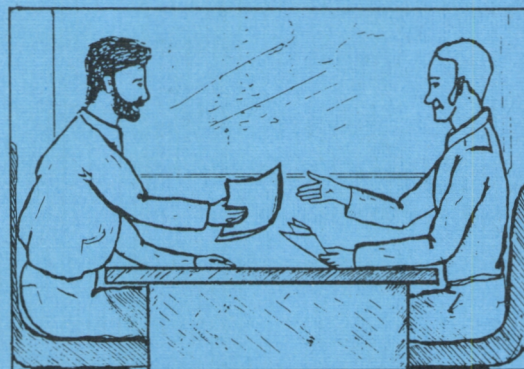


METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
TIEDONANTOJA 357

METSÄNTUTKIMUSLAITOS
Suontutkimusosasto

Joensuun tutkimusasema



METSÄTALOUDEN SUUNNITTELU

METSÄNTUTKIMUSPÄIVÄ JOENSUUSSA 1990

Jussi Saramäki ja Päivi Mäkkeli (toim.)

JOENSUU 1990

METSÄNTUTKIMUSLAITOKSEN
TIEDONANTOJA 357

Joensuun tutkimusasema

METSÄTALOUDEN SUUNNITTELU

Metsäntutkimuspäivä Joensuussa 1990

Toimittaneet
Jussi Saramäki Päivi Mäkkeli

Joensuu 1990

SISÄLLYS

LUKIJALLE.....	3
ELJAS POHTILA: Metsätalouden suunnittelun tutkimus Metsäntutkimuslaitoksessa.....	5
RISTO PÄIVINEN: Suunnittelu metsätaloudessa.....	9
HANS G. GUSTAVSEN: Puuston kasvumallit.....	13
JYRKI KANGAS: Metsikön uudistamisen päätöksenteko.....	24
JYRKI KANGAS: Metsien monikäytön suunnittelu – perusteita ja edellytyksiä.....	31
KARI T. KORHONEN: Metsätiedon hankinta suunnittelua varten.....	38
RISTO RANTA: Yksityismetsätalouden suunnittelunäkymät.....	41
JUHANI PYYKKÖNEN: Puunkorjuu osana suunnittelua.....	43
MARKKU SIITONEN: Pohjois-Karjalan metsien kehitysvaihtoehdot.....	45

LUKIJALLE

Joensuun tutkimusaseman tutkimuspäivä teemana metsätalouden suunnittelu järjestettiin Joensuun yliopiston Carelia talossa 24.4.1990. Osanottajia oli noin 100.

Tilaisuuden esitelmät koskettelivat teeman mukaisesti metsätalouden suunnittelua pyrkien kattamaan mahdollisuuksien mukaan suunnittelun eri sektoreita ja antamaan kuvan metsätalouden suunnittelun tutkimuksen nykytilasta. Koska metsätalouden suunnittelun tutkimus on vielä nuorta, ei päivän aikana ollut esitettävissä paljon tutkimustuloksia, vaan asioita käsiteltiin lähinnä yleisellä tasolla. Vilkas keskustelu kuitenkin osoitti valitun teeman ajankohtaisuutta ja tarpeellisuutta.

Joensuun tutkimusaseman puolesta kiitän kaikkia tutkimuspäivien onnistumiseen ja tämän tiedonannon valmistumiseen vaikuttaneita henkilöitä.

Joensuussa 21. toukokuuta 1990

Jussi Saramäki
Vs. tutkimusaseman johtaja

Eljas Pohtila

METSÄTALouden SUUNNITTELUN TUTKIMUS METSÄNTUTKIMUSLAI- TOKSESSA

Suunnittelun tarpeen aiheuttaa resurssien niukkuus. Jos resursseilla tarkoitetaan metsävaroja ja nimenomaan niiden puuvaroja, Suomessa on nähty huonompiakin päiviä. Puuta kyllä on, mutta miten käyttää ne tarkoituksenmukaisimmin, kas siinä kysymys. Metsiin kohdistetaan nykyisin hyvin erilaisia ja myös ristiriitaisia odotuksia ja toiveita. Kaikki eivät suinkaan hyväksy - ainakaan varauksitta - puuntuotantoa metsien pääkäyttötarkoitukseksi, vaikka se tuottaisikin eniten rahallista tuloa. Halutaan myös koskematonta metsäluontoa, erämaita, riistamaita, marjamaita, kalevalaisia laulumaita, virkistysalueita, viheralueita, puistoja ynnä muita niin sanottuun metsien monikäyttöön soveltuvia alueita.

Asetelma on samankaltainen valtakunnan tasolta yksityiseen metsänomistajaan saakka. Keskiverto metsänomistaja varmaankin asettaa rahatulot jatkuvasti etusijalle, mutta haluaisi, että metsä sen lisäksi tuottaisi mahdollisimman paljon myös muita hyödykkeitä. Metsänomistajien keskuudesta ei vielääkään ole kokonaan hävinnyt vanha asenne, että metsiä voi ja pitää kyllä hakata, mutta mieluummin niin, että naapurin isäntä ei sitä huomaa.

Monenlaisista resursseista on jatkuvasti niukkuutta, ei vähiten tiedosta ja järjestä. Metsätalouden suunnittelun ja siihen liittyvän tutkimuksen pitäisi lievittää pulaa ja näin asia on yleisesti käsitettykin. Metsätalouden suunnittelu on ollut yksi niistä harvoista metsätalouden toiminnoista, joita kukaan ei ole aktiivisesti vastustanut. Selitys voi olla siinä, että suunnittelusta ei välttämättä vielä seuraa mitään konkreettista käytännössä. Paljon metsätaloussuunnitelmia lepää käyttämättömänä hyllyissä ja laatikoissa.

Sitä mukaa kun tiedot metsävaroistamme ovat tarkentuneet, asenteet metsätalouden suunnittelua kohtaan näyttävät kuitenkin tulleen kriittisemmiksi. Kaikkia ei Suomessa miellytä se, että metsät mitataan ja jyvitetään käyttötarkoituksen mukaan aina vain tarkemmin. Kysymys on tällöin usein halusta mystifioida metsäluontoa, mitä hyötyopillinen suunnittelu loukkaa. Suhtautuminen metsiin on saanut jopa uskonnollisia, animistisiä piirteitä. Vihreiden edustaja Ville Komsu teki Helsingin kaupunginvaltuustossa jokin aika sitten aloitteen, että kaadettava puu merkittäisiin vähintään kahta viikkoa aikaisemmin rungon ympärille kiedottavalla ketjulla tai surunauhalla ja että sille järjestettäisiin erityinen hyvästelytilaisuus.

Kritiikki voi lähteä myös etupoliittisesta laskelmoinnista. Sellaisena pidän epäilyjä Metsäntutkimuslaitoksen suorittaman valtakunnan metsien inventoinnin tulosten luotettavuudesta. Epäilemällä inventoinnin tuloksia pehmennetään metsäveroperusteita ja saadaan liikkuma-alaa etupoliittisiin neuvotteluihin.

Metsäntutkimuslaitoksen lakisääteisenä tehtävänä on metsätaloutta sekä metsävarojen ja metsien tarkoituksenmukaista käyttöä edistävä tutkimus. Metsätalouden suunnittelun tutkimus on siihen helposti sovitettavissa.

