

KATSAUS METSÄTALouden SUUNNITTELUUN SUOMESSA JA RUOTSISSA

Risto Päivinen, Jyrki Kangas & Jari Varjo

Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 406



KATSAUS METSÄTALOUDEN SUUNNITTELUUN SUOMESSA JA RUOTSISSA

Risto Päivinen, Jyrki Kangas & Jari Varjo

Joensuun tutkimusasema 1992

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN TIEDONANTOJA 406
Metsien käytön tutkimusosasto

Päivinen, Risto, Kangas, Jyrki & Varjo, Jari (toim.) 1992. Katsaus metsätalouden suunnitteluun Suomessa ja Ruotsissa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 406. 52 s. ISBN 951-40-1204-6, ISSN 0358-4283.

Tiivistelmä: Työssä tarkastellaan metsätalouden suunnitteluun Suomessa ja Ruotsissa nykyisin käytettäviä menetelmiä ja suunnittelujärjestelmiä sekä tehdään katsaus metsätalouden suunnittelun kehitykseen Suomessa. Suomalaisten ja ruotsalaisten metsäorganisaatioiden suunnittelujärjestelmät eroavat muunmuassa suunnitelmavaihtoehdon valinnassa käytettävien menetelmien osalta. Molemmissa maissa simulointi on keskeisessä asemassa, mutta Suomessa käytetään selvästi enemmän matemaattisia optimointimenetelmiä. Karttatiedon käsittely ja paikkatietojärjestelmien soveltaminen sekä ilmakuvien käyttö on Ruotsissa yleisempää ja perusteellisempää kuin Suomessa. Tutkimuksessa tehtyyn kyselyyn vastanneiden suomalaisten metsäorganisaatioiden suunnittelumenetelmät olivat pääpiirteiltään suurelta osin samankaltaiset.

Avainsanat: Metsätalouden suunnittelu, metsänarviointi

Kirjoittajan yhteystiedot: Kangas, Jyrki: Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimusasema, PL 68, 80101 Joensuu. (puh. 973-151 4000).

Julkaisija: Metsäntutkimuslaitos; Hanke: 3113-4. Hyväksynyt: Aarne Reunala, tutkimusjohtaja 12.3.1992.

Jakelu: Metsäntutkimuslaitos, Joensuun tutkimusasema, PL 68, 80101 Joensuu.

Sisällys

LUKIJALLE

Jari Varjo:

METSÄTALOUDEN SUUNNITTELUN KEHITYS SUOMESSA

1. Metsien hyötykäytön historiaa	5
2. Suunnittelun kehitys	6
21. Varhaiset suunnittelumenetelmät	6
22. Metsikkökohtaisiin malleihin perustuvat suunnittelumenetelmät	9
23. Puukohtaisiin malleihin perustuvat suunnittelumenetelmät	13
24. Monikäytön suunnittelumenetelmät	15

Kirjallisuus

Aki Nalli ja Pentti Hyttinen:

METSÄTALOUDEN SUUNNITTELUJÄRJESTELMIEN NYKYTILA SUOMESSA

1. Tarkastelun rajaus	23
2. Inventoinnit suunnittelun lähtötiedon tuottajina	23
21. Inventointimenetelmät	23
22. Kartat ja ilmakuvat	24
23. Inventoinnissa arvioitavat tunnuksat	24
24. Inventointitiedon päivitys	25
3. Suunnittelumenetelmät	27
31. Suunnittelulaskelmat ja hakkuusuunnitteen määrittäminen	27
32. Karttatiedon hallinta	30
33. Tulosteet	30
34. Laskentaan ja tulostamiseen käytettävä laitteisto	31
4. Yliopistojen suunnittelujärjestelmät	31

Kirjallisuus

Liite

Kari T. Korhonen, Aki Nalli ja Jari Varjo:

METSÄTALouden SUUNNITTELU RUOTSISSA

1. Esimerkkeinä Stora Skog, Korsnäs, Interforest ja Domänverket	36
2. Pitkän aikavälin suunnittelu ruotsalaisissa metsäyrityksissä	37
21. Tavoitteiden asettelu	37
22. Inventoinnit suunnittelun tietolähteenä	39
23. Pitkän aikavälin suunnittelun menetelmät	40
3. Keskipitkän aikavälin suunnittelu ruotsalaisissa metsäyrityksissä	41
4. Lyhyen aikavälin suunnittelu ruotsalaisissa metsäyrityksessä	42
5. Metsänuudistamisen suunnittelu	44
6. Ruotsalaisia suunnitteluohjelmistoja	46
61. HUGIN -ohjelmisto	46
62. Indelningspaketet	46
63. Yksityismetsätalouden suunnitteluohjelmistot	47
7. Suomalaisten ja ruotsalaisten suunnittelujärjestelmien eroja	48
Kirjallisuus	

LUKIJALLE

'Integroitu Metsällisen Päätöksenteon Tukijärjestelmä' on pääasiassa maa- ja metsätalousministeriön yhteistutkimusvaroilla rahoitettu Joensuun yliopiston, metsähallituksen ja Metsäntutkimuslaitoksen yhteishanke.

Hankkeen tavoitteena on kehittää metsätalouden suunnittelumenetelmiä siten, että uusien tiedonhankinta- ja -käsittelymenetelmien suomat mahdollisuudet käytetään hyväksi entistä monipuolisemmassa suunnittelutilanteessa.

Tämän raportin tavoitteena on luoda katsaus käytössä oleviin suomalaisiin ja ruotsalaisiin suunnittelumenetelmiin. Ajan kuva ei - etenkin Ruotsin osalta - ole kattava, mutta toivomme sen valaisevan tilannetta asian parissa työskenteleville.

Kiitämme kaikkia metsäorganisaatioita, jotka ovat nähneet vaivaa vastaamalla tehtyihin kyselyihin, sekä vierailun isäntiä Ruotsissa. Arvokkaita kommentteja käsikirjoituksesta ovat antaneet prof. Timo Pukkala ja erikoistutkija Markku Siitonen.

Joensuussa helmikuussa 1992

Risto Päivinen
Vastaava tutkija

Jari Varjo

METSÄTALOUDEN SUUNNITTELUN KEHITYS SUOMESSA

1. Metsien hyötykäytön historiaa

Vuokila (1980) jakaa Suomen metsien käsittelyn historian viiteen vaiheeseen. Käsittelemättömien luonnonmetsien aikakausi kesti 1800-luvulle, johon saakka metsiä käytettiin pääasiassa luontaistalouteen, kaskiviljelyyn ja tervanpolttoon. 1800-luvun loppupuolella siirryttiin harsintahakkuiden aikakauteen, jolloin sahaiteollisuus oli tärkein metsien teollinen käyttäjä. Kemiallisen metsäteollisuuden synty 1900-luvun alkupuolella lisäsi pienpuun kysyntää; tällöin myös harvennushakkuut tulivat kannattaviksi. Toisen maailmansodan jälkeen otettiin käyttöön alaharvennusta korostava metsänkäsittelyajatus, joka nimettiin luonnonmukaiseksi metsien käsittelyksi (Kalela 1948). Periaatteena oli, että metsän käsittelyn tuli tukea metsien luontaista kehittymistä, jolloin ihmisen harjoittama metsätalous ja luonto toimivat samaan suuntaan. Sotien jälkeen puun kysyntä kasvoi entisestään, ja ajoittain hakkuut jopa ylittivät vuotuisen kasvun. Tästä syntyi tarve puuntuotannon lisäämiseen entisestä; alkoi tehostetun puuntuotannon aika. Tälle jaksolle olivat tyypillisiä voimakkaat metsänkäsittelytavat, joilla pyrittiin kasvullisen metsämaan ja tuotoksen lisäämiseen esim. soita ojittamalla ja lannoittamalla sekä vajaatuottoisia ja vanhoja metsiä uudistamalla.

Tehostetun puuntuotannon aikakautta on jatkunut osin aina tälle vuosikymmenelle saakka. Kuitenkin 1970-luvulta alkaen on myös muiden metsänkäyttömuotojen merkitys alkanut lisääntyä. Luonnonsuojeluliike on voimistunut 1970- ja 1980-luvuilla ja monet metsätalouteen liittyvät taloudelliset arvot on asetettu kyseenalaiseksi (esim. Palo 1989). Samalla 1960-luvulla harjoitetun tehostetun puuntuotannon aikakauden tulokset ovat tulleet näkyviin, mikä on merkinnyt kasvavia hakkuumahdollisuuksia (Tomppo & Siitonen 1991). Kun metsäteollisuuden puuntarve ei ole kehittynyt niin nopeasti kun oli ennustettu, on ajautettu tilanteeseen, jossa vuotuiset hakkuut ovat äärimmillään vain puolet metsien kasvusta (Jylhä & Iltanen 1991). Yhdessä nämä tekijät ovat vaikuttaneet siihen, että puun lisäksi myös metsän muiden tuotteiden tuottamisesta on kiinnostuttu entistä enemmän.

Metsien käyttöä monien tuotteiden tuottamiseen on alettu kutsua metsän monikäytöksi ja tähän pyrkivää metsätalouden suunnittelua monikäytön suunnitteluksi (Saastamoinen 1982). Pääosin tehostetun puuntuotannon kaudella kehittyneille metsätalouden suunnittelumenetelmille metsän eri käyttömuotojen korostuminen on merkinnyt uusia haasteita.

2. Suunnittelun kehitys

21. Varhaiset suunnittelumenetelmät

Luontaistalouden aikakaudella metsätalouden suunnittelun tavoitteena oli lähinnä metsästysoikeuksien ja myöhemmin kaskeamisoikeuksien säätely. Huoli metsien riittävydestä kävi ilmi kaskeamiskielloissa ja rajoituksissa Ruotsi-Suomessa jo 1500- ja 1600-luvuilla. Metsien käytön rajoituksia perusteltiin lähinnä Euroopasta saatujen kokemusten perusteella; Keski-Euroopassa metsävarojen hupeneminen oli hidastanut teollisuuden tuotannon kasvua. Erityisesti haluttiin turvata puun ja hiilen riittävyys kaivos- ja metalliteollisuuden tarpeisiin. Näitä ajatuksia voidaankin pitää ensimmäisenä valtakunnallisena pyrkimyksenä vaikuttaa metsävarojen kehitykseen ja turvata metsien tulevaisuus (esim. Helander 1949, Ahvenainen 1984).

Ensimmäiset varsinaiset metsätalouden suunnittelumenetelmät, joita Suomessa sovellettiin, ovat peräisin lähinnä Keski-Euroopasta ja erityisesti Saksasta. Perusajatuksena on 1700-luvulta lähtien ollut kestävyysperiaate, jonka mukaan metsien hyödyntämismahdollisuudet myös tulevaisuudessa turvataan. Tästä esimerkkinä on 1800-luvun puolivälissä valtion virkatalojen metsissä sovellettu vuosilohkomenetelmä (flächenfachwerk), jossa vuotuinen hakkuupinta-ala saatiin jakamalla kokonaispinta-ala kiertoajan vuosien lukumäärällä. (esim. Lihtonen 1959, Poso 1990).

Seuraavana ajanjaksona suunnittelun kehityksessä voidaan pitää sahapuiden harsintaa n. 1860-1910. Aluksi käytettiin järjestettyä hirrenharsintaa, jolloin metsien kasvukyky pyrittiin turvaamaan jakamalla alue käsittelyjaksoihin harsinta-ajan mukaan. Harsinta-aikojen pituudet vaihtelivat metsämaan viljavuudesta riippuen 30:stä 60 vuoteen. Puutavaran kysyntä kuitenkin kasvoi ja myös entistä pienempikokoinen puu alkoi käydä kaupaksi. Tällöin järjestetystä hirrenharsinnasta ajaututtiin määrämittaharsintaan. Kestävän puuntuotannon perusteet sivuutettiin ajoittain esim. palaamalla aikaisemmille hakkuujäljille suun-

niteltua harsinta-aikaa aiemmin. Määrämittaharsintaa on pidetty metsien tilaa voimakkaasti heikentäneenä menetelmänä, ja se pyrittiin lopettamaan kokonaan laajalla julkilausumalla 1948. (Appelroth ym. 1948, Lihtonen 1949, Nyyssönen 1959, Poso 1990).

Seuraava vaihe oli metsikkötalouden kehittyminen, joka liittyy Kalelan (1948) myöhemmin määrittelemään luonnonmukaisen metsänkäsitteilyn ajatukseen. Se tähtäsi kunkin metsikön hoitamiseen kasvupaikan ja puuston biologisten ominaisuuksien perusteella. Metsiköt oletettiin toisistaan riippumattomiksi. Menetelmässä ei puututtu myöskään kestävyiden perusteisiin, kiertoaikojen määrittämiseen ja hakkuulaskelmaongelmiin. Menetelmän soveltaminen alkoi 1900-luvun alussa (Lihtonen 1949, Poso 1990).

Pelkästään biologisin perustein tapahtuvan suunnittelun todettiin saattavan johtaa kestävyiden periaatteen vaarantumiseen tai hakkuumahdollisuuksien osittaiseen käyttämättä jättämiseen (Kuusela & Nyyssönen 1962). Vastauksena näihin ongelmiin käytettiin aluksi normaalimetsä -käsitteeseen pohjautuvia kaavamaisia hakkuumäärien suunnittelumenetelmiä. Esimerkkinä niistä voidaan mainita itävaltalainen kameraalitaksa -menetelmä (kaava 1.) ja myöhemmin käyttöön otetut hakkuulaskelmamenetelmät (esim. Lihtonen 1959, Kilkki 1987).

Hakkuulaskelmamenetelmissä kuvioita ei oleteta toisistaan riippumattomiksi, ja kuvioittaisia toimenpiteitä määrättäessä otetaan huomioon kestävyiden periaate sekä suunniteltava kokonaisuus (Poso 1990).

Kaava 1. Kameraalitaksa

$$E = Z + \frac{V_w - V_n}{u},$$

missä:

E = hakkuumäärä

Z = keskimääräinen kokonaiskasvu

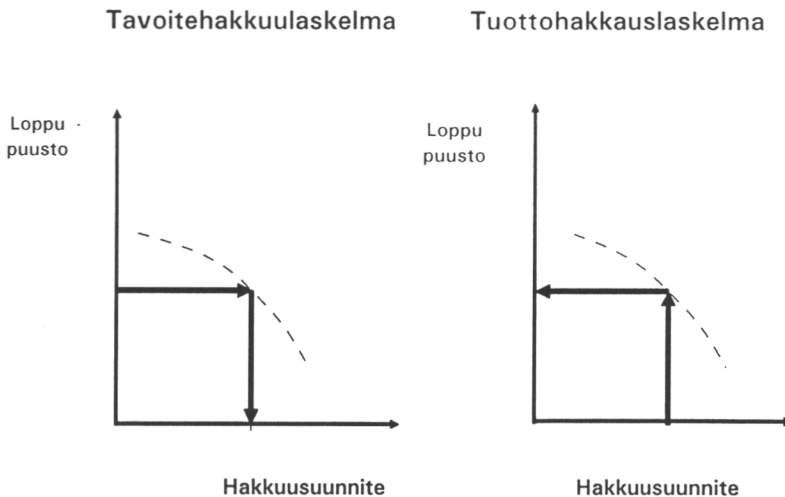
V_w = todellinen puuston kuutiomäärä laskettuna metsiköiden alan, iän ja keskimääräisen kasvun tulona

V_n = normaalin puumäärä laskettuna tekijästä $Z * u/2$

u = kiertoaika

Hakkuulaskelmiin perustuvista menetelmistä voidaan Suomessa mainita Lihtosen (1943) ikärakenteeseen perustuva tuottohakkauslaskelma ja 1960-luvun alussa yleistynyt Kuuselan ja Nyyssösen (1962) tavoitehakkuulaskelma. Hakkuulaskelmamenetelmiin voidaan lukea myös Osaran (1948) esittämä menetelmä maatilametsälön taloussuunnitelman laatimiseksi. Perustana hakkuulaskelmamenetelmien kehittelylle olivat Nyyssösen (1954) käsiteltyjen metsiköiden kehittymistä koskevat tutkimukset sekä Nyyssösen (1958) kiertoaikatutkimukset ja Vuokilan (1956) kasvututkimukset.

