

## RUNKOPANKIN KÄYTTÖSOVELLUKSET

- **Projektit**
  - Projekti 202 *Leimikoiden korjuuohjelman ja apteerausvaihtoehtojen optimointi* suunnattiin runkopankin käyttösovellusten kehittämistä tukevaksi ja toteutettiin yhdessä projektin 248 kanssa. Molempien projektien tulokset raportoitiin yhdessä.
- **Projektiryhmä**
  - Tapio Räsänen, Vesa Imponen, Reima Liikkanen, Jarmo Lindroos ja Juha-Antti Sorsa
- **Rahoittajat**
  - A.Ahlström Osakeyhtiö, Koskitukki Oy, Metsäliitto Osuuskunta, Metsäteollisuus ry, Pölkky Oy, Stora Enso Oyj, UPM-Kymmene Oyj ja Vapo Timber Oy

## Projektien tavoitteet ja tehdyt raportit

- **Tavoitteet**

- Kehittää runkopankkia käyttäviä laskentamenetelmiä ja sovelluksia puunhankinnan suunnittelua ja ohjausta varten. Erityisesti tavoitteena oli kehittää
  - leimikon puustotunnusten ennustamismenetelmää (MSN)
  - varantojen puusto-ominaisuuksien kuvausta
  - ohjelmia runkopankkidatan käsittelyyn
- Metsätehon runkopankkitietokannan laajennus
- Selvittää, kuinka käytännössä leimikoista arvioitavat tai mitattavat puustotunnukset vastaavat runkopankkiin perustuvan ennustamismenetelmän tarkkuus- ja luotettavuusvaatimuksia

