

Puustotiedon hankinta hakkuukoneella

Tapio Räsänen
Anna Aaltonen
Jarmo Lindroos
Eero Lukkarinen
Tuomo Vuorenpää

Metsätehon raportti 44
12.2.1998

Ryhmähanke: A.Ahlström Osakeyhtiö, Aureskoski Oy,
Enso Oyj, Koskitukki Oy, Kuhmo Oy,
Metsähallitus, Metsäliitto Osuuskunta,
Metsäteollisuus ry, Pölkky Oy, UPM-Kymmene Oyj,
Vapo Timber Oy, Visuvesi Oy

Asiasanat: puustotieto, hakkuukone, mittaus,
tietovarasto, puunhankinta

© Metsäteho Oy

Helsinki 1998

SISÄLTÖ

Sivu

1 JOHDANTO	6
2 PROJEKTIN TAUSTA JA TAVOITTEET	6
3 PROJEKTIN TOTEUTTAMINEN	7
4 RUNKOPANKIN KUVAUS	8
5 RUNKOPANKIN KÄYTTÖALUEET JA TIETO- TARPEET	9
5.1 Leimikon runkojoukon muodostaminen sekä puuston määrän ja laadun ennustaminen	10
5.2 Pölkkyjakaumien muodostaminen ja apterauksen simulointi	10
5.3 Alueellisten metsävarojen arviointi ja puuston laadun erikoisselvitykset	11
5.4 Metsäsuunnittelu ja metsien inventoinnit	12
6 HAKKUUKONEIDEN MAHDOLLISUUDET TUOTTA PUUSTOTIETOJA	13
6.1 Mitä tietoja hakkuukoneet voivat tuottaa ?	13
6.2 Hakkuukoneen tiedonsiirtostandardi	14
6.3 Eri hakkuukonemerkkien mahdollisuudet tuottaa tietoja	14
6.3.1 Ponsse	15
6.3.2 Timberjack	16
6.4 Tekniset ja tietosisältöä koskevat ongelmat	16
7 AINEISTOJEN HANKINTAJÄRJESTELYT	19
7.1 Aineistomäärät	19
7.2 Aineistohankinnan organisointi	20
7.3 Kohteen rajaus ja yleistiedot	20
7.4 Hakkuukoneen mittaustiedot	20
7.5 Automaattisen tiedonsiirron kokeilu	21
8 TIETOMALLIN SUPPEA KUVAUS	23
8.1 Runkopankkiin vietävät tiedot	23
8.2 Runkopankista haettavat tiedot	23

9	AINEISTOJEN KÄSITTELYT	24
9.1	Tiedostojen luku, laatutarkastukset ja hyväksymisperusteet	24
9.2	Runkokäyrän muodostus	24
9.3	Puutavaralajien muunnokset	27
9.4	Simuloidut pölkytykset laskennallisilla APT-tiedostoilla	27
10	RUNKOPANKIN SIJAINTI- JA TOTEUTUS	
	VAIHTOEHDOT	28
10.1	Erlaisia vaihtoehtoja ja niiden yhdistelmiä	28
10.2	Yrityskohtainen runkopankki	28
10.3	Yhteinen runkopankki	29
11	KUSTANNUKSET	30
11.1	Aineistojen hankintakustannukset	30
11.2	Tietojärjestelmän perustamiskustannukset	30
11.3	Käyttökustannukset	30
12	PROJEKTISSA TUOTETUT KUVAUKSET, MÄÄRITYKSET JA RAPORTIT	31
13	JATKOTOIMENPITEET	32

TIIVISTELMÄ

Tutkimuksessa selvitettiin runkopankiksi nimetyn puustotietovaraston muodostamis- ja käyttömahdollisuuksia. Hakkuukoneen tuottamat runko-kohtaiset mittaustiedot ja työmaiden tuotantotiedot muodostavat pääosan runkopankin tietoaineistoista. Tutkimus tehtiin esitutkimuksena, ja sen jatkona on aloitettu tietovaraston prototyypin kehitystyö. Tutkimuksessa keskeistä olivat runkopankin käyttösovellusten kuvaukset, tietovaraston muodostamiseksi tarvittavat määritykset, aineistokuvaukset ja aineistojen muodostamisohjelmat sekä aineistohankinnan käytännön kokeilut.

Runkopankin tärkeimmät käyttöalueet ovat leimikoiden puustotietojen ennustaminen sekä katkontaa ohjaavien parametrien määrittäminen, testaus ja katkonnan simulointi. Tavoitteena on, että ennustettavan leimikon puujoukko muodostetaan tietovarastoon tallennettujen vastaavanlaisten kohteiden mittaustiedoista. Runkopankkiin voidaan koota uusimmilla hakkuukoneiden mittalaitteilla tuotettua mittaustietoa kaikenlaisista leimikoista, mutta tietovaraston käytön kannalta tukkipuuvaltaiset kohteet ovat mielenkiintoisimpia. Runkopankissa olisi oltava kasvupaikkaolosuhteiltaan, rakenteeltaan ja laadultaan kaikenlaisia puustoja. Käyttösovellusten kannalta riittävää aineistojen määrää ei voida vielä tämän tutkimuksen perusteella arvioida.

Tehtiin aineistojen hankinta kuinka laajana hyvänsä siihen kannattaa valita vain sellaisia hakkuukoneita, joiden kuljettajien mittalaitte- ja tietotekniikan tuntemus on hyvä. Kuljettajat on opastettava aineistohankintaan huolellisesti. Mittaustietojen tallennus ei lisää merkittävästi ajanmenekkiä. Aineistojen hankinta aiheuttaa ylimääräistä työtä lähinnä vastuuhenkilöksi nimetylle esimiehelle, jonka on suunniteltava ja valvottava aineistohankintaa sekä rekisteröitävä kohteen yleistiedot. Runkokohtaisten mittaustietojen tallennus onnistuu joustavasti toistaiseksi vain Ponssen Opti-mittalaitteilla, mikä rajoittaa aineistohankintaa. Timberjackin ongelmana ovat tiedonsiirtomahdollisuudet levykkeille sekä työskentelyn hidastuminen mittalaitteen käsitellessä mittaustietoa. Uusien mittalaitteiden myötä parannusta ongelmaan on kuitenkin luvassa.

Vaihtoehtoisiin puustotietoaineistoihin nähden hakkuukoneiden tuottamien mittaustietojen erityispiirteitä ovat täydellinen otantamahdollisuus metsiköstä, 10 cm:n välein rungosta mitatut läpimitat ja rungoston käyttöosan pituuden mittaustieto, todellinen pölkystieto ja laatutunnusten tallennusmahdollisuus. Hakkuukoneiden tiedonsiirtostandardi mahdollistaa erilaisten mittalaitteiden tuottamien aineistojen käsittelyn, mutta standardin väljät soveltamistavat aiheuttavat myös tietojen tulkintaongelmia. Mittaustieto voi

olla virheellistäkin, ja siksi kaikki tiedot on tarkistettava ennen hyväksymistä tietovarastoon. Tarvittavista tietomuunnoksista tärkein on runkojen läpimittatiedon muuttaminen runkokäyräyhtälön parametreiksi. Yrityskohtaiset puutavaralajitunnukset aiheuttavat myös ongelmia, ja ne on muunnettava alkuperäisistä yleisemmiksi. Runkopankissa alkuperäinen apteraus voidaan korvata simuloitulla. Tällöin käytetään hakuussa voimassa olleesta apterauksen ohjaustiedostosta poikkeavaa, yleistä ohjaustiedostoa.

Runkopankki on mahdollista toteuttaa joko yrityskohtaisena, jolloin sen liittäminen osaksi yrityksen tietojärjestelmää on joustavaa, tai useiden yritysten yhteisenä. Kehitysvaiheessa jälkimmäinen lienee paras vaihtoehto. Yksittäinen yritys välttyy tällöin myös laajojen aineistojen hankinnalta. Vaikka itse runkopankki olisikin osa kunkin yrityksen tietojärjestelmää, voidaan aineistohankinta silti tehdä yhteisesti ja koordinoitusti.

1 JOHDANTO

Puunhankinnan ohjauksessa tarvitaan yhä tarkempaa tietoa hakkuukohteiden puustojen ominaisuuksista ja laadusta, jotta ohjauksen erilaisia elementtejä voitaisiin käyttää. Keskeistä on raaka-aineen optimaalinen ja tehokas käyttö niin yksittäisellä teollisuuslaitoksella kuin koko yrityksen tasolla. Varsinkin sahojen tuotannonohjaus edellyttää tietoa tarjolla olevista varannoista.

Hakkuukoneiden tekemän katkonnan tulisi tapahtua tuotantolaitosten asettamien tavoitteiden mukaisesti. Katkonnan simuloinnilla etukäteen voidaan tarkastella leimikoiden soveltuvuutta asetettuihin tavoitteisiin nähden. Leimikoiden hinnoittelu puuston ominaisuuksien mukaan edellyttää nykyistä tarkempaa tietoa puuston määristä ja laatuominaisuuksista. Runkohinnoittelu puiden dimensioiden mukaan ja siitä riippumaton katkonta ovat myös olleet viime aikoina mielenkiinnon kohteena. Alueellista metsävaratietoa tarvitaan jatkuvasti tuotannon ja puunhankinnan strategiseen suunnitteluun.

Tietotarpeiden täyttämiseksi on käynnistetty hankekokonaisuus, jossa pyritään muodostamaan laaja puustotietovarasto ja sen käyttämiseksi tarvittavat sovellukset. Tietovarasto perustuu pääosin hakkuukoneiden tuottamaan runkokohtaiseen mittausaineistoon ja kohdekohtaiseen tietoon, mutta on myös mahdollista käyttää muita tietoaaineistoja.

2 PROJEKTIN TAUSTA JA TAVOITTEET

Puutavaran koneellisessa hakkuussa syntyy rungoista ja puutavaroista paljon mittaustietoa, jota ei systemaattisesti käytetä muuhun kuin senhetkiseen toiminnan ohjaukseen, mittaustodistuksiin sekä toimintojen raportointiin ja tilastointiin. Hakkuukoneiden tuottaman mittaustiedon kokoamista tietovarastoon ja jalostamista erilaisia puustoja ja metsävaroja kuvaavia tutkimustarpeita varten ruvettiin selvittämään Metsätehossa Tuotelähtöinen puunhankinta- hankkeen alkuvaiheessa keväällä 1996.

Vähiin maastomittauksiin perustuvat menetelmät leimikon puuston ennakkotiedon saamiseksi ovat osoittautuneet käytännössä tehtyinä liian epätarkoiksi ja tietosisällöltään riittämättömiksi. Kun tarkkuusvaatimuksia on lisätty, on mittaaminen ostoarvion tai leimikon suunnittelun yhteydessä osoittautunut usein työlääksi. Uusille käyttökelpoisille menetelmille ja monipuolisempien aluetason puustotietojen saamiselle on ollut tarvetta. Etenkin sahateollisuus on kaivannut ennakkotietoa raaka-aineen ominaisuuksista tuotannon suunnittelussa. Hakkuukoneiden ohjaus tuotanto-ohjelmien toteuttamiseksi oli TULP-hankkeen keskeisiä tutkimuskohteita, ja myös siinä tuli esille tarve leimikoista saatavan puustotiedon parantamiseksi.

Alkuperäisenä ajatuksena oli selvittää valtakunnallisten koepuuaineistojen, lähinnä VMI-koepuiden, käytettävyyttä leimikoiden puustotietojen ja puus-

ton laatualueiden muodostamisessa. Aineistojen tutkimuskäytön osoittautua vaikeaksi ryhdyttiin suunnittelemaan Puustotiedon hankinta hakkuukoneella-projektia. Analysoitaessa vaihtoehtoisia aineistoja päädyttiin siihen, että vaikka hakkuukoneiden tuottama mittaustieto onkin kohdentunutta hakkuukypsyihin metsiin, mahdollisuudet tuottaa sitä suuret määrät normaalin hakkuutyön ohessa otannalla ilman merkittävää erillistyötä tekevät siitä houkuttelevan tietolähteen. Kun ensisijaisena tavoitteena ei ole ollut selvittää metsävaratietoja yleisemmin, on mittaustietoa mahdollista koota puunhankinnan ohjauksen kannalta keskeisistä kohteista, lähinnä uudistuskypsistä ja tukkipuuta sisältävistä varttuneista kasvatusmetsistä.