Tuottohakkauslaskelmassa arvioitiin sopiva hakkuusuunnite ja laskettiin tästä seuraava puusto kymmen- tai kaksikymmenvuotiskauden lopussa (Lihtonen 1943). Kuuselan ja Nyyssösen (1962) tavoitehakkuulaskelmassa sen sijaan päätetään ensin kauden loppupuusto ja johdetaan se hakkuumäärä, jolla tähän tavoitepuustoon päästään (kuva 1). Tämä tehdään jakamalla metsiköt yhtenäisiin luokkiin ja simuloimalla luokkien kehitystä manuaalisesti esim. 20 vuoden ajan. Hakkuusuunnite talouskauden aikana saadaan nykypuuston sekä kasvun ja tavoitepuuston erotuksena sillä ehdolla, että asetettu tavoitepuusto saavutetaan määräajassa.



Kuva 1. Tavoitehakkuulaskelman ja tuottohakkauslaskelman ero. Tuotantomahdollisuuksien raja on merkitty katkoviivalla.

22. Metsikkökohtaisiin malleihin perustuvat suunnittelumenetelmät

Edellä kuvattujen menetelmien etuna on yksikertaisuus ja helppokäyttöisyys. Niiden heikkoutena on metsässä esiintyvää vaihtelun keskiarvoistaminen ja päätöksenteon yksinkertaistaminen. Operaatioanalyttisten menetelmien ja päätösteorian kehittyminen sekä erityisesti automaattisen tietojenkäsittelyn (ATK) kehitys 1960-luvulta alkaen on tehnyt entistä monipuoliseman metsätalouden suunnittelun mahdolliseksi. Kestävän hakkuusuunnitteen edellyttämien toimenpiteiden määrittämisen lisäksi pyrittiin selkeämmin ottamaan huomioon taloudellinen tilanne, jossa metsätaloutta kulloinkin harjoitetaan, sekä metsänomistajan tavoitteet (Kilkki 1968, Siitonen 1983). Tämä toteutettiin kuvaamalla metsäalue metsikköinä, mikä oli käsin laskennassa liian työlästä. Tällöin pyrittiin muotoilemaan suunnitteluongelma siten, että pystyttäisiin käyttämään matemaattista ohjelmointia asetetun tulotavoitteen saavuttamiseksi. Aluksi tämä johti tietokonepohjaisen tulotavoitehakkuulaskelmaohjelman kehittämiseen (Kilkki ym. 1971).

Kilkki (1968) esitti kaksi vaihtoehtoa tulotavoiteperustaisen hakkuulaskelman laatimiseksi. Molemmissa vaihtoehdoissa metsälön arvon määrittäminen perustuu odotettavissa olevien tulojen diskontattuun nykyarvoon. Ensimmäinen menetelmä pohjautuu simulointimalliin, jota varten on kehitetty sisäiseen korkokantaan perustuvat päätöksentekosäännöt metsälön arvon maksimoimiseksi toimenpiteiden jälkeen. Tavoitteena oli sijoittaa hakkuut siten, että metsälön arvo hakkuiden jälkeen on mahdollisimman korkea. Toinen vaihtoehto perustuu lineaariseen optimointiin. Siinä tavoitteena on ensimmäisen vaihtoehdon tapaan metsälön arvon maksimoiminen suunnittelukauden lopussa.

Kilkin (1968) mukaan sekä simulointiin että optimointiin perustuvat hakkuulaskelma-menetelmät johtavat lähes yhtenevään tulokseen, mutta teoreettisesti optimoinnin käyttö on perustellumpaa. Tämä johtuu siitä, että useiden muuttujien tarkastelu simuloinnin tuloksia tutkittaessa on vaikeaa ilman analyttisiä työkaluja. Myös simuloinnin ohjauksessa on pystyttävä hallitsemaan usean muuttujan kokonaisuus. Kilkin (1968) mukaan parhaaseen tulokseen päästään kehittämällä menetelmä, jossa yhdistetään sekä simulointi että optimointi.

Kilkin tutkimuksista sai alkunsa talousyksikön ositteluun ja ositteiden simulointiin perustuva atk-pohjaisten suunnittelumenetelmien kehittäminen. Järjestelmäkehityksen tuloksena oli syntynyt MISS -hakkuulaskelma, jossa simuloitiin erilaisia käsittelyvaihtoehtoja metsikkökohtaisesti summatunnusmalleihin perustuen (Kilkki ym. 1971, Pökälä 1973). Metsien kasvatuksen simuloinnissa nojattiin Vuokilan (1971) harvennusmalleja koskeviin tutkimuksiin.

MISS -hakkuulaskelma sisälsi seuraavat metsänkäsittely- ja hoitotoimenpiteet:

- | | |
|--------------------------|-----------------------|
| -harvennushakkuu | -uudistusalan raivaus |
| -ylispuuhakkuu | -laikutus |
| -väljennyshakkuu | -metsänviljely |
| -päätehakkuu | -täydennysviljely |
| *avohakkuu | -taimikon hoito |
| *luontainen uudistaminen | |

Pelkästään simulointiin perustuvan järjestelmän kehittämiseksi systeemiin liitettiin optimointiosa, ja optimointimenetelmäksi valittiin standardi lineaarinen optimointi (LP). Samalla pyrittiin myös kiinteän tulotavoitteen sijaan antamaan päätöksentekijälle mahdollisuus muotoilla tavoitteet haluamallaan tavalla. Tätä varten systeemiin lisättiin uusia päätösmuuttujia. Tällöin tarvittiin menetelmä päättäjän tavoitteita kuvaavan LP-matriisin tuottamiseksi. Aluksi tämä ratkaistiin tuottamalla vaihtoehdot MISS-ohjelmalla ja hakemalla optimi niiden joukosta. Myöhemmin LP-matriisin generointi automatisoitiin. Eräänä ongelmana oli se, että laskennassa käytettävät ositteet olivat käsittely-yksiköitä suurempia. Tällöin menetelmä ei antanut vastausta siihen, missä järjestyksessä laskentayksikköön kuuluvat metsiköt tuli hakata.

Kilkin ja Pökälän (1975) esittämässä mallissa suunnittelun kohteena oleva alue jaetaan laskentayksiköihin, jotka alueen koosta riippuen voivat käsittää joko yhden tai useampia metsiköitä. Menetelmä sisältää myös automaattiset päättelysäännöt hakkuu- ja metsänhoitoehtojen tekemiseksi laskentayksiköille, jolloin mallin käyttäjän ei tarvitse määrittää

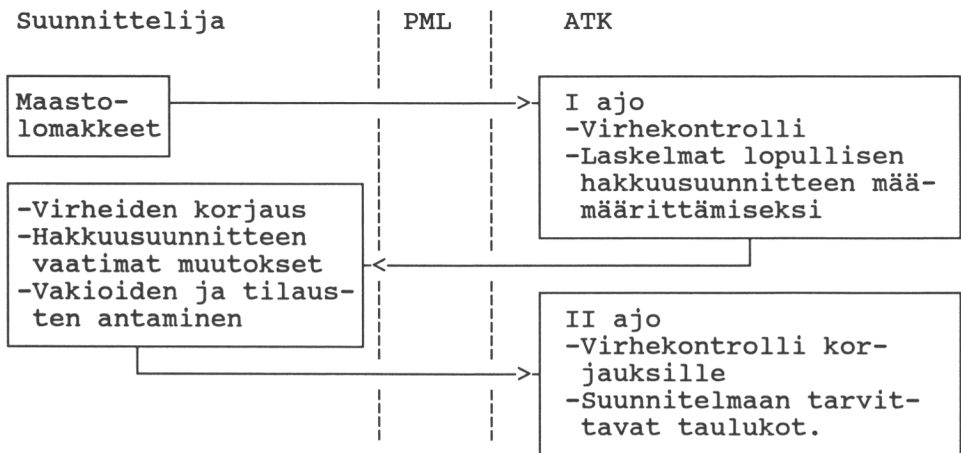
yksityiskohtaista käsittelyohjelmaa. Myös puustotunnusmallien laadintamenetelmää pyrittiin kehittämään. Metsikkökohtaisia malleja käytettäessä riittävän edustavan koelajoukon mittaaminen todettiin liian työlääksi, mistä johtuen kokeiltiin koalojen tilalla simuloituja puujoukkoja. (Kilkki & Siitonen 1975).

Kilkin ja Pökälän (1975) menetelmässä esitettyä mallia kehitettiin edelleen lineaarisen ohjelmoinnin pohjalta. Tällöin voitiin LP-mallin rajoitteita muuttamalla tai tavoiteyhtälöä uudelleen muotoilemalla tuottaa useita ratkaisuja päätöksentekijän harkittavaksi. Samalla esitettiin myös tapa vertailla eri käsittelyjen edullisuutta laskentayksiköille primaalitehtävää vastaavan duaalitehtävän avulla. Duaaliratkaisusta saatavien varjohintojen avulla voitiin ehdotetut käsittelyt asettaa järjestykseen. Menetelmän etuna oli myös se, että alueelliset strategiset ennusteet ja niitä vastaavat laskentayksiköittäiset operatiiviset toimenpide-ehdotukset saatiin samalla kertaa (esim. Kilkki ym. 1975, Kilkki ym. 1977).

Muita metsikkökohtaisiin malleihin perustuvia suunnittelusysteemejä ovat esim. Metsälautakuntien yksityismetsätaloudessa aiemmin käyttämä MTS/ALUE-systeemi (Vesterlin 1989), Eskelisen ym. (1981) suurmetsälöiden hakkuiden suunnittelumenetelmä ja Kuuselan ja Nyyssösen (1962) tavoitehakkuulaskelman sekä Kilkin (1968) aloittaman projektin pohjalta tuoteistettu MELANEN-hakkuulaskelma (Yrjönen 1981).

MTS/ALUE-järjestelmä oli tarkoitettu tilakohtaisten metsätaloussuunnitelmien laatimiseen ja aluekohtaisten suunnitelmien koostamiseen. Järjestelmä perustui kuvioittaiseen arviointiin ja maastossa tehtyihin toimenpide-ehdotuksiin. Varsinainen ATK-järjestelmä käsitti kaksi laskentatapahtumaa. Ensimmäisessä vaiheessa laskettiin virhekorjausrutiinien jälkeen maastossa ehdotettujen toimenpiteiden mukaiset summatunnukset suunnittelukaudelle. Toisessa vaiheessa maastossa tehtyjä toimenpide-ehdotuksia muutettiin, jos tilan hakkuu ja hoito-ohjelma ei ollut tyydyttävä (kuva 2). Hyväksyttävä hakkuusuunnite määritettiin normaalitilanteessa suunniteprosenttilukujen avulla. Poikkeuksena olivat metsälöt, joiden ikäluokkajakauma oli painottunut vanhoihin tai nuoriin metsiin tai joita oli käsitelty poikkeuksellisesti. Näille metsälöille hakkuusuunnite määritettiin tavoitehakkuulaskelmaa käyttäen. (Alueellisen suunnittelun... 1977).

Hakkuuiden suunnittelumenetelmä suurmetsäloille on käytännön tarpeisiin perustuva suunnittelujärjestelmä, joka perustuu kuvioittaiseen arviointiin. Metsiköiden kehitys ennustetaan metsikkömalleilla ja hakkuumäärät ja ajankohdat määritetään vertaamalla metsiköiden puustotunnuksia eri ajankohtina käytettävien kasvatusmallien vastaaviin tunnuksiin. Metsikkö hakataan, kun puustotunnukset (esim. pohjapinta-ala, valtapituus, kuutiomäärä jne.) ovat kehittyneet kasvatusmallissa määritellylle tasolle. Järjestelmässä on mahdollisuus valita käytettävät kasvatusmallit yrityskohtaisesti. Laskentamenetelmän tuloksena saadaan suunnitelmakaudelle hakkuuarvio, jossa määritetään hakkuuajankohta, harvennuskertymä ja uudistuskypsiens metsien hakkuumahdollisuudet. (Eskelinen ym. 1981).



Kuva 2. MTS/ALUE -laskentajärjestelmä, PML = Piirimetsälautakunta (Alueellisen suunnittelun ... 1979).

MELANEN-hakkuulaskelma käytti MTS/ALUEen tapaan lähtötietoina kuvioittaisen arvioinnin metsikkötietoja. Järjestelmässä ennustettiin puuston tilavuuden kehitys jokaisella kuviolla halutulla aikajaksolla Nyysösen ja Mielikäisen (1978) malleilla. Ensimmäisen kymmenvuotiskauden metsänkäsittely noudatti kuvioittaisen arvioinnin käsittelyehdotusta. Seuraavina kymmenvuotiskausina metsänkäsittely määräytyi boniteetin ja puulajin mukaisten kiertoaikojen sekä puulajin, iän ja puuston tilavuuden mukaisten harvennusmallien perusteella. Koko metsäalueen kehitys saatiin kuvioittaisten ennusteiden summana. Jos alueen kokonaiskehitys ei vastannut toivottua, kiertoaikoja tai käsittelyvaihtoehtoja muutettiin. (Yrjönen 1981).

23. Puukohtaisiin malleihin perustuvat suunnittelumenetelmät

Metsikkökohtaisiin malleihin perustuvissa suunnittelumenetelmissä käytetään lähtötietoina useimmiten kuvioittaisessa arvioinnissa kerättyjä tietoja. Tällöin puuston kasvun ja esim. tilavuuden laskenta perustuu metsikkötunnusten (pohjapinta-ala, keskipituus ja muotoluku jne.) määrittämiseen. Estimaattien tarkkuus riippuu näiden tunnusten määrittämisen luotettavuudesta, mutta oikeinkin mitattujen keskitunnusten käyttö ei aina takaa oikeaa lopputulosta. Kuvioittainen arviointi subjektiivisena menetelmänä saattaa johtaa simuloinnin lähtötietojen epätarkkuuteen ja edelleen simulointitulosten vääristymiseen. (esim. Kilkki 1987, Korhonen 1990, Laasasenaho & Päivinen 1986).

Kun metsikkö kuvataan teoreettisena runkolukusarjana, saavutetaan useita etuja. Metsikön arvotarkastelut helpottuvat ja runkokäyrämalleilla puutavaralajit voidaan ottaa mukaan laskelmiin. Metsikkömalleja käytettäessä hintojen muutoksien huomioon ottamiseksi jouduttiin estimoimaan uudet mallit, mutta puumalleja käytettäessä tarvitsee vain syöttää uudet hinnat systeemiin. Koko maahan soveltuvien mallien rakentaminen tuli myös mahdolliseksi. Puukohtaiset mallit mahdollistavat tilavuuden laskennassa runkokäyrämallien käytön, jolloin runkomuoto otetaan huomioon tarkentamalla yleinen pituusmalli metsikkökohtaiseksi. Samoin kasvun laskennassa voidaan puittaisia kasvumalleja tarkentaa alueellisilla kasvumittauksilla. Aluksi lähtötietoina puukohtaisia malleja käytettäessä oli koealainventointi, mutta myöhemmin kehitettiin menetelmä runkolukusarjan estimoimiseksi kuviotiedoista (Päivinen 1980). Tällöin voitiin käyttää samaa laskentamenetelmää sekä suuralueiden suunnittelussa, esim. Valtakunnan metsien inventointi (VMI), ja metsälösuunnittelussa. (esim. Kilkki & Päivinen 1986, Kilkki ym. 1989, Korhonen 1990).

Simulointiin ja lineaariseen optimointiin perustuvan suunnittelumenetelmän kehittäminen (Kilkki 1968) on johtanut MELA -ohjelmistoon. MELA -systeemi koostuu simulointiosasta, joka perustuu puukohtaisiin malleihin, sekä optimointiosasta, jolla haetaan toivottu tuotanto-ohjelma (Kilkki 1987).