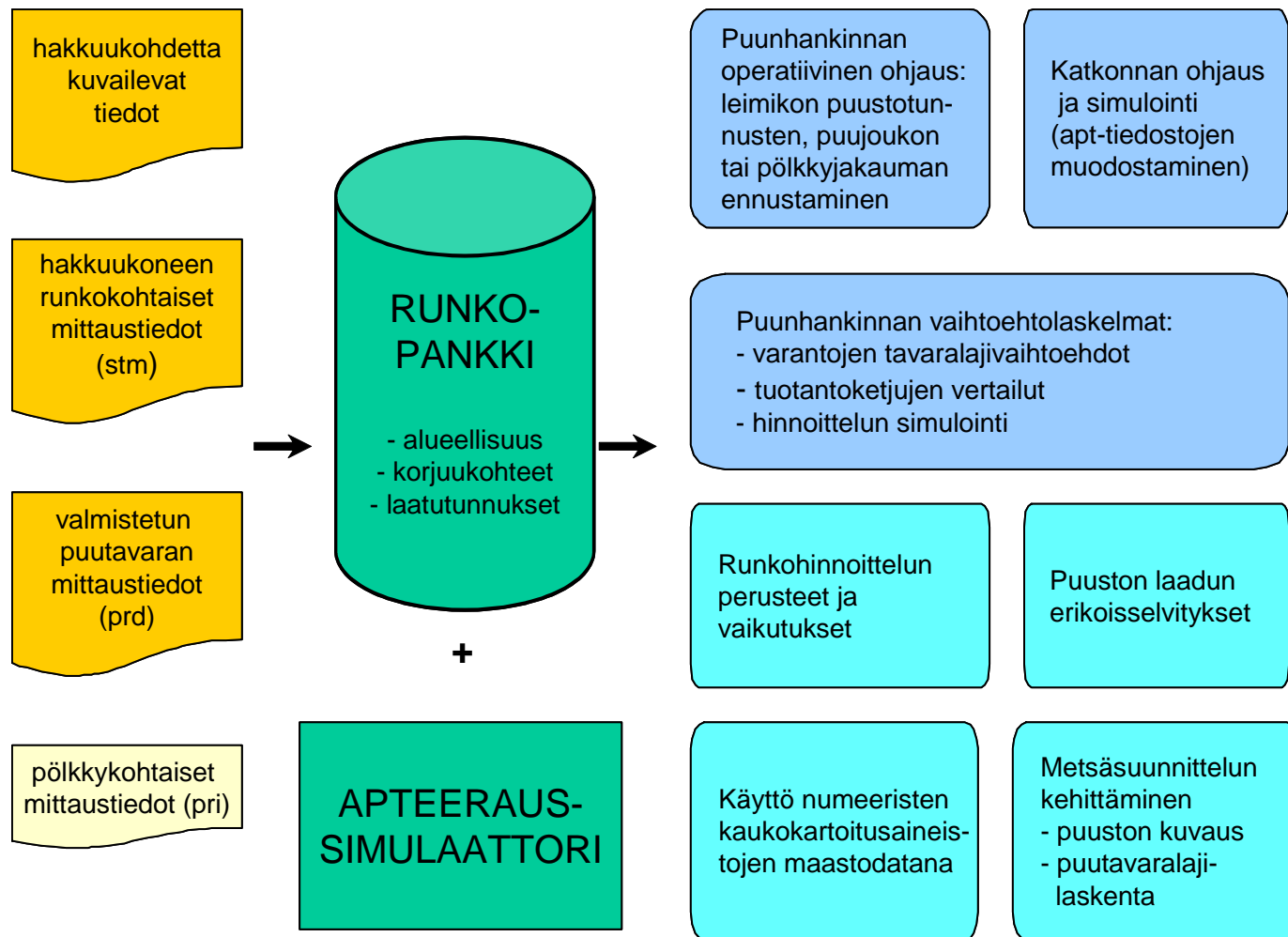
- **Raportit**

- Metsätehon raportti 180, 25.8.2004: *Runkopankin käyttösovellukset*

## Runkopankkisovellusten käyttö puunhankinnassa

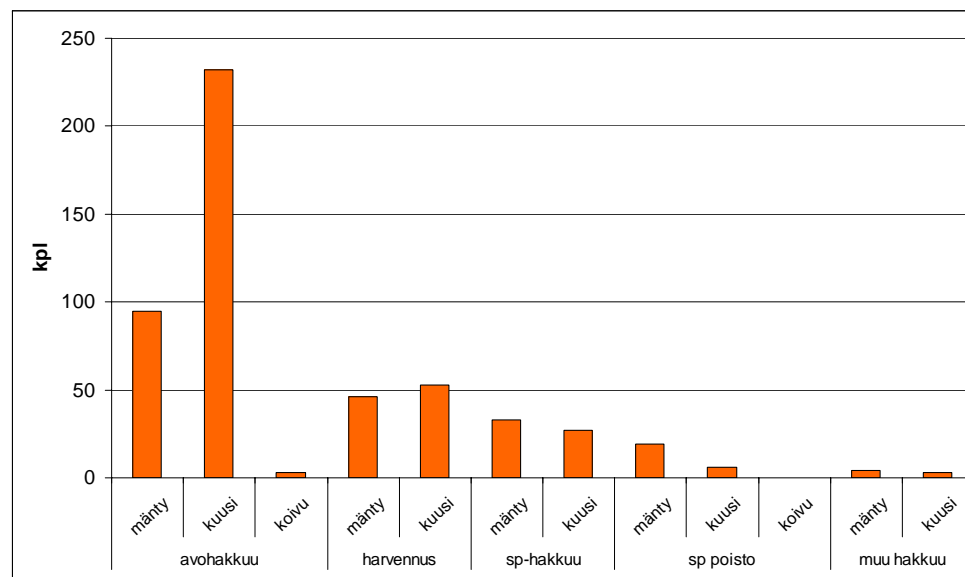
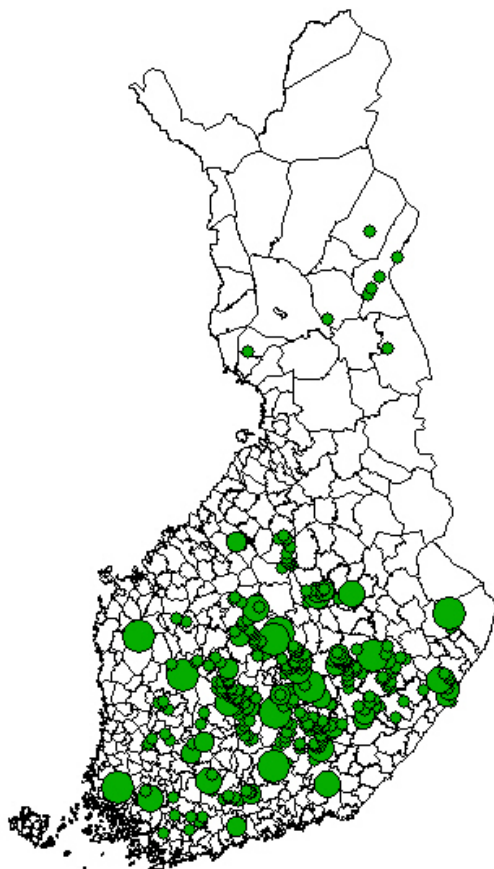
- Yksittäisen leimikon puutavaralajien kertymien ja pölkyjakaumien arviointi
  - leimikkovalinnat ja työohjelmat korjuun suunnittelussa
  - puutavaralajien ja läpimitta- ja pituusluokkien valinta leimikkotasolla (katkontavaihtoehtojen simulointi ennen korjuuta)
  - omien metsien hakkuiden suunnittelu (kuviotiedoista muodostetut katkontatuloksen ennusteet)
- Leimikon hinnoitteluvaihtoehdot (katkonnan ja hinnoittelun simuloinnit)
- Varannon (leimikkosuman) määrän ja rakenteen ennustaminen puutavaralajikertymien tasolla
  - puutavaralajien kausittaisten ja alueittaisten toimitusmahdollisuuksien laskenta eri katkonta- ja hinnoitteluvaihtoehtojen perusteella (hankinnan suuntaukset)
  - korjuuohjelman optimointi ja varastotason määrittäminen