Puustotiedon hankinta hakkuukoneella-projektin päätavoitteena oli luoda perusteet tiedonhankintajärjestelmälle, jolla tuotetaan hakkuukoneilla alueellisesti kattavana otoksena tietoa korjuun kohteina olevista leimikoista ja niiden puista. Projektin tavoitteiksi asetettiin määritellä tietotarpeet keskeisistä käyttötarpeista ja -sovelluksista, tietovarastoon sisällytettävän tiedon sisällöt, tiedonhankinnan organisointi kustannuksineen, aineistojen muokkauksen vaatimat toimenpiteet ja laatuksiteerit sekä tietovaraston ylläpidon ja käytön vaatimat toimenpiteet. Tavoitteena oli myös hankkia käytännössä leimikko- ja puustotietoa viideltä hakkuukoneelta ja muodostaa aineistoista runkopankin tiedostoja.

3 PROJEKTIN TOTEUTTAMINEN

Projekti aloitettiin elokuussa 1996. Luonteeltaan se on esitutkimus runkopankkitietovaraston aineistonhankintavaihtoehtoista ja tietojärjestelmän pääasiallisista käyttösovelluksista toteutusratkaisuihin. Varsinainen menetelmäkehitys tietovaraston käyttämiseksi eri tavoitteita varten jätettiin projektin ulkopuolelle. Projektin jatkoksi on suunniteltu Runkopankkiprototyyppi-hanke, jossa tavoitteena on toimivan runkopankin mallijärjestelmän rakentaminen käyttösovelluksineen.

Projektin päätehtävät olivat:

- tietotarve- ja tietosisältömäärittelyt
- hankittavan tiedon määrä ja otanta
- tietovaraston tietojen organisoinnin ja käytön vaihtoehdot
- tietojenkäsittelymenetelmät ja ohjelmien laadinta tietovaraston aineistojen muodostamiseksi
- aineistohankinnan kokeilu
- ehdotukset puustotiedon hankintajärjestelmäksi ja jatkotoimenpiteiksi

Projektissa tehtiin toiminnallinen vaatimusmäärittely, toiminto- ja aineistokuvaukset, tutkittiin aineistojen tietosisältöjä ja käytettävyyttä sekä laadittiin ohjelmat datojen lukemiseksi ja muodostamiseksi tietovaraston aineistoiksi. Projektissa käytettiin aineistoina TULP-hankkeen hakkuukoneaineistoja ja tätä projektia varten erikseen kerättyjä aineistoja. Yhteensä aineistoja on ollut

käytössä noin 50 hakkuukohteelta. Projektissa selvitettiin erillisenä tehtävänä oksarajakorkeuksien merkitsemistarkkuutta koneella hakkuun yhteydessä. Mittaustietojen siirtämiseksi radioteitse suoraan hakkuukoneelta Metsätehoon teetettiin sovellus. Projektin loppuvaiheessa kokeilu oli vielä sen veran kesken, että sitä päätettiin jatkaa Runkopankkiprototyypin hankkeessa.

4 RUNKOPANKIN KUVAUS

Runkopankki on tietovarasto, joka sisältää käyttösovelluksia varten riittävän edustavan otoksen laadultaan erilaisia leimikoita ja puita. Runkopankkeja voi olla eritasoisia lähtien paikallistason puhtaasti puunhankinnan ohjaukseen tarkoitettusta yrityskohtaisesta puustotietovarastosta laajaan valtakunnalliseen tietovarastoon, jolla voidaan tehdä aluetason tarkasteluja. Tietosisällön osalta runkopankki voi olla monentasoinen. Tietoaineistojen lisäksi runkopankkiin kuuluvat myös tiedonhallinta- ja analysointimenetelmät ja sovellukset tiedon käyttämiseksi eri tarpeita varten.

Runkopankin tietotasoja ovat puu ja hakkuukohde. Aluetason tietoa voidaan tuottaa hakkuukohteita yhdistämällä. Hakkuukohteen yleistiedot sijainnista, kasvupaikkaolosuhteista, puustosta, hakkuusta ja metsikön historiasta ovat perustietoa, jota tarvitaan kohteiden ja puiden luokittelussa ja analysoinnissa. Tiedot hankitaan kohteella tehdyin maastohavainnoin ja tarvittaessa yksinkertaisin mittauksin. Osa tiedoista on saatavissa myös yritysten tietojärjestelmistä.

Hakkuukoneiden mittalaitteilla käytetään mm. seuraavia tiedonsiirto-standardissa määritettyjä tiedostoja:

- STM runkokohtaiset mittaustiedot
- PRD yhteenvetotiedosto hakkuussa tuotetuista puutavaroista
- APT tiedosto mittalaitteen ja katkonnan ohjaukseen

STM-runkotiedot muodostavat runkopankin perustan. STM-tiedostoon hakkuukone muodostaa tiedot hakattujen puiden läpimitoista ja katkotuista pölkyistä. Tiedostoihin voivat tulla joko kaikki hakatut rungot tai vain otantavälillä määritetty määrä runkoja. Erimerkkiset mittalaitteet tuottavat hieman erisisältöistä ja -muotoista tietoa, joka kuitenkin suurimmaksi osaksi on hakkuukoneen tiedonsiirto-standardin mukaista.

Hakkuukoneen muodostama PRD-tiedosto on yhteenveto puutavara-lajikohtaisista tilavuuksista, kappalemääristä ja muista tunnuksista. Se sisältää mm. puutavara-lajien pölkyjakaumat latvaläpimita- ja pituusluokittain ja runkolukusarjat rinnankorkeusläpimittaluokittain. Mittaustodistus perustuu PRD-tiedostoon. Runkopankkia varten PRD-tiedot on tarpeellista hankkia samoilta hakkuukohteilta kuin STM-tiedotkin mm. aineistojen vertailuja varten. Niiden hankkiminen on yksinkertaisempaa tiedostojen pienemmän koon vuoksi ja siksi, että suurelta osin ne siirretään normaalissa hakkuutoiminnassa

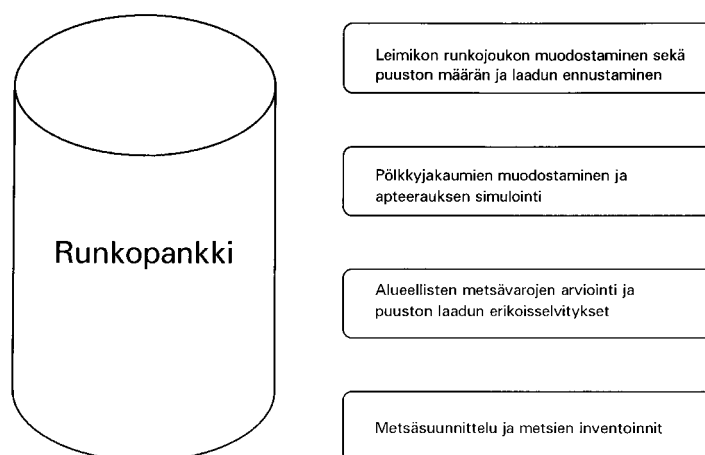
muutoinkin yrityksen tietojärjestelmään. Ongelmia niiden käytettävyyteen aiheuttaa se, että niiden sisältämä apteeraustieto on sidoksissa kulloinkin käytettyihin puutavaralajinimikkeisiin ja mitta- ja laatuvaatimuksiin, jotka vaihtelevat ajallisesti ja tuotantolaitoskohtaisesti. Aineistojen käytössä esimerkiksi alueellisten metsävarojen tarkastelussa on tämä otettava huomioon yleistämällä käytettyjä puutavaralajeja. Laajasti koottuja PRD-tietoja voidaan käyttää alueellisesti kuvaamaan metsävaroja sekä puuston rakennetta ja laatua, esimerkiksi tyvilahon esiintymistä.

Tietovarastossa on oltava myös katkontaa ohjaavat APT-tiedostot tai ainakin puutavaralajeittaiset mitta- ja laatuvaatimukset STM-runkojen pölkkytietojen ja PRD-tietojen tulkitsemiseksi. Sovelluksissa alkuperäisiä tiedostoja tai vaatimuksia tuskin voidaan käyttää, vaan runkojen katkonta voidaan tehdä laskennallisesti yleistetyillä puutavaralajeilla ja ohjaustiedoilla. Tuotantolaitos- tai piirikohtaiset puutavaralajit ajoittain muuttuvine määritelmineen aiheuttavat sen, että tietovarastoon puutavaralajit on yleistettävä.

Muiden puustomittausaineistojen liittäminen tietovarastoon on myös mahdollista. Mielenkiintoisimpia aineistoja lienevät erilaiset puiden sisäistä laatua kuvaavat koesahausaineistot, joita toistaiseksi on vähän ja joiden tuottaminen nykymenetelmillä on varsin kallista. Uusia menetelmiä sisäisen laatutiedon tuottamista varten tarvitaan ja niitä kohtaan esiintyy mielenkiintoa. Runkopankkiprototyyppi -hankkeessa tehtävässä menetelmäkehitystyössä tullaan kokeilemaan PMP-aineistoa, jota on olemassa Metsätehossa n. 2400 leimikolta 1990-luvun vaihteesta.

5 RUNKOPANKIN KÄYTTÖALUEET JA TIETOTARPEET

Runkopankille on olemassa useita käyttöalueita puunhankinnassa. Puuston rakenteesta ja laatutunnuksista tarvitaan alueellista ja paikallista tietoa puunhankinnan suunnittelua ja varantojen ohjausta varten. Runkopankin mahdolliset käyttöalueet on esitetty kuvassa 1.



Kuva 1. Runkopankin käyttöalueet

5.1 Leimikon runkojoukon muodostaminen sekä puuston määrän ja laadun ennustaminen

Yksittäisestä leimikosta saatava puutavaralajijakauma laatua kuvaavine tunnuksineen pitäisi pystyä ennustamaan nykyistä tarkemmin kevyillä menetelmillä ilman työläitä puustomittauksia. Se merkitsee leimikon puujoukon muodostamista käytettävissä olevan ennakkotiedon perusteella. Ennakkotiedon määrä, laatu ja ajantasaisuus voivat vaihdella. Leimikon perustiedot voidaan saada oston yhteydessä tehtävillä silmävaraisilla arvioinneilla tai kevyillä mittauksilla, metsäsuunnitelmasta tai omien metsien kuviotietojärjestelmästä. Muodostettavan puujoukon tulisi sisältää runkoluku-, pituus-, puutavaralaji- ja rungon laatuosajakaumat. Muodostamisessa voidaan käyttää hyväksi yleisesti käytettyjä runkolokusarja-, pituus- ja runkokäyrämalleja sekä oksarajakorkeuksien ja latvussuhteen malleja, joiden ennustetarkkuus ja -luotettavuus on huonompi. Aihetta on käsitelty enemmän Metsätehon raportissa 43.

Runkopankista voidaan hakea leimikon perustietojen (sijainti, kasvupaikkatyyppi, pääpuulaji, hakkuutapa tai kehitysluokka jne.) perusteella vastinleimikoita, jotka vaihtelurajojen puitteissa täyttävät annetut perusteet. Perustietojen lisäksi valinnassa voidaan käyttää mittauksilla saatuja tietoja pohjapinta-alasta, pituudesta, tilavuuksista ja puulajiosuuksista. Valitut vastinleimikot saavat erilaisia painotuksia sen mukaan, kuinka hyvin ne vastaavat annettuja perusteita. Tarkasteltavana olevan leimikon puutavaralajien määrän ennustamiseen voidaan käyttää vastinleimikoiden toteutuneita hakkuumääriä tai vastinleimikoista johdettuja puujoukkoja, joiden apteraus tehdään simuloimalla erilaisia APT-tiedostoja käyttäen. Puujoukko voidaan myös muodostaa valitsemalla vastinpuita, jolloin leimikon runkolokusarja ja pituuskäyrä voivat olla todellisiin mittauksiin perustuvia. Tällöin haetaan runkopankista vain runkomuototiedot ja mahdolliset laatutiedot.

