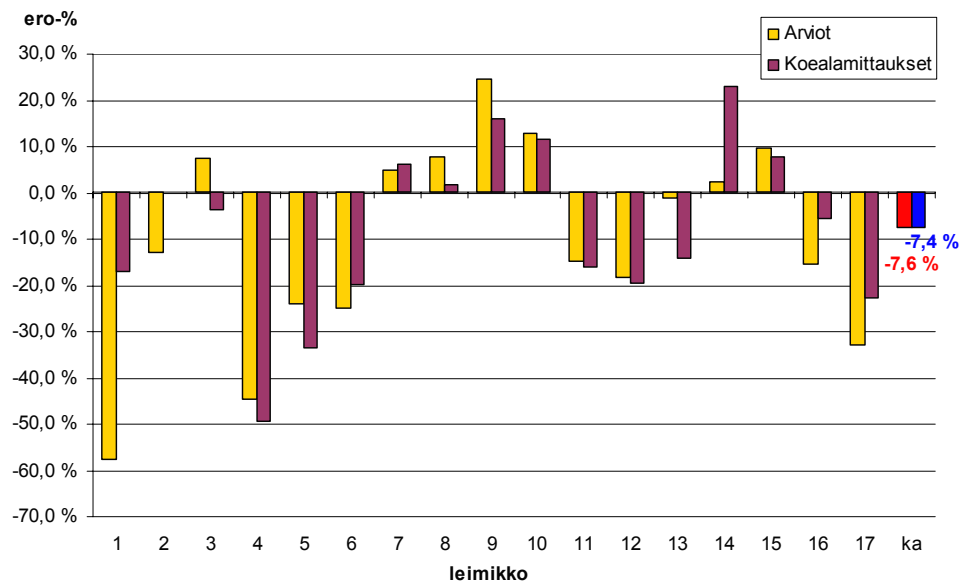
Puustotunnusten arvioinnin ajanmenekki oli keskimäärin 12,5 min leimikkoa kohden (mediaani 10 min). Vaihteluväli oli 5–40 min. Koalojen mittauksen ajanmenekki oli keskimäärin 13,5 min ja mediaani 15 min vaihteluvälin ollessa 3–30 min. Mitattaessa neljä koalaa ajanmenekki leimikkoa kohden olisi siis 54 min. Mittaajien koealamittauksiin yhteensä leimikkolla käytämä aika oli testauksissakin keskimäärin 54 min (vaihteluväli 14–100 min). Käytetyn mittausajan ja puustotunnusten erojen välistä korrelaatiota ei selvitetty.



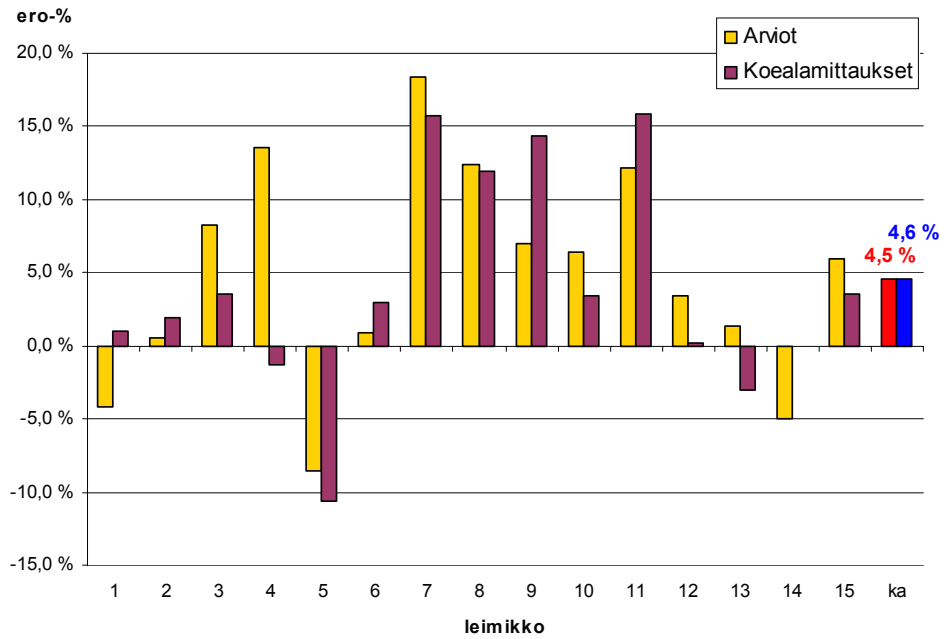
Kuva 3. Pääpuulajin pohjapinta-alalla painotetun keskiläpimitan ero vertailuläpimitaan.



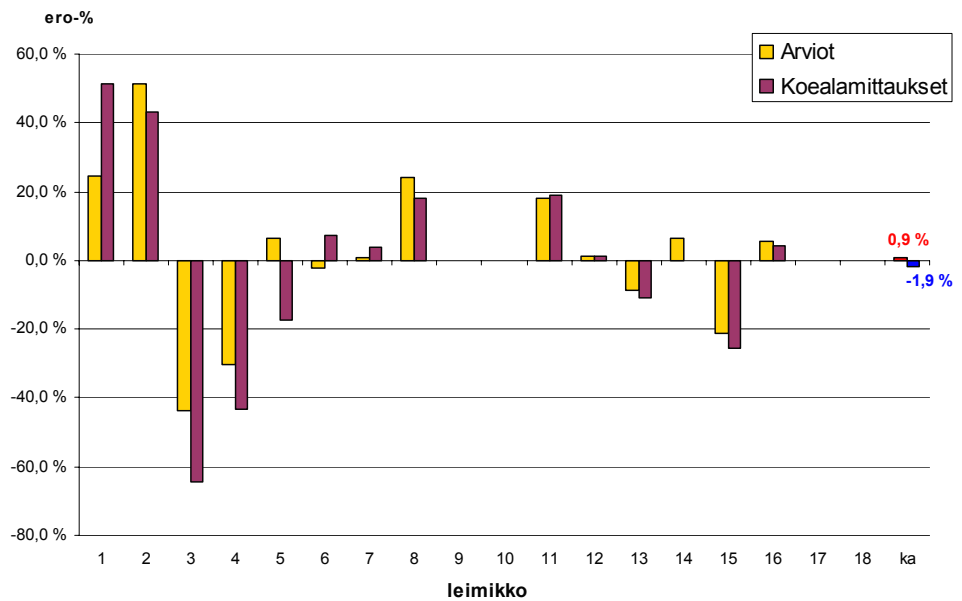
Kuva 4. Pääpuulajin painottamattoman keskiläpimitan ero vertailuläpimitaan.



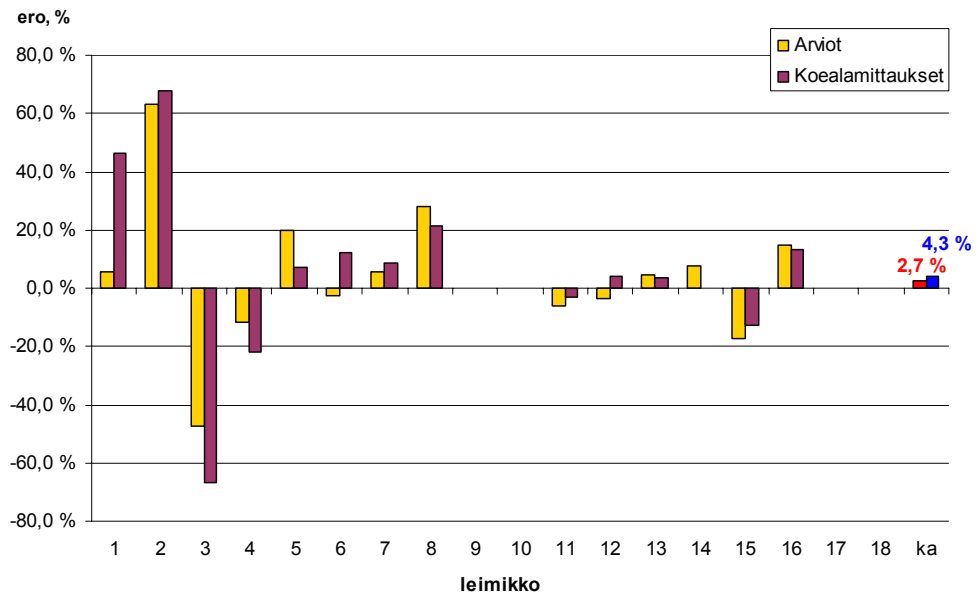
Kuva 5. Pääpuulajin keskijäreyden ero pohjapinta-alalla painotettuun keskijäreyteen.