MELA-simuloinnissa kuvataan metsän tilan muuttuminen jäljittelemällä malleilla luonnonprosesseja kuten:

- puiden syntyminen
- " kasvaminen
- " kuoleminen

Malleilla kuvataan myös erilaiset kasvupaikkaan ja puustoon kohdistuvat esim. metsänhoito- ja metsänparannustoimenpiteet. Laskentayksikkönä voidaan käyttää joko koealaa, metsikköä, metsälöä, metsäaluetta tai vaikka koko maan metsiä. MELA:ssa voidaan käsitellä vain kvantitatiivisia tunnuksia, jolloin päätöksentekijän hyödyn oletetaan olevan niillä kuvattavissa. Päätöksentekijän hyötyfunktio voidaan muodostaa LP-ongelman rajoitteiden ja niihin liittyvien duaaliratkaisun varjohintojen avulla. (esim. Kilkki 1987, Ojanen ym. 1991, Siitonen 1983).

Viimeisimpiä uudistuksia Mela-ohjelmistossa ovat standardin LP-optimointialgoritmin korvaaminen Lapin (1991) kehittämällä JLP-optimointialgoritmillä sekä päätösmuuttujien lukumäärän kasvattaminen. JLP:n etuja ovat nopeus sekä aiempaa pienempi laskentapasiteetin tarve. Uuden optimointialgoritmin myötä myös alueellisten rajoitteiden käyttö on tullut mahdolliseksi.

Metsälautakunnissa 1987 käyttöön otettu TASO-systeemi on jatkoa MTS/ALUE-systeemille, jonka toimintoja on automatisoitu ja samalla parannettu käyttäjäystävällisyyttä. TASO-systeemi perustuu edeltäjänsä tavoin kuvioittaisen arvioinnin yhteydessä tehtäviin toimenpide-ehdotuksiin ja puukohtaiseen simulointiin, joka pohjautuu MELA-simulaattoriin. Optimointia ei käytetä rajallisten laiteresurssien vuoksi. TASO sisältää ns. rullaavan suunnittelun mahdollisuuden eli suunnitelma voidaan aina haluttaessa laskea uudelleen. TASO on tarkoitettu tilakohtaisten metsätaloussuunnitelmien laatimiseen ja edelleen aluekohtaisten suunnitelmien koostamiseen niistä. Käyttämällä TASOa yhdessä metsälautakuntien HANKE -järjestelmän kanssa voidaan suunnitelman tiedot pitää ajan tasalla myös toteutettujen toimenpiteiden osalta. (Juvakka & Mutikainen 1986, Ranta 1989, Vesterlin 1989).

24. Monikäytön suunnittelumenetelmät

Tarve monikäytön suunnitteluun syntyy, kun samalla alueella halutaan tuottaa yhtä aikaa useita metsän tarjoamia tuotteita. Tällöin on päätöksentekijän päätettävä, kuinka paljon tuotannontekijöitä ohjataan kunkin haluttavan tuotteen tuottamiseen. Edellä käsitellyt suunnittelujärjestelmät on alunperin suunniteltu lähinnä puuntuotannon suunnitteluun. Monikäyttö ei ole kuitenkaan uusi asia metsätaloudessa, ainoastaan sen paino on viimeaikoina korostunut. (esim. Duerr ym. 1979, Saastamoinen 1982, Speidel 1972). Kangas (1990) onkin ehdottanut monikäytön suunnittelu-termin korvaamista metsäsuunnittelu-käsitteellä, joka kattaisi kaikkien metsässä tuotettavien hyödykkeiden tuotannon suunnittelun.

Käytössä olevissa metsätalouden suunnittelujärjestelmissä monikäytön suunnittelua on toteutettu kuvailevasti. Tämä on merkinnyt muutoin kuin puuntuotannollisesti tärkeiden alueiden kirjaamista inventointien yhteydessä ja niiden huomioon ottamista suunnitelmia koostettaessa.

Ensimmäiset varsinaiset monikäyttösuunnitelmat, joissa on aktiivisesti pyritty suunnitelmassa ottamaan useita käyttömuotoja huomioon, on laadittu lähinnä erilaisille ulkoilu- ja retkeilyalueille (esim. Ruunaan retkeilyalueen.. 1988). Lähtökohtana on ollut tällöin painopistejajattelu. Erityisesti monikäyttöön ohjatut alueet on poimittu erilleen muusta metsätalouden suunnittelusta ja jaettu osiin sen mukaan, millaiseen käyttöön osat parhaiten sopivat. Tämän jälkeen kullekin painopistealueelle on suunniteltu sellainen metsänkäsitelyohjelma, joka tukee parhaalla mahdollisella tavalla kullekin alueelle määriteltyä käyttömuotoa tai käyttömuotojen yhdistelmää. Tällöin keskeiseen asemaan nousee se, kuinka eri käyttömuodot rajoittavat toisiaan. Tämän kaltaisella kuvailevalla ja subjektiivisella monikäytön suunnittelulla on päästy hyviin tuloksiin, mutta siinä vaaditaan huomattava määrä maastotuntemusta. Ongelmia aiheuttaa myös monikäytön tuottojen ja kustannusten määrittäminen. (esim. Hallikainen 1990).

Ongelmana puuntuotantoon tähtäävien metsätalouden suunnitteluohjelmistojen soveltamisessa monikäytön suunnitteluun on lähinnä monikäytössä tuotettavien hyödykkeiden tuotantofunktioiden puute. Lisäksi monet tunnuksat, kuten maisema- ja virkistyspalvelut, ovat vaikeasti kvantifioitavissa. Viimeaikoina on kuitenkin alettu kehittää tuotantofunktioi-

ta esim. marja- ja sienisadon ennustamiseen sekä maisema-arvojen laskemiseen. Kun tarvittavat tuotantofunktiot pystytään laatimaan, ne voidaan liittää esim. MELAn kaltaiseen metsätalouden suunnitteluohjelmistoon. Tällöin monikäytön suunnittelu voidaan toteuttaa samaan tapaan kuin puuntuotannon suunnittelu. (esim. Kilkki 1987, Pukkala 1988a, Pukkala 1988b, Raatikainen & Raatikainen 1983, Raatikainen ym. 1984).

Suomessa ensimmäinen atk-pohjainen metsätalouden suunnitteluohjelmisto, jossa monikäytön suunnitteluun on kiinnitetty erityistä huomiota, on Pukkalan (1988b) kehittämä MONSU. Siinä on pyritty ottamaan huomioon metsätaloudelle asetetut entistä moninaisemmat vaateet liittämällä suunnitteluun monikäyttöarvoja kuten marja- ja sienisadot sekä maisema. Niiden tuotantofunktiot on laadittu tavanomaisten kasvupaikka- ja puusototunnusten perusteella. Ohjelmaa käytetään graafisen käyttöliittymän välityksellä ja se sisältää mahdollisuuden metsämaiseman tarkasteluun myös kuvina. MONSU on rakennettu puukohtaisten mallien sekä puujoukkojen generoinnin pohjalle, ja siinä hyödynnetään monitavoiteoptimointia vaihtoehtoisten käsittelyohjelmien arvottamiseen. (Pukkala 1988b).

Eri toimenpideohjelmien pareittaiseen vertailuun perustuva Analytic Hierarhy Process (AHP) -menetelmää soveltava metsäsuunnittelu on myös kehitteillä. Menetelmää testataan käytännössä Metsäntutkimuslaitoksen, Joensuun yliopiston ja Metsähallituksen yhteistyönä. (Kangas 1991a, Kangas 1991b).

Kirjallisuus

Ahvenainen, J. 1984. Suomen sahateollisuuden historia. WSOY, Porvoo. 461 s.

Alueellisen suunnittelun kenttäohjeet: 1. Valmistelevat työt ja maastotyöt 23 s., 3. Sisätyöt 23 s. 329 Tapio 06.77.

Appelroth, E., Heikinheimo, O., Kalela, E., Lindfors, J. & Sarvas, R. 1948. Julkilausuma. Metsätaloudellinen aikakauslehti 1948(11):1.

Duerr, W., Teeguarden, D., Christiansen, N. & Guttenberg, S. 1979. Forest resource management, Decision-making principles and cases. W. B. Saunders company. Philadelphia, London, Toronto. 612 s.

Eskelinen, A., Keltikangas, M., Peltonen, J. & Vesikallio, H. 1981. Hakkuiden suunnittelumenetelmä suurmetsälöille. Summary: Planning method for cuttings in large-sized forest holdings. Metsätehon tiedotus 368:1-15.

Hallikainen, V. 1990. Talousmetsien monikäytön suunnittelun perusteita. Moniste. Joensuun yliopisto. 17 s.

Helander, A. B. 1949. Suomen metsätalouden historia. WSOY, Helsinki. 546 s.

Huuri, O., Huuri, L. & Oja, S. 1989. Selostus vuonna 1713 julkaistusta Hanns Carl von Carlowitzin teoksesta Sylvicultura Oeconomica. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 323:1-140.

Juvakka, M. & Mutikainen, A. 1986. TASO - Uusi metsätalouden alueellisen suunnittelun laskentajärjestelmä. Moniste. Keskusmetsälautakunta Tapio. 9 s.

Jylhä, L. & Iltanen, E. 1991. Metsätilastotiedote 153. Metsäntutkimuslaitos. 4 s.

Kalela, E. 1948. Luonnonmukainen metsien käsittely. *Silva Fennica* 64:16-32

Kangas, J. 1990. Metsien monikäytön suunnittelu - perusteita ja edellytyksiä. Teoksessa: Saramäki, J. & Mäkkeli, P. (Toim.). *Metsätalouden suunnittelu, metsäntutkimuspäivä Joensuussa 1990. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 357:31-37.

- 1991a. Multiple-use planning of forest resource by using the Analytic Hierarhy Process. Accepted to be published in *Scandinavian Journal of Forest Research*. 27 s.

- 1991b. A method for incorporating public preferences into strategic forest management planning. Submitted to *Silva Fennica*. 26 s.

Kilkki, P. 1968. Income-oriented cutting budget. Seloste: Tulotavoitteeseen perustuva hakkuulaskelma. *Acta Forestalia Fennica* 91:1-54.

- , Lallukka, H. & Pakkanen, E. 1971. MISS -metsän inventoinnin ja suunnittelun systeemi. *Metsä ja Puu* 1971(3):24-26.

- & Pökälä, R. 1975. A Long-term timber production model and its application to a large forest area. Seloste: Pitkän ajan puuntuotantomalli ja sen sovellutus Keski-Suomen ja Pohjois-Savon piirimetsälautakuntien alueille. *Acta Forestalia Fennica* 143:1-44.

- , Pökälä, R. & Siitonen, M. 1975. Metsätalouslyksikön puuntuotannon suunnittelu lineaarista ohjelmointia käyttäen. Summary: Linear programming in the planning of timber production in a forest unit. *Silva Fennica* 9(2):170-179.

- & Siitonen, M. 1975. Metsikön puuston simulointimenetelmä ja simuloituun aineistoon perustuvien puustotunnusmallien laskenta. Summary: Simulation of artificial stands derivation of growing stock models from this material. *Acta Forestalia Fennica* 145:1-33.

- Kilkki, P, Kuusela, K. & Siitonen, M. 1977. Puuntuotanto-ohjelmat Etelä-Suomen piiri metsälautakuntien alueille. Summary: Timber production programs for the forestry board districts of Southern Finland. *Folia Forestalia* 307:1-61.
- & Päivinen, R. 1986. Weibull function in the estimation of the basal area distribution. Seloste: Weibull-funktio pohjapinta-alan läpimittajakauman estimoinnissa. *Silva Fennica* 20(2):149-156.
- 1987. Timber management planning. 2. painos. *Silva Carelica* 5. 159 s.
- , Maltamo, M., Mykkänen, R. & Päivinen, R. 1989. Use of the weibull function in estimating the basal area dbh-distribution. Tiivistelmä: Weibull-funktion käyttö pohjapinta-alan läpimittajakauman estimoinnissa. *Silva Fennica* 23(4):311-318.
- Korhonen, K. T. 1990. Metsätiedon hankinta suunnittelua varten. Teoksessa: Saramäki, J. & Mäkkeli, P. (Toim.). Metsätalouden suunnittelu, metsäntutkimuspäivä Joensuussa 1990. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 357:38-40.
- Kuusela, K. & Nyssönen, A. 1962. Tavoitehakuulaskelma. Summary: The Cutting budget for a desirable growing stock. *Acta Forestalia Fennica* 74(6):1-29.
- Laasasenaho, J. & Päivinen, R. 1986. Kuvioittaisen arvioinnin tarkistamisesta. Summary: On the checking of inventory by compartments. *Folia Forestalia* 664:1-19.
- Lappi, J. 1991. JLP: A linear programming package for management planning. Tiivistelmä: JLP: Lineaarisen optimoinnin ohjelmisto suunnittelutehtäviin. Käsikirjoitus Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja -sarjaan. 82 s.
- Lihtonen, V. 1943. Tutkimuksia metsän puuston muodostumisesta - Tuottohakkauslaskelma. Referat: Untersuchungen über die bildung des holzvorrates des waldes. *Acta Forestalia Fennica* 51(2):1-214.

- Lihtonen, V. 1959. Metsätalouden suunnittelu ja järjestely. WSOY, Porvoo 1959. 355 s.
- Nyysönen, A. 1954. Hakkauksilla käsiteltyjen männiköiden rakenteesta ja kehityksestä.
Summary: On the structure and development of finnish pine stands treated with different cuttings. Acta Forestalia Fennica 60(4):1-194.
- 1958. Kiertoaika ja sen määrittäminen. Summary: Rotation and its determination. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 49(6):1-87.
 - 1959. Metsänarvioimistieteellinen tutkimus Suomessa vuosina 1909 - 1959. Helsinki. 23 s.
 - & Mielikäinen, K. 1978. Metsikön kasvun arviointi. Summary: Estimation of stand increment. Acta Forestalia Fennica 163:1-40.
- Ojansuu, R., Hynynen, J., Koivunen, J. & Luoma, P. 1991. Metsän kehityksen simulointi metsälaskelmassa (MELA) -Metsä 2000 -versio. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 385:1-59.
- Osara, N. 1948. Maatlametsälön taloussuunitelma - opaskirja käytäntöä varten. Keskusmetsäseura Tapio, Helsinki. 69 s.
- Palo, M. 1989. Yksityismetsätalouden edistäminen rakennemuutoksessa. Teoksessa: Tervo, M. & Valsta, L. toim. Metsästä markkinoille, Kannattavuus, rakennemuutos ja kilpailukyky metsätaloudessa ja metsäteollisuudessa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 330:92-107.
- Pukkala, T. 1988a. Methods to incorporate the amenity of landscape into forest management planning. Silva Fennica 22(2):135-146.
- 1988b. Monikäytön suunnitteluohjelmisto MONSU - Ohjelmiston toiminta ja käyttö. Moniste. Joensuun yliopisto. 40 s.

- Päivinen, R. 1980. Puiden läpimittajakauman estimointi ja siihen perustuva puustotunnusten laskenta. *Folia Forestalia* 442. 28 s.
- Pökälä, R. MISS-hakkuulaskelma. Summary: Yield determination in the MISS system. Helsingin yliopisto, metsänarvioimistieteen laitos. *Tiedonantoja* 6:1-94.
- Raatikainen, M. & Raatikainen, T. 1983. Mustikan sato, poiminta ja markkinointi Pihtiputaalla. Summary: The berry yield, picking and marketing of *Vaccinium myrtillus* in the commune of Pihtipudas, Northern Central Finland. *Silva Fennica* 17(2):113-123.
- , Rossi, E., Huovinen, J., Koskela, M-L., Niemelä, M. & Raatikainen, T. 1984. Metsä- ja suomarjasadot Väli-Suomessa. Summary: The yields of the edible wildberries in Central Finland. *Silva Fennica* 18(3):199-219.
- Ranta, R. 1989. TASO - selkeämpiä metsätaloussuunnitelmia. *Metsä ja Puu* 89(4):9-11.
- Ruunaan retkeilyalueen hoito- ja käyttösuunnitelma. 1988. Metsähallitus. 25 s.
- Saastamoinen, O. 1982. Economics of multiple-use forestry in the Saariselkä forest and fell area. Seloste: Metsien monikäytön ekonomiaa Saariselän metsä- ja tunturialueella. *Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja* 104:1-102.
- Siitonen, M. 1983. A Long term forestry planning system based on data from the Finnish national forest inventory. Helsingin yliopiston metsänarvioimistieteen laitoksen tiedonantoja 17:195-207.
- 1991. MELAN ja sen soveltamisen perusteet. MELA - tuotteistushankkeen koulutuspäivä 07.05.1991. Moniste. Metsäntutkimuslaitos. 6 s.
- Speidel, G. 1972. *Planung im forstbetrieb*. Verlag Paul Parey. Hamburg, Berlin. 267 s.