Runkopankin leimikoiden ja puiden luokittelussa ja haettaessa ennustettavaa leimikkoa vastaavia kohteita erilaisten ominaisuuksien perusteella voidaan käyttää neuraalilaskentaa ja neuroverkkotekniikoita, joista SOM-tekniikka (Self-Organizing Maps = itseorganisoivat kartat) on erityisen mielenkiintoinen. Muita menetelmiä ovat erilaiset sumean logiikan sovellutukset, klusterointialgoritmit ja ei-parametriset lähimmän naapurin menetelmät. Näiden menetelmien käytettävyyttä tutkitaan Runkopankkiprototyyppi-hankkeessa.

5.2 Pölkkyjakaumien muodostaminen ja apterauksen simulointi

Tuotelähtöisesti toimittaessa sahalaitos määrittää tuotantotavoitteidensa mukaisesti haluamansa tukkijakaumat. Saha tilaa latvaläpimitaltaan, pituusluokaltaan ja laadultaan halutunlaista tukkia kulloisenkin tuotanto-ohjelmansa tarvitsemat määrät. Yksi runkopankin keskeinen käyttökohde on

hakkuukoneiden apteerausta ohjaavien parametrien määrittäminen, testaus ja toiminnan simulointi tavoitteeksi asetettujen tukkijakaumien tuottamiseksi. Runkopankissa olevien kokonaisten leimikoiden hakkuuta simuloimalla voidaan testata etukäteen erilaisten säätöarvojen vaikutuksia tavoitejakaumiin. Myöhemmässä vaiheessa, kun ennakkotiedon perusteella on tuotettu varantojen leimikoiden puujoukot, voidaan hakea sahan tavoitejakaumiin parhaiten sopivat leimikot ja laatia niihin kaikkien tuotantolaitosten tavoitejakauman kannalta sopivat jakaumat. Mitä enemmän runkopankissa on erityyppisiä leimikoita, sitä paremmin toimitusmahdollisuudet tulevat testatuiksi ja koko yrityksen puutoimituksia voidaan optimoida korjuuohjelman laadintaan asti.

5.3 Alueellisten metsävarojen arviointi ja puuston laadun erikoisselvitykset

Tietoa alueellisista metsävaroista tarvitaan puunhankinnan strategiseen suunnitteluun ja vuosisuunnitteluun. Strateginen suunnittelu voi olla olemassa olevien tuotantolaitosten tuotannon ja tuotevalikoiman suunnittelua tai uusien tuotantolaitosten perustamispäätökseen tarvittavaa suunnittelua, joihin liittyy aina raaka-aineen saatavuuden ja kuljetusvaihtoehtojen tarkastelu. Suunnittelu tapahtuu suurissa yrityksissä yleensä konsernitason tarkasteluna. Yksittäisillä sahoilla arvioidaan esimerkiksi, onko käytössä oleva tuotantosuunnitelma sopiva lähialueen puustoon nähden. Alueellisten metsävarojen arvioinnissa korostuu niiden liittäminen paikkatietoon. Tulokset ovat havainnollisia mm. teemakartoissa.

Perustietoa metsävaroista saadaan VMI-tiedoista, metsäsuunnittelun ASY-tiedoista ja yrityksen omien metsien kuviotietojärjestelmistä. Nämä tiedot eivät kuitenkaan yksin riitä. Varsinkin puutavaralajien ja puuston laadun tarkasteluun tarvitaan tarkempaa, usein kokemusperäistä tietoa. Runkopankin kohdekohtaista määrätietoa ja runkomuoto- ja laatutietoa käyttämällä voidaan tarkentaa muiden tietolähteiden antamaa perustietoa käyttämällä tuotantolaitosten määrittämiä puutavaralajikohtaisia mitta- ja laatuvaatimuksia.

Käsite ”laatu” vaihtelee teollisuusaloittain. Saha- ja massateollisuuden käsitys tavoiteltavasta raaka-aineesta on erilainen. Vaihtelua voi olla myös tuotantolaitoskohtaisesti riippuen esimerkiksi sahojen erikoistumisesta. Siksi runkopankkiin ei voi valmiiksi tallentaa paljoakaan laatutunnuksia, vaan siellä on oltava sopiva informaatio, josta ne ovat laskettavissa. Runkopankin puustotietojen perusteella voidaan muodostaa laatualueet eli alueet, joilla puulajeittain puuston runkomuoto ja laatuominaisuudet ovat tietyissä kasvuolosuhteissa yhtenäiset. Laatualueita tutkitaan yrityksen operatiivisten alueiden kanssa yhdessä.

Tarpeet puuston laatua koskeviin erikoisselvityksiin voivat olla myös selvemmin tutkimuksellisia. Tällöin selvitetään yleisemmin jonkin laatutunnuksen ominaisuuksia, esiintymistä tai niihin vaikuttavia syitä. Käytännön puun-

hankintaa kiinnostavia laatutunnuksia ovat ennen kaikkea runkomuoto (kapeneminen), joka vaikuttaa merkittävästi apteeraukseen, tyvilahon esiintyminen sekä kuivaoksarajan ja elävän latvuksen alarajan korkeuksien vaihtelu alueittain. Puiden sisälaatumittausten perusteella voidaan selvittää runkojen sisäoksaisuutta tai muita sisälaatuominaisuuksia.

5.4 Metsäsuunnittelu ja metsien inventoinnit

Yrityksen omien metsien kuviotietojärjestelmässä olevien metsikkökuvioiden puustotiedot muodostetaan metsäsuunnittelun yhteydessä ja niitä päivitetään vuosittain kasvumallien avulla. Yleensä kuviotiedoissa ilmenee ajan mittaan oikaisu- tai kalibrointitarvetta. Puustotiedon virheisiin vaikuttavat mittaajakohtaiset erot puustotunnusten mittauksissa sekä puujoukkojen muodostamiseen tarvittavien mallien ja kasvumallien luotettavuus. Kuviotietojen oikeellisuutta voidaan kontrolloida joko tarkastusinventoinneilla tai vertaamalla hakatun kuvion poistumaa sen kuviotietoihin. Mikäli havaituissa eroissa on systemaattisuutta, voidaan tietoa käyttää muiden vastaavien kuvioiden tietojen kalibroinnissa ja päivityksessä.

Runkopankista saatavaa kohdekohtaista tietoa voidaan käyttää mittaustietojen tarkkuuden ja kalibrointitarpeen arvioinnissa, mikäli kohteen sijaintitiedot ovat riittävän yksikäsitteisesti mukana tiedoissa. Kohteen rajojen on oltava riittävän yhtenevät tarkasteltavana olevan kuvion kanssa. Hakkuukoneella voidaan kerätä myös tähän erikoistarkoitukseen tarkasti paikannettua koealakohtaista puustotietoa GPS-laitteen avulla, jolloin kohdentaminen oikealle kuviolle onnistuu luotettavammin.

Satelliittikuvia ja numeerisia ilmakuvia käytetään metsävarojen inventoinneissa puustotietojen estimoimiseksi. Kuvadatan tulkinta edellyttää maastoaineistoa, josta saadaan sisältö sävyarvoiltaan yhtenäisiksi luokitelluille kuva-alkioryhmille. Maastoaineisto on yleensä koealoittaista, eikä koeala voi olla juuri kuva-aineiston maastonerotuskykyä suurempi. Runkopankin aineistoa voidaan käyttää kuvatulkinnan maastoaineistona, mikäli se on koealoittaista ja koordinaattitiedot ovat luotettavia. Edellytyksenä on tällöin, että aineistossa on käytetty GPS-paikannusta joko pistemäisesti työpisteittäin tai korjuu-uran taltioinnissa jatkuvana, jolloin koealat voivat olla kaistalemaisista, mutta melko suurista. Koordinaattitietojen liittäminen hakkuukoneen mittaustietoihin edellyttää erikoisjärjestelyjä, mm. tarkkaan suunniteltua koealaotantaa.

6 HAKKUUKONEIDEN MAHDOLLISUUDET TUOTTAU PUUSTOTIETOJA

6.1 Mitä tietoja hakkuukoneet voivat tuottaa?

Hakkuukoneiden mahdollisuuksiin tuottaa runkopankkia varten käyttökel-poista tietoa vaikuttavat

- mittaustekniset ratkaisut
- tiedonkäsittelyratkaisut ja -varustus
- hakkuukoneen tiedonsiirtostandardiin määritellyt tiedostot ja muuttajat
- standardin toteutusratkaisut mittalaitteella
- työtekniiset ja olosuhteista johtuvat rajoitteet
- mittalaitteen kalibrointi ja mittaustarkkuudesta huolehtiminen
- kuljettajan taidot ja mittalaitteen tuntemus
- käytettävissä olevat tiedonsiirtovaihtoehdot.

Runkopankin tietovarastojen kannalta tärkeimpiä ovat yksittäiseen runkoon liittyvät tiedot. Rungon läpimitta- ja mittauskorkeustiedot ja niiden tarkkuus ovat niistä oleelliset. Läpimitan mittauksen aloituskohdassa on eri hakkuukoneiden välillä eroja, jotka johtuvat mittausteknisistä ratkaisuista. Esimerkiksi Timberjackilla ensimmäinen mittaushavainto on 30 cm:n päästä kaatoleikkauksesta, kun taas Ponsella se saadaan 60 cm:n etäisyydeltä, mutta tallennetaan vasta 150 cm:stä. Rinnankorkeusläpimitta ja tyven läpimitat voivat siis olla joko mitattuja tai niitä ei saada mittalaitteelta lainkaan. Samoin viimeinen mitattu läpimitta on eri koneilla eri korkeudelta käyttöosan päättymiskohtaan nähden. Mitä ylempänä se on, sitä paremmin puun pituus voidaan estimoida.

Mittausautomaattiikka tuottaa läpimittatietoa rungosta liukuvasti, mutta tiedostoon se tallennetaan pääsääntöisesti 10 cm:n välein, mikä riittää runkokäyrän muodostamiseen. Standardin mukaan myös 1 cm:n välein tapahtuva tallennus on mahdollista. Eri mittalaitteilla läpimittatieto tallennetaan joko absoluuttisina mittausarvoina tai eroina ensimmäiseen mittaus-havaintoon nähden. Mittausdataa käsitellään siten, että suurenevat läpimitat eivät ole mahdollisia. Vaikka menettely onkin runkomuodon ennustamisen kannalta perusteltua, eikä aiheuta normaaleissa rungoissa ongelmia, voi se joissakin tapauksissa vääristää runkomuotoa paikallisesti.

STM-tiedostojen runkokohtainen pölkytystieto sisältää tiedot pölkyjen puutavaralajeista, pituuksista, latvaläpimitoista ja tilavuuksista. Tuotanto-tietoihin tallentuvat mm. pölkyjen lukumäärät puutavaralajeittain ja läpimita- ja pituusluokittain.

Laaturajoilla tarkoitetaan yleisimmin alimman läpimitaltaan yli 15 mm kui- van oksan ja elävän yhtenäisen latvuksen alarajan korkeuksia, jotka ovat käytännönkin laadituksen perusteita. Käytännössä ohjeena voi kuitenkin olla,

että katkonta tehdään riittävästi em. kohtia alempana (esim. 1 m) pölkyn sisälaadun varmistamiseksi. Runkopankkia varten laaturajat on syytä tallentaa rungon näkyvien ominaisuuksien perusteella. Rungon laaturajat voidaan tallentaa riippumatta tehdystä apteerauksesta. Standardin mukaan voidaan rekisteröidä joko laadun alkamis- tai päättymiskorkeus. Yleisin sovellutus on, että koneenkuljettaja rekisteröi laaturajan päättymiskorkeuden pysäyttämällä hakkuupään haluttuun kohtaan ja painamalla laaturajainäppäintä. Laaturajan tarkka havaitseminen voi olla vaikeaa, koska runkoa ei voida tarkastella hakkuutyössä kaikilta suunnilta. Samoin alimman kuivan oksan havaitseminen ja määrittäminen voi olla hankalaa etenkin hämärässä. Laaturajojen tallentamisesta tehtiin projektin yhteydessä erillinen selvitys ja sen tulokset julkaistaan keväällä 1998 ilmestyvässä Metsätehon raportissa.