Tähän mennessä laitoksessa ei ole ollut yhtään päätoimista metsätalouden suunnittelun tutkijaa. Aihealue on kuitenkin ollut monipuolisen tarkastelun alaisena useilla tutkimussuunnilla. Oikeastaan kaikilla Metsäntutkimuslaitoksen yhdeksällä tutkimusosastolla on tehty tutkimusta, joka on tuottanut perusmateriaalia metsätalouden suunnittelulle. Metsätalouden suunnitteluun läheisimmin liittyvää on ollut metsänarvioimisen ja metsäekonomin osastoilla sekä matemaattisella osastolla tehty työ.

Merkittäväntä työtä on epäilemättä tehty valtakunnan metsien inventoinnin yhteydessä. Suuralueittaiset ja koko valtakuntaa koskevat hakkuumahdollisuuksien arviot ja hakkuusuunnitteet ovat vuosikymmenien ajan ohjanneet käytännön metsätalouden suunnittelua ja koko metsäpolitiikkaamme. Monet valtakunnan metsäpolitiikkaa ohjanneet puoliviralliset metsätaloustoimintasuunnitelmat, joista tunnetuimpia lienevät MERA-ohjelmat, ovat perustuneet valtakunnan metsien inventointiin ja ovat muutoinkin olleet suurelta osin tutkijoiden laatimia. Sanottu pätee myös Metsä 2000 -ohjelmaan, joka on ensimmäinen virallinen metsäpoliittinen ohjelmamme.

Suunnittelumenetelmiä on kehitelty yhtä jalkaa tietotekniikan kehittymisen kanssa. Viime aikoina käytössä on ollut lineaariseen optimointiin perustuva laskenta-apparaatti, joka tunnetaan Mela-laskentaohjelman nimellä. Sitä hyödynnettiin mm. Metsä 2000 -ohjelman laadinnassa.

Alan tutkimusperinne on siis suuressä määrin makroekonomistinen ja sitä on tarkoitus myös jatkaa. "Sosiaalinen tilaus" näyttäisi olevan metsätalouden suunnittelun entistä kiinteämmällä yhdistämisellä metsäteollisuuden suunnitteluun. Metsäteollisuutta ollaan parhaillaan laajentamassa, mikä tapahtuu samaan aikaan kun epävarmuus ja huoli metsien terveydentilasta ovat kasvamassa.

Nykyisessä valtakunnan metsien inventoinnissa Suomen metsät tulevat mitatuiksi keskimäärin 6-9 vuoden välein. Kertakoealoihin perustuvana ja jatkuvasti alueelta toiselle siirtyvänä se ei tuota tarkkaa kuvaa metsien kasvun vuotuisesta vaihtelusta eikä yleensääkään metsissä tapahtuvista lyhyen ajan muutoksista. Kertamittauskoealoilta ei saada luotettavaa tietoa sen paremmin luonnon- kuin hakkuupoistumista, mikä on osoittautunut kiusalliseksi puutteen metsäveroperusteiden määrittämisessä. Metsien terveydentilasta syntyy vain hyvin yleispiirteinen kuva.

Valtakunnan metsien inventoinnin uudistamisessa on tavoitteeksi asetettu jatkuvasti ajan tasalla olevat tiedot maamme metsistä ja niiden tuotantomahdollisuuksista. Inventointitietojen ytimenä tulee olemaan pysyvä maastokoealojen verkko, jota täydentävät satelliittikuvat ja numeeriset paikkatiedot. Pysyvien koealojen määrä on tarkoitus nostaa kaikkiaan 50 000 - 60 000:een. Niiltä päivitetään hakkuut, luonnonpoistuma, kasvu ym. havaittavissa olevat muutokset. Erityistä painoa pannaan metsien terveydentilan indikaattoreille puissa, pintakasvillisuudessa ja maassa. Metsäntutkimuslaitoksen toimipisteisiin Helsinkiin, Joensuuhun, Parkanoon ja Rovaniemelle on tarkoitus perustaa erityisiä metsien "terveyskeskuksia", joissa huolehditaan tarpeellisten havaintojen tekemisestä ja neuvotaan kysyjä.

Yhdistämällä maastohavainnot satelliittikuvilta saataviin tietoihin ja simuloimalla metsien kehitystä on mahdollista laatia vaihtoehtoisia metsätaloussuunnitelmia periaatteessa mille tahansa valtakunnan osa-alueelle. Yhtä lailla on mahdollista luoda optimaalista lähestyvä hakkuu- ja kuljetusjärjestelmä ostetuille leimikoille tehtaiden puuntarpeen tyydyttämiseksi. Numeeriset paikkatietojärjestelmät tulevat todennäköisesti mullistamaan myös metsänhoitotöiden ja metsien moninaiskäytön suunnittelun.

Tietopalvelun mahdollistamiseksi metsävaratiedot on organisoitava tietokantoihin, mikä mahdollistaa muiden tutkimusosastojen ja myös ulkopuolisten intressienttien osallistumisen inventointitietojen hyödyntämiseen. Metsäntutkimuslaitoksessa on kaiken kaikkiaan hahmoteltu hyvin kunnianhimoinen suunnitelma "strategisista tietojärjestelmistä", joista tärkeimpiä ovat luonnollisesti metsävaroja koskevat järjestelmät. Tavoitetilassa Metsäntutkimuslaitoksen on ajateltu mm. tuottavan myytäväksi kelpaavaa perusmateriaalia yhtiöiden, metsähallituksen ja metsälautakuntien tekemälle suunnittelulle.

Tietopalvelun aloittamiseen tarvittava asiantuntemus Metsäntutkimuslaitoksessa suurin piirtein on, mutta siihen tarvittava laitteisto puuttuu. Metsiä kuvaavan tietomassan hallinta edellyttää laitteistoa, jonka tiedonsiirtokapasiteetti on suurtietokoneiden luokkaa. Hahmoteltu uusi tietojärjestelmästrategia edellyttäisi kaikkiaan noin 14 miljoonan markan peruspanostusta laitteistoihin ja ohjelmistoihin. Peruspanostuksen jälkeen ylläpitoon ja edelleenkehittämiseen tarvitaan arviolta noin 7 miljoonaa markkaa vuodessa. Vastaava summa on laitoksessa nykyisin noin 4 miljoonaa markkaa.

Henkilöstön lisästarve on suhteellisen vähäinen. Valtakunnan metsien inventointiin tarvitaan kaikkiaan neljä uutta tutkijaa, joiden kustannus on yhteensä noin 0,8 miljoonaa markkaa vuodessa. Maastotöiden lisäkustannukset ovat kaikkiaan, mukaan lukien myös mittaus- ja tiedonkeruulaitteet noin 4,4 miljoonaa markkaa.

Uuteen järjestelmään pyritään luonnollisesti myös voimavarojen uudelleen suuntaamisella, jota on jo tehtykin. Viime vuonna mm. yksi puuntutkimus suunnan erikoistutkijan virka muutettiin tietojärjestelmien erikoistutkijan viraksi. Metsätalouden suunnittelututkimuksen tarpeita on pidetty silmällä myös kaavailtaessa Metsäntutkimuslaitokselle uutta organisaatiota. Pyrkimyksenä on aikaansaada entistä suurempia toiminnallisia kokonaisuuksia, jotka mahdollistaisivat aikaisempaa paremmin ongelmakeskeiset tutkimusotteet ja projekti-työskentelyyn. Yhdeksi kolmesta suuresta tutkimusosastosta on kaavailtu "metsien käytön tutkimusosastoa", jonka keskeinen toimiala olisi nimenomaan metsätalouden suunnittelun tutkimus.