- Tomppo, E. & Siitonen, M. 1991. The National Forest Inventory of Finland. Paperi ja puu 73(2):90-97.
- Vesterlin, V. 1989. TASON kuviotietojen keruu. Osa 1. Tapio 3:6-7.
- Vuokila, Y. 1956. Etelä-Suomen hoidettujen kuusikoiden kehityksestä. Summary: On the development of managed spruce stands on Southern Finland. Metsäntutkimuslaitoksen julkaisuja 48(1):1-138 s.
- 1971. Harvennusmallit luontaisesti syntyneille männiköille ja kuusikoille. Summary: Thinning models for natural pine and spruce stands in Finland. Folia Forestalia 99:1-18.
 - 1980. Metsän kasvatuksen perusteet ja menetelmät. WSOY, Porvoo. s. 1-24.
- Yrjönen, K. 1981. Uusi hakkuulaskelma on MELANEN. Metsä ja Puu 1981(4):7-8.

Aki Nalli ja Pentti Hyttinen

METSÄTALOUDEN SUUNNITTELUJÄRJESTELMIEN NYKYTILA SUOMESSA

1. Tarkastelun rajaus

Tässä esityksessä tarkastellaan suomalaisten metsäyritysten metsätalouden suunnittelujärjestelmiä. Selvityksessä on perehdytty seuraavien organisaatioiden suunnittelujärjestelmiin: Enso-Gutzeit Oy, Metsähallitus, Metsäkeskus Tapio, Metsäliitto, Metsäntutkimuslaitos, Tehdaspuu Oy, Veitsiluoto Oy ja Yhtyneet Paperitehtaat Oy. Tiedot järjestelmistä perustuvat lokakuussa 1990 tehtyyn kyselyyn. Lisäksi tietoja pyydettiin noin kahdelta kymmeneltä muulta organisaatiolta. Näillä ei kuitenkaan ollut tähän kyselyyn soveltuvia suunnittelujärjestelmiä tai ne käyttävät jonkin toisen, tarkastelussa jo mukana olevan, organisaation järjestelmää. Yhdestä järjestelmästä tietoja ei ollut käytettävissä. Lisäksi tarkastelun ulkopuolelle rajattiin lukuisa joukko tietokoneohjelmistoja, jotka on tarkoitettu yleensä yksityistilojen kuviotietojen ylläpitoon ja tilojen erilaisten kehitysvaihtoehtojen vertailuun ja havainnollistamiseen. Tällaisia ohjelmia ovat mm. Silvadatan ja eri pankki-ryhmien ohjelmistot. Lopuksi on esitelty yliopistoissa käytettäviä suunnittelujärjestelmiä.

2. Inventoinnit suunnittelun lähtötiedon tuottajina

2.1. Inventointimenetelmät

Varsinainen inventointitieto hankitaan lähes poikkeuksetta maastossa tapahtuvalla kuvioitaisella arvioinnilla. Arvioitu tieto talletetaan lomakkeille. Metsälautakunnissa ja Metsähallituksessa tiedon tallentamisessa on kokeiltu myös tiedonkeruulaitteita. Yhtyneet Paperitehtaat Oy:ssä inventointitiedon kirjaamiseen käytetään tietojärjestelmästä tulostettavaa esitäytettyä lomaketta. Vanha tieto korjataan kirjoittamalla uusi tieto sen päälle, ja puuttuvat tiedot täydennetään lomakkeelle. Tehdaspuu Oy:ssä muuttuneet kuviotiedot kirjataan kartanselityskirjaan aiempien tietojen oheen. Lomakkeille kirjattu tieto siirretään edelleen käsivaraisesti laskentajärjestelmään. Tiedonkeruulaitteiden käyttö on kuitenkin lisääntymässä.

Enso-Gutzeit Oy:ssä ensikertainen inventointitieto hankitaan helikopteriarvioinnilla. Arvioija kuvioi metsäalueen ilmakuvalle ja määrittää silmävaraisesti metsikkötunnukset helikopterista ja lukee ne sanelukoneeseen. Tallentaja kuuntelee nauhalle sanellut tiedot ja samalla tallentaa ne tietojärjestelmään. Viimeisin helikopteriarviointi saatiin päätökseen kesällä 1990.

22. Kartat ja ilmakuvat

Inventoitavan alueen ennakkokuviointi tehdään yleensä vääräväri-ilmakuville. Jonkin verran käytetään myös mustavalkoinfrakuvia. Kuviokarttojen runkona on tavallisesti peruskartta, mutta joskus myös rekisteri- tai topografikartta. Metsäntutkimuslaitoksessa hyödynnetään kuvioittaisessa arvioinnissa aina myös veroluokituskarttaa tai maaperäkarttaa, jos tällainen kartta on saatavissa riittävän tuoreena. Mikäli inventoitava alue on inventoitu ja kuvioitu joskus aikaisemmin, ei inventoinnissa enää välttämättä käytetä lainkaan ilmakuvia, vaan vanhaa kuviokarttaa.

23. Inventoinnissa arvioitavat tunnuks

Kaikissa organisaatioissa määritetään kasvupaikkatiedoista pääryhmä, alaryhmä, ravinteisuustaso ja turvemaiden ojitustila (Liite). Seitsemässä tapauksessa ravinteisuustasoa tarkennetaan lisämääreellä ja viidessä määritetään maalaji. Tunnukset arvioidaan valtakunnan metsien inventointitunnusten mukaisesti (Valtakunnan metsien...1988). Muita määritettäviä tunnuksia ovat lämpösumma, korkeus merenpinnasta sekä metsikölle mahdollisesti asetettavat käyttörajoitukset, erikoismaaluokitukset tms.

Puustotunnukset voidaan arvioida neljällä eri tavalla: metsikkökohtaisesti, puulajeittain, puujaksoittain tai puulajeittain ja -jaksoittain. Kaikissa organisaatioissa puustotunnuksista arvioidaan kehitysluokka, ikä, pohjapinta-ala tai runkoluku, keskiläpimitta ja keskipituus. Pienin läpimitta arvioidaan kahdessa, suurin läpimitta yhdessä ja metsiköiden valtapituus myös yhdessä organisaatiossa. Puulajiosuudet joudutaan arvioimaan maastossa, jos tunnuksia ei kerätä puulajeittain. Lisäksi kolmessa järjestelmässä määritetään myös pääpuulaji. Metsikön tilavuus arvioidaan suoraan maastossa kahdessa organisaatiossa.

Myös Metsäkeskus Tapion järjestelmä mahdollistaa tilavuuden määrittämisen maastossa. Tilavuus suositellaan kuitenkin arvioitavaksi vain sellaisissa tapauksissa, joissa se poikkeaa malleilla saatavista tilavuuksista (ks. esim. Vesterlin 1989). Muita määritettäviä puustotunnuksia ovat puuston syntytaapa, tukkipuusuudet ja tuhot.

Keskimäärin neljässä em. kahdeksasta järjestelmästä kerätään maastossa tietoa aikaisemmista puuston- ja maankäsittelytavoista, ojituksesta ja lannoituksesta. Kolmessa organisaatioissa määritetään myös tehty pystykarsinta. Sen sijaan osassa organisaatioissa, joissa on siirrytty inventointitiedon päivytykseen toimenpiteiden perusteella, ei aikaisempia käsittelyjä enää määritetä maastossa: Ne päivittyvät toimenpiteiden yhteydessä ja ne voidaan lukea historiatietokannoista. Tällainen menettely on käytössä mm. Veitsiluoto Oy:ssä.

Vähintään kuudessa organisaatioissa määritetään inventoinnin yhteydessä seuraavia toimenpide-ehdotuksia: hakkuutapa, hakkuun kiireellisyys, metsän uudistamistapa, uudistamiseen liittyvät jälkitoimenpiteet, taimikonhoito, täydennysistutus, ojitus, lannoitus ja hoitotoimenpiteiden kiireellisyys. Pystykarsintaa voidaan ehdottaa viidessä järjestelmässä. Kahdessa järjestelmässä on maastossa arvioitava hakkuukertymä ja kertymän rakenne. Metsäkeskus Tapion järjestelmässä hakkuukertymä ja kertymän rakenne voidaan arvioida haluttaessa, mutta ne voidaan jättää myös tietokoneen laskettavaksi. Tehdaspuu Oy:ssä hakkuuehdotukset määritetään vain poikkeustapauksissa maastossa, useimmiten inventoitaessa uusia tiloja; Metsiköiden hoitotoimenpiteiden suunnittelua varten on, hakkuiden suunnittelujärjestelmästä erillinen, metsänhoitotöiden suunnittelujärjestelmä.

24. Inventointitiedon päivitys

Inventointitietoja päivitetään maastossa normaaleilla uusintainventoinneilla ja metsiköiden käsittelyjen yhteydessä sekä laskentajärjestelmän sisällä metsikön kasvun perusteella (Taulukko 1). Kaikissa tarkastelluissa organisaatioissa on pyrkimyksenä siirtyä päivittämään tietoja metsikön käsittelyjen yhteydessä ja kasvun perusteella, ja tällä tavoin vähentää perinteisiä inventointeja. Osassa organisaatioista tällainen menettely on jo käytössä.

Taulukko 1. Inventointitiedon päivitys.

	1	2	3
<u>Enso-Gutzeit Oy</u>		X	X
<u>Metsähallitus</u>	X	X	
<u>Metsäkeskus Tapio</u>	X	X	
<u>Metsäliitto</u>	*	X	X
<u>Metsäntutkimuslaitos</u>	X		
<u>Tehdaspuu Oy</u>	*	X	X
<u>Veitsiluoto Oy</u>	*	X	X
<u>Yhtyneet Paperitehtaat Oy</u>	*	X	X

1. Uusintainventoinneilla
 2. Toimenpiteiden jälkeen
 3. Kasvun perusteella
- X = Ensisijaiset päivittämismenetelmät, käytetään aina kun on mahdollista
 * = Käytetään tarvittaessa

Metsähallituksessa ja Metsäntutkimuslaitoksessa inventoidaan kaikki alueet toistuvasti. Inventointiväli Metsähallituksessa Etelä-Suomen alueella on 5 - 10 vuotta ja Pohjois-Suomessa 8 - 15 vuotta; Metsäntutkimuslaitoksessa vastaavat luvut ovat 10 vuotta ja 20 vuotta. Metsähallituksessa tietoja päivitetään myös tehtyjen toimenpiteiden perusteella. Yksityismetsien tietoja voidaan päivittää metsiköille tehtyjen toimenpiteiden perusteella ns. Hankesysteemin kautta. Käytännössä tässä on kuitenkin ollut ongelmia. Tähän saakka kaikki alueet on jouduttu inventoimaan uudelleen, jos metsälölle on haluttu päivitetty metsätaloussuunnitelma. Inventointiväli on periaatteessa 10 vuotta, mutta käytännössä se on venynyt 12 - 15 vuoteen.

Muissa organisaatioissa inventointitietoja päivitetään vuosittain metsiköiden kasvun ja metsiköille tehtyjen toimenpiteiden seurauksena. Tehdaspuu Oy:ssä kuviotiedot tarkistetaan lisäksi noin 10 vuoden välein otantainventoinnin avulla (Laasasenaho & Päivinen 1986). Veitsiluoto Oy:ssä suunnitelmassa lepoon jätettävät kuviot inventoidaan uudelleen viimeistään 10 vuoden kuluttua edellisestä inventoinnista - nuoret metsiköt inventoidaan aikaisemmin ja vanhat metsiköt viimeistään 10 vuoden kuluttua. Tällaisia alueita arvioidaan olevan noin kolmannes koko pinta-alasta. Myös Metsäliitossa tarkastetaan lepoon jääneiden kuvioiden tiedot viimeistään 10 vuoden kuluttua. Yhtyneet Paperitehtaat Oy:ssä käytetään jatkuvaa inventointia. Inventoitaviksi kohteiksi valitaan alueita, joiden metsikkö on ollut edellisessä inventoinnissa nuorehkoa, riuku- ja kasvatusmetsävaltaista. Muutokset ovat tällaisissa metsiköissä nopeita, ja siten myös toimenpidetarpeet todennäköisimmät. Arviolta 55 % alueista päivittyi inventoinneilla ja 45 %:n tiedot päivittyivät toimenpiteiden seurauksena.

3. Suunnittelumenetelmät

31. Suunnittelulaskelmat ja hakkuusuunnitteen määrittäminen

Enso-Gutzeit Oy:ssä varsinainen suunnittelujärjestelmä on vielä rakenteilla. Kartta- ja kuviotietojärjestelmät ovat valmiina, ja ne toimivat yhdessä. Ratkaisun perustana on INGRES-sovelluskehittimen relaatiotietokannat ja G-KIT paikkatiedonhallintaohjelmisto. Hakkuusuunnite määritetään systemaattiseen koealaotantaan perustuvan inventointitiedon pohjalta hankinta-alueittain ja piiriesimiespiireittäin. Hakkuusuunnite on yhtiön tarpeisiin sovellettu tavoitteellinen hakkuulaskelma.

Metsähallituksessa ja Veitsiluoto Oy:ssä maastossa tehdyt toimenpide-ehdotukset hyväksytään suunnitelmissa sellaisinaan metsiköiden toimenpide-ehdotuksiksi (Taulukko 2). Maastossa arvioitujen metsikkötunnusten perusteella lasketaan metsiköiden tila arviointihetkellä. Tulosteina laskennasta saadaan kartanselityskirja ja erilaisia yhdistelmätietoja. Metsähallituksessa muodostetaan näiden perusteella varsinainen metsätaloussuunnitelma manuaalisesti, kun taas Veitsiluoto Oy:ssä varsinainen suunnitelma saadaan laskennan tuloksena; Veitsiluoto Oy:ssä simulointiin perustuva suunnittelujärjestelmä on kuitenkin melkein valmis.

Metsähallituksessa hakkuusuunnite määritetään metsänhoidollisten hakkuuehdotusten, uudistamistavoitteen ja tavoitehakkuulaskelman perusteella. Veitsiluoto Oy:ssä hakkuusuunnite määräytyy myös inventoinnissa tehtyjen toimenpideehdotusten mukaisesti sekä jatkuvan päivityksen tuottamaan tietoon perustuen.

Metsäkeskus Tapion TASO-järjestelmässä ja Tehdaspuu Oy:n järjestelmässä käytetään apuna tulevaisuuteen ulottuvaa simulointia suunnitelman koostamisessa. TASO-järjestelmässä metsiköiden kehitystä simuloidaan 30 vuotta eteenpäin 10 vuoden jaksoissa.

Taulukko 2. Toimenpide-ehdotusten tuottaminen lähikaudelle.