Runkojen vikaisuuksista voidaan tallentaa tietoa kahdella tavalla. Katkaisusyy rekisteröimällä voidaan tallentaa pakkokatkaisun aiheuttanut ominaisuus, joka voi olla laho, vaurio, mutka, lenkous, laaturaja, kuitupuulaatu, latvakatko tai muu syy. Käytännössä näin ei kuitenkaan tehdä, ja pakkokatkaisusyistä muu syy on lähes yksinomaan käytetty. Rungossa olevan vian alkamis- ja päättymiskohta voidaan myös tallentaa. Standardissa on määritetty mahdollisiksi vioiksi laho, vaurio, mutka ja lenkous. Vikojen tallentamista tällä tavoin ei tiettävästi ole Suomessa kokeiltu.

6.2 Hakkuukoneen tiedonsiirtostandardi

Hakkuukoneen tiedonsiirtostandardi on laadittu mittalaitteen tiedonsiirtoa varten. Useimmat uusimmat hakkuukoneet tuottavat standardin mukaisia tiedostoja, mutta sen noudattamisessa on vaihtelua. Standardi itsessään antaa vapauksia käsitellä asioita eri tavoin, eikä kaikkia asioita ole siinä tarkoin määriteltä. Standardin vastaisiakin tiedonesitystapoja on toteutettu. Suurin osa muuttujista esitetään kuitenkin standardin mukaisesti, ja sen olemassaolo on erinomainen pohja runkopankin laajaa aineistohankintaa ajatellen. Kehittämistarvetta on kuitenkin olemassa. Metsätehossa on selvitetty standardiin liittyviä rakenteellisia ja tietosisällöllisiä ongelmia, jotka vaikuttavat tietojen käytettävyyteen ja käsittelyyn (Metsätehon raportti 37).

6.3 Eri hakkuukonemerkkien mahdollisuudet tuottaa tietoja

Eri hakkuukoneiden ja niiden mittalaitteiden mahdollisuuksia tuottaa runkokohtaista STM-tietoa tarkasteltiin tässä ja Tuotelähtöinen puunhankinta-hankkeessa saatujen käytännön aineistohankintakokeilujen myötä. STM-tiedostojen tuottamismahdollisuudet ovat runkopankin aineistojen kannalta tärkein ominaisuus. Yhteensä käyttökelpoista aineistoa oli 46 hakkuukohteelta n. 57 000 runkoa. Rungoista 87 % oli Ponsselta ja 13 % Timberjackilta. Myös Valmetin uusimmilla mittalaitteilla runkotietojen tallennus onnistuu konevalmistajan ilmoituksen mukaan. Aineistohankintaa varten haettiin ko. koneita, mutta vain yksi tarkoitukseen sopiva löydettiin. Teknisten ongelmien vuoksi siltäkään ei aineistoa saatu hankituksi. Tämän vuoksi Valmetin mahdollisuuksista tuottaa runkotietoja ei projektissa saatu kokemuksia.

6.3.1 Ponsse

Ponsse-hakkuukoneissa on käytössä sekä vanhempaa Ponsse 1000 -sarjan mittausjärjestelmää että uudempaa Ponsse Optia, joka on varustettu PC-tason ajoneuvotietokoneella. Kokeiluissa mukana oli vain Optin eriversioisia ohjelmia. Runkotietojen tallennus onnistuu Optin 3-sarjan ohjelmilla, joita on asennettu ja alettu päivittää helmikuusta 1996 lähtien. Aiemmissa 3-sarjan ohjelmissa tallennuskapasiteetti oli 400 000 merkkiä (n. 400 runkoa), mutta uudemmissa ohjelmissa 1 200 000 merkkiä. Kapasiteetti tarkoittaa yhden STM-tiedoston maksimikokoa.

Ponsse Optin PC:n vuoksi tallennus- ja tiedonsiirtovälineeksi riittää normaali levyke. Runkotietojen keruu asetetaan valitsemalla puulajikohtainen tallennusväli. Kokeiluissa tiedot tallennettiin kohteen kaikista rungoista. Metsään jäävän latvan pituuden syöttö voidaan valita haluttaessa, mutta kokeiluissa niin ei tehty. Tietojenkäsittelyn ei todettu hidastavan mittalaitteen toimintaa eikä työskentelyä. Laaturajojen tallennuskokeilut tehtiin pelkästään Ponsseilla. Siinäkin varsinainen mittalaitteen käsittely ei hidastanut työskentelyä, vaan vähäinen lisäajanmenekki johtui pääosin laaturajan hakemisesta runkoa käsiteltäessä. Laaturajakorkeustiedon tulkinta ei kaikilla rungoilla ollut aukotonta, vaan osassa rungoista laaturajoja oli ilmeisesti näppäilyvirheen vuoksi tallentunut enemmän kuin niitä olisi mahdollista olla.

Ponssella läpimitan tallennus alkaa 150 cm:n päästä kaatoleikkauksesta. Rungon tyviosan läpimittoja ei siten saada, mikä vaikuttanee osaltaan tyviosan runkokäyrän muodostamiseen. Varsin usein esiintyvä ilmiö runkodatassa on saman läpimitan pitkä toistuminen ja sitä seuraavat suuret hyppäykset läpimitassa. Ilmiö on pääasiassa työtekniikasta johtuva ja esiintyy, kun runko ei ole riittävän tiukassa hakkuupään otteessa. Osin se johtuu myös suodatettujen läpimittojen tallennusmenettelystä, johon on tulevaisuudessa Optin ohjelma-versioissa tulossa läpimittavirheitä vähentävä muutos. Suuret muutokset läpimitassa voivat johtua myös tiedostoon tallentumattomien välileikkajien teosta. Liian pitkään toistuva sama läpimitta aiheuttaa sen, että luotettavaa runkokäyrrä ei voida läpimittatiedoista muodostaa ja runkotieto on hylättävä.

Ponssen runkotiedostojen sisältöä tutkittiin projektissa melko paljon ja tällöin löydettiin eräitä muita harvemmin esiintyneitä virheitä ja epäselvyyksiä. Ne voidaan kuitenkin tietovarastoja muodostettaessa ottaa huomioon tarkastuksissa ja virheellinen runkotieto hylätä. Todellisten pakkokatkaisusyiden tallentaminen rungoista on tavoite, johon aineistohankinnassa on jatkossa pyrittävä. Tähän mennessä niiden tallentamista ei ole käytännössä tehty eikä edes testattu. Runkotietojen tuottamisen vaivattomuuden vuoksi Ponsse Optin uusimmilla mittalaitteohjelmilla varustetut hakkuukoneet lienevät paras vaihtoehto runkopankin aineistohankintaan. Mittaustarkkuudesta on kuitenkin huolehdittava.

6.3.2 Timberjack

Timberjackin hakkuukoneissa mittalaitteena voi olla vanhempi FMG 1000, jolla runkotietojen tallennus ei ole mahdollista tai uudempi TJ 3000. Aineisto-hankintakokeiluissa oli mukana vain TJ 3000 -laitteilla olevia hakkuukoneita. Tiedostojen tallennukseen ja siirtoon käytetään PCMCIA -muistikorttia, joita on tallennuskapasiteetiltaan erilaisia, yleensä 1 tai 2 MB. Aineisto-hankinnassa käytetyille korteille mahtui 200 – 300 rungon tiedot. Siksi muistikortteja on yleensä oltava useampia, jotta runkojen tallentaminen leimikolla onnistuu, tai sitten kortit on purettava riittävän usein. Korteilta tiedostot siirretään PC:lle, jolla on kortinlukija tai PCMCIA-asema. On myös mahdollista asentaa hakkuukoneeseen erillinen ajoneuvokäyttöön sopiva PC, jonka kovalevyille tiedot voidaan siirtää ilman korttivaihetta esimerkiksi Kermit-tiedonsiirtona. Näin tehtiin projektiin sisältyneessä tiedonsiirto-kokeilussa, jota selvitetään kappaleessa 7.5.

Runkotietojen keruu asetetaan mittalaitteella päälle määrittämällä puulajikohtainen tallennusväli. Jokaisesta rungosta muodostuu oma STM-tiedostonsa, jossa runkonumero on tiedoston tunnuksessa. Tapa on tallennus-kapasiteettia tuhlaava, sillä tiedostoissa toistuvat turhaan mm. yleistiedot sekä puutavaralajien koodit ja nimet. Käytännön hakkuutyössä osoittautui, että runkotietojen tallennus hidasti joissakin tapauksissa mittalaitteen toimintaa ja siten myös hakkuuta. Hidastumista tapahtui runkomäärien kasvaessa, mutta myös muistikortin ollessa lähes tyhjä, jos rungot olivat pieniä ja lähekkäin. Syynä tähän on mittausjärjestelmän tiedonsiirtoväylien pieni nopeus, johon on kuitenkin ollut luvassa parannuksia keväästä 1997 alkaen toimitetuissa mittalaitteissa.

Läpimittojen tallennus alkaa 30 cm:stä kaatoleikkauksesta, joten rungon tyviosalta saadaan mittaustietoa. Läpimitat tallennetaan eroina ensimmäiseen mitattuun arvoon nähden, joten tältä osin tiedostokoko on pienempi kuin Ponssellalla. Laaturajakorkeuksien tallentaminen onnistunee Timberjackilla, mutta sitä ei ole käytännössä kokeiltu.

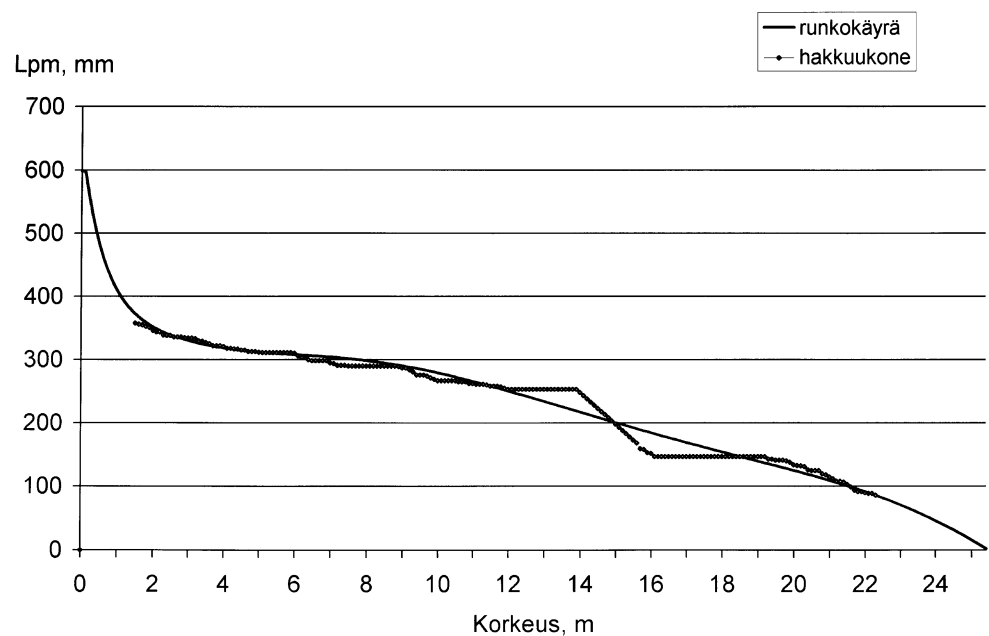
6.4 Tekniset ja tietosisältöä koskevat ongelmat

Hakkuukoneiden tuottamien tietojen muodoissa ja sisällöissä on vaihtelevuutta eri mittalaitteiden välillä ja erilaisia virheitä, jotka on kyettävä tunnistamaan ennen aineistojen käsittelyä. Hakkuukoneiden tiedonsiirtostandardin väljyys sallii tietojen esittämisen eri tavoin, jolloin niiden tulkinta voi hankaloitua. Muuttujien pakollisuutta ei ole määritetty, mutta konemerkeittään tiettyjä muuttujia käsitellään pakollisina. Lisäksi mittalaittevalmistajat ovat käyttäneet joitakin omia, standardiin kuulumattomia muuttujia tietojen esittämisessä. Ongelmat koskevat sekä STM-, PRD- että APT-tiedostoja.