## Runkopankin sisältö ja hyödyntämisalueet



## Metsätehon runkopankkiaineistot

- Uutta runkopankkidataa hankittiin projektissa
  - painotus mäntyvaltaisissa ja harvennusleimikoissa
  - kohteita uusilta alueilta
- Tietokannassa on nyt
  - 502 hakkuukohtetta
  - n. 422 000 runkoa



## Runkopankkiaineistojen hankinta ja käsittelyt (1)

- Tiedostojen keruu ja siirto hakkuukoneelta voidaan automatisoida
- On varmennettava erikseen, että runkotiedot vastaavat korjuukohtetta
  - eri lohkojen rungot voivat mennä saman hakkuukohteen tiedoiksi
  - kohteen pinta-ala voi olla virheellinen
  - runkotietojen GPS-koordinaateista voidaan varmentaa runkojen sijainti
- Kaikilta konemerkeiltä ei toistaiseksi saada samansisältöistä runkodataa
  - täsmennetyin stm-muuttujamäärittelyyn pitäisi parantaa tilannetta tulevaisuudessa
  - ongelmia on ollut mm. puutavaralajikoodien tulkinnassa
  - Metsätehossa on laadittu XML-muunnosohjelma eri konemerkkien tietosisällön ja esitystavan yhtenäistämiseksi
- Runkojen läpimittatiedoissa voi olla virhettä, joka on huomioitava
  - Tietovarastoon viennissä runkokäyrien tasoitus tai virheellisten runkojen hylkäys
  - eri hakkuukoneilla tyven läpimitat on muodostettu erilaisilla yhtälöillä tai kertoimilla

## Runkopankkiaineistojen hankinta ja käsittelyt (2)

- Runkopankkitietokannan rakenteen, aineistojenkäsittelyn ja runkotietojen hyödyntämisen kannalta on runkotietojen esitystapa ratkaisevaa
  - a) alkuperäinen hakkuukoneen läpimittadata voidaan viedä tietokantaan sellaisenaan
    - suuri tilantarve
    - erilaiset läpimitan mittauksen virheet mukana, tyven läpimitat eivät luotettavia
  - b) alkuperäisestä läpimittadatasta muodostetaan runkokäyräyhtälön parametrit
    - Laasasenahon runkokäyräyhtälön versiot
    - läpimittavirheet voidaan karsia ja suodattaa muodostettavaan runkoprofiiliin
    - runkomuoto voidaan tiivistää, tilantarve pieni tietokannassa
    - runkodatasta puuttuvat puun pituus ja tyven läpimitat voidaan estimoida
    - prosessointi raskas laskentatehtävä ja vaatii erillisohjelmiston tai sovelluksen (epälineaarinen optimointi)
- apteeraussimulaattorin vaatimukset runkomuototietojen esitystavalle otettava huomioon tietokantaa ja tallennustapaa määritettäessä