Pitemmällä tähtäyksellä metsätalouden suunnittelututkimus pyritään Metsäntutkimuslaitoksessa liittämään myös laitoksen hallinnassa olevien tutkimusmetsien käyttöön. Laitoksella on metsiä yhteensä noin 140 000 hehtaaria, joista noin puolet on erilaisia luonnonsuojelualueita ja loput varsinaisia tutkimusmetsiä, joissa harjoitetaan myös metsätaloutta. On ajateltu, että ne olisivat uusien suunnittelumenetelmien testausaineisto ja ensimmäinen sovellutuskohde.

Kuluvana vuonna Metsäntutkimuslaitoksen Joensuun tutkimusasemalla aloittaa työnsä kaksi lisensiaattitasoista metsätalouden suunnittelun tutkijaa. Työsuhteet ovat toistaiseksi määräaikaisia tai tilapäisiä, mutta kyseessä on kuitenkin periaatteessa suuri edistysaskel tällä tärkeällä tutkimussuunnalla, joka myös Joensuun yliopistossa on vahva ja nopeasti kehittyvä.

Metsätalouden suunnittelussa ja samalla myös suunnittelun tutkimuksessa liikutaan väkisinkin aralla alueella. Arvot ja tieto, tutkimus ja politiikka menevät siellä helposti sekaisin. Metsäntutkijoiden innokas osallistuminen metsäpolitiikan hahmotteluun saattaa olla yksi syy siihen, että perinteinen metsäntutkimus on joutunut jossakin määrin huonoon huutoon. Epäilykset kohdistuvat nimenomaan Metsäntutkimuslaitokseen, joka privatisoituvassa yhteiskunnassa nähdään usein vain valtaapitävien käsikassarana. Tähänastiselle käytännölle on kuitenkin pätevä syy: kenelläkään muulla kuin Metsäntutkimuslaitoksella ei ole ollut hallinnassa vastaavia metsävaratietoja, jotka valtakunnan metsien inventointi on tuottanut eikä kukaan muu ole pystynyt niitä käsittelemään. Kaikkien tähänastiseen käytäntöön vakavasti perehtyneiden on toisaalta pakko myöntää, että se on tuottanut suhteellisen hyviä tuloksia - itse asiassa parempia ei maailmasta löydy. Metsien käyttöaste on ollut korkea ja metsien hakkuumahdollisuudet ja hakkuuarvo ovat koko ajan kasvaneet.

Uudistamalla metsävaratietojärjestelmää edellä kuvattuun suuntaan Metsäntutkimuslaitos luopuu monopoliasemastaan ja tarjoaa yhteistyötä ja tietopalvelua myös niille, jotka näkevät tähänastisessa käytännössä jotakin arvosteltavaa.

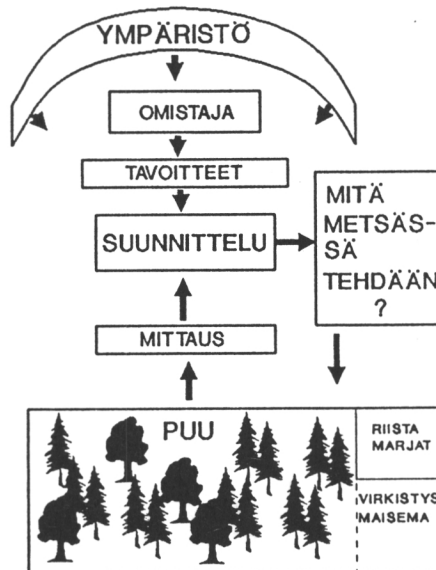
Risto Päivinen

SUUNNITTELU METSÄTALOUEDESSA

Metsätalousyksikkö voidaan ajatella vihreäksi tehtaaksi, jossa on maata ja puita, marjoja, eläimiä, kulkuväyliä ja maisemia sekä ihmisten muodostama organisaatio. Tehtaassa tuotetaan puutavaralajeja, marjoja, sieniä, riistaa, raitista ilmaa sekä metsästys- ja retkeilymahdollisuuksia. Tuotantoon panostetaan luonnon tarjoaman sateen, ilman ja auringonvalon lisäksi rahaa ja työvoimaa korjukseen, kuljetukseen, metsänhoitotöihin sekä toiminnan johtamiseen ja suunnitteluun. Muihin tehtaisiin verrattuna vihreä tehdas tarvitsee laajan alueen sekä pitkän tuotantoajan.

Kuten muissakin tehtaissa, suunnitelmien avulla valmistaudutaan etukäteen tulevaan ja rajoitetaan sattuman ja yllättävien olosuhteiden vaikutuksia organisaation toimintaan. Metsätaloudessa suunnittelun tehtävänä on myös koordinoita metsätalouden tuotannontekijät parhaalla mahdollisella tavalla tyydyttämään omistajan asettamat tavoitteet. Suunnittelun hyödyn uskotaan näkyvän parantuneena panosten ja tuotosten suhteena, mutta merkitystä on myös itse suunnitteluprosessilla, joka pakottaa asioiden pohtimiseen.

Suunnittelun kattaman ajallisen ja toiminnallisen laajuuden mukaan puhutaan strategisesta ja operationaalisesta suunnittelusta. Strategisessa suunnittelussa pyritään muodostamaan kokonaiskäsitys koko toiminnan kannalta olennaisista asioista. Operatiivisen suunnitelman avulla järjestetään jokapäiväiset työt järkeviksi kokonaisuuksiksi. Kun yksityiskohtaista suunnitelmaa ei voida rakentaa kovin pitkälle ajalle, toiminnallinen suunnittelu kattaa yleensä seuraavan työperiodin, kun taas strateginen suunnitelma luotaa kauemmas tulevaisuuteen.



Kuva 1. Suunnittelun asema metsätaloudessa

Suunnitteluprosessi saa lähtötietonsa metsän mittauksesta ja ympäristön tiedoista, ja se tuottaa toimenpide-ehdotuksia joiden toteutumista seurataan uusilla mittauksilla. Suunnittelutehtävän suorittamiseen tarvitaan tuotannon tekijöiden kuvauksen lisäksi tavoitteita sekä jonkinlainen suunnittelujärjestelmä.

Tavoitteet

Tavoitteet liittyvät yleensä taloudelliseen tulokseen, tuotannon määrään, sen varmuuteen ja tasaisuuteen. Kansallisena päämääränä on pidetty kestävää ja edistävää metsätaloutta, joka on ollut ohjenuorana myös yksityismetsätaloudessa. Metsätalouden tavoitteet vaihtelevat metsätalouksyksiköstä toiseen. Suurmetsätaloutta harjoittava päätöksentekijä joutuu ottamaan huomioon myös ympäröivässä yhteiskunnassa vaikuttavat asenteet työllisyyden hoidosta, luonnonsuojelusta ja virkistyskäytöstä. Pelkkä puuntuotannosta lakien puitteissa saatava rahatuottojen nykyarvo ei riitä tavoitteeksi pienmetsänomistajallekaan, vaan maisema-, tunne- ym. arvot ovat mukana metsän käsittelypäätöksiä tehtäessä. Jos kaikki mahdolliset tavoitteet halutaan kattaa yhdellä käsitteellä, sitä kutsutaan päätöksentekijän hyödyksi eli utiliteetiksi.

Selkeiden ja täsmällisten tavoitteiden määrittäminen tuottaa usein vaikeuksia niin suur- kuin pienmetsänomistajillekin. Metsätalouden suunnitteluun erikoistuneiden ammattilaisten tehtävänä olisikin entistä enemmän auttaa päätöksentekijää tunnistamaan tavoitteensa sekä tarjoamaan metsänhoito-, hakkuu- ja suojeluohjelma joka auttaa pääsemään asetettuihin päämääriin. Tapion uudet metsänkäsittelysuositukset ovat esimerkki tällaisesta keinovalikoimasta.