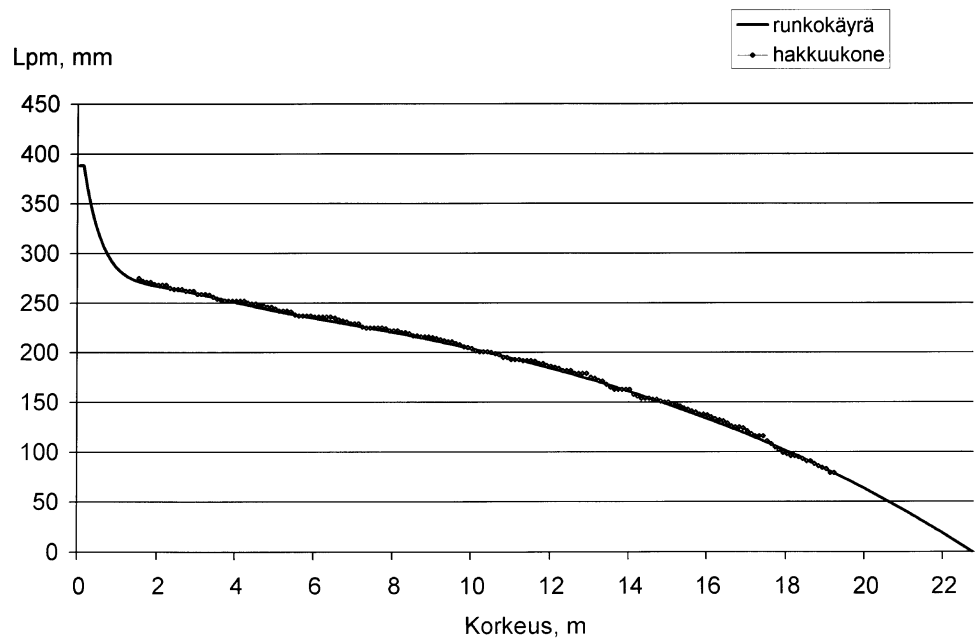
Vapaus puutavaralajien nimeämisessä aiheuttaa tulkintaongelmia aineistojen käsittelyssä. Puutavaralajilla voi olla eri nimiä esim. saman yhtiön eri piireillä. Siksi tietovarastoon tallennettavien puutavaralajien on oltava mahdolli-

simman yleisiä, eivätkä ne voi perustua tuotantolaitoskohtaisiin puutavara-lajeihin tai spesifisiin vaatimuksiin puutavaran laaduista ja mitoista. Laatu-koodien nimet ovat samalla tavoin vapaasti päätettävissä. Laaturaja-korkeuksia tallennettaessa onkin siksi varmistettava, että koodien käyttö on yhtenäistä ja koodeilla on sama sisältö.

Eniten tietojen tarkistustarvetta aiheuttavat läpimittatiedot. Saman läpimitan liian pitkä toistuminen tai liian suuret muutokset läpimitoissa aiheuttavat sen, että luotettavaa runkokäyrää ei voida muodostaa (kuva 2). Siksi läpimittojen toistuvuus tai suuret muutokset on tarkistettava mieluiten jo raakadatan luku-vaiheessa. Karkeimmin virheelliset rungot voidaan poistaa jatkokäsittelystä heti ja lievemmin virheellisistä voidaan muodostaa runkokäyrä, mutta runko voidaan hylätä vielä runkokäyräyhtälön keskivirheen perusteella. Eräitä muita havaittuja virheitä varten on tiedostojen lukuohjelmiin sisällytettävä loogisuustarkistukset ja sallitut arvorajat muuttujille. Esimerkiksi monihaaraisten runkojen käsittely aiheuttaa virheellisiä läpimittoja ja pituuksia, ellei haaroja ole käsitelty omina runkoinaan.



Kuva 2. Muuttumattomien läpimittojen vaikutus runkokäyrän muodostukseen.



Kuva 3. Tasaisesti pienenevistä läpimitoista muodostettu runkokäyrä.

Kohteen rungoista voi aina jäädä eri syistä jokin osuus tallentamatta. Syinä voivat olla tekniset ongelmat mittalaitteen käytössä ja tallennuksessa, kohderajauksen väärä tulkinta tai työskentelystä tai olosuhteista johtuvat syyt. Siksi STM-tiedostojen luvun ja runkokäyrien ja runkolukusarjojen muodostamisen jälkeen on syytä verrata runkolukusarjoja PRD-tiedostoista muodostettuihin vastaaviin. Jos erot ovat suuret, ei runkolukusarjoja ole syytä tallentaa tietovarastoon lainkaan.

Tehty pölkytys on sidoksissa käytettyyn APT-tiedostoon. Siinä määritellään puutavaralajien ja niiden mittojen ja luokkien lisäksi arvoapteerauksessa käytettävät arvot puutavaralajien läpimitta- ja pituusluokille sekä jakaumaapteerauksessa tarvittavat osuudet, suurimmat sallitut poikkeamat ja kielletyt läpimitta- ja pituusluokkayhdistelmät. Todellinen pölkytys on sikäli ongelmallinen, että se on sidottu tuotantolaitoksen tietyn ajankohdan tarpeisiin, eikä siksi välttämättä ainoa mahdollinen. Runkojen laadun pitäisi näkyä toisaalta juuri toteutuneessa pölkytyksessä, eikä sitä siksi voi jättää täysin huomiotta, varsinkin kun vikaisuustiedon saanti rungoista on ongelmallista.

7 AINEISTOJEN HANKINTAJÄRJESTELYT

7.1 Aineistomäärät

Runkopankki voi olla joko yrityksen itsensä ylläpitämä tai yritysten yhteinen, ulkopuolisen osapuolen ylläpitämä tietovarasto. Perusratkaisu vaikuttaa sekä hankittavan tiedon määriin että tiedon käsittelyjen edellyttämiin toimenpiteisiin. Aineistojen hankintaa varten on oltava määritettyinä runkopankin käyttötarkoitukset sekä tavoitteet aineistojen määrille ja ominaisuuksille. Näitä ovat runkopankin tietovaraston perustamisratkaisut ja tietoaineistojen sisällöt, tietotekniset ratkaisut sekä aineistonkäsittelyn edellyttämät toimenpiteet.

Tarvittavaa aineistomäärää on tämän projektin tulosten perusteella vaikea arvioida. Pääasialliset käyttösovellukset ja niissä käytettävät tietojen analysointimenetelmät määrittävät ensisijaisesti aineistotarpeet. Potentiaalisia aineistomääriä voidaan tarkastella seuraavan laskelman avulla. Aineistojen hankintamäärät on laskettu vuotta kohden ja oletuksina siinä on käytetty:

- noin 100 hankintapiiriä, joilla on vähintään yksi aineistojen tuottamiseen kykenevä hakkuukone (Aureskoski Oy, Enso Oy, Metsäliitto, UPM-Kymmene Oy, Koskitukki Oy, Metsähallitus, Pölkky Oy)
- hakkuukoneen vuosituotos 40 000 m³/v
- hakkuukohteen keskikoko 600 m³
- hakkuukohteita 70 kpl/kone/v, työpäiviä 200 kpl/v
- rungon keskikoko päätehakuissa 0,3 m³ ja harvennushakuissa 0,2 m³
- otantatiheyksinä 10, 30 ja 100 % kohteista ja 10, 30 ja 100 % kohteen rungoista

Leimikoiden määrä hakkuukoneiden määrän ja otantatiheyden mukaan

Hakkuukoneita		30	100	300
Kohdeotos	10 %	210	700	2100
	30 %	630	2100	6300
	100 %	2100	7000	21000

Runkomäärät vaihtelevat 30 koneen 10 %:n kohde- ja runko-otoksen 42 000 rungosta 300 koneen totaaliotoksen 42 miljoonaan runkoon.

Olettaen, että aineistohankinta keskitetään aluksi Etelä-Suomeen ja käytetään vain uusimpia mittalaitemalleja ja että alueellista päällekkäisyyttä eri yritysten koneilla ei koordinoinnin vuoksi juuri ole, lienee 30 hakkuukoneen mukanaolo lähes yläraja. 30 % hakkuukohteista tuottaisi n. 600 kohdetta/v ja 1,2 miljoonaa runkoa. Suhteellisen pienellä valikoitujen koneiden määrällä aineistojen laatua voidaan myös paremmin valvoa. Kohdevalintaa rajoittavat markkinatilanteista johtuvat vaihtelut leimikoiden hakkuutapa-, puulaji- ja järeysrakenteissa.

7.2 Aineistohankinnan organisointi

Yrityksessä on määriteltävä ne henkilöt ja hakkuukoneet, jotka osallistuvat tiedonkeruuseen. Tämän taustaksi on ensin määritettävä, kuinka paljon, miltä maantieteellisiltä alueilta ja millaista aineistoa halutaan. Tietovaraston ylläpitäjä yhdessä tiedon käyttäjien kanssa koordinoi aineistohankintatavoitteet esim. vuosittain ja seuraa tavoitteiden toteutumista. Aineistohankintatavoitteet voidaan määritellä piiri- tai hankinta-aluekohtaisesti. Tavoitteiden toteuttaminen ja seuraaminen sekä kertyvän aineiston kokoaminen, ensivaiheen tarkastus ja toimittaminen eteenpäin annetaan jonkun toimihenkilön, esimerkiksi korjuuesimiehen vastuulle, jonka tehtävänä on kohdentaa tavoitteet sopiviin korjuukohteisiin ja seurata tavoitteiden toteutumista. Tiedonkeruuseen osallistuvat osto- ja korjuuesimiehet sekä hakkuukoneen kuljettajat koulutetaan.

7.3 Kohteen rajausta ja yleistiedot

Vastuuhenkilö valitsee leimikot tiedonkeruun kohteiksi. Leimikko jaetaan tarvittaessa ositteisiin, jos sen kasvupaikkaolosuhteet tai puuston rakenne vaihtelevat paljon. Osa kohdetiedoista on samoja, jotka tallennetaan oston yhteydessä puunhankinnan tietojärjestelmään. Pääosa tiedoista on kuitenkin tarkistettava, varsinkin jos tiedonkeruu kohdistuu johonkin leimikon tai lohkon osaan. Pinta-alan määrittäminen on tärkeä ja sen mittaukseen on kiinnitettävä huomiota. Kohteen ollessa harvennus- tai siemenpuuhakkuu tai jos sille jätetään huomattavan paljon säästöpuuta, on jäävän puuston osalta tehtävä määrä-, keskiläpimitta- ja pituusarviot puulajeittain. Tiedot kirjataan lomakkeelle tai tiedonkeruulaitteen tai maastomikron ohjelmaan.

7.4 Hakkuukoneen mittaustiedot

Tiedonkeruun teknisinä vaihtoehtoina voivat olla hakkuukoneesta ja yrityksen tiedonsiirtoratkaisuista riippuen tietojen siirto koneen mittalaitteelta tai PC:ltä (oma tai erikseen asennettu) levykkeille tai tietojen siirto radioverkkoja ja tiedonsiirtosovelluksia käyttäen vastaanottavaan järjestelmään.

Vastuuhenkilö antaa koneen kuljettajalle ohjeet keruukohteen rajoista ja runkojen määristä. Kun hakkuukone on muodostanut tiedostot, ne siirretään vastuuhenkilön tarkastettaviksi tai suoraan tietovaraston ylläpitäjälle. Tietoihin tehdään tarvittavat tarkastukset, konversiot ja ne siirretään runkopankkiin. Tietojen esitarkastuksen yhteydessä saatetaan joutua hylkäämään osa havainnoista, jos ne ovat puutteellisia. Tietojen luku- ja konversiovaiheessa tehdään varsinainen aineistojen laatutarkastus.