## Tietojenkäsittelyn vaiheet

### - esimerkkinä Metsätehon runkopankki

1. Hakkuukoneen tiedostojen sekä leimikon perustietojen hankinta
  - tiedonsiirto koneilta levykkeillä tai langattomasti (stm, prd, apt)
  - tietojen tarkastus ja puuttuvien tietojen lisäykset
2. Stm- ja prd-tiedostojen purku erillisillä purkuohjelmilla
  - hylättävien runkojen tarkistukset (hylkäyskriteerit purkuohjelmissa)
  - eri konemerkkien erilaiset tiedostot voidaan muuntaa yhtenäiseen XML-esitystapaan muunnosohjelmilla (helpottaa jatkokäsittelyä ja tietokantaan vientiä)
3. Puutavaralajikoodien tarkistukset ja tulkinta-avainten lisäykset tietokantaan
4. Runkotietojen muodostus
  - rungon pituuden estimointi ja runkokäyräyhtälön parametrien laskenta
  - rungon mahdollinen hylkäys, jos runkokäyrää ei voi luotettavasti muodostaa
5. Runkolukusarjojen muodostus
6. Kohteen kaikkien tietojen vienti tietokantaan



## Puustotunnusten arvioinnin ja mittauksen tarkkuus

Tarkoituksena oli selvittää, miten tarkasti ja luotettavasti runkopankkia hyödyntävän puuston ennustamismenetelmän (k-MSN-menetelmä) hakumuuttujatietona käytettävät puustoa kuvaavat tunnuksset voidaan leimikon suunnittelun yhteydessä arvioida tai mitata.

Kokeiltavat menetelmät olivat

1. Silmävarainen puustotunnusten arviointi
  2. Puustotunnusten mittaus relaskooppikoealoilta (4 – 5 kpl / leimikko)
  3. Savcor Forest Oy:n Leima –ennakkomittausmenetelmä kontrollimenetelmänä
- Aineistossa 17 runkopankkileimikkoa
  - Puunhankintaorganisaation osto- ja korjuuesimiehet sekä Metsätehon työntutkija tekivät tunnusten arvioinnit ja mittaukset
  - Vertailutietona hakkuukoneen prd- ja stm-tiedostoista lasketut tunnuksset

## Tarkastellut tunnuksset

- keskivirhe vertailutunnukseen sekä suhteellisen keskivirheen keskihajonta

tunnus	arviot		mittaukset	
	keski- virhe	keskihajonta, %-yksikköä	keski- virhe	keskihajonta, %-yksikköä
pääpuulajin keskiläpimitta, cm (pohjapinta-alalla painotettu)	-0,7 cm -2,7 %	20	-0,8 cm -3,2 %	11
pääpuulajin keskijäreys, dm <sup>3</sup>	-30 dm <sup>3</sup> -7,5 %	27	-30 dm <sup>3</sup> -7,5 %	20
pääpuulajin keskipituus, m (ppa-mediaanipuun pituus)	0,9 m 4,5 %	8	0,9 m 4,5 %	8
kokonaispohjapinta-ala, m <sup>2</sup> /ha			-0,7 m <sup>2</sup> /ha -4 %	4
pääpuulajin pohjapinta-ala, m <sup>2</sup> /ha			0,9 m <sup>2</sup> /ha 11 %	3
pääpuulajin osuus pohjapinta- alasta, %-yks.			9,7 %-yks.	11
kokonaistilavuus, m <sup>3</sup> /ha	0,9 %	32	-1,9 %	32
pääpuulajin tilavuus, m <sup>3</sup> /ha	2,8 %	24	4,3 %	25

## Päätelmät puustotunnusten arvioinnista ja mittauksesta

- Testi oli varsin suppea: mittaajakohtaiset erot eivät tulleet selvästi esille
- Puuston keskiläpimitta pystyttiin keskimäärin arvioimaan ja mittaamaan yhtä tarkasti, mutta mitattaessa hajonta oli pienempi
  - keskiläpimitan keskivirhe oli melko pieni
  - keskiläpimitta on mitattava pohjapinta-alalla painotettuna
- Tieto puuston minimi- ja maksimiläpimitasta puulajeittain auttaisi läpimittajakauman ennustamisessa, mutta näitä vertailuja ei tehty
- Keskijäreiden arviointi ja mittaus onnistuivat keskiläpimittaa huonommin
  - keskijäreys määritettiin yleensä todellista pienemmäksi, hajonta suuri
- Pääpuulajin keskipituus määritettiin melko tarkasti
- Pohjapinta-alan mittaus puulajeittain relaskoopikoealoilta onnistui keskimäärin tyydyttävästi, mutta hajonta ja vaihteluväli oli melko suuri