Kuva 6. Pääpuulajin pohjapinta-alalla painotetun keskipituuden ero hakkuukoneen stm-tiedoista runkokäyräyhtälöllä muodostettuun keskipituuteen.



Kuva 7. Kokonaistilavuuden ero.



Kuva 8. Pääpuulajin tilavuusero.

4.2 Puustotunnusten arviointivirheiden tarkastelu ja merkitys

Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää suuntaa-antavasti, miten tarkasti maastossa kyetään kevyitä arviointi- tai mittausten menetelmiä käyttäen määrittämään ne keskeiset puustotunnukset, joita voidaan käyttää hyväksi vastinleimikoiden hakumuuttujina MSN-menetelmää hyödyntävissä runkopankkisovelluksissa. Tarkasteltujen puustotunnusten arviointivirheitä voidaan verrata muissa vastaavissa tutkimuksissa havaittuihin virheisiin ja niiden hajontaan. Keskeisimpiä tunnuksia ovat puulajeittain tai puustosisiteittain määritetyt puuston keskiläpimitta, keskijäreys, pohjapinta-ala ja keskipituus. Minimi- ja maksimiläpimitat, puulajeittaiset tilavuudet ja tukkiprosentit voidaan katsoa aputunnuksiksi, joiden merkitys hakumuuttujina on todennäköisesti vähäisempi. Menetelmän testauksissa Joensuun yliopistossa ja Metsätehossa on päädytty käyttämään seuraavaa hakumuuttujien perusjoukkoa (tunnukset puulajeittain määritettyinä):

- pohjapinta-alamediaanipuun rinnankorkeusläpimitta
- pohjapinta-alamediaanipuun pituus
- puulajiosuus (puulajin käyttöosan tilavuusosuus yhteenlasketusta käyttöosan tilavuudesta)
- pohjapinta-ala
- leimikon pinta-ala.

Näistä perusmuuttujista voidaan lisäksi käyttää erilaisia muunnoksia. Myös joillakin luokittelumuuttujilla on todettu eri testeissä olevan merkitystä.

Metsäntutkimuslaitoksen ja Joensuun yliopiston ”Metsätiedon keruun ja käytön optimointi” -hankkeessa selvitettiin, kuinka luotettavasti maastossa

pystytään arvioimaan erilaisia kuvioittaisessa arvioinnissa käytettäviä puustotunnuksia. Siinä selvitettiin, kuinka arvioinnin luotettavuus riippuu arviointia suorittavasta henkilöstä ja metsikön ominaisuuksista sekä selvitettiin arvioinnin ajanmenekkiä. Selvitystä varten tehtiin koejärjestelyt, joissa tunnuksot arvioitiin maastoradan 18 koealalla. Mittaajia, jotka olivat kuvioittaisen arvioinnin ammattilaisia, oli yhteensä 19.

Puustotunnuksista pohjapinta-ala arvioitiin keskimäärin oikein. Arviointivirheen keskiarvo oli 0,5 % ja hajonta 31,8 %. Pohjapinta-alamediaanipuun läpimitan (keskiläpimitan) arviointivirhe oli keskimäärin -1,38 cm (6,9 %) eli suurempi kuin tässä tutkimuksessa havaittu. Arviointivirheen hajonta oli 18,4 % ja suhteellinen keskivirhe 19,6 %. Pohjapinta-alamediaanipuun puituuden (keskipituuden) arviointivirheen harha oli keskimäärin 0,8 m (4,9 %), joka oli samaa tasoa kuin tässä tutkimuksessa. Kokeissa selvitettiin myös runkoluvun arvioinnin tarkkuutta. Sen arviointivirheen harha oli keskimäärin 43 kpl/ha (8,1 %) ja hajonta varsin suuri, 80 %. Tilavuuksia ei maastokokeissa arvioitu (Heikkinen 2002).

Leimikon suunnittelun yhteydessä käytettäviä ennakkomittausmenetelmiä ja niiden tarkkuutta selvitettiin etenkin 1990-luvun puolivälissä. Metsätehon Tuotelähtöinen puunhankinta -projektissa selvitettiin n. 10 leimikolla eri ennakkomittausmenetelmien tarkkuutta, mutta eri mittaajien välisiä eroja ei pystytty tutkimaan. Menetelmien keskimääräinen kokonaistilavuuden ero oli -11,4 - +3,0 % ja keskihajonta 9–13 %. Pääpuutavaralajin tilavuusero oli -8,7 - +6,6 % ja keskihajonta 33–38 %. Yksittäisten puustotunnusten tarkkuutta ei selvitetty.

Tässä tutkimuksessa tarkasteltujen puustotunnusten arviointivirheiden voidaan sanoa kutakuinkin olevan sekä keskivirheeltään (systemaattinen ja satunnaisvirhe yhdessä) että arviointivirheen hajonnaltaankin samaa tasoa kuin Metlan tutkimuksessa pohjapinta-alaa lukuun ottamatta. Koejärjestelyissä ja vertailutietojen laskennassa oli puutteita, jotka eliminoimalla tulosten epävarmuutta olisi voitu vähentää.

Puustotunnusten käyttämiseksi hakumuuttujina MSN-menetelmässä on hyvä olla käsitys käytännön mittaustilanteissa havaitusta keskivirheen ja hajonnan tasosta, joka vaihtelee tunnuksittain, metsiköittäin ja mittaajittain. MSN-menetelmän jatkokehittämisessä ja testauksissa on tarkoitus muodostaa hakumuuttujatiedot niin, että ne vastaavat jakaumaltaan ja keskihajonnaltaan käytäntöä. Tällöin voidaan selvittää puustotunnusten arviointivirheen merkitystä sekä yksittäisen leimikon että suuremman leimikkojoukon puustotietojen ja katkontatuloksen ennustamisessa.

4.3 Ennakkotietojen hyödyntäminen hankinnan ohjauksessa

Vastinkohteiden haussa ja kuusikoita koskevien puutavaralajiennusteiden laatimisessa testattiin MSN-menetelmään perustuvaa prototyyppisovellusta. Vastinkohteiden hakumuuttujina olivat runkojen keskijäreys, kokonaistilavuus sekä pinta-ala.