Runkotietojen tallennus voidaan säätää tehtäväksi jokaiselle rungolle tai määrävälilotantana. Rungon kokoon sidottu tallennusväli ei ole mahdollinen millään mittalaitteella, joten esim. kuitupuukokoisten runkojen määrää tallennuksessa ei voi rajoittaa. Runkopankin kannalta on parempi, että kaikki kohteen rungot tallennetaan ja kohteen kokoa pienennetään muuten, kuin että

tallennus tapahtuisi määräväliotantana. Tällöin jouduttaisiin tekemään mittaustietojen yleistys koko leimikon puustolle, joka saattaa olla erilaisten otantojen vuoksi hankalaa. Kaikkien runkojen tallennus edellyttää, että tiedontallennuskapasiteetti on riittävä, eikä tallennus aiheuta mittalaitteen toimintojen hidastumista työskentelyn aikana.

7.5 Automaattisen tiedonsiirron kokeilu

Projektissa selvitettiin runkotietojen automaattisen tiedonsiirron mahdollisuuksia hakkuukoneelta suoraan Metsätehoon. Syynä kokeilulle olivat ongelmat Timberjackin tuottamien runkotietojen tallennuksessa ja tiedonsiirrossa. Projektin loppuvaiheeseen mennessä järjestelmää päästiin kuitenkin testaamaan vain lyhyitä aikoja, ja siksi tässä esitettävät tulokset ovat ainoastaan alustavia.

Timberjackilla käytettävien muistikorttien pienen tallennuskapasiteetin vuoksi hakkuukoneeseen päätettiin aluksi asentaa kannettava Husky FC 486 -tietokone tietojen tallennusta varten. Ongelmaksi todettiin kuitenkin, että mikäli runkotietojen keruu on vähänkin jatkuvampaa, on myös Huskyn tiedot purettava aika ajoin. Purkaminen edellyttää kuljettajan omatoimista tiedostojen siirtoa levykkeille tai jonkun muun henkilön käyntiä koneella. Tiedostojen siirtoon tarvitaan tiedonsiirto-ohjelmiston ja MS-DOS:n osaamista sekä PC:n tuntemusta, jota koneenkuljettajilla ei aina ole riittävästi. Lisäksi osoittautui, että 4000 rungon tietojen siirto kesti n. 30 minuuttia, jona aikana kuljettaja ei pystynyt täysipainoiseen työhön. Tiedonsiirtoon oli löydettävä kuljettajan kannalta yksinkertaisempia ratkaisuja.

Kokeiluun rakennettu järjestelmä muodostuu Husky FC 486 -tietokoneesta, jossa on Windows-käyttöjärjestelmä ja PCMCIA- korttipaikka, GSM-puhelimesta (Nokia 2110) ja GSM-verkon tiedostonsiirrosta, Metsätehossa käytössä olevasta TiimiPosti-ohjelmistosta ja sen etäyhteysohjelmistosta Relay sekä järjestelmää varten rakennetusta Automatisoitu tiedostojen lähetys -sovelluksesta. Tiedostojen siirtoon mittalaitteelta PC:lle käytetään Kermit-ohjelmistoa. Järjestelmän tarkoituksena on siirtää PC:lle kertyneet tiedostot joko automaattisesti tai haluttuna ajankohtana GSM-verkon kautta Metsätehon TiimiPosti-palvelimelle ja poistaa sen jälkeen onnistuneesti siirretyt tiedostot hakkuukoneen PC:ltä. Automaattisen tiedostojen lähetys-sovelluksen toimintoja ohjataan parametreilla, joita voidaan muuttaa etäyhteydellä ja PC:lle voidaan myös lähettää tiedostoja.

Automaattitoiminnolla sovellus seuraa datan muodostumista Kermit-hakemistoon. Jos tiedostoja on enemmän kuin asetettu minimiarvo, sovellus tarkistaa GSM-verkon signaalivoimakkuuden, ja sen ollessa riittävä pakkaa ja lähettää tiedostot. Jos signaalitasoa ei ole, pakataan tiedostot kuitenkin maksimiarvon täytyttyä. Tämän jälkeen yritetään muodostaa tiedonsiirtoyhteys halutuun väliajoin. Lisäksi sovellus käy lukemassa sille tarkoitettuja sanomat halutuun määräväleihin viimeisestä yhteydenotosta. Onnistuneen pakka-

uksen jälkeen poistetaan alkuperäiset tiedostot. Käyttäjävälintäisellä toiminnolla järjestelmä ei seuraa tiedostojen kertymistä, vaan käyttäjä itse määrittää, milloin tiedostojen pakkaus tehdään ja tiedonsiirtoa yritetään.

Koska järjestelmä ei toimi moniajosovelluksena DOS-ympäristössä, eivät tiedonsiirto ja DOS:ssa toimiva Kermit-ohjelmisto voi olla yhtä aikaa käytössä. Niitä on vuoroteltava siten, että hakkuun aikana on Kermit päällä ja taukojen ja siirtojen ajaksi käynnistetään tiedostojen lähetyssovellus. Sovellusten käynnistäminen ja lopettaminen on tehty käyttäjälle mahdollisimman yksinkertaiseksi, mutta kokeilun aikana on sattunut tilanteita, joissa Husky on mennyt ”jumiin” ja se on ollut käynnistettävä uudelleen.

Varsinaisia tiedostojen siirtoja tehtiin yhden viikon aikana. Siirrot onnistuivat useimmiten, mutta ongelmana oli Huskyn laitteistoresurssin loppuminen, jolloin alkuperäisten STM -tiedostojen poisto jäi suorittamatta. Poistot oli tehtävä erillisillä komendoilla. Ongelman perussy on lähinnä siinä, että järjestelmässä käytetyt sovellukset on kehitetty toimimaan tavanomaisissa PC-laitteissa. Kun järjestelmää testattiin kannettavassa Compaq LTE Elitessä, ei vastaavia ongelmia ilmennyt.

Automatisoitu tiedonsiirto -sovellusta on tarkoitus edelleen kehittää yhteyskäytännön sekä sovelluksen osien versioinnin päivityksellä. Yhteyskäytäntö muutetaan TCP/IP:llä toimivaksi. Sovelluskehitysvälineistä hyödynnetään uudempia versioita ja tiedostojen pakkauksessa siirrytään käyttämään WinZip-ohjelmaa. PC:ksi valitaan jokin tavanomainen kannettava Windows 95 -käyttöjärjestelmällä oleva mikrotietokone.

8 TIETOMALLIN SUPPEA KUVAUS

8.1 Runkopankkiin vietävät tiedot

Runkopankkiin tallennettavat perustiedot on kuvattu taulukossa 1. Mahdollisen laajemman tietovaraston runkojen sisäisen laadun aineistojen ja muiden puustomittausaineistojen kuvaukset eivät ole mukana. Tietoryhmä voi koostua useista eri tiedostoista, joissa käytetään tunnistetietoja hakuavaimina. Lähes kaikki tiedot ovat luku- ja tiedostonmuodostusohjelmilla alkuperäisistä muokattuja ja tarkastettuja (luku 9).

TAULUKKO 1. Runkopankin tietovarastojen yleiskuvaus

Tietoryhmä	Kuvaus
Kohteen yleistiedot	Kohteen tunniste- ja sijaintitiedot, pinta-ala, kasvupaikkaolosuhteet, yleistiedot puustosta, hakkuusta ja aiemmista käsittelyistä
Runkotiedot	Hakattujen puiden runkomuototiedot, laaturajat, vikaisuudet, katkontasyyt, pölkkytystiedot
Hakkuun tuotantotiedot	Hakattujen puiden mittauksen yhteenvetotiedot: tilavuudet, kappalemäärät ja pölkkyjakaumat
Runkolukusarjat	Puulajeittain ja läpimittaluokittain poistetun ja koko puuston lukumäärät kohteella
Apteerauksen ohjaustiedot	Alkuperäiset ja sovelluksissa käytettävät muunnetut puutavaralajikoodit ja katkontaa ohjaavat arvot

8.2 Runkopankista haettavat tiedot

Runkopankin käyttösovelluksissa voidaan käsitellä tietovarastoja eri tavoin ja hakea sieltä tietoa edelleen sovelluksessa muokattavaksi ja mahdollisesti sen jälkeen palautettavaksi tietovarastoon. Tietovaraston tiedon ollessa kohde- ja puukohtaista voidaan sovelluksissakin käytettävä tieto jakaa niihin.

Kohdekohtainen tieto voi olla eri kriteerein rajoitettujen kohteiden muuttujia sisältävä tieto-osajoukko esim. alueittaisia tarkasteluja varten. Se voi olla myös tietojoukko, joka sisältää yhden kohteen kaikki runkokohtaiset tiedot esim. apteerauksen simulointia tai ohjausparametrien määrittämistä varten.

Hakkuuseen tulevan leimikon puustotietojen ennustamiseksi ja puujoukon muodostamiseksi voidaan käyttää sovelluksia, joissa sijoitetaan leimikko luokitettujen leimikoiden avaruudessa siihen luokkaan, johon se todennäköisimmin kuuluu, ja haetaan luokasta tai sen lähettyviltä ominaisuuksiltaan samankaltaisia leimikoita. Voidaan puhua tyyppi- tai vastinleimikoista, jolloin tarkoitetaan kohteita, jotka täyttävät annetut perusteet eriasteisesti. Sovelluksissa perusteet hyvin täyttävillä vastinleimikoilla voi olla suurempi painoarvo kuin heikommin perusteet täyttävillä. Olennaista on, että

vastinleimikoiden haku tehdään ennustettavana olevan kohteen tunnettujen ominaisuuksien perusteella.

Vastinpuu on runkopankin STM-runko, jonka valinta voidaan tehdä samanlaisin menetelmin kuin vastinleimikonkin. Vastinrunkoja ei voida valita ilman vastinleimikoita tai ainakin samoja runkoihin liitettyjä kasvupaikkaa, sijaintia ym. sisältäviä perustietoja on käytettävä. Vastinpuiden valinnassa käytettäviä tietoja voivat olla puulaji, rinnankorkeusläpimitta, runkomuotoa kuvaavat tunnukset, pituus, oksarajakorkeudet ja laatuosien pituudet. Vastinpuun valinnassa voidaan painottaa eri valintaperusteita eri tavalla. Valinta voidaan tehdä esimerkiksi etsimällä kaikki ”sopivat” sallittujen rajojen mukaan ja laskea puun tunnuksille keskiarvot painottaen arvoja valintaperusteiden mukaiset ”etäisyydet” huomioiden.

9 AINEISTOJEN KÄSITTELYT

9.1 Tiedostojen luku, laatutarkastukset ja hyväksymisperusteet

Alkuperäiset STM- ja PRD-tiedostot ovat sellaisenaan hankalasti käytettävissä muodossa ja lisäksi eri mittalaitteiden tuottamat tiedostot ovat sekä sisällöltään että muodoltaan erilaisia. Siksi ne on muokattava käyttökelpoisemmiksi eri tarpeita varten. Metsätehossa on laadittu C++-ohjelma tiedostojen käsittelyä varten. Siinä käyttäjä määrittää, mitkä muuttujat siirretään tekstimuotoiseen tulostiedostoon. Ohjelma lukee eri mittalaitteiden tuottamia tiedostoja hakkuukonetiedonsiirtostandardin mukaisesti. Valmis-teilla olevaan uuteen versioon sisällytetään tietojen laatu- ja loogisuustarkistuksia, joilla epäkelvot rungot voidaan poistaa jatkokäsittelystä tai liittää niihin virheen vakavuutta kuvaava koodi. Tarkastukset koskevat lähinnä kapenemista, jolle voidaan asettaa minimi- ja maksimiarvot ja tarkastella, missä kohden runkoa kriittinen kapeneminen esiintyy. Loogisuustarkastukset pituudelle ja pölkkyjen yhteenlasketulle pituudelle verrattuna läpimitoista saatavaan käyttöosan päättymiskorkeuteen ovat myös mukana.