Tutkijoiden ja myös käytännön ammattilaisten tulisi pohtia enemmän tavoitteen asettelua; puuntuotannon maksimointi ei enää ole itsestäänselvyys. On tunnistettava metsään kohdistuvat ristiriitaiset odotukset. Kansantalouden ja yksityistalouden edut menevät ristiin, samoin yleistä mielipidettä edustava kesämökkiläinen saattaa tuntea jokamiehenoikeuttaan loukatun kun tuttu maisema ja sienipaikka on joutunut palvelemaan metsänomistajan taloudellisia tavoitteita. Intressiryhmien ristiriitaisten paineiden edessä seisovat niin metsähallitus, metsäyhtiöt kuin yksityismetsänomistajatkin. Tämän kysymyksen ratkaisemiseen eivät kuitenkaan metsätieteiden keinot yksin riitä, vaan on turvauduttava käyttäytymis- ja yhteiskuntatieteiden menetelmiin.

Metsän tuotanto

Tuotantokoneiston ja sen muuntelun hallitseminen on edellytys tuotannon ohjaamiselle asetettuja tavoitteita kohti. Lähtökohta on metsäkokonaisuuden inventointi ja sen pohjalta tulevaisuuden vaihtoehtojen kartoitus tuotantofunktioiden avulla.

Suomessa puu ylittää yli kymmenkertaisesti metsän 'sivutuotteiden' raha-arvon. Puuntuotannon ohessa metsä on tyydyttänyt metsästäjien, marjastajien ja retkeilijöiden enemmistön tarpeet. Elintason kasvun ja kaupungistumisen myötä kuitenkin metsän muu kuin puuntuotanto on usein saanut näkyvämmän osan kuin sen rahallinen arvo edellyttäisi. Metsän omistajakin saattaa esittää suunnittelijalle – varsin kohtuullisen – pyynnön selvittää metsänkäsittelyohjelman vaikutus myös karpalosatoon ja tuttuun maisemaan.

Tällä hetkellä metsän sivutuotteiden tuotantofunktiot tunnetaan puutteellisesti. Emme tiedä miten puuston tiheys ja ikä vaikuttavat mustikan satoon tai millä todennäköisyydellä kannattaisi vadelmien takia siirtää rehevän kasvupaikan istuttamista. Erityisesti virkistyskäytön mittaaminen on vaikeata. Laatueroasteikkolla kaunis-kauniimpi mitatut muuttajat sotivat suunnittelussa käytetyn matemaattisen ohjelmoinnin pelisääntöjä vastaan, ja vieläkin enemmän mittaamisessa syntyy hankaluuksia, kun tiedetään monien virkistyvän pelkästä tietoisuudesta, että jossakin on aarnialue odottamassa retkeilijää.

Työmaata riittää myös metsän tuotannon tutkimuksen varsinaisessa päätehtävässä, puiden kasvun ennustamisessa. Yrjö Vuokilan kaavailema puuston kehityksen valtakunnallinen kasvusimulaattori on rakenteilla ja uskon, että tämän tutkimusohjelman onnistuminen on paitsi metsätalouden suunnittelun myös koko metsätutkimuksen tämän vuosikymmenen tärkeitä kysymyksiä. Pyritäänhän tuolla simulaattorilla ratkaisemaan ilman saastumisen ja ilmaston muutoksen tuomat probleemit sekä myös aina ajankohtaisten metsänkäsittelyn vaihtoehtojen vertailussa askarruttavat ongelmat.

Puunkorjuuseen ja kuljetukseen liittyvien tehtävien suunnittelun yhdistäminen puun kasvattamiseen on vielä varhaisella asteella. Metsätalouden suunnittelussa puutavaran voisikin nähdä yhä useammin myös tien varressa tai tehtaan portilla. Kovin vähälle huomiolle on jäänyt myös metsässä ja konttoreissa metsätyötä tekevä henkilökunta metsäorganisaation käyttövoimana. Henkilöstö tarvitsee muiden resurssien tavoin inventaarion ja kehitysuunnitelman.

Suunnittelujärjestelmä

Suunnittelujärjestelmän avulla valitaan tulevaisuuden vaihtoehtojen joukosta paras. Mukana olevat tekijät heijastavat päätöksentekijän näkökulman laajuutta ja järjestelmän monipuolisuus ajan ja paikan tietojenkäsittelyvalmiuksia. Kestävyyden tai edistyvän metsätalouden vaatimukset voidaan varmistaa suhteellisen karkeaan metsän ja sen kasvun arvioon perustuvalla hakkuulaskelmalla. Jos metsätaloudella on monia tavoitteita, optimaalisen tuotanto-ohjelman hakeminen vaatii yksityiskohtaista puuston ja muiden tuotantotekijöiden mitausta ja kasvun ennustamista sekä usein matemaattiseen ohjelmointiin tukeutuvaa suunnittelujärjestelmää. Vaikka nykyaika antaa mahdollisuuden MELAn kaltaisen hurmaavan laskentatekniikan käyttöön, perinteinen tavoitehakkuulaskelmakin on kovaa valuuttaa kehitysmaiden puutteellisissa laitteisto-, sähköjakelu- ja koulutusoloissa.

Täällä Pohjolassa voimme kuitenkin kaavailla tulevaisuutta yhä tehokkaampien mikrotietokoneiden ja tekoälykkäämpien ohjelmointikielien varaan, kehitellä ajantasaista ja joustavaa tiedonhallintajärjestelmää ja vaikka lennellä ruudussa satelliittikuvatun, mallitetun kolmiulotteisen metsän päällä. Utuisena haavekuvana siintää myös järjestelmä, jonka avulla hollantilaisen puukenkätehtaan raaka-ainetilaukset ohjataan optimaalisesti tuotantolaitoksille ja edelleen tiettyyn hakkuuta odottavaan leimikkoon.

Tulevaisuuden visioihin on kuitenkin viisainta lähteä maan pinnalta. Mitään suurta ja mullistavaa uutta kokonaisjärjestelmää ei ole näköpiirissä lähivuosina. Uutta teknologiaa otetaan käyttöön ja uusia näkökulmia syntyy. Metsätalouden suunnittelu orientoituu metsätalouden myötä raaka-aineen sijasta enemmän asiakkaan toiveista tavoitteensa hakevaksi toiminnaksi. Tieto nähdään entistä

enemmän resurssina ja metsätalouden suunnittelu- ja tietojärjestelmät lähestyvät ajattelutavaltaan yleisiä liikkeenjohdon apuvälineitä pyrkien yhdistämään jo olemassaolevia järjestelmiä toimivaksi ja käyttäjäystävälliseksi kokonaisuudeksi. Esimerkkinä tällaisesta lähestymistavasta on Joensuun yliopiston, Metsäntutkimuslaitoksen ja Metsähallituksen yhteinen IMPJ- (Integroitu Metsällisen Päättöksenteon tukiJärjestelmä) hanke, jossa metsänuudistamisen, korjuun, ja virkistyskäytön osasuunnitelmat pyritään integroimaan puuntuotannon pitkän ajan suunnitelmaan.