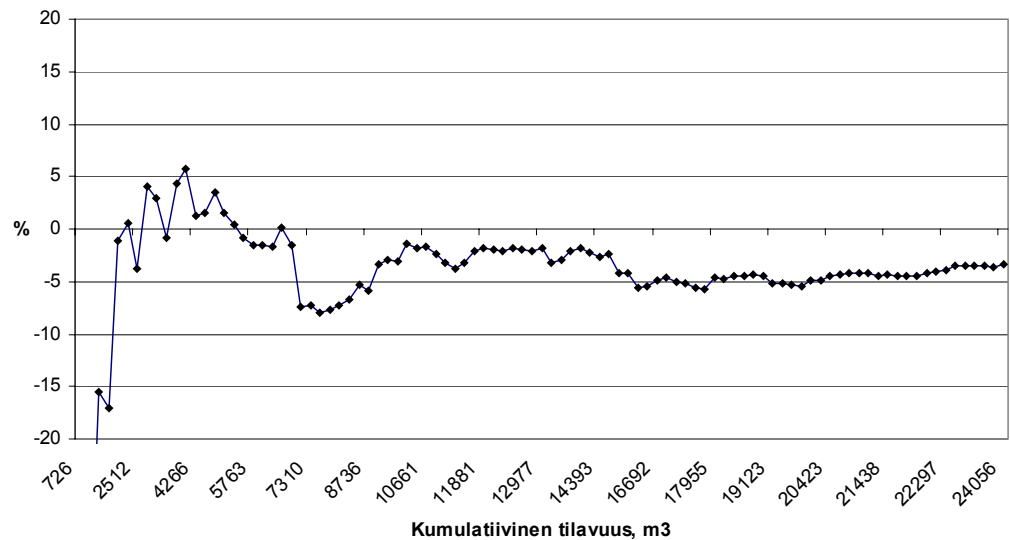
Käytännössä esiintyvien arviointivirheiden vaikutusta yksittäisiä leimikoita sekä leimikkojoukkoja kuvaavien ennusteiden tarkkuuteen tutkittiin simuloimalla todellisten tunnusten arvojen ympärille satunnaistettua, normaali-jakauman mukaista eroa. Aineisto sisälsi kaikkiaan 97 leimikkoa.

Laadituissa esimerkkitarkasteluissa ennusteiden oletettiin osuvan keskimäärin oikeaan, mutta rungon keskijäreysarvion suhteelliseksi keskihajonnaksi oletettiin maastossa tehtyjen kokeiden perusteella 25 % sekä leimikoiden kokonaistilavuuden suhteelliseksi keskihajonnaksi 30 %.

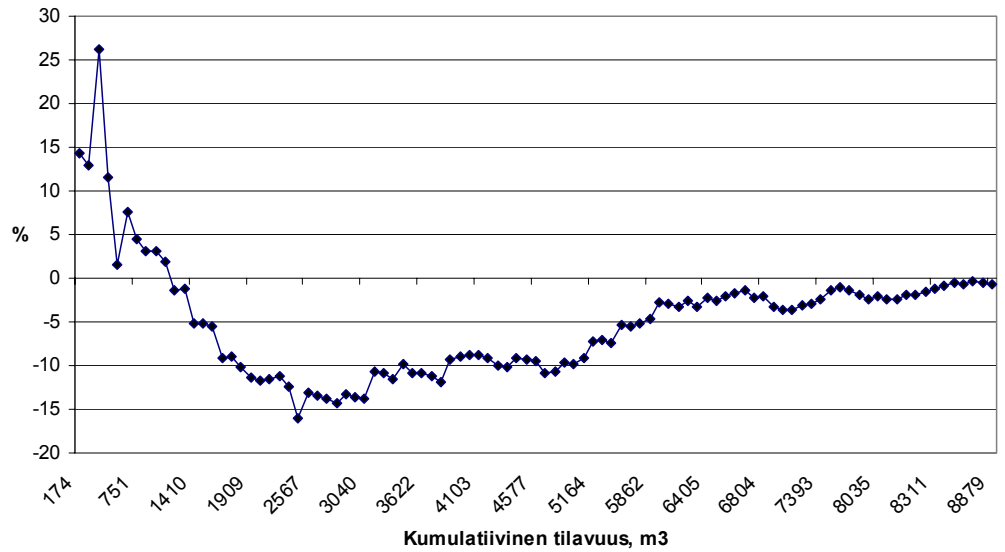
Testauksen jälkeen MSN-menetelmän sisältävässä ohjelmakoodissa havaittiin virheitä, jotka on korjattu myöhemmin käynnistetyssä jatkohankkeessa. Tässä raportissa esitettävät tulokset eivät ole siis lopullisia. Kun hakumenetelmä toimii täysin oikein, ennusteet ovat oletettavasti parempia.

Yksittäisten kuusikoiden tukkipuumäärien arviointivirhe oli keskimäärin -1,2 % ja keskihajonta 31,9 %. Leimikkokohtaisten kuitupuumäärien keskimääräinen arviointivirhe oli 5,7 % ja keskihajonta 46,8 %.

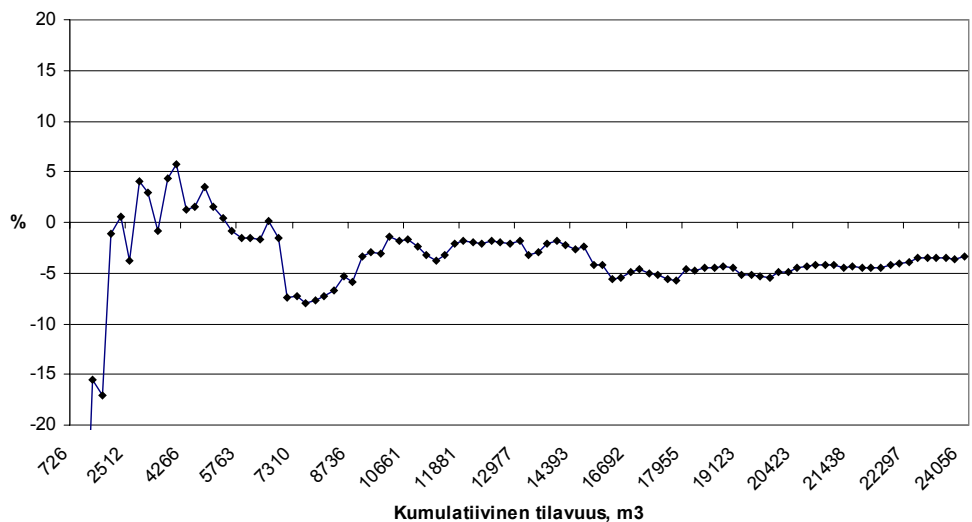
Leimikkojoukkoja koskevat kumulatiiviset tukkipuun tilavuusennusteet vaikiintuivat lähes virheetömiksi summattaessa yhteen noin kymmentä leimikkoa vastaavat puumäärät. Arviointivirhe jäi tällöin alle viiden prosentin (kuva 9). Myös kuitupuun tilavuusennusteet käyttäytyivät vastaavalla tavalla (kuva 10).



Kuva 9. Kuusitukkipuun kumulatiivisen tilavuuden suhteellinen arviointivirhe.



Kuva 10. Kuusikuitupuun kumulatiivisen tilavuuden suhteellinen arviointivirhe.



Kuva 11. Kuusitukkipölkyn keskitilavuuden suhteellinen arviointivirhe kumulatiivisessa aineistossa.

Leimikkojoukkojen kuusitukkien keskitilavuutta koskevat ennusteet olivat verraten hyviä. Kumulatiivisessa aineistossa päästiin alle viiden prosentin tarkkuuteen jo muutaman leimikon summatuloiksi ennustettaessa (kuva 11).

Sahatukkien ja kuitupuun tilavuusennusteissa ei näyttänyt olevan systemaattista virhettä. Sen sijaan ennustettaessa useampien leimikoiden sorvikuusen summatilavuutta päädyttiin todellisiin tilavuuksiin nähden aliarviointeihin. Lopullinen syy tähän ilmiöön jäi selvittämättä.

4.4 Korjuun ohjelmointi

Korjuun lyhyen tähtäimen suunnittelussa, ns. ohjelmoinnissa, tähdätään kuljetussuunnitelmien mukaiseen eri puutavaralajien toimitustarpeiden täyttämiseen. Puutavaralajien kertymiä koskevat ennusteet ovat tämän ohjelmointityön ja työmaiden ketjutuksen lähtökohtana.

Käytännössä yleensä raaka-ainetarpeita ja korjuuta tasapainotetaan katkotun puutavaran puskurivarastojen avulla. Ajoittain hankinnassa kohdataan kuitenkin tilanteita, joissa hakatut puutavaraerät toimitetaan lähes viiveettä tuotantolaitoksille. Varsinkin tällöin pystyssä olevien korjuukohteiden puutavarakertymiä koskevat mahdollisimman oikeansuuntaiset ennusteet olisivat tarpeellisia.