Projektissa lukuohjelmalla muodostetut tekstitiedostot on käsitelty Metsätehossa käytössä olevalla SAS-ohjelmistolla ja varsinaiset tietovaraston tiedostot ovat siten SAS-tiedostoja. Tietoryhmien yleiskuvaus on esitetty kapaleessa 8.1 ja niiden muodostamisen pääkohdat jatkossa. Aineistojen laatu- ja loogisuustarkastuksista osa on tehty vasta tässä vaiheessa.

9.2 Runkokäyrän muodostus

Hakkuukoneet muodostavat rungon läpimittoja yleensä 10 cm:n välein alkaen mittauksen hieman eri korkeuksilta ja päättäen sen viimeisen pölkyn latvakatkaisun yläpuolelle. Mittausarvoja syntyy siten yhdestäkin rungosta niin runsaasti, että niiden tallentaminen sellaisenaan ei ole järkevää tieto-

varaston koon hallitsemiseksi. Lisäksi mittaus- ja työteknisistä syistä läpimittalukemat ovat usein virheellisiä, jolloin karkeimmat virheet on poistettava ja lievemmat tasoitettava. Läpimittatiedon perusteella voidaan estimoida puun pituus ja rinnankorkeusläpimitta sekä tiivistää runkomuoto Laasasenahon runkokäyräyhtälön parametreiksi.

Runkokäyrää ei muodosteta niistä rungoista, joissa on sisäänlukuvaiheessa todettu vakava kapenemisvirhe. Se voi tyypillisimmällään olla saman läpimitan liian pitkä toistuminen tai yhtäkkiset suuret muutokset läpimitoissa. Runkokäyrän sovitusta jakautuu neljään osavaiheeseen. Kolmessa ensimmäisessä etsitään rungolle mahdollisimman tarkat pituuden ja kannonkorkeuden estimaatit ja runkokäyrän lopullinen sovitusta tapahtuu neljännessä vaiheessa. Sovituksessa käytetään pienimmän neliösumman menetelmää. Siinä etsitään parametreille arvot, joilla havaintojoukon arvot runkokäyrältä minimoituvat. Kaikissa osavaiheissa sovelletaan Laasasenahon runkokäyrää seuraavassa muodossa:

$$d_{l+h_k} = d_{0,2h} \cdot (b_1 \cdot x + b_2 \cdot x^2 + b_3 \cdot x^3 + b_4 \cdot x^5 + b_5 \cdot x^8 + b_6 \cdot x^{13} + b_7 \cdot x^{21} + b_8 \cdot x^{34}), \text{ missä}$$

d_{l+h_k} = läpimitta etäisyydellä $(l+h_k)$ maasta

$d_{0,2h}$ = läpimitta 20 %:n osakorkeudella maasta

$b_1 \dots b_8$ = puulajikohtaiset muotoparametrit

$$x = l - \frac{l+h_k}{h}, \text{ missä}$$

l = läpimittahavainnon etäisyys kaatoleikkauksesta

h_k = kannon korkeus

h = puun pituus maasta

Mittayksiköt ovat vapaasti valittavissa, kunhan kaikki puun pituussuuntaiset suureet ilmaistaan keskenään samoilla yksiköillä. Tätä periaatetta on noudatettava myös läpimittojen osalta. Tässä kuvauksessa pituussuuntainen mittayksikkö on metri ja säteensuuntainen millimetri.

Havaintojoukko ('pisteparvi'), johon runkokäyrä sovitetaan, muodostetaan poimimalla STM-tiedostosta kaikki läpimittahavainnot ja niiden etäisyydet kaatoleikkauksesta. Etäisyydet eivät sisälly sellaisenaan mittalaitestandardiin, mutta ne voidaan luoda sisäänlukuvaiheessa hyödyntämällä standardin muuttujia 269 (havaintoväli) ja 271 (ensimmäisen havainnon etäisyys kaatoleikkauksesta).

1. vaihe: Muotoparametrien arvoiksi annetaan perusrunkokäyrän puulajikohtaiset kertoimet ja ne pidetään tämän estimointivaiheen ajan vakioina. Estimoitavina parametreina on tässä vaiheessa h , $d_{0,2h}$ ja h_k . Sovitetaan

perusrunkokäyrä havaintojoukkoon pienimmän neliösumman menetelmällä etsimällä parametreille arvot, joilla havaintojoukon poikkeamat (residuaalien neliösumma) runkokäyrältä minimoituvat. Mitä kauempana kaato-leikkauksesta ensimmäinen läpimittahavainto sijaitsee, sitä tiukempi rajoite kannonkorkeudelle pitää asettaa. Tähän kuvaukseen liitetyissä testaus-tuloksissa käytettiin rajoitteena:

$$0 \text{ m} < h_k < 1 \text{ m}$$

2. vaihe: Ratkaistaan 1. vaiheen tuloksena saatujen parametrien avulla rungon maasta mitattu rinnankorkeusläpimitta ja sitä edelleen hyväksi käyttäen perusrunkokäyrän 3. asteen korjauspolynomi. Summataan korjauspolynomin kertoimet (r_1, r_2, r_3) perusfunktion kertoimien (b_1, b_2, b_3) kanssa.

Maasta mitattua rinnankorkeusläpimittaa ratkaistaessa käytetään muuttujan (x) arvona

$$x = 1 - \frac{1,3 + h_k - h_{k2}}{h}, \text{ missä}$$

h_{k2} = Laasasenahon kannonkorkeusmallin tuottama kannonkorkeusestimaatti tai muu h_k :ta parempi arvaus todellisesta kannonkorkeudesta (esim. $0,01 \cdot h$).

Tämä kannonkorkeuskokeilu on tarpeen etenkin, jos ensimmäisessä vaiheessa käytetty h_k :n rajoite on kovin väljä.

3. vaihe: Suoritetaan ensimmäisen vaiheen estimointi uudestaan korjatuin parametrein.

4. vaihe: Vakioidaan h ja h_k 3. vaiheen lopputuloksen mukaisiksi ja sovite-taan runkokäyrä lopullisesti havaintojoukkoon estimoimalla sellaiset $d_{0,2h}$, b_1 , b_2 , b_3 , b_4 ja b_5 , joilla neliösumma minimoituu. Nyt käytetään rajoitteena:
 $b_1 \cdot 0,8 + b_2 \cdot 0,8^2 + b_3 \cdot 0,8^3 + b_4 \cdot 0,8^5 + b_5 \cdot 0,8^8 + b_6 \cdot 0,8^{13} + b_7 \cdot 0,8^{21} + b_8 \cdot 0,8^{34} = 1$.

Menetelmää testattiin aluksi Tuotelähtöinen puunhankinta -hankkeen sahaus-koepuuaineistolla, jonka rungoista tunnettiin todellinen pituus, kannonkorkeus ja läpimitat 0,5 metrin välein. Läpimittatieto täydennettiin spline-interpoloinnin avulla 0,1 metrin välein olevaksi. Lisäksi aineistoa muokattiin STM-tyyppiseksi poistamalla rungoista tyven ja latvan läpimittoja. Suppeas-sa aineistossa rungon pituusestimaatin keskihajonnan todettiin olevan n. 0,5 m käytettäessä latvaläpimittana sekä 7 cm että 10 cm. Rin-nankorkeusläpimittaestimaatin tarkkuus kärsi liian suuresta sallitusta kannonkorkeuden vaihteluvälistä. Kannonkorkeusestimaattia ei voida hyödyntää sellaisenaan, mutta se on tärkeä osa estimointimenetelmää, koska sen avulla saadaan joustavuutta runkokäyrän tyviosaan. Sen avulla on myös mahdol-lista päätellä, puuttuuko rungon tyveltä läpimittatietoa eli onko tehty tyvileikko.

Estimoidun runkokäyrän sopivuutta kuvaa sen keskivirhe. Keskivirheen maksimiarvo tietovarastoon hyväksyttävälle rungoille määritetään rungon koon mukaan. Kuvattua menetelmää voidaan käyttää aina kun on tarve sovittaa Laasasenahon runkokäyrä useiden rungosta mitattujen läpimittojen muodostamaan havaintojoukkoon. $d_{0,2h}$:n parametrisoinnilla saavutetaan se etu, ettei mikään yksittäinen läpimittahavainto saa muita suurempaa painoa runkokäyrää sovitettaessa. Lopputuloksena on koko havaintojoukkoon mahdollisimman hyvin sopiva runkokäyrän muoto.

9.3 Puutavaralajien muunnokset

Aiemmin on selvitetty yritys- ja tuotantolaitoskohtaisten puutavaralajivaatimusten aiheuttamia ongelmia yleisessä runkopankissa. Yrityskohtaisessa ratkaisussa ne eivät aiheuta samankaltaisia hankaluuksia ja voivat olla jopa tarpeellisia. Runkopankin prototyypin varten puutavaralajit kuitenkin muunnetaan yleisemmiksi niiden päätuoteryhmän mukaan. Muunnokset tehdään runkokohtaisiin pölkkytietoihin, mutta samalla säilytetään alkuperäinen puutavaralajitunnus, jonka nimike on selvitettävissä kohteen APT-tiedoista. Puutavaralajin mitta- ja laatuvaatimusten on oltava runkotietojen mukana, jotta muunnos voidaan luotettavasti tehdä.

9.4 Simuloidut pölkytykset laskennallisilla APT-tiedostoilla

Runkojen todellinen pölkytys voidaan korvata erilaisilla simuloiduilla apteerausvaihtoehdoilla, jolloin hakkuuajaiset katkoo ohjanneet mitta- ja laatuvaatimukset ja arvot voidaan korvata vaihtoehtoisilla uusilla. Simulointi on varsinaisesti osa käyttösovelluksia, mutta perustietovarastoon voidaan tehdä rungoille pölkytys yleisen runkopankissa käytettävän APT-tiedoston mukaisesti. Yleinen APT-tiedosto on kompromissi vallitsevista puutavaralajien mitta- ja laatuvaatimuksista ja arvosuhteista. Arvosuhteiden huomioiminen tekee yleisestäkin APT:stä ajan mukana elävän, joten kerran tehdyt peruspölkytykset eivät välttämättä ole ikuisia, vaan ne on korvattava aika ajoin uusilla. Vaihtoehtoisten simulointien pölkykohtaista tietoa ei ole välttämätöntä eikä ehkä järkevääkään viedä päivityksenä tietovarastoon, vaan niiden perusteella muodostetaan sovelluksen käyttöön puutavaralajeittaiset pölkyjakaumat esim. PRD-tiedoston muodossa. Jakaumia voidaan sen jälkeen tarkastella ja käyttää sovellusten lähtötietoina.

10 RUNKOPANKIN SIJAINTI- JA TOTEUTUS- VAIHTOEHDOT

10.1 Erilaisia vaihtoehtoja ja niiden yhdistelmiä

Runkopankin sijainti- ja toteutusvaihtoehtoista on esitetty erilaisia mahdollisuuksien kombinaatioita. Edut ja haitat on arvioitu vain kahdelle päävaihtoehdolle, jotka ovat yhteinen tai yrityskohtainen runkopankki. Muiden kombinaatioiden edut ja haitat ovat pääteltävissä niiden perusteella. Metsätalon Runkopankkiprototyypin -projektissa aloitetaan keskitetyllä tietovarastolla ja hankitaan kokemuksia siitä. Tuotantokäyttöisessä järjestelmässä rutiinien ja sovellusten vakiinnuttua tietovaraston käyttömahdollisuudet nähdään paremmin, jolloin perusteet tietovaraston sijainniksi voivat muuttua. Aluksi voi silti olla kätevää aloittaa keskitetyllä ratkaisulla. Myöhemmin voi olla enemmän tarvetta liittää järjestelmä kiinteäksi osaksi yrityksen operatiivista järjestelmää.