Oppiaineena ja tutkimuskohteena metsätalouden suunnittelu sisältää metsällisen päätöksenteon elementit; tavoitteenasettelun, tuotantokoneiston nykytilan ja tulevaisuuden vaihtoehtojen kartoittamisen sekä tavoitteet täyttävän toimintaohjelman etsimisen. Päämääränä on kouluttaa tutkijoita ja metsäjohtajia, jotka uskaltavat tarttua vihreiden tehtaiden ohjaimiin myös silloin, kun helppoja aikoja ei ole odotettavissa.

Hans G. Gustavsen

PUUSTON KASVUMALLIT

Nykyiset kasvumallit

Puuston kasvumallit aiheena on varsin laaja ja siihen liittyy monenlaisia teoreettisia ja käytännöllisiä ongelmia. Tämän esityksen tarkoituksena on kuitenkin ensisijaisesti tarkastella vain **kehitettyjen kasvumallien soveltamista** käytännön metsätalouden suunnitteluun.

Suomessa on viime vuosikymmenenä laadittu **suuri määrä** puuston ja yksittäisen puun kasvua kuvaavia malleja. Liitteessä 1 on lueteltu suurin osa tutkimuksista, joissa esiintyvät kasvumallit taulukko- tai yhtälömuodossa. Yksinkertaisia yhden tunnuksen mukaisia kasvumalleja (kasvu- ja tuotostaulukoita, kehityssarjoja) on lisäksi liiteluettelossa "taulukkomalli". Vaikka nykyisellään kasvumallilla tarkoitetaan yleensä yhtälömuodossa olevaa matemaattista mallia, on esimerkiksi Ilvessalon 1948 kehittämä puiden kairauksiin perustuva kasvun laskentakaava yhtäläillä kasvumalli kuin joku regressiomalli.

Kasvumallit on jaettu liitteessä 1 kahteen ryhmään:

1. Puumallit
2. Metsikkömallit

Selvästi suuremman ryhmän muodostavat metsikön keskimääräisiin tunnuksiin nojautuvat metsikkömallit. Mallit on luokiteltu sen mukaan mille puulajille ne ovat tarkoitettu ja lisäksi soveltamisalueen mukaan (esim. koko Suomi, Etelä-Suomi, jne.). Laadinta-aineistosta on myös annettu lyhyt kuvaus, josta selviää kasvumallin tausta eli ts. populaatio, jota laadinta-aineisto edustaa.

Mainituista malleista kaikkia ei ole laadittu metsätalouden suunnittelua varten, vaan ne ovat **mahdollisia apuvälineitä** eri arviointitehtävissä. Huolimatta siitä, että kasvumallien määrä on suuri paljastaa luettelo tarvetta saada vielä uusia kasvumalleja erityisesti nuorten metsien, eri-ikäisten metsien, metsäojitusalueiden ja yleensä Pohjois-Suomen alueen metsien kasvun ennustamista varten. Tämä varsin värikäs ja sekava kasvumallikokoelma antaa selvän kuvan siitä, kuinka mallien kehittäminen on tapahtunut tähän asti ilman kiinteää johdonmukaisuutta.

Yksi kaikkiin malleihin liittyvä ongelma on **käyttäjän kannalta** se, että niistä puuttuvat käyttötilanteen **soveltamistulokset**. Siinä suhteessa ne ovat vielä vain **prototyyppejä**, joita täytyy **testata**, ennenkuin voidaan sanoa jotain niiden paremmuudesta ja siitä, milloin ne ovat käyttökelpoisia. Toisin sanoen mikä on nykyisten mallien **tarkkuus** käytännön arviointitilanteessa. Yksi syy mallien testaamattomuuteen on ollut se, ettei laatijalla ole ollut käytössään testiaineistoja, koska koko aineisto on ollut välttämätön käyttää itse kasvumallien laadintaan.

Tutkimustoiminta on tällä hetkellä monista syistä suunnattu puumallien kehittämiseen. Tietojenkäsittelyn kehittyessä on myös metsätalouden suunnittelu siirtynyt puukohtaisten kasvumallien käyttöön. Niiden suurin etu verrattuna metsikkömallien käyttöön on mm. puuston puutavaralajikehityksen parempi

arviointimahdollisuus. Metsikkömallien valtti on taas niiden käytännönläheisyys, jolloin helposti saadaan käsitys kasvutuloksista metsässä arvioitavien puustotun-
nusten perusteella. Tässä yhteydessä on syytä korostaa, ettei ole itsestään selvää
että puuston tilavuuskasvun ennustaminen puun pituus- ja läpimittakasvun
mallilla johtaa käyttötilanteessa parempaan tulokseen kuin metsikkömallilla. Ei
ainakaan niin kauan kuin meillä ei ole julkaistuja tietoja nykyisten kasvumal-
lien soveltamisesta. Lisäksi mallien vertailua vaikeuttaa se, ettei puumallien
perusteella ole julkaistu yhtään puuston tilavuuskasvun ennustetta (esim.
taulukkomuodossa) eri puulajeille ja kasvupaikoille käytäntöä varten.

Lähinnä kasvumalleihin liittyvät **satunnaisvirheet** on teoreettisesti simuloinnin
avulla tutkittu esim. kuviotietojen päivityksessä Laasasenahon ja Päivisen (1986)
julkaisussa. Pukkala (1990) on selvittänyt sen sijaan metsikön sisäisen vaihtelun
vaikutusta kasvumallien antaman ennusteen tarkkuuteen. Tämänkaltaisen
kasvumallien analysointi on tietysti arvokasta ja työtä on jatkettava, mutta se ei
selvitä malleihin liittyviä **systemaattisia virheitä** käytännön sovellutuksissa.

Suuriakin systemaattisia virheitä voidaan epäillä sekä lyhyen että pitkän kasvun
ennusteissa vain siitä syystä että mallien laadinta-aineistot ovat vanhentuneet
nykymetsien soveltamiskohteisiin nähden. Sen lisäksi tulevat erilaisten muiden
systemaattisten virheiden vaarat. Esimerkiksi kasvumallin **virheellinen käyttö**
sekä malleihin liittyvät satunnaisvirheet. On muistettava, että nykyiset kas-
vumallit on ensisijaisesti laadittu lyhyen jakson (5-10 vuotta) kasvun ennus-
tamista varten. Nykyisellään on metsätalouden pitkän ajan suunnittelu tullut
tärkeämmäksi ja ylimalkaan suunnitelmallisuus on lisääntynyt. Tähän on
ratkaisevasti vaikuttanut tietojenkäsittelyn mahdollisuuksien kehitys. Sen
mukana kasvumalleihin kohdistuvat teoreettiset ja käytännölliset vaatimukset
ovat lisääntyneet. Koska uusien kasvumallien kehittäminen ja testaaminen vie
aikaa, ei tällä hetkellä ole muuta mahdollisuutta kuin soveltaa käytössä olevia
malleja parhaalla mahdollisella tavalla.

Mallien soveltaminen käytäntöön

Metsätalouden suunnittelussa on tärkeintä ennustemallien **lopputulos** eli kuinka
hyvin malli pystyy ennustamaan **puuston todellisen kasvun**. Suurin osa
nykyisistä kasvumalleista on suuralueen metsien kasvun ennustamista varten.
Mallien käyttäminen pienalueella ja kuviotasolla johtaa todennäköisesti usein
systemaattisiin virheisiin.

Systemaattisia virheitä voidaan pienentää mittaamalla soveltamispuustosta
tarkastusaineistoa mallien antamien tulosten **kalibrointia** varten. Tämä on
järjestyvä väliaikainen toimenpide käytännössä, ainakin niin kauan kun meillä ei
ole uutta paremmin testattua **"suunnitteluorientoitunutta metsän kasvumallia"**,
johon on liitetty **ilmaston vaihtelua** kuvaava malli ja **kalibrointimalli** pienalu-
een ja kuviotason puuston kasvuennustetta varten.