Yhtenä osatehtävänä tässä hankkeessa pyrittiin selvittämään puutavaraennusteiden tarkkuuden merkitystä korjuun ohjelmoinnissa. Tätä varten laadittiin esimerkkiluonteinen, yksinkertaistettu korjuuohjelman optimointimalli, joka perustui kokonaislukuoptimointiin.

Optimointimallin avulla ajoitettiin kuusikoiden korjuuta kuukauden pituisella aikajaksolla eri viikoille lähtien siitä, että kuusitukkia, kuusikuitupuuta sekä sorvikuusta korjataan mahdollisimman tasaisesti tavaralajitarpeiden mukaisesti. Tavaralajikohtaiset kuljetusmäärät asetettiin siten, että kuukauden pituisen aikajakson puitteissa korjattavat ja kuljetettavat puumäärät ovat yhtä suuria. Kunkin viikon aikana korjattiin noin 5 kohdetta ja eri kuusipuutavaralajien varastotasoja minimoitiin leimikoiden tavaralajisisältöä kuvaavien ennusteiden sekä todellisten puumäärien pohjalta.

Puutavaralajiarviot perustuivat MSN-menetelmällä tehtyyn vastinkohteiden hakuun runkopankista. Metsänarviointityötä simuloivissa ennusteissa ei ollut systemaattista virhettä, mutta rungon keskijäreysarvion suhteelliseksi keskihajonnaksi oletettiin 25 % ja leimikoiden kokonaistilavuuden suhteelliseksi keskihajonnaksi 30 %, mikä vastaa maastossa tehtyjen arviointien tarkkuutta.

Mikäli puutavaralajien leimikkokohtaisia määriä koskevat ennusteet (arviot) olisivat täysin oikeita, taulukossa 5 esitetyn esimerkkilaskelman mukaan eri kuusipuutavaralajien varastotasoja voitaisiin alentaa 5–27 % verrattuna tilanteeseen, jossa toimitaan satunnaista arviointivirhettä sisältävien runkopankkiennusteiden varassa.

TAULUKKO 5 Esimerkki korjuun ohjelmoinnin ja puutavaralajiarvioiden tarkkuuden vaikutuksesta varastotasoon.

Puutavaralaji	Varastoja minimoidaan tavaralajiarvioihin perustuen	Varastoja minimoidaan todellisiin tavaralajimääriin perustuen
	Kuukauden keskimääräinen varasto, m ³	
Kuusikuitupuu	367	288
Kuusitukki	897	711
Sorvikuusi	254	244

Tämä esimerkkilaskelma havainnollistaa sitä, että puustoennusteiden tarkkuudella on merkitystä puutavaralogistiikan hallittavuuden kannalta. Johtopäätösten tekeminen edellyttäisi, että runkopankkiennusteiden pohjalta saatavaa optimikorjuuohjelmaa varastoineen verrattaisiin ohjelmaan, joka tehdään perinteisen metsäarvioinnin tulosten perusteella. Koska runkopankki-sovelluksen vastinkohteiden hakumenetelmäkään ei ollut vielä täysin toimiva, pitemmälle meneviä analyysejä ei vielä tässä vaiheessa voitu toteuttaa.

5 RUNKOPANKIN KÄYTTÖSOVELLUSTEN KEHITTÄMINEN

5.1 Tarvekysely

Projektissa mukana olleille osakkaille tehtiin kysely, jonka tavoitteena oli kartoittaa tarpeet ja tavoitteet runkopankin ja sen sovellusten käytöstä puunhankinnan eri toiminnoissa sekä sovellusten liittämisestä osaksi puunhankinnan tietojärjestelmiä. Vastaukset saatiin neljältä projektissa mukana olvalta yhtiöltä. Mukana oli kolme suurinta puunhankkijaa. Kyselyn tuloksien perusteella saatiin arviot, mikä on eri sovellusten tarve ja mihin suuntaan niitä pitäisi kehittää, jotta niitä voitaisiin hyödyntää myös puunhankintaorganisaatioiden omien runkopankkisovellusten osina.

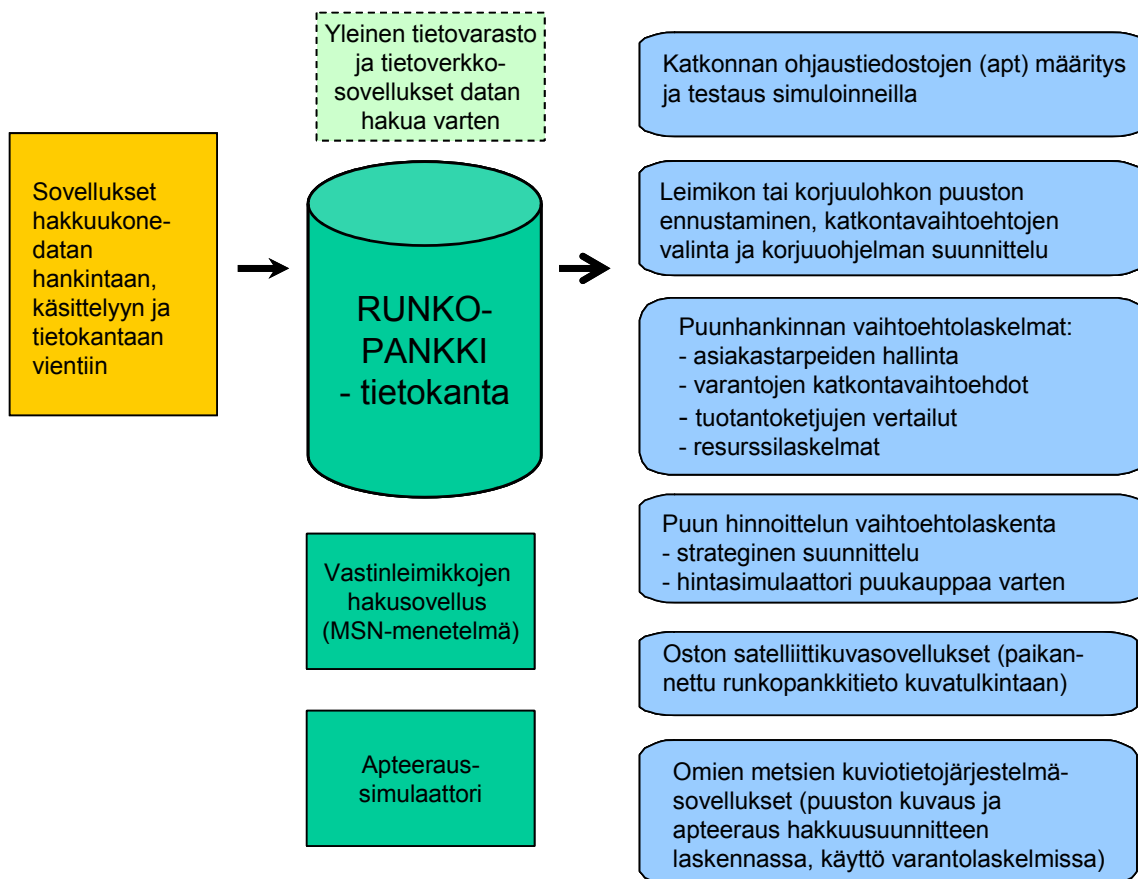
Kyselyssä esiteltiin runkopankin hyödyntämismahdollisuuksia käyttötapauskuvausten avulla ja määritettiin käyttöä varten tarvittavat sovellukset. Käyttötarpeen ja sovellusten tarve sekä järjestelmän nykytilanne pyydettiin arvioimaan sekä kuvaamaan tarpeita vapaamuotoisesti. Erilaisia käyttötapauksia määritettiin kahdeksan:

1. Apteerauksen ohjaustiedostojen määrittäminen ja testaus simuloinnilla
2. Leimikon tai korjuulohkon katkontavaihtoehtojen valinta ja korjuun ketjutus
3. Asiakastarpeiden hallinta ja katkontavaihtoehtolaskelmat
4. Puun hinnoittelujärjestelmät
5. Alueelliset resurssitarvelaskelmat ja toiminnan kausivaihtelusuunnittelu
6. Runkopankin käyttö yhtiön omien metsien hakkuusuunnitteen laskennassa
7. Yleinen runkopankkidatan tietopalvelusovellus
8. Muut käyttötapaukset

Varsinaisia runkopankkiin kiinteästi liittyviä sovelluksia olivat:

- ohjelmat hakkuukonedatan purkamiseen, muokkaukseen ja tietokantaan vientiin
- runkopankin vastinleimikkojen haun sovellukset (MSN-menetelmä) leimikon puustotietojen tai pölkkyjakaumien ennustamiseksi
- apteraussimulaattori ja simuloinnin analysointiohjelmat.