Yksi vaihtoehto on, että kullakin yrityksellä on oma runkopankki, joka suunnitellaan ja toteutetaan muiden yritysten tekemistä ratkaisusta välittämättä. Yritys kerää myös kaikki tiedot itse. Toinen vaihtoehto on, että runkopankit voisivat kaikilla olla määrittämiseltään samanlaiset. Tällöin kerätään samat tiedot, talletetaan ne samanlaiseen tietokantaan, käsitellään samoilla sovellusohjelmilla, mutta aineistot ovat yrityskohtaisia. Silloin yhteinen runkopankki tarjoaisi sovelluksen, jota yritys voisi käyttää omien tietojensa keräämiseen.

Runkopankki voi myös olla yhteinen sekä tiedoiltaan, että sovellusohjelmiltaan. Tällainen yhteinen tietovarasto voi sijaita vain yhdessä paikassa, jolloin runkopankista tietojen haku tapahtuu tietoliikenneyhteyksiä hyväksikäyttäen. Yhteiskäyttöisten tietovarastojen suunnittelussa ja toteutuksessa korostuu tietokantakeskeisyys. On myös mahdollista, että runkopankki on yhteinen, mutta se monistetaan kaikkiin yrityksiin ja yritysten kopioita päivitetään määrävälein. Monistettavuuden järkevyyteen vaikuttaa se, mikä on runkopankin koko. Kovin isojen aineistojen monistamisesta ja päivittämisestä tulee liikaa kustannuksia. Jos koko runkopankin monistaminen yrityksiin on sen koon perusteella mahdotonta, voidaan runkopankin osa kopioida yrityksiin. Kopioon valittaviin tietoihin vaikuttaisivat mm. alueellinen sijainti, yritystä kiinnostavat puulajit tai muut valintaperusteet. On mahdollista myös kopioida pieni osa runkopankista jopa hankinta-alueille tai hankintapiireihin.

10.2 Yrityskohtainen runkopankki

Yrityksen omilta leimikoilta kerätään hakkuukoneiden tiedot yrityksen omaan runkopankkiin. Käytännössä yritysten runkopankit ovat sisällöltään ja toteutukseltaan erilaiset, koska toteutus on tehty yrityskohtaisesti. Erityisaineistoja (esim. sisälaatukoepuut) saattaa olla vähemmän kuin yhteisessä runkopankissa.

Edut:

- + aineiston yhteensovittamisessa ei tule niitä ongelmia, jotka aiheutuvat yritysten välisistä eroista luokitteluissa ym.
- + kustannusten jakamisesta ja tietojen omistajuudesta ja käyttöoikeudesta ei tarvitse sopia
- + tietovarastoon liitettävät sovellusohjelmat (tiedon hakuun ja analysointiin tehtävät avut) voidaan räätälöidä juuri yrityksen tarpeisiin, tarvetta kompromisseihin ei tule
- + liittymät tietojärjestelmiin ovat helpommin toteutettavissa, kuin jos tietovarasto sijaitsee jossain muualla
- + tietovaraston toteutusvälineiksi voidaan valita sellaiset tekniset ratkaisut, jotka yrityksessä ovat käytössä muutenkin

Haitat:

- aineistojen määrä ei ole kattava sellaisilla alueilla, joissa yrityksellä ei ole riittävästi omaa hakkuutoimintaa tai sopivia hakkuukoneita, jotka pystyvät tiedonkeruuseen
- kustannukset runkopankin toteutuksesta ja ylläpidosta ovat suuremmat
- kerättävän tiedon määrä / yritys on suurempi
- toiminnallisuus voi olla vähäisempi kuin yhteisessä runkopankissa

10.3. Yhteinen runkopankki

Runkopankin tietosisältö ja sen käyttöön liittyvät sovellusohjelmat ovat yhteisiä. Runkopankin sijainti on keskitetty ja sinne ollaan tietoliikenneyhteydessä.

Edut:

- + tietosisältö tulee kattavammaksi ja monipuolisemmaksi
- + yksittäinen yritys joutuu keräämään vähemmän tietoa kuin omaan tietovarastoonsa
- + kaikki kustannukset jakaantuvat; tämä voi olla merkittävää kiinteissä käyttökustannuksissa, jotka aiheutuvat siitä, että tietovarasto pidetään toiminnassa
- + tietovaraston hallintaan liittyvät tehtävät tehdään keskitetysti; näillä tarkoitetaan varmistuksia ym. tietokannanhoitajan tehtäviä
- + varsinkin alkuvaiheessa tapahtuvalle erilaisten käyttösovellusten kehitystyölle on paremmat mahdollisuudet kattavan aineiston vuoksi
- + yhteinen sovelluskehitys tulee kaikkien hyödyksi
- + tietovarastoon voidaan liittää harvinaisempia ja erikoisempia tietoja, jotka eivät ehkä olisi yksittäisen yrityksen käytettävissä (esim. koesahaus- tai tutkimusaineistoja tms.)
- + voidaan järkevillä kustannuksilla tarjota jalostuneempia palveluja (valmiita raportteja, valmiita hakuja), jolloin tietojen käyttäjän ei tarvitse perehtyä järjestelmään niin paljon

Haitat:

- tietosisällön yhtenäistämässä voidaan joutua tekemään sellaisia kompromisseja yrityskohtaisten tietojen kohdalla, että tiedon tarkkuus joiltain osin kärsii
- käytettävyys muiden yrityksessä olevien tietojärjestelmien kanssa voi olla huonompi
- etäyhteyksistä tulee lisää vaivaa, kustannuksia ja ne voivat olla epäluotettavia; suurten hakujen tekeminen tietoliikenneyhteyden kautta voi olla hidasta ja hankalaa, levykkeillä tiedonsiirtoon kuluu taas kalenteriaikaa

11 KUSTANNUKSET

Runkopankin toteutustavat, tiedonhallintaratkaisut, käyttösovellukset, hankittavat aineistomäärät ja monet muut seikat vaikuttavat niin suuresti kustannuksiin, että niitä ei ole mahdollista tässä vaiheessa määrittää. Voidaan kuitenkin määrittää ne tekijät, joista pakollisia tai vaihtoehtoisia kustannuksia oletettavasti syntyy.

11.1 Aineistojen hankintakustannukset

Pakollisia aineistojen hankintakustannuksia ovat

- kohteiden valinnasta ja seurannasta sekä kohdetietojen keruusta aiheutuvat kustannukset
- runkotietojen keruusta aiheutuva lisäajanmenekki hakkuutyössä ja siitä mahdollisesti maksettava erillinen korvaus urakoitsijalle
- aineistojen esitarkastuksesta ja tiedonsiirrosta tai lähettämisestä aiheutuvat kustannukset
- runkopankin ylläpitäjän kustannukset aineistojen tarkastuksesta ja siirrosta tietovarastoon
- koulutuskustannukset

Toteutuksesta riippuvia vaihtoehtoisia aineistojen hankintakustannuksia ovat

- erillisen tiedonsiirto-sovelluksen hankinnasta ja käytöstä aiheutuvat kustannukset
- erillisten PRD-tietojen valinta-, muokkaus- ja tiedonsiirtokustannukset
- erillisaineistojen (esim. sisälaatukoeput) hankintakustannukset

11.2 Tietojärjestelmän perustamiskustannukset

Riippumatta valitusta toteutustavasta tuotantokäyttöön tarkoitetun runkopankkitietojärjestelmän suunnitteluun ja rakentamiseen kuuluvat seuraavat vaiheet, joiden laajuus ratkaisee syntyvät kustannukset.

- käsiteanalyysi ja tietotarveanalyysi
- järjestelmän tietojen ja toimintojen vaatimusmäärittelyt
- tekniset esiselvitykset tietokantaratkaisujen, ohjelmistojen ja sovellusten toteuttamisen vaihtoehtoista
- ohjelmisto- ja välinevalinnat ja hankinnat
- tieto- ja tekninen suunnittelu toteutusta varten, tieto- ja toimintokuvaukset
- toteutus
- testaus, virheiden korjaus ja kehittämistarpeiden määrittely
- käyttöönotto ja koulutus

11.3 Käyttökustannukset

Käyttökustannuksiin ei lueta aineistohankinnasta ja tietovaraston päivityksestä syntyviä kustannuksia, vaan niitä ovat sovellusten käytöstä ja käytön aiheuttamasta tietojärjestelmän ylläpidosta aiheutuneet kustannukset. Mikäli sovellukset ovat pitkälle räätälöityjä ja yrityksen muuhun tietojärjestelmään kiinteästi liitettyjä, aiheuttaa niiden käyttö vain pääasiassa tietoliikennekustannuksia. Päinvastaisessa tapauksessa ja tehtäessä erikoisselvityksiä runkopankin tietovarastoista syntyy kustannuksia tehdyn työn, tulostuksen ja tulosten jakelun myötä. Järjestelmän ylläpidossa ja seurannassa sekä tietokantojen varmistuksessa on tehtäviä, jotka aiheuttavat myös käyttökustannuksia.

12 PROJEKTISSA TUOTETUT KUVAUKSET, MÄÄRITYKSET JA RAPORTIT

Projektissa on tuotettu loppuraportin lisäksi seuraavat kuvaukset, määritykset ja raportit:

1. Tulokuvaus
2. Tietovaraston aineistojen kuvaukset
3. Ohjelmien kuvaukset ja ajokaaviot
4. Kuvaus pituuden estimoinnista ja runkokäyrän sovitukselta STM-datan pohjalta
5. Automatisoitu tiedostojen lähetys TiimiPostilla: Vaatimusmäärittely
6. Automatisoitu tiedostojen lähetys TiimiPostilla: Käyttöohje
7. Laaturajat hakkuukonemittauksessa (Metsätehon raportti)

13 JATKOTOIMENPITEET

Projektin jatkona on aloitettu Runkopankkiprototyyppi -tutkimushanke. Sen päätavoitteena on rakentaa toimiva järjestelmä, johon kuuluvat tietovarasto ja pääsovellukset. Niitä ovat hakkuuseen tulevan leimikon puujoukon muodostaminen ennakkotiedon perusteella, puutavaralajijakaumien ennusteiden tekeminen sekä leimikon apteerausta ohjaavien parametrien määrittäminen ja APT-tiedostojen muodostaminen. Mielenkiintoa on virinnyt myös runkopankin käyttämiseksi tarkasteltaessa katkonnasta riippumatonta runkohinnoittelua korjuun kustannusten kohdentamisessa aiheuttamisperiaatteen mukaisesti tarkemmin erilaisille puustoille.

Tavoitteiden saavuttamiseksi on kehitettävä menetelmät ja algoritmit tiedon analysoimiseksi. Menetelmien kehittämiseksi ja testaamiseksi on hankittava runsaasti uusia hakkuukoneaineistoja. Aineistohankinta on tarkoituksen mukaisinta keskittää jollekin maantieteelliselle alueelle, esimerkiksi Keski-Suomeen. Samalla voidaan testata ja kehittää laajamittaista aineistonhankintaa, sen organisointia ja laadunvarmistusta sekä erilaisia tietovarastoratkaisuja.

Hankkeessa keskeistä on sovelluksissa käytettävien menetelmien kehittäminen kuvattuja käyttötavoitteita varten. Siinä pääpaino on datalähtöisissä menetelmissä, erityisesti neuroverkoissa ja sumean logiikan menetelmissä. Erityisen mielenkiintoista on itseorganisoivan kartan soveltamismahdollisuudet puusto-ominaisuuksien luokittelussa ja leimikon puutavaralajijakauman ennustamisessa. Myöskin geneettiset algoritmit voivat soveltua joidenkin ongelmien ratkaisuun. Käyttökelpoisen tiedon saanti on edellytys näiden menetelmien tutkimiseen. Lisäksi tavoitteena on löytää sopivat työkalut ja ohjelmistot sovellusalgoritmien tekemiseksi lupaavimpien menetelmäratkaisujen pohjalta.

Tavoitteena on, että runkopankkitietovaraston ja sen keskeisimpien sovellusten prototyyppijärjestelmää voidaan testata käytännön puunhankintaa vastaavissa ohjaustilanteissa. Järjestelmä rakennetaan Metsätehoon, mutta samalla tehdään analyysi siitä, kuinka prototyyppi on laajennettavissa ja otettavissa käyttöön osakasyritysten vaatimusten mukaisesti niiden tietojärjestelmäympäristöissä.