	Maastossa	Simuloimalla
<u>Enso-Gutzeit Oy</u>		
<u>Metsähallitus</u>	X	
<u>Metsäkeskus Tapio</u>	X	*
<u>Metsäliitto</u>	X	*
<u>Metsäntutkimuslaitos</u>	X	*
<u>Tehdaspuu Oy</u>	*	X
<u>Veitsiluoto Oy</u>	X	*
<u>Yhtyneet Paperitehtaat Oy</u>	X	*

X = Ensisijainen toimenpide-ehdotusten tuottamistapa

* = Ensisijaisia toimenpide-ehdotuksia voidaan muuttaa tämän perusteella

Simuloinnissa metsikön puuston kuvaamiseen käytetään runkolukusarjoja (Taulukko 3). Yhden metsikön puuston kuvaamiseksi muodostetaan maksimissaan kolme runkolukusarjaa metsikön keskitunnusten perusteella beta-todennäköisyysjakaumasta. Simulaattori toteuttaa ensimmäisellä kymmenvuotiskaudella inventoinnissa määritetyt toimenpide-ehdotukset. Toisella ja kolmannella kymmenvuotiskaudella simulaattori tuottaa toimenpiteet metsiköille ohjausparametriensa mukaisesti.

Simuloinnin tuloksena saadaan ns. peruslaskelma. Mikäli peruslaskelmasta saatavat tulokset eivät tyydytä, muutetaan ensimmäisen kymmenvuotiskauden toimenpide-ehdotuksia, kunnes tyydyttävä ratkaisu saavutetaan. Varsinaiset toimenpide-ehdotukset saadaan siis iteratiivisesti. Hakkuusuunnite määräytyy kymmenvuotiskausille näin määritettyjen toimenpide-ehdotusten mukaisesti.

Sen sijaan Tehdaspuu Oy:ssä saadaan metsiköille toimenpide-ehdotukset kokonaan simuloinnin tuloksena; metsässä ne määritetään ainoastaan poikkeustapauksissa. Metsiköiden kehitystä simuloidaan metsikkömalleilla 50 vuoden ajan 10 vuoden jaksoissa. Simuloinnissa lasketaan metsänhoidolliset hakkuumahdollisuudet kasvumallien ja harvennuskäytännön avulla. Hakkuumallit noudattavat organisaation omia hakkuuohjeita ja kiertoaikoja. Metsänhoidollisten hakkuumahdollisuuksien perusteella lasketaan vaihtoehtoisia hakkuusuunnitteita erilaisten kehitystavoitteiden vertailemiseksi. Hakkuusuunnite määräytyy hakkuumahdollisuuksien ja niiden pohjalta asetettujen tavoitteiden mukaisesti.

Taulukko 3. Kuvion puustotunnusten kuvaus laskennassa.

	Summatunnukset	Runkolukusarja
Enso-Gutzeit Oy	X	
Metsähallitus	X	
Metsäkeskus Tapio		X
Metsäliitto		X
Metsäntutkimuslaitos		X
Tehdaspuu Oy	X	
Veitsiluoto Oy	X	
Yhtyneet Paperitehtaat Oy		X

Metsäliitossa ja Metsäntutkimuslaitoksessa suunnitelmat tehdään MELA-ohjelmistolla. MELAssa muodostetaan Weibull-jakauma jokaista maastossa määritettyä puulajia ja -jaksoa kohti kuvaamaan puulajin ja -jakson runkolukusarjaa. Weibull-jakaumasta poimitujen puiden perusteella lasketaan metsikön nykytila. (esim. Kilkki ym. 1989, Ojansuu ym. 1991).

Metsäliitossa metsiköiden kehitystä simuloidaan ns. pitkällä ja lyhyellä simuloinnilla. Pitkä simulointi tapahtuu 20 vuotta eteenpäin 10 vuoden jaksoissa ja lyhyt simulointi kaksi, neljä ja kymmenen vuotta. Varsinaisina toimenpide-ehdotuksina käytetään inventoijan maastossa tekemiä toimenpide-ehdotuksia. Kuitenkin hakkuita ja niitä koskevia uudistustoimenpiteitä voidaan muuttaa simuloinnin ja optimoinnin tuloksena. Hakkuusuunnite määritetään MELAn avulla.

Metsäntutkimuslaitoksessa metsiköiden kehitystä simuloidaan 30 vuotta eteenpäin 10 vuoden jaksoissa kaksi eri kertaa. Ensimmäisessä simuloinnissa toteutetaan inventoijan tekemät toimenpide-ehdotukset. Toisessa simuloinnissa tuotetaan metsiköille käsittelyvaihtoehtoketjut automaattisesti, ja lineaarisella optimoinnilla valitaan jokaiselle metsikölle tehtävät toimenpiteet. Lopulliset toimenpide-ehdotukset saadaan vertailemalla ensimmäisestä ja toisesta simuloinnista saatuja tuloksia. Hakkuusuunnite määräytyy lineaarisen optimoinnin tehtävässä asetettujen tavoitteiden ja rajoitteiden mukaisesti.

Myös Yhtyneet Paperitehtaat Oy:ssä käytetään simulointia ja lineaarista optimointia lopullisten toimenpide-ehdotusten tuottamisessa. Lineaarisen optimoinnin mallissa on tavoitemuuttujana nettotulojen nykyarvo, rajoitteina on erilaisia kestävyys- ja tasaisuusrajoitteita sekä metsänhoito- ja hakkuutaparajoitteita. Raamit suunnitelmalle saadaan tavoitehakkuulaskelmalla. MELAlla on tarkasteltu tulevaisuuden mahdollisuuksia.

32. Karttatiedon hallinta

Yhtyneet Paperitehtaat Oy:ssä karttatiedot säilytetään peruskartoilla. Kaikissa muissa organisaatioissa kartat digitoidaan. Digitoinnissa käytetään mm. NALLE- ja FG-kartanpiirustusohjelmistoja. Digitointipöydät ovat liitetty joko mikro-, työasema- tai keskus-tietokoneisiin.

Ainakin Metsähallitus, Metsäntutkimuslaitos ja Enso-Gutzeit Oy ovat hankkineet paikka-tieto-ohjelmistot. Metsähallituksella on GRADIS-UX, Metsäntutkimuslaitoksella ARC/INFO ja Enso-Gutzeit Oy:llä G-KIT. Näiden pohjalle rakennettavat suunnittelujärjestelmät ovat kuitenkin vasta kehitteillä.

33. Tulosteet

Metsäkeskus Tapion suunnittelujärjestelmän päätulosteita ovat tilakohtaiset metsätalous-suunnitelmat. Lisäksi tehdään ns. aluesuunnitelmat, jokaiseen metsälautakuntaan 200-300 kappaletta. Aluesuunnitelmia käytetään metsänhoitoyhdistyksissä työkohteiden paikan-tamisessa. Metsälautakunta-tasolla aluesuunnitelmista saadaan yhteenvetotietoja puustosta, työmääristä jne.

Metsähallituksen laskentajärjestelmästä saadaan tulosteina kartanselityskirja, metsänar-viokirja ja erilaisia yhteenvetotietoja. Näiden perusteella laaditaan varsinainen metsäta-loussuunnitelma, joka koostuu kolmesta osasta: hoitoalueen tilastollinen kuvaus, tar-kastuskertomus ja metsätalouden järjestelyn suunnitelma.

Muiden järjestelmien tulosteita ovat yleensä kartanselityskirja, jossa on metsikkökuvioit-tain tiedot mm. maapohjasta, puustosta, toimenpiteistä; ja erilaisia yhteenvetotalukoita esim. metsien jakaantumisesta kehitysluokkiin, kasvupaikkatyyppeihin, kuvauksia puuston rakenteesta ja kasvusta, tietoja suunnitelluista hakkuu-, taimikonhoito ym. pinta-aloista.

34. Laskentaan ja tulostamiseen käytettävä laitteisto

Kuudessa organisaatiossa laskentaan käytetään keskustietokoneita, ja kahdessa organisaatiossa laskenta tehdään mikrotietokoneilla. Enso-Gutzeit Oy:ssä, Veitsiluoto Oy:ssä ja Yhtyneet paperitehtaat Oy:ssä on hankinta-alueilla tai -piireillä mikrotietokoneet pääteinä keskustietokoneeseen. Niiden kautta työnjohtajat ja inventoijat voivat tallettaa ja päivittää inventointitietoja. Yksityismetsätalouden puolella on tilanne lähes samanlainen, paitsi että jokaisella metsälautakunnalla on oma keskustietokone, ja kukin metsälautakunta säilyttää suunnittelutietonsa omalla keskustietokoneellaan. Tehdaspuu Oy:ssä inventointitiedot talletetaan piireillä mikrotietokoneille ja lähetetään levykkeillä keskuskonttorille, jossa tiedot siirretään keskustietokoneelle.

Suunnitelmien tulostamiseen käytetään matriisi- ja laserkirjoittimia. Digitoitujen karttojen tulostukseen käytetään yleensä piirtureita mm. Calcomp, Hewlett Packard, Benson. Jonkin verran tulostuksessa käytetään myös laserkirjoittimia.

4. Yliopistojen suunnittelujärjestelmät

Joensuun yliopiston metsätieteellisessä tiedekunnassa käytetään MELA-ohjelmistoa monissa metsätalouden suunnittelun ja metsänarvioimistieteen harjoitustöissä. Arvioimistieteen töissä MELA-ohjelmistolla lasketaan yleensä vain metsiköiden nykytila ja tulostetaan nykytilaa kuvaavia taulukoita; suunnittelun töissä MELAlla laaditaan metsätaloussuunnitelmia. MONSU-ohjelmaa käytetään puolestaan monikäyttöön liityvillä kursseilla mm. metsämaiseman tarkasteluun ennen jälkeen metsänhoitotoimenpiteitä ja monikäyttösuunnitelmien laatimiseen.

Metsätalouden suunnittelun kesäkurssilla tehdään metsätaloussuunnitelmat kahdella tapaa: ensiksi Metsäkeskus Tapion TASO-suunnittelujärjestelmällä, tämän jälkeen MELAlla (Metsätalouden suunnittelun...1990). TASO-suunnitelmat menevät metsänomistajien käyttöön. Inventoinnit tehdään kuvioittaisella arvioinnilla. Alueelta kerätään ensin TASO-järjestelmän mukaiset tiedot. Tämän jälkeen alue kierretään uudelleen ja kerätään tarvittavat tiedot MELAa varten. TASOn mukainen suunnittelu etenee siten kuin luvussa 23 on kuvattu. Kun TASO-suunnitelmat ovat valmiita, tehdään alueelle muutamia ver-

tailulaskelmia MELAlla. Tällöin MELAa käytetään sekä pakotetusti, eli MELA pakotetaan toteuttamaan simuloinnissa TASO-suunnitelmissa esitetyt toimenpide-ehdotukset, että annetaan MELAn simuloida vapaasti metsiköille erilaisia vaihtoehtoja. Näin voidaan vertailla eri järjestelmillä tehtäviä suunnitelmia. Vapaan simuloinnin jälkeen muodostetaan metsälölle erityyppisiä metsätaloussuunnitelmia muuttamalla lineaarisen optimoinnin tavoitetta ja rajoitteita.

Kartat digitoidaan TOPOS-kartanpiirustusohjelmalla (Pekkonen 1989). TOPOS tuottaa myös kuvioiden pinta-alat suunnittelulaskelmia varten. Edellä mainittujen lisäksi on käytössä joitakin muita metsätalouden suunnitteluun liittyviä työkaluja, mutta varsinaiseen suunnitteluun niitä ei vielä sovelleta. Tällaisia ovat mm. ARC/INFO- ja GRASS-paikkatietojärjestelmät, INGRES-sovelluskehitin, DISIMP- ja CHIPS-ohjelmistot satelliittikuvien tulkintaan.

Helsingin yliopistossa tehdään metsätalouden suunnittelun kesäkurssilla suunnitelmat yksityistiloille MELA-ohjelmistolla (Metsätalouden suunnittelukurssin...1991). Inventointi tehdään sekä kuvioittaisella arvioinnilla että systemaattisella relaskooppi-koelaotannalla. Kuvioittaisen arvioinnin tietoihin perustuen muodostetaan MELAlla muutamia suunnitelmia; ja yksi näistä jää metsänomistajalle. Systemaattiseen relaskooppi-koelaotannan tietoihin perustuvaa laskentaa käytetään tarkistusmenettelynä. Siinäkin laskenta tehdään MELAlla. Kartat digitoidaan TOPOS-ohjelmalla.

Kirjallisuus

- Kilkki, P. , Maltamo, M., Mykkänen, R. & Päivinen, R. 1989. Use of the weibull function in estimating the basal area dbh-distribution. Tiivistelmä: Weibull-funktion käyttö pohjapinta-alan läpimittajakauman estimoinnissa. *Silva Fennica* 23(4):311-318.
- Metsätalouden suunnittelukurssin laskentatöiden ohjeet. 1991. Helsingin yliopisto. Metsänarvioimistieteen laitos. 18 s. + liitteet 34 s.
- Metsätalouden suunnittelun harjoitustyöohjeet. 1990. Joensuun yliopisto. Metsätieteellinen tiedekunta. 34 s.
- Ojansuu, R., Hynynen, J., Koivunen, J. & Luoma, P. 1991. Metsän kehityksen simulointi metsälaskelmassa (MELA) - Metsä 2000 -versio. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 385:1-59.
- Pekkonen, T. 1989. Topos karttajärjestelmä. Käyttäjän käsikirja.
- Vesterlin, V. 1989. TASON kuviotietojen keruu. Osa 1. *Tapio* 3:6-7.
- Valtakunnan metsien 8. inventointi. 1988. Kenttätyön ohjeet. Metsäntutkimuslaitos. Metsänarvioimisen tutkimusosasto. Metsän inventoinnin tutkimussuunta. 97 s.

LIITE

ORGANISAATIO

	1	2	3	4	5	6	7	8
<u>Kasvupaikkatiedot:</u>								
<u>Pääryhmä</u>	X	X	X	X	X	X	X	X
<u>Alaryhmä</u>	X	X	X	X	X	X	X	X
<u>Ravinteisuustaso</u>	X	X	X	X	X	X	X	X
<u>Lisämääre</u>	X	X	X	X	X		X	X
<u>Maalaji</u>		X	X	X	X			X
<u>Turvemaiden ojitustila</u>	X	X	X	X	X	X	X	X
<u>Lämpösumma</u>			X	X	X		X	X
<u>Korkeus merenpinnasta</u>			X	X	X		X	X

Muita: Maankäyttöluokitus, erikoismaaluokitus, erityisominaisuuksia (esim. metsien monikäyttö), käyttörajoitukset tms. lähes kaikissa järjestelmissä. 1-2 järjestelmässä: kasvukauden pituus, leveys- ja pituuspiirit.