Ennenkuin ryhdytään omiin kasvumittauksiin kannattaa ottaa selvää onko
valtakunnan metsien inventoinnin yhteydessä tehty ajantasalla olevia **kas-
vumittauksia** ko. alueella. Käytännössä kalibrointi kannattaa tehdä kairaamalla
koepuita metsikköön sijoitetuilta tilapäiskoealoilta. Koepuiden vuosilustoista
saadaan kalibroinnissa otettua huomioon puiden kasvuvaihtelun tärkeimmät
tekijät - ilmaston- sekä ilmansaasteiden vaikutus.

Koepuista pitäisi mitata myös muita tunnuksia, koska niiden avulla voidaan myös parantaa puuston tilavuusarvion luotettavuutta. Kairaukset vaativat jonkin verran taloudellisia uhrauksia, mutta säästöjä saadaan taas silloin, kun uusintamittauksella hankittujen tietojen tilalla voidaan käyttää kasvumallien avulla **päivitettyjä kuviotietoja** suunnittelun pohjana.

Kalibrointiongelmia on meillä toistaiseksi hyvin vähän selvitetty, esimerkiksi mitkä puut metsiköistä (koealalta) tulisi kairata. Tiedämme, että puumalleissa kairauksista havaittu **menneen jakson kasvu** parantaa mallin antaman ennusteen tarkkuutta. Metsikkömalleissa sen sijaan ei ole tutkittu yksittäisen puun menneen jakson kasvun vaikutusta. Yksinkertainen tapa kalibroida malli paikallistasolla on käyttää kairattujen puiden ja malleilla saatujen puiden kasvujen **keskiarvojen** suhdetta. Malleja on mahdollista kalibroida käyttämällä monimutkaisempia menetelmiä, joissa kalibroinnissa otetaan huomioon mm. myös **tarkastusaineiston laatu**.

Kasvumallien kalibrointia varten mitattu tarkastusaineiston **laatu** johon tehdään korjauksia, on hyvin ratkaiseva, koska se muodostaa puuston **"todellisen kasvun"**. Jos mittaukset on suunniteltu väärin tai mitattu huolimattomasti, ts. todellisessa kasvuarviossa on suuria **mittaus- ja otantavirheitä**, voi korjattu kasvu olla virheellisempi kuin mallin antama tulos. Tästä syystä on toivottava paljon enemmän **yhteistyötä** käytännön suunnittelijoiden ja kasvumallien laatijoiden välillä niin, että kasvumallien kalibrointi ja testaus käytännössä tapahtuu mahdollisimman hyvin.

Tässä yhteistyössä pitäisi **kaikki** käyttäjäryhmät olla mukana, ei vain suurmetsänomistajien suunnittelijat. Koska meillä on vähän tietoja mallien soveltamisesta, ovat kaikki saatavat tiedot tärkeitä ja ne voivat olla myös julkaisukelpoisia tuloksia. Hyvä esimerkki on Metsähallituksen ja Metlan metsänarvioimisen tutkimusosaston välinen yhteistyö, jossa opinnäytetyönä on selvitetty kasvumallien kalibrointia käytäntöä varten. Tässä tapauksessa käytettiin hyväksi sekä Metsähallituksen omia maastomittaustietoja että Metlan valtakunnan metsien inventointikoealojen antamia tietoja tietyllä maantieteellisellä alueella.

Parempi yhteistyö mallittajien ja käyttäjien välillä poistaa kasvufunktioiden **väärinkäyttöä soveltamisvaiheessa**, antaa yhteisymmärrystä mitattaviin tunnuksiin ja käsitteisiin sekä antaa uusia tietoja kasvumallien laatijoille.

Uusien kasvumallien kehittäminen

Tärkeä tieto tutkijalle malleja laadittaessa on esimerkiksi mikä on eri käyttäjäryhmien **tietojenkäsittelykapasiteetti tulevaisuudessa**, koska tämä vaikuttaa siihen kuinka raskas kasvusimulaattorisysteemi kannattaa laatia ja toteuttaa. Lisäksi tarvitaan enemmän tietoja suunnittelijoilta **kasvuarvion tarkkuusvaatimuksista** sekä pitkä- että lyhytaikaisessa suunnittelussa suur- ja pienalueilla sekä kuviotasolla. Ilmeisesti ei ole kovin järkevää käytännössä asettaa samoja tarkkuusrajoja kasvuennusteisiin kuin puustojen tilavuusarvioinnissa.

Taloudelliset resurssit määräävät kuinka paljon ollaan valmiita uhraamaan maastomittauksiin, että saavutetaan määrätty tarkkuusraja kasvuennusteissa. Koska kasvun ennustetehtävät vaihtelevat, kannattaa käyttää yksinkertaisempaa kasvumallia silloin kun työlle ei ole kovia tarkkuusvaatimuksia. Tästä seuraa, että meillä pitäisi olla suuri **kasvumallivalikoima sovellettuna** käytäntöä varten. Yhteys käytäntöön estää sen vaaran että tutkijat kehittäisivät **liian raskaita kasvumalleja ja kasvusimulaattorisysteemejä**. On todella paljon helpompaa rakentaa älytön kasvumalli ja sen perusteella simulaattorimalli kuin realistinen malli. Tämän vuoksi testauksen tärkeyttä ei liikaa voi korostaa.

Liitteessä 2 on esitetty Metsäntutkimuslaitoksen viime 15 vuoden aikana perustetut **pysyvät koealaverkostot**. Niistä saadaan jatkossa parempia testi- ja laadinta-aineistoja metsikön ja puun kasvun mallitukseen. Pysyvät koealat ovat hyvin tärkeitä, ei vaan kasvumallien kehittämiseen, mutta myös en vuoksi että niitä voidaan käyttää muissa tutkimustehtävissä.

Tällä hetkellä tehdään paljon arvokasta tutkimusta ensisijaisesti yksittäisen puun kasvumallien (myös ns. prosessimallien) kehittämiseksi. Tulevaisuudessa olisi kuitenkin tärkeä saada tämä tutkimustoiminta paremmin koordinoitua, jossa tavoite on **monenlaisten kasvumallityyppien** kehittäminen. Myös **satelliittikuviin** perustuvien puustotunnusten arviointi ja niiden käyttö metsätalouden suunnittelussa pitäisi ottaa huomioon kasvumallien laadintavaiheessa. Mallien kehittäminen on **jatkuva prosessi**, jossa mallien laatua parannetaan jatkuvasti hankittujen soveltamis- ja testaustulosten avulla.

Kirjallisuus

- Laasasenaho, J. & Päivinen, R. 1986. Kuvioittaisen arvioinnin tarkistamisesta. *Folia Forestalia* 664: 1-19.
- Pukkala, T. 1990. A Method for Incorporating the Within-stand Variation into Forest Management Planning. *Scandinavian Journal of Forest Research*. Vol. 5 (2): 263-275.

Liite 1. Tutkimusviitteet kasvumalleihin (myös kasvutaulukot ja kehityssarjat) ajalta 1920-1990.