## Ennakkotietojen hyödyntäminen hankinnan ohjauksessa

### Varantojen laskenta

- Hankkeessa testattiin k-MSN-menetelmää leimikkojoukon (varannon) puustotietojen ennustamisessa runkopankkidatan avulla
  - menetelmän hakumuuttujina olivat runkojen keskijäreys, kokonaistilavuus ja pinta-ala
  - hakumuuttujien arvot satunnaistettiin normaalijakauman mukaisiksi simuloinneissa (arviointitiedon epätarkkuus käytännössä)
- Leimikkojoukkoa koskevat kumulatiiviset tukkipuun ja kuitupuun tilavuusennusteet vakiintuivat lähes virheettömiksi (< 5 %) summattaessa n. 10 leimikon puumäärät
- k-MSN –menetelmää on myöhemmin kehitetty lisää (projekti 298) ja vastaavissa simuloinneissa päästiin alle yhden prosentin tilavuusvirheisiin

## Korjuun ohjelmointi

- Korjuun lyhyen tähtäimen suunnittelussa puutavaralajien kertymiä koskevat ennusteet ovat ohjelmoinnin ja työmaiden ketjutuksen perusta
- Puutavaraerien nopeassa toimituksessa hakkuusta tehtaalle mahdollisimman tarkat ennusteet yksittäisistä eristä erityisen tarpeellisia
- Hankkeessa selvitettiin puutavaraennusteiden tarkkuuden merkitystä korjuun ohjelmoinnissa
  - laadittiin yksinkertaistettu korjuuohjelman optimointimalli, jonka avulla ajoitettiin kuusikoiden korjuuta kuukauden pituisella jaksolla eri viikoille lähtien siitä, että kuusitukkia, kuusikuitupuuta sekä sorvikuusta korjataan mahdollisimman tasaisesti tavaralajitarpeiden mukaisesti
  - tavaralajikohtaiset kuljetusmäärät asetettiin siten, että jakson puitteissa korjattavat ja kuljetettavat puumäärät ovat yhtä suuria
  - eri kuusipuutavaralajien varastotasoa minimoitiin leimikoiden tavaralajisisältöä kuvaavien ennusteiden sekä todellisten puumäärien pohjalta
  - puutavaralajiarviot laskettiin k-MSN-menetelmällä
- Mikäli puutavaralajien leimikkokohtaiset määräennusteet olisivat virheettömiä (ei tunnusten arviointivirhettä), eri kuusipuutavaralajien **varastotasoa voitaisiin alentaa 5 – 27 %** verrattuna tilanteeseen, jossa toimitaan satunnaista arviointivirhettä sisältävien runkopankkiennusteiden varassa

## Runkopankin käyttösovellusten kehittäminen

- Runkopankin kokoamisen ja hyödyntämisen erilaisia käyttösovelluksia selvitettiin osakkaille tehdyllä tarvekyselyllä
  - selvitettiin, mikä on eri sovellusten tarve ja miten niitä pitäisi kehittää
- Määritettiin käyttötapaukset ja osakkaat arvioivat niiden tarpeet
  1. Apteerauksen ohjaustiedostojen määrittäminen ja testaus simuloinnilla
    - pidettiin merkittävänä, omia ja konevalmistajien ohjelmia käytetään
    - apteeraussimulaattori on keskeinen ja sen pitäisi olla liitettävissä puunhankinnan tietojärjestelmiin kiinteästi
    - runkopankkitietovarastoja yhtiöillä vaihtelevasti
  2. Leimikon tai korjuulohkon katkontavaihtoehtojen valinta ja korjuun ketjutus
    - tarve arvioitiin erilaiseksi eri osakkailla
  3. Asiakastarpeiden hallinta ja katkontavaihtoehtolaskelmat
    - tarpeellinen tai mahdollinen puunhankinnan suunnitteluun ja budjetointiin
  4. Puun hinnoittelujärjestelmät
    - kaikkien osakkaiden mielestä tarpeellinen, jos puukaupassa siirrytään runko- tai puulajihinnoitteluun