	1	2	3	4	5	6	7	8
<u>Puustotiedot:</u>								
<u>Kehitysluokka</u>	X	X	X	X	X	X	X	X
<u>Ikä</u>	X	PJ	X	PJ	PJ	X	X	X
<u>Syntytapa</u>		PJ	X		PJ			X
<u>Pohjapinta-ala</u>	X	PJ	X	PJ	PJ	X	X	P
<u>Runkoluku</u>	X	PJ	X	PJ	PJ	X	X	P
<u>Keskiläpimitta</u>	X	PJ	X	PJ	PJ	X	*	P
<u>Pienin läpimitta</u>				PJ	PJ			
<u>Suurin läpimitta</u>				PJ				
<u>Keskipituus</u>	X	PJ	X	PJ	PJ	X	X	P
<u>Valtapituus</u>						X		
<u>Tilavuus</u>			*			X	X	
<u>Sädekasvu</u>								
<u>Pituuskasvu</u>								
<u>Pääpuulaji</u>			X			X		
<u>Puulajiosuudet</u>	X		X			X	X	
<u>Tukkipuuosuus</u>			P				X	*
<u>Tuhoja</u>		PJ	X	PJ	PJ		X	

	1	2	3	4	5	6	7	8
<u>Aikaisempi käsittely:</u>								
<u>Puustonkäsittelytapa</u>		X	X		X			X
<u>* ajankohta</u>					X	X		X
<u>Maankäsittelytapa</u>					X			X
<u>* ajankohta</u>					X			X
<u>Ojitus</u>	X		X	X	X	X		X
<u>* ajankohta</u>				X	X			X
<u>Lannoitus</u>			X	X	X	X		X
<u>* ajankohta</u>				X	X	X		X
<u>Pystykarsinta</u>			X	X	X			

<u>Hakkuuehdotus:</u>	1	2	3	4	5	6	7	8
<u>Hakkuutapa</u>	X	X	X	X	X	*	X	X
<u>* kiireellisyys</u>		X	X	X	X	*	X	X
<u>Korjuuajankohta</u>	X		X	X		*		X
<u>Hakkuukertymä</u>			*			*	X	X
<u>Hakkuukertymän rakenne</u>			*			*	X	X

Muita: 1-2 järjestelmässä jäävä puusto, toimenpiteen ehdottomuus, vaihtoehtoiset suunnitteeseen sisältyvät uudistuskuviot, korjuumenetelmätieto

<u>Hoitotyöehdotukset:</u>	1	2	3	4	5	6	7	8
<u>Uudistamistapa</u>	X	X	X	X	X		X	X
<u>Uudist. jälkitoimenpit.</u>	X		X	X	X		X	X
<u>Taimikonhoito</u>	X	X	X	X	X		X	X
<u>Täydennysistutus</u>	X	X	X	X	X		X	X
<u>Pystykarsinta</u>	X		X	X	X			X
<u>Ojitus</u>	X	X	X	X	X		X	X
<u>Lannoitus</u>	X	X	X		X		X	X
<u>Haavan ennakotorjunta</u>			X	X			X	
<u>Hoitotoimenp. ajankohta</u>	X	X	X	X	X		X	X

Organisaatiot: 1. Enso-Gutzeit Oy
 2. Metsähallitus
 3. Metsäkeskus Tapio
 4. Metsäliitto
 5. Metsäntutkimuslaitos
 6. Tehdaspuu Oy
 7. Veitsiluoto Oy
 8. Yhtyneet Paperitehtaat Oy

Merkkien selitykset:

X = Tunnus arvioidaan metsiköittäin
 P = Tunnus arvioidaan puulajeittain
 J = Tunnus arvioidaan puujaksoittain
 PJ = Tunnus arvioidaan puulajeittain ja -jaksoittain
 * = Tunnus voidaan arvioida.

Kari T. Korhonen, Aki Nalli ja Jari Varjo

METSÄTALOUDEN SUUNNITTELU RUOTSISSA

1. Esimerkkeinä Stora Skog, Korsnäs, Interforest ja Domänverket

Katsaus perustuu 3.- 8.6. 1991 tehtyihin vierailuihin sekä niiden yhteydessä jätettyyn kyselyyn. Kysely on sama kuin Nallin ja Hyttisen käyttämä kysely (ks. Nalli ja Hyttinen luku 1. s. 25).

Ruotsin maapinta-alasta yli puolet, noin 23,5 milj. ha, on tuottavaa metsämaata. Metsämaasta 74 % on yksityisten omistuksessa. Yksityisomistuksessa olevista metsistä yhtiöt omistavat noin kolmasosan. Yhtiöiden metsänomistus on hyvin keskittynyttä, sillä neljä suurinta yritystä omistaa suurimman osan yhtiöiden omistuksessa olevasta metsämaasta (taulukko 1).

Taulukko 1. Suurimpien yhtiöiden omistuksessa oleva metsämaa Ruotsissa.

Yhtiö	Metsää (1000 ha)
Stora Skog	1735
SCA	1700
MoDo	1038
Korsnäs	516

Domänverket (Ruotsin metsähallitus) hallitsee noin 10 milj. ha:n aluetta, josta noin 3,7 milj. ha on puuntuotannossa. Keväällä 1991 Domänverket päätettiin muuttaa valtion liikelaitoksesta osakeyhtiöksi. Yhdessä tytäryhtiöiden kanssa Domänverket muodostaa Domänkonsernin. Konserni on jaettu seuraaviin toimialoihin: metsien käyttö, kiinteistöjen hoito, puunjalostus, sora ja betoni sekä turismi ja konsultointi. Kahdesta ensimmäisestä toimialasta vastaa Domänverket ja lopuista konsernin eri tytäryhtiöt, joiden osakkeet ovat Domänverketin omistuksessa.

Stora Skog on Ruotsin suurin yksityinen metsänomistaja ja muodostaa keskeisen osan Stora-konsernista. Stora Skogin tehtävänä on tuottaa raaka-ainetta konsernin omille tuotantolaitoksille ja hoitaa konsernin omistuksessa olevia metsiä, joista saadaan noin 30 % konsernin käyttämästä puusta. Konsernin vuotuinen puunkäyttö on noin 13 milj. m³ vuodessa.

Korsnäs AB on keskisuuri ruotsalainen metsäyrittäjä, jonka vuotuinen puunkäyttö on 2,6 milj. m³. Tarvittavasta puusta noin 60 % kertyy omista tai hoitosopimuksin hoidettavista metsistä. Loput puuraaka-aineesta ostetaan kotimaasta tai ulkomailta.

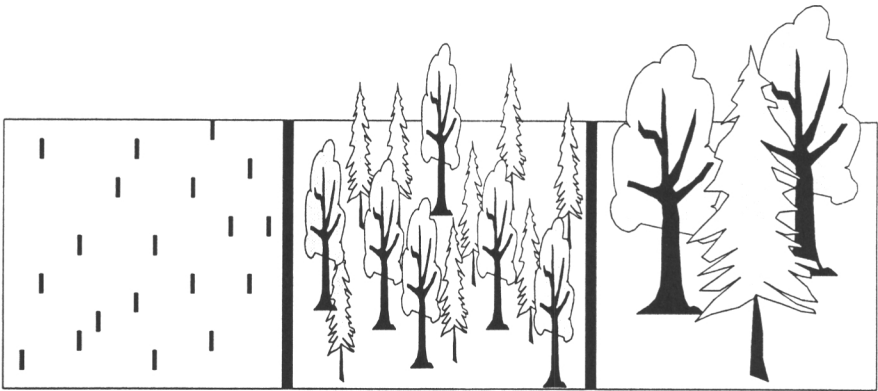
InterForest AB on konsulttiyhtiö, johon kuuluu Ruotsissa toimivan osaston lisäksi kehitys- ja yhteistyöosasto ja kansainvälisen toiminnan osasto. Keskeisen osan toiminnasta Ruotsissa muodostavat konsultointi ja markkinatutkimukset, yksityisten suurmetsänomistajien teettämät inventoinnit, systeemikehitys sekä koulutus- ja neuvontapalvelut.

2. Pitkän aikavälin suunnittelu ruotsalaisissa metsäyrityksissä

2.1. Tavoitteiden asettelu

Domänverketin tavoite on asetusten mukaan tuottaa mahdollisimman hyvä taloudellinen tulos pitkällä aikavälillä sekä pyrkiä vuosittain tyydyttävään tulokseen. Tähän uskotaan päästävän parhaiten jakamalla metsät kehitysvaiheensa mukaan kolmeen ryhmään, joiden käsittelyllä on omat tavoitteensa (kuva 1).

Uudistusaloilla toiminnan tavoitteena on korkea tuotto tulevaisuudessa. Koska taloudellisten tekijöiden kehittymistä on mahdotonta ennustaa luotettavasti, uudistamistoimet määräytyvät biologisin perustein. Tällöin pyrkimyksenä on uudistumisen onnistumisen varmistaminen. Samalla pyritään luomaan tulevaisuuden vaatimuksiin joustavasti mukautuva tuotantokoneisto.



Uudistusvaihe Kasvatusvaihe Päätehakkuu

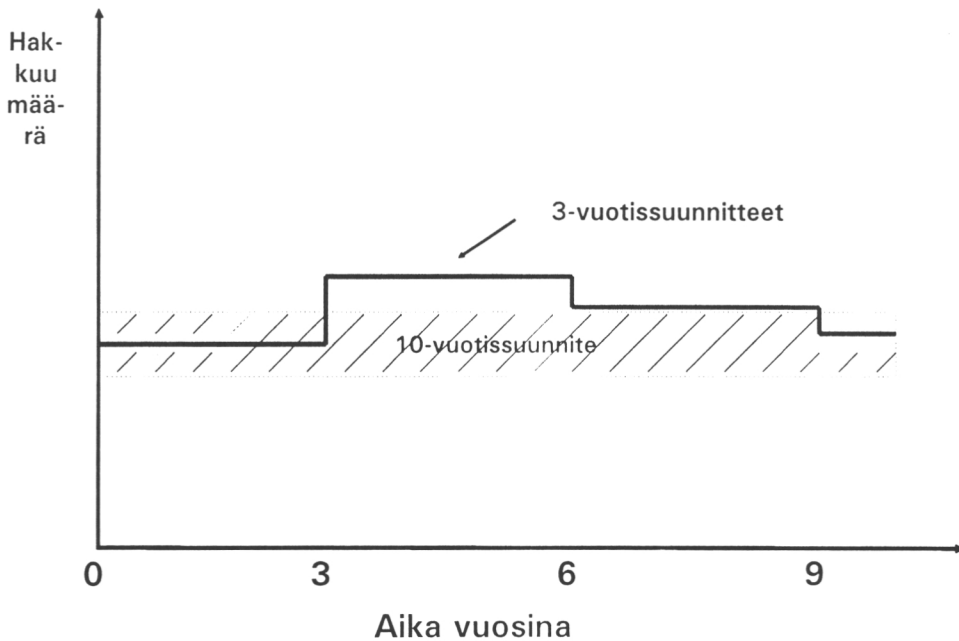
Tavoite:	Joustava tuotantokoneisto	Tuotantokoneiston ylläpito	Taloudellisen tuloksen maksimointi
Taloustulos:	-	+	+ + +

Kuva 1. Metsien jakaminen suunnittelun kannalta kolmeen ryhmään Domänverketissä.

Kasvatusvaiheen metsissä tavoitteena on maaperän kasvupotentiaalin tehokas hyödyntäminen, puiden teknisen laadun parantaminen sekä metsien terveydentilan turvaaminen. Ainoastaan korjuuvaiheen metsissä pyritään suoraan maksimoimaan taloudellista tulosta.

Pitkän aikavälin suunnittelun laskelmien tuloksena saadaan ennuste kiinnostuksen kohteen olevan tunnuksen, esimerkiksi tilavuuden, kehittymisestä. Pitkän aikavälin suunnitelma määrittää raamit, joiden sisällä keskipitkän aikavälin suunnitteet pyritään pitämään (kuva 2).

Yhtiöissä omien metsien käytön tavoitteena on metsien puuntuottokyvyn tehokas hyödyntäminen sekä raaka-ainehuollon toiminnan varmistaminen. Päätaavoite omien metsien käsittelyssä on kestävä puuntuotanto. Vaikka yhtiöiden puuraaka-aineen omavaraisuusaste on melko korkea (Stora Skogissa noin 30 % ja Korsnäs AB:ssa noin 50 % vuonna 1990), yhtiöissä ei uskota,



Kuva 2. Pitkän ja keskipitkän aikavälin suunnittelun yhteys Domänverketissä.

että omien metsien hakkuilla pystyttäisiin edes lyhytaikaisesti korvaamaan täysin yksityismetsistä ostettava puu. Varovaisuusperiaatteen painottuminen omien metsien käsittelyssä johtuu osittain metsien ongelmallisesta ikärakenteesta: uudistuskypsiä metsiä ja taimikoita on runsaasti, mutta varttuneita kasvatusmetsiä suhteellisen vähän.

22. Inventoinnit suunnittelun tietolähteenä

Pitkän aikavälin suunnittelun kannalta pidetään oleellisena lähtötiedon harhattomuutta. Korsnäs AB perustaa suunnittelun yhtiön metsien inventointiin, jonka Lantbruksuniversitet teki tilaustyönä vuosina 1989-1990. Inventointimenetelmänä käytettiin Ruotsin valtakunnan metsien inventoinnin kaltaista systemaattista koelaininventointia (ks. esim. Hägglund 1985). Inventoinnin tarkkuusvaatimuksena oli maksimissaan 3,5 %:n yksinkertainen keskivirhe tilavuudessa 50 000 ha:n alueella.

Useimmissa ruotsalaisissa metsäyhtiöissä pitkän tähtäimen suunnittelu perustuu kuvioittaisen arvioinnin tarkistusinventoinnista saatuihin tuloksiin. Esimerkiksi Stora Skog AB:ssa tarkistetaan yhden tai kahden hankinta-alueen kuviotiedot vuosittain. Kun yhtiössä on 13 hankinta-aluetta, kuviotiedot tulevat tarkistetuksi noin 10 vuoden välein. Tarkistettaviksi valituille kuvioille sijoitetaan systemaattinen koelaverkko (10 kiinteäsäteistä koelaa/kuvio) ja koelaloilta mitataan puiden läpimitat. Objektiiivisin mittauksin saatuja tuloksia verrataan kuvioittaisen arvioinnin tuloksiin, ja erotuksista johdetaan korjauskertoimia systemaattisten virheiden poistamiseksi. Stora Skogissa tarkistusinventoinnin avulla havaittuja systemaattisia virheitä kuviotietokannassa ei kuitenkaan korjata itse tietokantaan, vaan erot otetaan huomioon suunnitteen laskennassa. Domänverket käyttää samanlaista kuvioittaisen arvioinnin tarkistusta kuin StoraSkog. Tarkistusinventoinnin tuloksena saadaan korjausyh-tälöitä, joilla korjataan kuviotietokannassa olevia tietoja (esim. Jonsson & Lindgren 1978, Laasasenaho & Päivinen 1986).

23. Pitkän aikavälin suunnittelun menetelmät

Ruotsalaisissa yrityksissä käytettävissä pitkän aikavälin suunnittelumenetelmissä ei käytetä optimointialgoritmeja. Korsnäs AB:ssa lasketaan koelaininventoinnin tulosten avulla 5 - 10 vuoden välein pitkän aikavälin hakkuulaskelma. Suunnitelma antaa raamit omien metsien vuosittaisille uudistus- ja harvennushakkuumäärille hoitoalueittain.

Stora Skogissa käytettävä pitkän tähtäimen suunnitteluohjelmisto jakaa kuviot noin 200 laskentayksikköön. Laskentayksiköt muodostuvat kuvioista, jotka ovat puuston tilavuuden, iän, kasvupaikan boniteetin jne. suhteen samankaltaisia. Laskentajaksoittain, 2 * 5 vuotta + 8 * 10 vuotta, voidaan asettaa tavoitteet uudistus- ja harvennushakkuuden määrille jokaisella hoitoalueella. Luonnonsuojelun ym. asettamat rajoitteet tulevat otetuksi huomioon maastossa kerättyssä datassa olevien rajoitusten kautta. Suunnittelulaskelmia tehdään vaihdellen rajoitteita ja suunnitteista valitaan tavoitteet parhaiten täyttävä ratkaisu.

Yhtiöissä ollaan kiinnostuneita myös Lantbruksuniversitetissa kehitetystä Indelningspakete-tista, joka on kuvioittaiseen arviointiin pohjautuva suunnitteluohjelmisto (esim. Jacobsson 1986, Jacobsson ja Larsson 1987, Jacobsson ja Jonsson 1991). Metsäyrityksistä ainakin Svanö AB on käyttänyt ohjelmistoa metsiensä käytön suunnittelussa.

Domänverketin tietojärjestelmä on rakennettu hajautetusti siten, että se tukee metsällistä toimintaa erityisesti hoitoalue- ja piiritasoilla sekä palvelee tuotettavan puutavaran markkinointia. Tämä edellyttää puuvirtojen sekä niihin sidotun pääoman ja sen tuoton seuraamista aina kannolta omille tuotantolaitoksille saakka.

Domänverket käyttää strategisessa suunnittelussa SKOG-BER -ohjelmistoa. Ohjelmistolla voidaan käsitellä seuraavia ongelmia:

- 1) pitkän tähtäimen hakkuumahdollisuuksien ennustaminen ja analysointi,
- 2) varttuneiden metsien käsittelyn optimointi,
- 3) metsän arvon laskenta,
- 4) puuston tilavuuden kehityksen simulointi erilaisten käsittelyohjelmien mukaan,
- 5) lähtötietojen (esimerkiksi kustannukset, puun hinnat, puutavaralajeittaiset kertymäta-voitteet) muuttuminen ja
- 6) tulosten esittäminen taulukkojen ja grafiikan avulla.