Käyttötapaukset ja -sovellukset on esitetty kuvassa 12.



Kuva 12. Runkopankin käyttömahdollisuudet ja -sovellukset.

5.2 Runkopankkisovellusten hyödyntämismahdollisuudet eri käyttötapauksissa

Vastauksissa runkopankkisovellusten käyttötarpeita arvioitiin seuraavasti:

1. Apteerauksen ohjaustiedostojen (apt) määrittäminen ja testaus simuloimalla

Tarvetta ja sovelluksia piti merkittävänä kolme osakasta ja mahdollisena yksi. Menetelmä ja sovellukset tiedostojen tekoon oli kaikilla jo joko olemassa, kokeilukäytössä tai suunnitteilla jossakin muodossa. Omia (Apteri) ja konevalmistajien ohjelmia (mm. SilviA, PonsseOpti, PonsseSimu) käytetään yleisesti. Apteeraussimulaattori on tässä keskeinen väline ja sen tulisi olla helposti liitettävissä yhtiön tietojärjestelmään. Simulointi edellyttää runkopankkitietokantoja tai muutoin metsäjärjestelmissä olevia tietovarastoja, joita yrityksillä on vaihtelevasti olemassa tai laajamittaista keruuta ollaan aloittamassa.

2. Leimikon tai korjuulohkon katkontavaihtoehtojen valinta ja korjuun ketjutus

Käyttötarve arvioitiin eri tavoin eri osakkailla. Yksi piti sitä merkittävänä, yksi mahdollisena ja kaksi ei nähnyt tarvetta lainkaan. Käyttötarvetta puoltavilla perusteena oli, että ensimmäisessä vaiheessa olisi tärkeintä tuottaa runkopankkia hyväksi käyttäen varannosta saatavalle tukkijakaumalle ennuste, jota sahojen tuotannosuunnittelu ja myynti voisivat hyödyntää. Jatkossa voitaisiin mahdollisesti optimoida korjuuohjelmille tulevat lohkot siten, että tehtaiden tavoitteet saataisiin toteutettua mahdollisimman hyvin. Tavoitteena on tällöin hallita ajallisesti peräkkäin olevia leimikoita ja samanaikaisesti hakea optimia ylitse yksittäisen leimikon tapahtuvan tarkastelun. MSN-menetelmän sovellus on tässä ensiarvoisen tärkeä.

3. Asiakastarpeiden hallinta ja katkontavaihtoehtolaskelmat

Kyseessä on puunhankinnan suunnittelussa käytettävä strategisen tason katkontavaihtoehtojen tarkastelu, jossa käytetään hyväksi alueellisia varanto- ja ostopotentiaalitietoja. Kuljetusvaihtoehtojen analysoinnin yhdessä katkonnan kanssa esitettiin olevan yksi vaihtoehto tarkasteluissa. Laajennettuna järjestelmään voisi kuulua sahaussimulaattori, jolloin myös voitaisiin tarkastella sahausvaihtoehtoja sisäisen laadun kuvauksen ja ennustamisen mukaan.

Yksi osakkaista arvioi tämän kaltaisen vaihtoehtolaskennan olevan tarpeellista etenkin puunhankinnan suunnitteluun ja budjetointiin. Muut katsoivat sen olevan siihen mahdollista. Sahauksen simulointilaskennan ei uskottu olevan mahdollista mm. ulkoisen ja sisäisen laadun heikon kytkennän vuoksi sekä siksi, että olisi voitava nykyistä paremmin todentaa myös eri alueiden ja erilaisten leimikkotyyppeiden jalostusarvo sahausessa ennen kuin voidaan strategisella tasolla allokoita leimikkovarantoa eri käyttöihin.

4. Puun hinnoittelujärjestelmät

Kaikkien osakkaiden mielestä jonkinlainen puun hinnoittelun simuloinnin työkalu, jossa runkopankkiaineistoja käytetään, on tarpeellinen, jos puukaupassa siirrytään runko- tai puulajihinnoitteluun. Tarvetta olisi tällöin työkalulle sekä hankinnan suunnitteluun ja budjetointiin että myös ostossa käytettävälle hintasimulaattorille.

5. Alueelliset resurssitarvelaskelmat ja toiminnan kausivaihtelu-suunnittelu

Resurssitarvelaskelmia pidettiin sinänsä tärkeinä, mutta arvioitiin, että ne voidaan toteuttaa menemättä yksityiskohtaisiin runkopankkisovelluksen avulla laskettuihin tietoihin. Myös hakkuutähdepotentiaalit pystytään laskemaan riittävällä tarkkuudella ilman runkopankkisovellusta.

6. Runkopankin käyttö yhtiön omien metsien hakkuusuunnitteen laskennassa

Runkopankkisovellusten käyttöä omien metsien hakkuusuunnitelaskelmissa ei pidetty erityisen tärkeänä. Mahdollisuutena nähtiin kuitenkin, että sovelluksen ja aineistojen avulla voitaisiin tarkentaa tietoja käsiteltyjen kuvioiden puustosta tai käyttää materiaalia inventointitietojen tarkentamiseen. Omien metsien puustokuvauksia tarvittaisiin myös leimikkovarantojen kuvaukseen puunhankinnan suunnittelua varten, joten silloin käyttö olisi analogista yksityismetsien leimikkovarantojen kanssa.

7. Yleinen runkopankkidatan tietopalvelusovellus

Kyselyssä esiteltiin vaihtoehto, jossa runkopankkidataa koottaisiin laajasti osakkaiden yhteiseen tai yleiseen tietovarastoon, jonka ylläpitäjänä ja jakelijana voisi olla Metsäteho tai jokin muu taho. Data voisi olla erilaisiin ennalta määrättyihin käyttötarpeisiin muokattua ja sen jakelu tapahtuisi tietoverkkoyhteyksien (Internet) kautta. Tällainen tietopalvelusovellus ei olisi tarkoitettu puunhankinnan operatiiviseen käyttöön. Sen sijaan satunnaisempaan käyttöön, mm. laajoja aineistoja vaativiin erityislaskelmiin, kuvatulkintaan (paikannettu runkopankkidata), sovellusten kehittämisen testiaineistoiksi ja erilaisiin tutkimustarpeisiin sitä voitaisiin käyttää.

Yhtiöistä kaksi piti tällaista tietovaraston keruuta ja jakelua tarpeellisena ja ne katsoivat voivansa olla aineistojen toimittajina mukana, mutta muut joko tarpeettomana tai eivät osanneet sanoa tarpeesta vielä sen enempää. Käyttömahdollisuuksia nähtiin olevan erityisesti tutkimus- ja kehitystarpeisiin, mutta operatiivisia tarpeita varten yhtiöiden omien runkopankkitietokantojen arvioitiin olevan soveltuvampia. Arvioitiin, että alkuvaiheessa, kun datan määrä on vähäinen, yhteinen kerääminen nopeuttaa käyttöönottoa ja tiedon hyödyntämistä. Kun yrityksellä on olemassa tarvittavat sovellukset automaattiseen tiedon keruuseen ja analysointiin, yhteisen runkopankin tarve vähenee.