5. Alueelliset resurssitarvelaskelmat ja toiminnan kausivaihtelusuunnittelu
  - voidaan toteuttaa ilman runkopankkisovelluksia
6. Runkopankin käyttö yhtiön omien metsien hakkuusuunnitteen laskennassa
  - ei pidetty erityisen tärkeänä
  - mahdollisuutena nähtiin kuitenkin, että sovelluksen ja aineistojen avulla voitaisiin tarkentaa tietoja käsiteltyjen kuvioiden puustosta tai käyttää materiaalia inventointitietojen tarkentamiseen
7. Yleinen runkopankkidatan tietopalvelusovellus
  - runkopankkidatan kokoaminen laajasti osakkaiden yhteiseen tai yleiseen tietovarastoon, jonka ylläpitäjänä ja jakelijana voisi olla Metsäteho tai jokin muu taho
  - ei puunhankinnan operatiiviseen käyttöön
  - osa osakkaista piti tarpeellisena, osa ei
8. Muut käyttötapaukset
  - satelliitti- ja ilmakuvien tulkinta paikannettua hakkuukonedataa hyväksi käyttäen

- Varsinaisia runkopankkisovelluksia ovat
  1. Ohjelmat hakkuukonedatan purkamiseen, muokkaukseen ja tietokantaan vientiin
    - tarpeellisia, purkusovellus voi olla itsenäinen ohjelmistopaketti
    - eri konemerkkien tuottaman datan muuntaminen yhtenäiseen muotoon
    - tiedostojen muuntoon XML-muotoon laadittiin erillinen ohjelma (STM\_to\_XML.exe, saatavissa Metsätehosta)
    - stm- ja prd-tiedostojen purkuohjelmat tekstitiedostomuotoon olemassa myös
      - ei käyttöliittymää
    - runkokäyräyhtälöiden muodostaminen hakkuukoneen stm-tiedostojen läpimittatiedoista arvioitiin myös tarpeelliseksi sovellukseksi
      - erillisen Fortran-moduulin teko on aloitettu toisessa projektissa
      - moduulia voidaan käyttää stm-tiedostojen purkuohjelman kanssa
  2. Runkopankin vastinleimikkojen haun sovellukset (MSN-menetelmä) leimikon puustotietojen tai pölkkyjakaumien ennustamiseksi
    - prototyyppisovellus on kehitetty Metsätehossa, käytetään MASI-apteeraussimulaattorin käyttöliittymästä
  3. Apteeraussimulaattori ja simuloinnin analysointiohjelmat
    - MASI-apteeraussimulaattoria kehitetty omassa projektissaan



## Johtopäätökset ja kehittämistarpeet

- Stm-tiedostojen keruu runkopankkeja varten on toistaiseksi ollut rajoittunutta ja hankalaa, koska eri konemerkkien tiedostot ovat olleet sisällöltään ja esitystavaltaan erilaisia tiedonsiirtostandardista huolimatta.
- Tarkennetun vaatimusmäärittelyn (UPM 2002) jälkeen eri konemerkkien tuottamien runkotietojen yhdenmukainen käsittely pitäisi olla paremmin mahdollista.
- 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 apteeraussimulaattorille sopivaan muotoon.
- Uusia mahdollisuuksia tietovaraston muodostamiseksi tarjoavat jatkossa pri-tiedostot ("pölkkypankit") ja prd-tiedostojen nykymuotoisesta täydennetyt runkolukusarjatiedot ("leimikkopankit", käyttö alueellisissa korjuukohteiden kuvauksissa).

- K-MSN-menetelmän käyttöön leimikoiden puuston kuvauksessa vaikuttavat itse ennustemenetelmä, runkopankissa olevien leimikoiden määrä ja edustavuus sekä ennustamisessa käytettävien lähtötietojen luotettavuus
  - menetelmän hakumuuttujiksi pitäisi valita sellaisia tunnuksia, joilla on menetelmän kannalta ennustearvoa sekä joiden arviointivirheen hajonta on kohtuullinen
- Runkopankkisovellukset voivat olla 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.
- T&K –tarpeita varten kehitystyötä tarvitaan kuitenkin vielä metsävarojen tai korjuukohteiden alueellisten kuvausmenetelmien kehittämisessä sekä leimikkotason ennustamisessa, jossa käytetään hyväksi kuvatulkinnalla estimoituja tai metsäsuunnitelmista saatuja puustotunnuksia yhdistettynä runkopankista saatavaan dataan.