3. Keskipitkän aikavälin suunnittelu ruotsalaisissa metsäyrityksissä

Sekä yhtiöissä että Domänverketissä pitkän aikavälin suunnittelua seuraa 3 - 5 vuoden aikajänteellä tehtävä keskipitkän aikavälin suunnittelu. Tietolähteenä käytetään poikkeuksetta kuviorekisteriä. Tavoitteena on kohdistaa strategisen suunnittelun tuloksena saadut toimenpiteet järkeviin kohteisiin. Keskipitkän aikavälin suunnittelua tehdään yleensä piireittäin. Suunnittelussa voidaan erottaa seuraavat vaiheet:

1. Toimenpide-ehdotusten ja prioriteettiluvun mukaisesti poimitaan käsiteltävät kuviot.
2. Kuviot sijoitetaan kartoille.
3. Käsiteltävät kuviot jaetaan käsittelyajan mukaan ryhmiin (3 vuoden kuluessa käsiteltävät kuviot, 3-6 vuoden kuluessa käsiteltävät kuviot jne). Ryhmittelyssä otetaan huomioon maantieteellinen keskittäminen.

Domänverketissä hakkuut pyritään jakamaan kustannusten, hintakehityksen, koron ja markkina-arvon suhteen optimaalisesti käsiteltäville kuvioille kolmivuotiskausittain. Optimoinnissa ei vielä toistaiseksi voida käyttää alueellisia rajoitteita eikä automaattisesti

ottaa huomioon topologiatietoa. Kuviot, jotka suunnitellaan käsiteltäväksi lähimmän 3 vuoden kuluessa, tarkistetaan maastoinventoinnilla (systemaattinen koealaverkko kuviolle).

Sekä Korsnäs AB:ltä että Stora Skog AB:ltä puuttui mahdollisuus teemakarttojen tehokkaaseen tuottamiseen. Korsnäsillä teemakartat jouduttiin värittämään käsin. Stora Skogilla voitiin tulostaa MapInfon avulla teemakarttoja paperille, mutta järjestelmä ei tarjonnut mahdollisuutta teemakarttojen käyttöön interaktiivisesti esimerkiksi hakkuita keskitettäessä. Korsnäs AB:ssa on aloitettu suunnittelujärjestelmän kehittämisprojekti, joka sisältää muun muassa Arc/Infon soveltamisen kartta- ja ominaisuustiedon yhdistämiseen. Samalla suunnittelun aikajänne muuttuu pitkän aikavälin osalta 15 vuoteen ja keskipitkällä aikavälillä 5 vuoteen. Tarkoituksena on, että pitkän ja keskipitkän aikavälin suunnittelun tukena käytetään hakuja kuviotietokannasta ja tulokset esitetään paikkatietojärjestelmän avulla. Pitkän ja keskipitkän aikavälin suunnittelun tuloksena luodaan objektipankki mahdollisista kohteista lyhyen aikavälin suunnittelua varten.

4. Lyhyen aikavälin suunnittelu ruotsalaisissa metsäyrityksissä

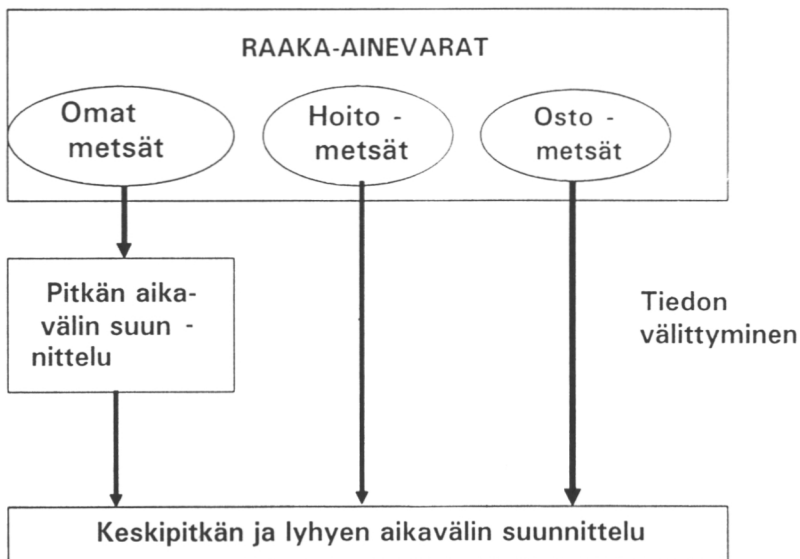
Lyhyen aikavälin suunnittelun tavoitteena on selvittää lähimmän vuoden aikana käsiteltäviksi tulevien kuvioiden täsmällinen käsittely, käsittelyn ajankohta, hakkuukertymät puutavaralajeittain sekä vaadittavat työpanokset. Yksinkertaisimmillaan lyhyen aikavälin suunnittelu merkitsee käsin piirrettyjä teemakarttoja käsiteltäviksi tulevista kuvioista, kuukausittaisia puutavaralajeittaisia toimitussuunnitelmia, korjuuketjujen suunnittelua sekä budjetoimia eri tasoilla. Tavoitteena on resurssien tehokas käyttö ja korjuulle asetettujen puutavaralajitavoitteiden täyttäminen.

Korsnäs AB:ssa työnjohto tekee alustavan ennusteen hakattavan kuvion puutavarakertymästä ja työtarpeesta kolmen kuukauden kuukausittain rullaavana suunnitelmana. Ennuste perustuu keskipitkän aikavälin suunnitelmaan ja siitä koostettuun vuosittaiseen hakkuusuunnitelmaan, johon tehdään tarvittavat korjaukset. Hakkuiden toteutumista seurataan jatkuvasti työryhmien raporttien perusteella. Niiden pohjalta päivitetään hakkuuennusteet ja saatetaan karttarekisteri ja toimenpidetietokanta ajan tasalle. Palkan laskenta ja kaukokuljetusten suunnittelu pohjautuu hakkuuraportteihin.

Stora Skog AB:ssa erityistä huomiota kiinnitti ilmakuvien hyödyntäminen hoitoaluetasolla lyhyen aikavälin suunnittelussa. Kartat saatetaan vuosittain uusien teiden ja toteutuneiden hakkuiden osalta ajan tasalle.

Domänverketissä on kehitetty lyhyen tähtäimen suunnittelua varten OPUS-ohjelmisto, jolle käsiteltävät kuviot valitaan keskipitkän aikavälin suunnitelman perusteella. Se tarjoaa mahdollisuuden tutkia eri käsittelyvaihtoehtojen eroja ja esimerkiksi erilaisten apteerausohjeiden vaikutuksia puutavaralajikertymään interaktiivisesti kuvirekisteriin perustuen. Tämän niin sanotun esisuunnittelun jälkeen koostetaan vuosittainen hakkuuohjelma ja jaetaan se hakkuun suorittajille. Järjestelmään on kehitteillä myös hakkuiden seuranta. Siinä jokainen hakkuuyksikkö syöttää päivittäiset työsuoritteensa kannettavalle mikrotietokoneelle ja toimittaa tiedot levykkeellä työnjohdolle. Tällöin hakkuiden etenemistä voidaan seurata viikoittain.

Eräs keskeisimpiä ongelmia metsätalouden suunnittelussa on suunnittelun eri aikajänteiden joustava yhdistäminen. Raaka-ainevarat muodostavat lähtökohdan suunnittelulle, mutta raaka-ainelähteestä riippuen saattaa käytettävissä oleva tietomäärä vaihdella (kuva 3.)



Kuva 3. InterForestin näkemys suunnittelun aikajänteiden yhdistämisestä.

InterForestin näkemyksen mukaan pitkän aikavälin suunnittelu voidaan yhdistää keskipitkän ja lyhyen aikavälin suunnitteluun kiinteästi vain yhtiöissä, joissa kaikki tarvittava puu hankitaan omista metsistä. Vain tällöin kaikista raaka-ainelähteistä voidaan kerätä tarkkaa tietoa esimerkiksi kuviorekisterin muodossa.

5. Metsänuudistamisen suunnittelu

Esimerkkiorganisaatioissa panostettiin voimakkaasti metsänuudistamisen suunnitteluun omissa metsissä. Metsän uudistamisen suunnittelun aseman korostuminen on ymmärrettävissä esimerkiksi Domän -konsernin metsänhoitopolitiikan pohjalta (ks. kuva 1). Uudistamisvaiheessa luodaan perusta koko tulevan kiertoajan pituiselle metsätalouden suunnittelulle ja metsänhoidolle.

Keskipitkän aikavälin suunnittelun yhteydessä valitaan seuraavien 3 - 5 vuoden kuluessa uudistettavat kuviot. Yhdistämällä ensimmäinen metsänuudistamiseen tähtäävä suunnitteluvaihe päätehakkuun suunnitteluun säästetään kustannuksissa. Tämän esisuunnittelun perusteella valitaan työ kautena (useimmiten 1 vuosi) uudistettaviksi tulevat kohteet, joille tehdään lyhyen aikavälin uudistamis- ja työsuunnitelmat. Täsmällisen uudistamissuunnitelmat tekemiseksi tarvitaan maastokäynti, joka yhtiöstä riippuen voidaan tehdä ennen päätehakkuuta tai välittömästi sen jälkeen. Tämän ns. hakkuuinventoinnin perusteella täydennetään kuviorekisterin tietoja uudistamisen suunnittelun tarpeiden mukaan. Kerättävät tiedot sisältävät täsmällisen kuvauksen maaperästä sekä uudistamishdotuksen. Kerättäviä muuttujia olivat esimerkiksi Korsnäsillä: pinta-ala, maaperän kosteusluokka, metsätyyppi aluskasvillisuuden mukaan määritettynä, maalaji, raekoostumus tai maatumisaste, humuskerroksen paksuus, humustyyppi, maaperän paksuus, pituusboniteetti, kaltevuusluokka, tuulituhoalttius, hallanarkuus, biottinen tuhoalttius (esimerkiksi vesotuminen, tuholaiset, heinittyminen, laho), ojitustilanne, luonnonsuojelulliset tarpeet, aluskasvillisuus, hakkuuehdotus, maankäsittelyehdotus, ojitusehdotus, uudistamismenetelmä, uudistettava puulaji ja taimityyppi.

Pisimmälle uudistamisen suunnittelun organisointi on viety Stora Skogissa. Ruotsissa yhtiöiden ja metsähallituksen metsissä kuvioiden keskikoko on meikäläistä huomattavasti suurempi, 8 - 10 ha, jolloin kuviot on hyödyllistä jakaa uudistamista varten osiin. Kuviot

on mahdollista jakaa aina 0,1 ha:n kokoiisiin uudistamisosa-alueisiin saakka. Storalla käytetään kuvioiden jakamiseen uudistamista varten 1500 - 2000 m:n korkeudelta otettuja ilmakuvia ja tarvittaessa niistä muodostettua stereoparia. Ilmakuvien käytön tarkoituksen on selvittää uudistusalojen täsmällinen koko sekä samalla päivittää kartat esimerkiksi teiden osalta vuosittain. Stereoparin käyttö mahdollistaa uudistamissuunnitelmaehdotuksen työstämisen myös sisätyönä, jolloin maastokäynnin tehtäväksi jää ehdotuksen toteuttamiskelpoisuuden tarkistaminen ja tarvittavien muutosten teko.

Pitkälle viety ilmakuviin perustuva lyhyen aikavälin uudistamissuunnittelu sekä päätehakuiden suunnittelun yhteydessä toteutettava keskipitkän aikavälin uudistamissuunnittelu luovat pohjan tarkoille taimi- ja siementarpeen ennusteille. Keskipitkän aikavälin suunnitelman perusteella taimitarhat voivat suunnata tuotantonsa vastaamaan kentän tarpeita, ja lyhyen aikavälin suunnittelun perusteella voidaan yhtiöissä tehdä tarkat ennusteet uudistamismateriaalin tilaamiseksi työkausittain. Lyhyen aikavälin suunnitelman perusteella uudistamismateriaali voidaan myös jakaa uudistusaloille täsmällisesti ja keskitetysti esimerkiksi helikopterikuljetuksia käyttäen. Ohjenuorana on juuri oikean uudistamismateriaalin toimittaminen oikeaan paikkaan oikealla hetkellä, jolloin säästetään työ-, materiaali- ja pääomakustannuksissa.

Uudistamisen jälkeen taimikon vakiintuminen varmistetaan yleensä kahdella uudistamisen jälkeen tehtävällä taimikon inventoinnilla. Tällöin määrätään myös taimikonhoitotarve. Suurimpina ongelmina Stora Skog AB:llä pidettiin sitä, että nykyinen paikkatietojärjestelmä ei mahdollista uudistamis- ja taimikonhoitotoimenpiteiden vaatiman kuvioinnin pysyvää tallennusta digitaalisessa muodossa. Tämä tosin korjaantunee kehittyneempien paikkatietojärjestelmien myötä. Esimerkiksi Domänverketin käyttämä Oracle ja ARC/INFO -pohjainen paikkatietojärjestelmä mahdollistaa erilaisten päällekkäisten kuviointien käytön. Tällöin suurimpana ongelmana on tietokannan paisuminen ja sen myötä tietojen haun hitaus.

6. Muita ruotsalaisia suunnitteluohjelmistoja

61. HUGIN-ohjelmisto

HUGIN-projekti on jatkoa 1970-luvun alussa alkaneelle tietokonepohjaisten hakkuulaskelmasysteemien kehittelylle Ruotsissa. Projekti aloitettiin 1976 ja siitä on ollut seurauksena lukuisia suunnittelua tutkivia hankkeita. HUGIN on suuralueille tarkoitettu ohjelmisto, jolla voidaan tutkia eri metsänkäsitelyvaihtoehtojen seurauksia 10 vuoden periodeissa aina 100 vuoteen saakka. Laskennassa käytetään Ruotsin valtakunnan metsien inventoinnin koelatiotoja. Systeemiin ei kuulu optimointiosaa eikä siinä kiinnitetä huomiota tuottoihin tai kustannuksiin. (Mattila 1982 ja Bengtsson & Lundström 1987).

Perusajatuksena järjestelmässä on kehityksen ennustaminen metsikkötasolla muodostamatta metsikköluokkia, jolloin koalojen tiedot säilyvät laskennassa. Simuloinnissa käytetään sekä metsikkökohtaisia että puukohtaisia kasvumalleja. Tasaisissa metsiköissä ja ennustejakson alkupuolella toimivat parhaiten metsikkömallit, kun taas heterogeenisissä metsiköissä puukohtaiset mallit ovat osoittautuneet paremmiksi. Erityistä huomiota on kiinnitetty metsänuudistumisen sekä nuorten metsien kasvun simulointiin, joita varten systeemissä on omat mallinsa. Toimenpiteiden valintaa varten metsiköt jaetaan karkeasti neljään luokkaan: uudistusalat, riukuvaihe, harvennusvaihe ja päätehakkuvaihe. Uudistamis- ja metsänhoitotoimenpiteiden valitsemista varten käyttäjä määrittelee kutakin toimenpidettä varten pinta-alaosuuden, jolla sitä toivotaan toteutettavan, sekä laskentajaksoittain halutut päätehakkuu- ja harvennusmäärät. Vaihtoehtoisesti voidaan halutut päätehakkuu- ja harvennusmäärät määrittää toiselta periodilta alkaen automaattisesti. Toimenpiteet jaetaan metsiköille laskemalla jokaiselle koelalle toimenpiteittäiset prioriteettiluvut. (Mattila 1982, Bengtsson & Lundström 1987).

62. Indelningspaketet

Indelningspaketet (IPAK) on Uumajan metsätieteellisessä tiedekunnassa strategiseen suunnitteluun kehitetty ohjelmisto, jota on käytetty sekä opetuksessa että käytännön metsätaloudessa. Siihen kuuluu kaksivaiheinen inventointirutiini, kasvusimulaattori, tavoitteen muodostaminen sekä optimointialgoritmi hakkuiden suunnittelua varten (esim. Jacobsson & Larsson 1987, Jacobsson & Jonsson 1991, Lindevall 1987, Tibblin 1987).