8. Muut käyttötapaukset

Muita runkopankin käyttömahdollisuuksia mainittiin kaksi:

- 1) satelliitti- ja ilmakuvien tulkinta paikannettua hakkuukonedataa hyväksi käyttäen
- 2) leimikon puuston ennakkotiedon hankinta (ei kuvattu tarkemmin millaisesta käytöstä kyse)

5.3 Sovellusten ja ohjelmien tarpeet osakkailla

Sovellusten kehittämisessä tavoitteeksi asetettiin ohjelma-algoritmien kehittäminen ja testaus sekä ohjelmamoduulien tuottaminen ilman vielä pitkälle vietyjä käyttöliittymiä. Modulaarisuudella pyritään sovellusten liittämiseen helposti eri yhtiöiden puunhankinnan tietojärjestelmiin. Sovellusten tiedostorajapinnat tietojärjestelmiin on tällöin otettava huomioon.

Kyselyssä selvitettiin Metsätehossa olemassa olevien runkopankin muodostamisessa ja käytössä tarvittavien sovellusten ja ohjelmien tarvetta yhtiöiden näkemysten mukaan. Kaikkia esiteltyjä sovelluksia arvioitiin tarvittavan jossakin muodossaan, mutta yhtiöittäin tarpeet hieman vaihtelivat. Tulokset on esitetty taulukossa 6.

Hakkuukonetiedostojen purkuohjelmia pidettiin varsin tarpeellisina ja useilla vastaajilla oli toiveena, että sovellus olisi itsenäinen ohjelmapaketti. Sillä olisi oltava tuotettavissa yhtenäinen tiedostoformaatti, johon eri kone-merkkien erilaiset tiedostot voitaisiin muuntaa. Ongelmana on toistaiseksi ollut, että eri kone-merkkien stm-tiedostot ovat sekä rakenteeltaan että osin myös tietosisällöltään varsin erilaiset. Myös prd-tiedostoissa on eroja. Muunnoksia yhtenäiseen muotoon tarvitaan etenkin, kun kootaan laajoja runkopankkiaineistoja eri kone-merkeiltä ja mittalaitaversioilta. Muunnokset ja tarkistukset voidaan tehdä tiedostojen esikäsittelyssä ennen varsinaista tietokantaan vientiä.

Yhtenä ratkaisuna yhtenäiseen esitystapaan on **tiedostojen muunto XML-muotoon**, jolloin myös tiedostojen tietosisältöä voidaan tarkistaa muuntamisen yhteydessä. XML-muuntoon on Metsätehossa tehty erityinen ohjelma (STM_to_XML.exe) ja se on saatavissa kokeilukäyttöön ja ladattavissa Metsätehon tietopalvelun kotisivun <http://www.metsateho.fi> alisivulta Tuotteet/Ohjelmistot. Stm-tiedostojen sisältöön ja esitysmuotoon on määritetty uusia vaatimuksia vuoden 2003 aikana ja XML-muunnosohjelma on niiltä osin päivitettävä sen jälkeen, kun konevalmistajat ovat toteuttaneet ko. vaatimukset seuraavissa mittalaitaversioissaan.

Stm- ja prd-tiedostojen purkamiseksi tavalliseksi tekstitiedostoksi on Metsätehossa laadittu **purkuohjelmat**, joita on muokattu käyttötarpeen ja tiedostojen sisältöpäivitysten mukaan. Ohjelmissa määritetään, mitkä standardin muuttujista puretaan. Runkotietoja voidaan tarkistaa ja suodattaa etukäteen asetettujen ehtojen mukaan. Ohjelmilla voidaan muodostaa myös uusia muuttujia (esim. rungon hylkäyssyykkodi). Purkuohjelmille ei ole toistaiseksi tehty erityisiä käyttöliittymiä, mutta niiden laadinta ei olisi iso työ. Purkuohjelmat ovat saatavissa Metsätehosta ja niitä voidaan muokata käyttäjien tarpeiden mukaisiksi.

Hakkuukoneen tiedonsiirtostandardiin on vuonna 2003 tehty pölkkykohtaisen pri-tiedoston tietosisällön ja esitystavan muutokset. Pri-tiedostossa voidaan esittää kunkin pölkyn tietojen (mm. puu- ja puutavaralaji, latvaläpimita, pituus, tilavuus) lisäksi myös runkotason tietoa, ei kuitenkaan stm:n kaltaista läpimittatietoa. Jatkossa pri voikin olla uusi tapa koota runkopankki-dataa, mikäli riittää, että runko kuvataan katkottujen pölkkyjen ja ns. rekisteröimättömien kappaleiden ja niiden latvaläpimittojen ja pituuksien avulla. Konevalmistajat toteuttanevat pri-muutokset seuraaviin mittalaitaversioihinsa (vuoden 2004 kuluessa), jonka jälkeen voidaan laatia purkuohjelmat myös pri-tiedostojen käyttöä varten.

Runkokäyräyhtälöiden muodostaminen hakkuukoneen stm-tiedostojen läpimittatiedoista arvioitiin tarpeelliseksi sovellukseksi. Käyttämällä runkokäyräyhtälön parametrisarvoja voidaan tietokantaan vietävää datamäärää huomattavasti supistaa sekä tasoittaa runkokäyrän muotoa. Nykyisten mittalaitteiden tuottamassa suodatetussa läpimittatiedossa on ongelmana toisinaan ilmenevät läpimitan jyrkät pudotukset latvaan päin mentäessä sekä läpimitan pysyminen sen jälkeen vakiona. Mittalaitteen läpimitan tallennuksessa ei normaalisti käytetä kasvavia läpimittoja. Toistaiseksi myöskään tyven funktiolla tai kertoimin muodostettu läpimittatieto ei erityisen hyvin vastaa yleistä runkomuotoa. Tähän on kuitenkin jatkossa tulossa muutos, kun tyven läpimittatiedon muodostus ja kuutiointi yhtenäistetään eri kone-merkeillä samanlaiseksi. Stm-tiedostoon on sovittu tallennettavaksi myös ne katkotut kappaleet, joista ei synny mitään puutavaralajia (yli 10 cm pitkät hylkykappaleet), jolloin rungon muoto ja katkontatieto tallentuvat täydellisenä tiedostoon. Runkokäyräyhtälöiden muodostamisen yhteydessä voidaan selvästi virheelliset rungot poistaa tietovarastoon viennistä, jolloin katkonnan simuloinnissa ei niiden osalta synny ongelmia. Poistettavat rungot tulee silti pitää mukana runkolukusarjatiedoissa.

Kyselyn mukaan sovelluksen tulisi olla itsenäisesti ajettava ohjelma käyttöliittymineen. Metsätehossa runkokäyräyhtälöt on muodostettu SAS-ohjelmiston ohjelmilla, mutta metsäyhtiöillä ei ko. ohjelmistoa käytetä. Uuden runkokäyräyhtälöiden muodostamiseen käytettävän ohjelman teko on kuitenkin aloitettu Metsätehon Simulointiavusteinen tuottavuuden hallinta-projektissa. Ohjelma on erillinen Fortran-moduuli, jota voidaan käyttää yhdessä uuden stm-tiedostojen purkuohjelman (C++) kanssa. Purkuohjelma tuottaa läpimittatiedot ja puun estimoidun pituuden, joita tietoja Fortran-moduuli käyttää runkokäyräyhtälön parametrien optimoinnissa.

Vastinleimikkojen valinnan ja haun sovellusta eli kehitettävänä olevan lähimmän naapurin MSN-ohjelmaa arvioitiin myös tarvittavan, joskin sen käyttö edellyttää jo yksittäisen leimikon ennustamiseen menevää runkopankkien hyödyntämistä puunhankinnan suunnittelussa. Ohjelman tulisi olla itsenäinen moduuli, joka olisi helposti liitettävissä yhtiöiden tietojärjestelmiin, mutta erityistä käyttöliittymää se ei välttämättä vaadi.