PUUN KASVUMALLIT

(läpimitan, pohjapinta-alan, tilavuuden ja pituuden kasvu)

Mänty, Kuusi, Lehtipuut:

Koko Suomi:

Ojansuu, R. (1985) 1987. Metsän kehityksen simulointi metsälaskelmassa (MELA) - Luonnonprosessien tarkastelu. Metsän-tutkimuslaitos, Puuntuotoksen tutkimussuunta. Moniste. Rajattuja ositteita VMI7 koepuukoeala-aineistosta kangasmaalla ja ojittamattomilla soilla sekä ojitusalueiden inventointiaineisto (1930-76) (suuret puut). Taimikoiden varhaiskehityksen aineisto (1968-71) ja VMI7:n aineisto (pienet puut).

Mänty:

Etelä-Suomi:

Vuokila, Y. 1965, 1967. CIFF 60.4, 63.2.
Kivennäismaan kasvatushakkuin käsiteltyjä männiköitä Kuopion eteläpuolella.
Nyyssönen, A. & Mielikäinen, K. 1978. AFF 163. Etelä-Suomen kivennäismaan hoidettuja männiköitä.

Pohjois-Karjala:

Pukkala, T. 1988. Silva Fennica 198.
Tasaikäisiä männiköitä.

Kuusi:

Etelä-Suomi:

Nyyssönen, A. & Mielikäinen, K. 1978. AFF 163.
Etelä-Suomen kivennäismaan hoidettuja kuusikoita.

Hieskoivu:

Keski-Pohjanmaa-Kainuu:

Saramäki, J. 1977. CIFF 91.2.
Ojitettujen turvemaiden hieskoivikoita Kainuussa ja Pohjanmaalla.

Mänty-Rauduskoivu (sekametsät):

Etelä-Suomi:

Mielikäinen, K. 1980. CIFF 99.3.
Kivennäismaan sekametsiköitä Päijänteen Kuopio-Joensuu-linjan rajoittamalla alueella.

**Kuusi-Rauduskoivu-Hieskoivu (sekametsät):
Etelä-Suomi:**

- Mielikäinen, K. 1985. CIFF 133.
Kivennäismaan sekametsiköitä pääosin Kuopion eteläpuolella.

METSIKÖN KASVUMALLIT
(tilavuuskasvu, myös kuoretta)

**Männikkö, kuusikko:
Koko Suomi:**

- Koivisto, P. 1970. CIFF 71.2.
Kasvullisten kivennäismaiden yksijaksoisia mänty- ja kuusi-
valtaisia metsiköitä VMI3-aineiston mukaan.
- Gustavsen, H. G. 1977. FF 331.
VMI3:n metsämaan kankaat. Yksijaksoiset männiköt ja
kuusikot (pääpuulajin osuus yli 50 %). Yhtälöitä myös Etelä-
ja Pohjois-Suomea varten.
- Vuokila, Y. & Väliaho, H. 1980. CIFF 99.2.
Kivennäismaan viljelymänniköitä koko Suomessa ja vil-
jelykuusikoita Oulujärven eteläpuolella.
- Kohmo, I. 1980. FF 425.
Kaikkien metsälautakuntien kehityskelpoiset mänty- ja
kuusi-valtaiset metsät VMI6:n kasvukoeala-aineiston mukaan.
"Taulukkomallit".
- Kukkola, M. & Saramäki, J. 1983. CIFF 114.
Kivennäismaan lannoittamattomia männyn ja kuusen
hoidettuja metsiköitä (lannoituskokeiden lannoittamattomia
koealoja koko maasta).
- Gustavsen, H. G. & Päivänen, J. 1986. FF 673.
VMI3:n kasvullisen metsämaan luonnontilaisten rämeiden
ja korpien puustot.
- Varmola, M. 1987. Helsingin yliopiston metsänarvioimistieteen
laitos. Lisensiaattityö. Männyn viljelytaimikoiden kasvumalli.
Männyn kylvö- ja istutustaimikoita koko maassa.
- Gustavsen, H. G. 1990. Käsikirjoitus (FF-sarjassa 1990). Har-
vapuustoisia (vajaapuustoisia) männiköitä ja kuusikoita. Otos
VMI3:n aineistosta.

Etelä-Suomi:

- Ilvessalo, Y. 1920. AFF 15.4.
Suomen eteläpuoliskon luonnnonnormaaleja männiköitä ja
kuusikoita (ks. myös AFF 144, 1975). "Taulukkomalli".
- Kalela (Cajander), E. K. 1933. CIFF 19.3.
Lähinnä Hämeen läänin alueella olevia viljelykuusikoita
(luonnontilaisia tai hyvin lievästi käsiteltyjä). "Tauluk-
komalli".

- Ilvessalo, Y. 1948. Kml Tapio, Helsinki. Kasvun laskentataulukot. Suomen eteläpuolisko - Puuston pääpuulajit mänty ja kuusi - kasvulliset metsämaat. "Taulukkomalli".
- Nyysönen, A. 1954. AFF 60.4.
Etelä-Suomen (63. leveysasteen eteläpuolella) toistuvien harvennuksien käsitellyjä männiköitä kangasmailla. "Taulukkomalli".
- Koivisto, P. 1959. CIFF 51.8.
Suomen eteläpuoliskon harvennushakkuun tyydyttävästi tai hyvin käsitellyjä männiköitä ja kuusikoita kangasmailla VMI3:n aineiston mukaan. "Taulukkomalli".
- Vuokila, Y. 1956. CIFF 48.1.
Etelä-Suomen (63. leveysasteen alapuolella) alaharvennuksien käsitellyjä kuusikoita (hoidettuja). "Taulukkomalli".
- Kallio, K. 1960. AFF 71.3.
Etelä-Suomen (pohjoisraja n. 63. leveysaste) kylvömänniköitä MT- ja VT-tyypeillä. "Taulukkomalli".
- Kuusela, K. & Kilkki, P. 1963. AFF 75.
Kuopion eteläpuolella sijaitsevia männiköitä kangasmailla.
- Rajala, J. 1970. FF 95.
Etelä-Suomen kehityskelpoiset mänty- ja kuusivaltaiset metsät VMI5:n kasvukoeala-aineiston mukaan. "Taulukkomalli".
- Nyysönen, A. & Mielikäinen, K. 1978. AFF 163.
ks. puun kasvumallit.
- Kukkola, M. & Saramäki, J. 1983. CIFF 114.
Toistuvasti lannoitettuja männiköitä ja kuusikoita Etelä-Suomessa (n. 64 leveysasteen alapuolella).

Pohjois-Suomi:

- Ilvessalo, Y. 1937. CIFF 24.2.
Perä-Pohjolan luonnonnormaaleja männiköitä ja (ks. myös AFF 144 1975). "Taulukkomalli".
- Ilvessalo, Y. 1948. ks. Etelä-Suomi. Suomen pohjoispuolisko - mänty ja kuusi. "Taulukkomalli".
- Ilvessalo, Y. 1967, 1969. AFF 81.5, AFF 96.
Pohjanmaan ja Kainuun luonnonnormaaleja männiköitä ja kuusikoita (ks. myös AFF 144 1975). "Taulukkomalli".
- Kohmo, I. 1972. FF 163.
Pohjois-Suomen kehityskelpoiset mänty- ja kuusivaltaiset metsät VMI5:n kasvukoeala-aineiston mukaan. "Taulukkomalli".

Koivikko: Koko Suomi:

- Ilvessalo, Y. & Ilvessalo, M. 1975. AFF 144.
Luonnonnormaaleja koivikoita. "Taulukkomalli".