Inventoinnin ensimmäinen vaihe on subjektiivinen kuvioittainen arviointi; samalla kerätään kuviokarttaa varten tarvittavat tiedot. Inventoinnin toisessa vaiheessa kuviot ryhmitellään homogeenisiin luokkiin. Joka luokasta valitaan PPS-otannalla tarkemmin tarkasteltavaksi vähintään 2 kuviota, jotka edustavat luokkaa. Valituille kuvioille sijoitetaan 10 ympyräkoelaa, joilta mitataan kaikki puut sekä kasvun laskennassa tarvittavat kasvupaikkatunnukset. Kaksivaiheinen otanta mahdollistaa kuvioittaisen arvioinnin tulosten arvioinnin ja tarvittaessa systemaattisten virheiden korjaamisen (esim. Jacobsson 1986, Tibblin 1987).

Seuraavaksi käyttäjä määrittelee tarkasteltavat käsittelyvaihtoehdot jokaiselle kuvioluokalle. Tämän jälkeen kasvatetaan luokkia käsittelyvaihtoehtojen mukaisesti puukohtaisilla malleilla. Kasvuennusteet muutetaan taloudellisiksi suureiksi käyttäjän antamien tulo- ja kustannustietojen avulla. Näin käsittelyvaihtoehtojen kasvuennusteilla ennustetaan taloudellista tulosta. Tuotettujen käsittelyvaihtoehtojen joukosta valitaan paras maksimimalla nettotulojen nykyarvoa siten, että vähenevän rajatuoton periaate otetaan huomioon. Tällöin hyötyä kuvataan epälineaarilla mallilla ja optimi haetaan heuristisella algoritmilla. Optimoinnissa tavoite on siis kiinteä, nettotulojen nykyarvon maksimointi. Käyttäjän tavoitteet pyritään ottamaan huomioon kahdelle parametrilla, joilla kuvataan tulojen tasaisuutta ja laskentakorkokantaa. Lisäksi lasketaan myös vaihtoehtoiskustannukset, jotka aiheutuvat optimisuunnitelmasta poikkeamisesta. Kullekin kuviolle käsittely määrätään operatiivisen suunnittelun yhteydessä prioriteettifunktioilla. (esim. Jacobsson 1986, Jacobsson & Larsson 1987, Tibblin 1987).

63. Yksityismetsätalouden suunnitteluohjelmistot

Ruotsin yksityismetsätaloudessa tietokonepohjaisten suunnittelujärjestelmien kysyntä on kasvanut voimakkaasti viime vuosina. Syynä tähän ovat olleet kotitietokoneiden yleistyminen ja metsätaloussuunnitelman määrääminen pakolliseksi jokaiselle metsänomistajalle. Suunnitelmiin pohjautuen on päätetty tehdä myös valtakunnallinen yksityismetsien inventointi. Yksityismetsätalouteen suunnatut suunnitteluohjelmistot voidaan jakaa kahteen ryhmään sen perusteella, voidaanko niiden avulla tuottaa metsätaloussuunnitelma, vai vaaditaanko se lähtötietona. (Palmer 1984, Spross & Walan 1990).

Ohjelmistot, joissa metsätaloussuunnitelma vaaditaan lähtötietona on tarkoitettu metsätaloussuunnitelman lähempään tarkasteluun ja toteutettaviksi valittavien toimenpiteiden tulojen ja kustannusten määräämiseen sekä toimenpiteiden sijoittamiseen ja ajoittamiseen suunniteltavalle alueelle ja suunnittelukaudelle. Kehittyneimmissä ohjelmistoissa voidaan lisäksi ottaa huomioon metsänomistajan taloudellinen tilanne, tulot ja esim. marginaaliveroprosentti, joiden pohjalta voidaan sisällyttää metsälliset tulotavoitteet metsänomistajan kokonaistalouteen. Esimerkkinä tämän kaltaisista ohjelmistoista Spross ja Walan (1990) mainitsevat EKOPLANin ja FOREKOn. FOREKO sisältää ainoana esimerkkiohjelmistoista yksinkertaisen optimointiosan.

Ohjelmistot, jotka mahdollistavat koko metsätaloussuunnitelman tuottaminen sisältävät usein edellisen ryhmän kaltaisia työkaluja myös suunnitelman tarkempaan analysointiin. Esimerkkinä tällaisista ohjelmistoista Spross ja Walan (1990) mainitsevat ForestManin ja SKOGPLAN 2000:n. ForestManissa on panostettu erityisesti käyttäjäystävällisyyteen ja se tuottaa automaattisesti kolme erilaista suunnitteluvaihtoehtoa: normaalille, pienelle ja suurelle hakkuupoistumalle. SKOGPLAN 2000 puolestaan vastaa melko tarkasti Ruotsin metsälautakuntien käyttämää suunnittelujärjestelmää. Se sisältää mahdollisuuden erilaisten hakujen tekemiseen kuvioirekisteristä.

7. Suomalaisten ja ruotsalaisten suunnittelujärjestelmien eroja

Tarkasteltujen suomalaisten metsätalousorganisaatioiden suunnittelumenetelmät ovat pääpiirteiltään melko samankaltaisia. Suunnittelu perustuu kuvioittaiseen arviointiin. Siinä kerätään laskennassa tarvittavat metsikkötunnukset ja rajataan kuviot. Joissakin tapauksissa osa kuvioista poimitaan tarkistettavaksi koealainventoinnilla. Käsittelyvaihtoehdot kuviolle saadaan joko arvioinnin yhteydessä tehtyinä käsittelyehdotuksina tai automaattisesti simuloimalla. Metsikön kehittymistä ensimmäisen laskentajakson jälkeen tarkastellaan simuloimalla. Jos kuviolle on tehty useampia vaihtoehtoisia käsittelyehdotuksia, valitaan niistä paras joko subjektiivisesti käsittelysääntöjä muuttamalla tai tietokoneella optimointia käyttäen. Inventointitietoja päivitetään jo useissa organisaatioissa toimenpiteiden ja kasvun perusteella. Tulevaisuudessa käsittelyvaihtoehtojen automaattinen tuottaminen ja optimointi tavoitteiden mukaisten vaihtoehtojen valitsemiseksi lisääntynee. Samalla yhä

useimmat organisaatiot pyrkivät vähentämään uusintainventointien tarvetta saattamalla kuviotiedot ajan tasalle kasvumallien avulla ja toimenpiteiden perusteella.

Edellä kuvattua tyypillistä suomalaista metsätalouden suunnittelua vastaa Ruotsissa lähinnä pitkän ja keskipitkän aikavälin suunnittelu. Ruotsissa metsätalousorganisaatioiden suunnittelujärjestelmät perustuvat suurimmalta osin kuvioittaisella arvioinnilla hankittuun tietoon, mutta myös systemaattiseen otantaan perustuvia menetelmiä on kokeiltu. Noin kymmenen vuoden aikajänteellä tapahtuvassa pitkän aikavälin suunnittelussa ei Ruotsissa yleensä käytetä optimointimenetelmiä. Suunnitelmat tehdään simuloimalla erilaisten rajoitteiden ja tavoitteiden perusteella muodostettuja vaihtoehtoja. Keskipitkän aikavälin suunnittelussa valitaan pitkän aikavälin suunnitelmaan perustuen tulevalle kaudella käsiteltävät kuviot. Tämä vaihe tehdään useimmiten manuaalisesti, mutta myös optimointimenetelmiä on käytössä. Keskipitkän aikavälin suunnittelua seuraa ruotsalaisissa organisaatioissa lyhyen aikavälin suunnittelu, jota varten on kehitetty omat ATK-pohjaiset järjestelmät. Niiden avulla määritetään vuoden aikana hakkuuseen tulevien kuvioiden työtarpeet ja hakkuukertymät, suunnitellaan hakkuutöiden toteutus ja seurataan korjuun sekä kuljetuksen etenemistä. Myös Ruotsissa pyritään kuviotiedot päivittämään kasvun ja toimenpiteiden perusteella.

Metsäorganisaatioiden suunnittelujärjestelmät eroavat Suomessa ja Ruotsissa lähinnä vaihtoehtojen tuottamisen ja optimoinnin suhteen. Molemmissa maissa simulointi on keskeisessä asemassa, mutta Suomessa hyödynnetään ATK:ta enemmän kuin Ruotsissa vaihtoehtojen tuottamisessa ja parhaan vaihtoehdon valinnassa optimoimalla. Optimointi sisältyy tutkituista Ruotsissa käytössä olevista järjestelmistä ainoastaan Domänverketin keskipitkän aikavälin suunnittelujärjestelmään sekä niihin organisaatioihin, jotka käyttävät Indelningspaketet-ohjelmistoa. Indelningspaketet vastaa Suomessa lähinnä MELA-ohjelmistoa, joskin MELA:ssa on käytettävissä enemmän päätösmuuttujia. Indelningspaketetin etuna on inventointiritiinin sisällyttäminen systeemiin siten, että kuvioittaisen arvioinnin virheiden tarkastelu on mahdollista. Yhtenä ongelmana Indelningspaketetissa on se, että tavoite on aina nettotulojen nykyarvon maksimointi ja vain inventoinnin toisessa vaiheessa mitatut kuviot ovat mukana laskennan kaikissa vaiheissa.

Karttatiedon käsittelyssä ja paikkatietojärjestelmien soveltamisessa Ruotsissa ollaan pidemmällä kuin Suomessa. Paikkatietojärjestelmien soveltaminen on aloitettu jo 1980-lu-

vun jälkipuoliskolla. Tämä on johtanut siihen, että esim. Domänverketillä on ollut jo jonkin aikaa käytössään paikkatietojärjestelmä, joka tarjoaa käyttökelpoisen ikkunan erilaisten hakujen suorittamiseen kuviotietokannasta tai teemakarttojen tuottamiseen. Myös muilla ruotsalaisilla yhtiöillä paikkatietojärjestelmienjärjestelmien kehitys etenee nopeasti ja olemassa olevia järjestelmiä hajautetaan parhaillaan hoitoalueiden ja tulevaisuudessa ilmeisesti myös piirien käyttöön.

Ilmakuvien käytetään enemmän Ruotsissa kuin Suomessa. Erityisesti tämä näkyy uudistamisen suunnittelussa, mutta myös esim. uusien tieden siirtämisessä kartoille. Verrattaessa ruotsalaisten yritysten uudistamissuunnittelua Suomen tilanteeseen suurimpia eroja ovat ilmakuvien käytön lisäksi uudistamista varten kerättävien tunnusten, erityisesti maaperätietojen runsaslukuisuus. Suomessa uudistamisalaja ei yleensä tarkisteta erikseen ilmakuvilta ja yleensä myös uudistamishdotus tehdään maastossa subjektiivisesti ilman täsmällisiä tietoja maaperästä. Myös työvoiman ja uudistusmateriaalin käytön suunnittelu on Ruotsissa tarkempaa ja keskitetympää kuin Suomessa.

Eroja suomalaisessa ja ruotsalaisessa suunnittelukäytännössä aiheuttaa yksityismetsätaloudessa esim. se, että Ruotsissa metsätaloussuunnitelma on oltava kaikilla metsänomistajilla viimeistään 1993. Tämä on johtanut erilaisten yksityismetsätaloutta varten kehitettyjen kaupallisten suunnittelujärjestelmien luomiseen. Suomessa tämänkaltaista toimintaa parhaillaan pääsemässä vauhtiin ja markkinoille on tulossa sekä uusia yksityismetsätalouteen tarkoitettuja ohjelmia että parannettuja versioita jo käytössä olevista.

Kirjallisuus

- Bengtsson, G. & Lundström, A. 1987. Beskrivning av HUGIN- systemet. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för skogstaxering. Utdrag ur kommande slutrapport. 12 s.
- Hägglund, B. En ny svensk riksskogstaxering. Sveriges lantbruksuniversitet, institutionen för skogstaxering. Rapport 37:1-90.
- Jacobsson, J. 1986. Optimization and data requirements - A Forest management planning problem. Sveriges lantbruksuniversitet Umeå. 143 s.
- & Larsson, M. 1987. Så här fungerar Indelningspaketet. Skogen 87(10):28-30.
 - & Jonsson, B. 1991. The forest management planning package - Experience from Applications. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för biometri och skogsindelning rapport 21:1-38.
- Jonsson, B. & Lindgren, O. En metod för uppskattning av ett skogsinnehav och för kalibrering av oculärskattade värden. Summary: A method for estimating properties of a forest and for calibration of ocular estimates. Sveriges Skågsvårdsförbunds Tidskrift 76:493-505.
- Laasasenaho, J. & Päivinen, R. Kuvioittaisen arvioinnin tarkistamisesta. Summary: On the checking of inventory by compartments. Folia Forestalia 664:1-19.
- Lindevall, B. 1987. Ekonomisk grundsyn i nytt Indelningspaket. Skogen 87(10):27.
- Mattila, E. 1982. HUGIN-tutkimusprojekti. Metsä ja Puu 82(10):4-7

Palmer, H., C. 1984. Skogsbruksplan måste snart alla ha. Skogen 84(2):36-37.

Spross, R. & Walan, B. 1990. Dataprogram för skogsbruks- planering - En jämförelse av modeller utvecklade förprivatskogsbruket. Sveriges lantbruksuniversitet. Examensarbete i skogsindelning. Umeå. 40 s.

Svensk skogsindustri. 1990. Skogsindustrierna. Solbergs/gothia, Göteborg. 15 s.

Tibblin, G. 1987. Indelningspaketet - ett verktyg för strategisk planering. Forskningsstiftelsen, Skogarbeten Resultat Nr 11:1-4.

Viimeisimmät Joensuun tutkimusasemalla ilmestyneet
Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja -sarjan julkaisut:

- Nro 262 Mikko Toropainen. Pohjois-Karjalan, Itä-Savon ja koko
Itä-Suomen metsätilasto 1974-1984. 57 s. 1987.
- Nro 276 Jukka-Pekka Jäppinen. Suomalaisten metsäsienten vienti-
mahdollisuudet. Finnish Forest Mushrooms – The Export
Challenge. 79 s. + liitteet. 1987.
- Nro 283 Tiina Heinonen ja Tarja Lukkari. Puulajien kasvupaikka-
vaatimukset. Alustavia tuloksia männyn, kuusen ja
rauduskoivun viljelyn onnistumisesta Nurmeksessa.
- Nro 332 Jari Parviainen, Jyrki Kangas ja Pekka Knuutinen.
Kolmevuotiaiden istutusrauduskoivikoiden alkukehitys
Itä-Savossa. 48 s. 1989.
- Nro 343 Matti Maltamo, Jyrki Kangas ja Rauno Tolonen.
Vesakon alkukehitys ja sen vaikutus taimikkoon.
66 s. 1989.
- Nro 351 Mikko Toropainen. Metsätalous tilan päätuotantosuuntana
kansantalouden näkökulmasta. 82 s. 1990.
- Nro 357 Metsätalouden suunnittelu. Metsäntutkimuspäivä
Joensuussa 1990. Jussi Saramäki ja Päivi Mäkkeli
(toim.) 63 s. 1990.
- Nro 371 Kari T. Korhonen ja Matti Maltamo. Männyn maan-
päällisten osien kuivamassat Etelä-Suomessa.
43 s. 1990.
- Nro 383 Metsänkasvatuksen perusteet turve- ja kivennäis-
mailla. Metsäntutkimuspäivä Joensuussa 1991.
Päivi Mäkkeli ja Juha-Pekka Hotanen (toim.)
84 s. 1991.
- Nro 398 Metsän tilaa ja muutoksia kuvaavia puu- ja
puustotunnusmalleja. Helena Mäkelä ja Hannu
Salminen 265 s. 1991.

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

Joensuun tutkimusasema

Käyntiosoite Yliopistokatu 7
Postiosoite PL 68, 80101 Joensuu
Puhelin 973-1514000 (ohivälilinnat)