MSN-ohjelmaa kehitetään ja testataan edelleen Metsätehon ja Joensuun yliopiston yhteistyönä uusilla runkopankkiaineistoilla. Uutena piirteenä koikeillaan hakumuuttujien automaattista valintaa. Olemassa oleva ohjelmakoodi on osittain kirjoitettu uusiksi Metsätehossa, mutta siihen on tehtävä vielä muutoksia, kun menetelmän uudet toiminnot on testattu. Käyttöliittymä on tehty tutkimustarpeita varten. Apteeraussimulaattoriin liitettynä MSN-moduulia voidaan ohjata simulaattorin käyttöliittymästä.

Kyselyssä oli mukana myös **apteeraussimulaattori**, sillä sen käyttö liittyy olennaisesti runkopankin hyödyntämiseen. Kaikki vastaajat pitivät simulaattorin kehittämistä tärkeänä. Metsätehon MASI-apteeraussimulaattorin toteutus aloitettiin omassa projektissaan ja sen ensimmäinen versio valmistui vuoden 2003 lopussa. Simulaattori on suunniteltu käyttämään lähtötietoina joko erilaisia hakkuukoneen tiedonsiirtostandardin mukaisia stm-tiedostoja tai runkopankissa olevia runkotietoja. Apteerattava puujoukko muunnetaan simulaattorissa XML-muotoon. Simulaattori pystyy jäljittelemään haluttaessa myös hakkuukoneen runkomuodon ennustamista.

TAULUKKO 6 Runkopankin käyttösovellusten ja niiden toiminnallisten ominaisuuksien tarve (pisteiden lukumäärä = vastausmäärä kyselyssä).

Sovellukset	Tarvitaan	Ei tarvita	Ei tietoa	On olemassa
1. Stm- ja prd-tiedostojen purkusovellus	...		•	
Tiedostojen muokkaus tekstitiedostoiksi				X
Tiedostojen purku muusta kuin hakkuukoneen tiedonsiirtostandardin formaatista tai muista lähteistä	••	•		
Tiedostojen muunnokset XML-formaattiin	...	••		
Data-arvojen tarkistukset ja virheellisten tietojen hylkäykset käyttäjän valintojen mukaan	•			X
Itsenäisesti ajettava ohjelma käyttöliittymineen	••	•		X
Ohjelmamoduuli ilman käyttöliittymää		...		
2. Runkokäyräytälöiden muodostus stm-läpimittatiedoista	...		•	
Runkotietojen vienti tekstitiedostoiksi	••			X
Runkotietojen vienti suoraan tietokantaan	••			X
Runkotietojen esitys XML-formaatissa	...	••		
Itsenäisesti ajettava ohjelma käyttöliittymineen	...	•		
Ohjelmamoduuli ilman käyttöliittymää			
3. Vastinleimikkojen hakusovellukset	...		•	
Ennuste puujoukkojen muodostamisen kautta	••			X
Ennuste suoraan pölkkyjakaumiksi	••			X
Itsenäisesti ajettava ohjelma käyttöliittymineen	••	••		
Ohjelmamoduuli ilman käyttöliittymää	••	••		
4. Apteeraussimulaattori ja simuloinnin analysointiohjelmat	•	(•)	
Tietokantayhteydet (input/output)	•			X
Tiedostojen ja ohjausparametrien välitys XML-formaatissa	••			X
Apteeraustulosten analysointisovellukset	...	•		
Itsenäisesti ajettava ohjelma käyttöliittymineen	••	••		
Ohjelmamoduuli ilman käyttöliittymää	••	••		

5.4 Sovellusten suunnittelu ja vaatimusmäärittely

Puunhankintaorganisaation runkopankkitietovaraston ja sen käyttösovellusten suunnittelussa ja määrittelyssä on paljon yrityskohtaisesti asetettavia tavoitteita ja vaihtoehtoja. Olennaista on, kuinka hyvin eri vaihtoehdot osataan ottaa huomioon suunnitteluvaiheessa. Projektissa laadittiin esimerkinomainen runkopankin tietojärjestelmän vaatimusmäärittely, jonka tarkoituksena on tukea yritysten suunnittelutyötä kuvaamalla niitä asioita, jotka olisi hyvä huomioida sovellusten suunnittelussa ja määrittelyssä. Tavoitteena oli, että määrittely voisi toimia perustana varsinaisessa järjestelmän projektityössä ja teknisessä suunnittelussa. Vaatimusmäärittelydokumentti on saatavissa Metsätehosta.

Vaatimusmäärittelyssä kuvattavat asiat jaoteltiin pääkohtiin seuraavasti:

1. Runkopankin käyttötarpeet
2. Järjestelmän rajoitteet
3. Tietojärjestelmän yleiset vaatimukset
4. Aineistojen kattavuuden ja tietosisällön vaatimukset
5. Aineistojen hankinnan ja laadunvarmistuksen vaatimukset
6. Tietovaraston vaatimukset
 - yleiset vaatimukset
 - tietovaraston muodostamisen ja ylläpidon vaatimukset
 - tietovaraston käytön vaatimukset
7. Käyttösovellusten vaatimukset
 - käyttötilanteisiin liittyvät vaatimukset
 - sovelluksen toiminnalliset vaatimukset
 - sovelluksen tekniset vaatimukset

Pääkohtien alla on esitetty yksityiskohtaisesti määritettäviä asioita ja suunnittelussa tarpeellisia kysymyksiä ja vaihtoehtoja. Vaatimusmäärittelystä on jätetty pois järjestelmän suunnittelu-, rakentamis- ja käyttökustannusten vaatimukset, mutta todellisessa suunnittelutyössä ne on otettava vaihtoehtojen vertailuissa huomioon.

6 JOHTOPÄÄTÖKSET JA KEHITTÄMISTARPEET

Projektissa oli tavoitteena kehittää runkopankkiaineistojen hankinnassa ja tietovarastojen muodostamisessa tarvittavia sovelluksia ja ohjelmia niin, että yhtiöt voisivat hyödyntää niitä omissa tietojärjestelmäratkaisuisaan. Stm-tiedostojen keruu runkopankkeja varten on toistaiseksi ollut rajoittunutta ja hankalaa, koska eri konemerkkien tiedostot ovat olleet sisällöltään ja esitystavaltaan erilaisia hakkuukoneiden tiedonsiirtostandardista huolimatta. Vuonna 2002 UPM-Kymmene Oyj teki hakkuukoneen stm-tiedoston tietosisältöä, muuttujia ja esitystapaa koskevan vaatimusmäärittelyn runkopankkiaineistojen keruuta varten. Se on käsitelty ja hyväksytty hakkuukoneen tiedonsiirtostandardin työryhmissä. Uusiin mittalaitaversioihin määrittelyn mukaiset muutokset on toteutettu ja osin suunnitteilla vuoden 2003 loppu-

puolelta alkaen. Muutosten jälkeen eri konemerkkien tuottamien runkotietojen yhdenmukainen käsittely pitäisi olla paremmin mahdollista. Tiedostojen purkuohjelmilla ja erityisesti muuntamalla ne ennen tietovarastoon vientiä XML-muotoon voidaan käsittely automatisoida ja tehdä samalla tiedostojen tarkastus ja mahdolliset suodatukset. Ohjelmista voidaan muokata yrityskohtaiset sovellukset varsin helposti. Käyttöliittymien tulisi olla niissä muuhun tietojärjestelmään integroitu ja tarpeeksi yksinkertaiset.

Tietovarastona runkopankki voi olla erilainen riippuen sen rakenteesta ja tietosisällöstä. Pitkälle prosessoidun tietovaraston sijaan tiettyihin käyttötarpeisiin riittävä tapa voi olla vain koota leimikoiden stm-runkotiedot yhteen ja muuntaa ne apteraaussimulaattorille sopivaan muotoon. Uusia mahdollisuuksia tietovaraston muodostamiseksi tarjoavat jatkossa pri-tiedostot ("pölkkypankit") ja prd-tiedostojen nykymuodosta täydennetyt runkolukusarjatiedot ("leimikkopankit"). Jälkimmäinen tarjoaa mahdollisuuden koota varsin yksinkertaisesti kattavaa puulajikohtaista runkolukusarja- ja järeystietoa kaikista korjuukohteista, koska prd-tiedostot muodostetaan aina ja siirretään yhtiön tietojärjestelmiin. Tällaista leimikkotietovarastoa voitaisiin käyttää alueellisiin korjuukohteiden kuvauksiin, joissa yksittäisen leimikon katkonnan simuloinnilla tai puuston kuvauksella ei ole niin suuria tarkkuusvaatimuksia kuin käsiteltäessä pelkästään yhtä leimikkoa. Leimikkopankin runkolukusarjatiedolle voidaan muodostaa runkotiedot hakemalla ne vastaavanlaisten kohteiden runkopankkidatasta. Leimikkopankin avulla kuvattaisiin siis korjuukohteet runkolukusarjojen avulla karkeasti ja suppeampaa runkopankkia käytettäisiin tiedon tarkentamiseen runkotasolle silloin kun se on tarpeen. Tarvetta menetelmien kehittämiseksi alueelliseen korjuukohteiden puustojen kuvauksiin on ollut useissa tutkimus- ja kehityshankkeissa. Tarpeisiin sopivia aineistojenhankinta- ja puustokuvausmenetelmiä aiotaankin siksi kehittää jatkossa *Menetelmät alueelliseen puustojen kuvaukseen* -hankkeessa.

Yksi keskeisiä kehittämiskohteita on ollut leimikoiden puuston kuvaus ennustamalla puustotunnuksia ja puutavaralajijakaumia käytettävissä olevan lähtötiedon ja runkopankin avulla. Kuvauksen onnistumiseen vaikuttavia tekijöitä ovat itse ennustemenetelmä, runkopankissa olevien leimikoiden määrä ja edustavuus sekä ennustamisessa käytettävät lähtötiedot ja niiden luotettavuus. Ennusteen hyvyydelle voidaan valita erilaisia kriteerejä: mm. keskeisten puustotunnusten ennusteen keskivirheet tai katkonnan simuloinnin tuloksena syntyvä pölkkyjakauman ennustevirhe. MSN-menetelmää kehitetään ja testataan vielä uusilla aineistoilla ja erilaisilla hakumuuttujilla, mutta toistaiseksi on vaikea sanoa, mikä on runkopankkiaineistojen määrän ja kattavuuden merkitys ennusteen osuvuudessa. Vastinkohteiden haun lähtötietojen keskimääräisen hajonnan ja mahdollisten systemaattisten virheiden vaikutusta ennusteisiin voidaan testata simuloinneilla. Käytännössä puustotunnusten arviointiin ja mittauksiin liittyy aina virhettä. Hakumuuttujiksi pitäisikin valita sellaisia tunnuksia, joilla on menetelmän kannalta ennustearvoa sekä joiden arviointivirheen hajonta on kohtuullinen. Tässä tutkimuksessa sellaisia tunnuksia löydettiin ja niitä testataan MSN-menetelmän kehittämisen yhteydessä. Niitä olisi hyvä testata jatkossa myös käytännön soveltamista vastaavissa erilaisissa tilanteissa. Ennusteen tarkkuusvaatimukset voivat olla erilaisia tilanteesta riippuen (esim. hinnoittelun simulointi tai apt:n valinta ja testaus).

Runkopankin ja sitä käyttävien menetelmien hyödyntäminen puunhankinnan suunnittelussa ja ohjauksessa lähtee käytännön ongelmista tai tarpeista löytää uusia keinoja toimintojen suunnittelun tueksi. Soveltamistavat ja -ratkaisut ovat osa suurempaa puunhankinnan logistiikan järjestelmää. Sovellukset voivat olla siten joko erikoistarpeita varten olevia muutamien käyttäjien järjestelmiä tai normaalia puunhankinnan ohjausta palvelevia, jolloin niiden pitäisi olla helppokäyttöisiä ja osa muuta tietojärjestelmää.

Kehitystyön painopiste siirtynee jatkossa puunhankintaorganisaatioiden käytännön sovellusten suunnitteluun ja testaukseen. Kehitystyötä tarvitaan kuitenkin vielä metsävarojen tai korjuukohteiden alueellisten kuvausmenetelmien kehittämisessä sekä leimikkotason ennustamisessa, jossa käytetään hyväksi kuvatulokinnalla estimoituja tai metsäsuunnitelmista saatuja puustotunnuksia yhdistettynä runkopankista saatavaan dataan.

KIRJALLISUUS

- Heikkinen, E.** 2002. Puustotunnusten maastoarvioinnin luotettavuus ja ajanmenekki. Metsäsuunnittelun ja -ekonomian pro gradu -tutkielma. Metsätieteellinen tiedekunta, Joensuun yliopisto. 52 s. + liitteet.
- Kangas, A. ja Päivinen, R.** 1996. Metsän mittaus. *Silva Carelica* 27. 195 s.
- Kuuramaa, J.** 2004. Runkopankkia hyödyntävien ei-parametristen tukki-jakauman ennustamismenetelmien hakumuuttujat. Metsä- ja puuteknologian pro gradu -tutkielma. Metsätieteellinen tiedekunta, Joensuun yliopisto. 39 s. + liitteet.
- Malinen, J.** 2003. Prediction of characteristics of marked stand and metrics for similarity of log distribution for wood procurement management. D. Sc. (Agr. And For.) thesis. Faculty of Forestry, University of Joensuu.
- Räsänen, T. ja Lukkarinen, E.** 1998. Puuston ennakkotiedon hankintamenetelmät ja käyttö. Metsätehon raportti 43. 45 s.
- Räsänen, T., Imponen, V., Lindroos, J., Malinen, J. ja Sorsa, J.-A.** 2000. Runkopankki puunhankinnan ohjauksen välineenä. Metsätehon raportti 94. 40 s. + liitteet.

Hakuussa poistettavan puuston tunnusten arviointi

Kohde

Mittaaja

Mittaaja

Mittaaja

	Mä	Ku	Ko
Puuston keskilpm, cm			
Puuston keskijäreys, litraa			
Keskiläpimittaisen puun pituus, m			
Puuston kokonaistilavuus, m ³ /ha			
Tukkipuu-%			

	Mä	Ku	Ko

	Mä	Ku	Ko

Laatutyvien osuus mäntytukkirungoista, %

Ajanmenekki, min

Kohde _____

Mittaaja _____

	Koeala _____ 1			Koeala _____ 2			Koeala _____ 3			Koeala _____ 4			Koeala _____ 5		
	Mä	Ku	Ko	Mä	Ku	Ko	Mä	Ku	Ko	Mä	Ku	Ko	Mä	Ku	Ko
Pohjapinta-ala, m ² /ha															
hakattava puusto															
jäävä puusto															
Keskiläpimittaisen puun pituus, m															
Keskipuun rinnankorkeus-lpm, cm															
hakattava puusto															
jäävä puusto															
Puuston keskijäreys, litraa															
Puuston kokonais-tilavuus, m ³ /ha															
Tukkipuu-%															
Laatutyvien osuus mäntytukkirungoista, %															
Ajanmenekki, min															

VÄHINTÄÄN 4 KOEALAA KOHTEELTAAN MITATAAN

HARVENNUKSET: pohjapinta-ala ja keskiläpimitta määritetään erikseen hakattavan ja jäävän puuston osalta, muilla tunnuksilla vain hakattavasta puustosta