- Koivisto, P. 1970. CIFF 71.2.
 ks. männikkö, kuusikko. Koivuvaltaiset metsiköt.
 Gustavsen, H.G. 1977. FF 331.
 ks. männikkö, kuusikko. Yksijaksoiset koivikot.
 Kohmo, I. 1980. FF 425.
 ks. männikkö, kuusikko. Kehityskelpoiset lehtipuuvaltaiset metsät. "Taulukkomalli".

Etelä-Suomi:

- Ilvessalo, Y. 1948. ks. männikkö, kuusikko.
 Suomen eteläpuoliskon koivut. "Taulukkomalli".
 Kuusela, K. 1956. Silva Fennica 90.
 Hakkuilla käsiteltyjä koivikoita Saimaan ja Päijänteen välisellä alueella. "Taulukkomalli".
 Koivisto, P. 1959. CIFF 51.8.
 Etelä-Suomen toistuvien harvennuksien käsiteltyjä raudus- ja hieskoivikoita kangasmailla. "Taulukkomalli".
 Oikarinen, M. 1983. CIFF 113.
 Kivennäismaan viljelyrauduskoivikoita Jyväskylän eteläpuolella.
 Gustavsen, H.G. & Mielikäinen, K. 1984. FF 597.
 Raudus- ja hieskoivuvaltaisia metsiköitä Etelä-Suomen kivennäismailla.

Pohjois-Suomi:

- Kohmo, I. 1972. FF 142.
 ks. Pohjois-Suomi, männikkö, kuusikko. Kehityskelpoiset lehtipuuvaltaiset metsiköt. "Taulukkomalli".
 Saramäki, J. 1977. CIFF 91.2.
 Ojitettujen turvemaiden hieskoivikoita Kainuussa ja Pohjanmaalla.

Sekametsikkö:

Etelä-Suomi:

Mänty-Koivu:

- Lappi-Seppälä, M. 1930. CIFF 15.2.
 Tasaikäisiä mänty-koivu-sekametsiköitä pääasiassa Savossa ja Karjalassa. "Taulukkomalli".

Mänty-Raudus-Hieskoivu:

- Mielikäinen, K. 1980. CIFF 99.3.
 Ks. puun kasvumalli. Kivennäismaan hies-mänty- ja raudusmänty-sekametsiköitä.

Kuusi-Raudus-Hieskoivu:

- Mielikäinen, K. 1985. CIFF 133.
 Ks. puun kasvumallit. Soveltuvuus: Etelä-Suomen kivennäismaiden yksijaksoiset kuusi-koivu-sekametsiköt.

**Kuusi-Harmaaleppä:
Itä-Suomi:**

Kalela, E.K. 1936. AFF 44.2

Kuusi-Harmaaleppä-sekametsiköitä OMaT-, OMT, MT-tyypeillä Viipurin, Mikkelin ja Kuopion läänissä. "Taulukkomalli".

**Lepikkö:
Pohjois- ja Etelä-Savo:**

Miettinen, L. 1932. CIFF 18.1

Harmaalepiköitä Mikkelin ja Kuopion lääneissä. "Taulukkomalli".

**Siperianlehtikuusikko:
Etelä-Suomi:**

Vuokila, Y., Gustavsen, H.G. & Luoma, P. 1983. FF 554.

Etelä-Suomen kivennäismaan viljelylehtikuusikot.

Selitys: FF = Folia Forestalia
 CIFF = Commun. Inst. For. Fenniae
 AFF = Acta Forestalia Fennica
 "Taulukkomalli" = kasvu- ja tuotostaulukko, kehityssarja tai graafinen kasvukäyrä jne (ei ole yhtälö muodossa)

Lisätietoja kasvumalleista:

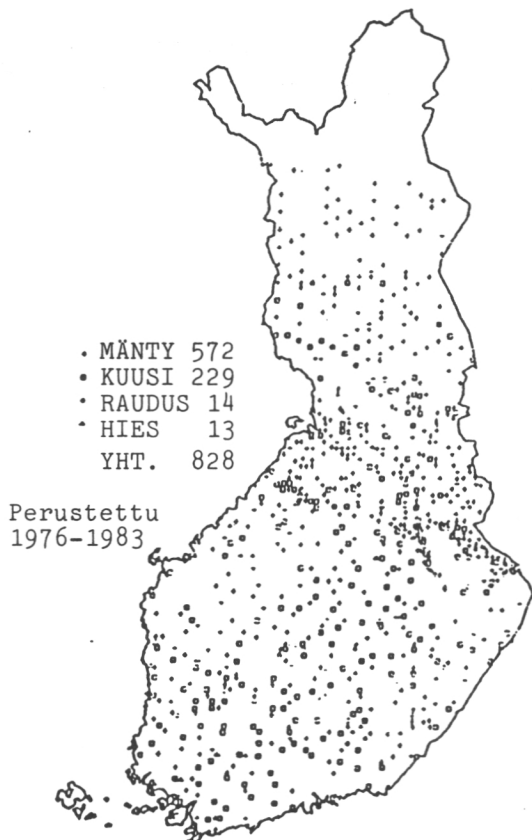
"Metsikön puustoa ja yksittäistä puuta koskevia kasvumalleja" Mieliäinen, K. 1987. Metsäntutkimuslaitos, Puuntuotoksen tutkimussuunta. Moniste.

"Suomalaisen puuntuotostutkimuksen menneisyys ja tulevaisuus" Vuokila, Y. 1983. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 89.

"Metsää kuvaavat mallit" Kangas, A., Korhonen, K., Maltamo, M., Päivinen, R. 1990. Joensuun yliopisto. Käsikirjoitus, julkaistaan 1990.

Liite 2. Esimerkkejä kasvumallien testaus- ja laadinta-aineistoista lähivuosina.

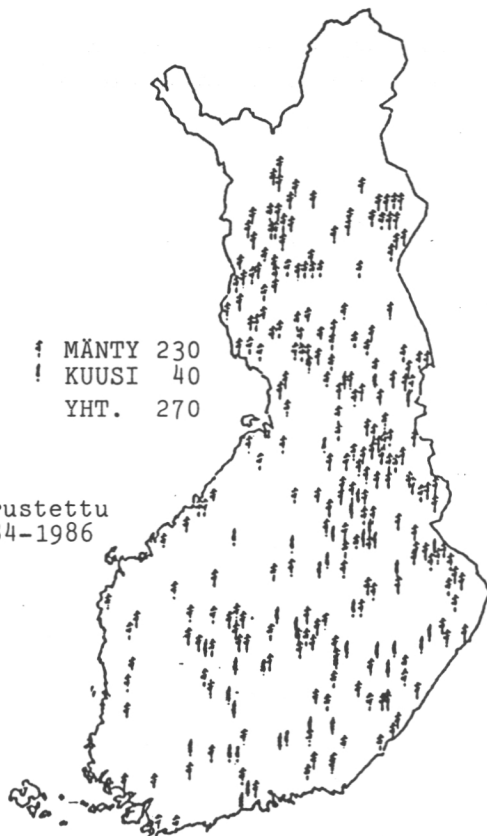
Metlan puuntuotoksen tutkimussuunnan VMI:n systeemiin perustetut pysyvät (INKA, TINKA ja SUOJA-INKA) kokeet.



• MÄNTY 572
• KUUSI 229
• RAUDUS 14
• HIES 13
YHT. 828

Perustettu
1976-1983

VMI:N SYSTEEMIIN PERUSTETUT
INKA-KOKEET



! MÄNTY 230
! KUUSI 40
YHT. 270

Perustettu
1984-1986

VMI:N SYSTEEMIIN PERUSTETUT
TINKA-KOKEET



MÄNTY 113

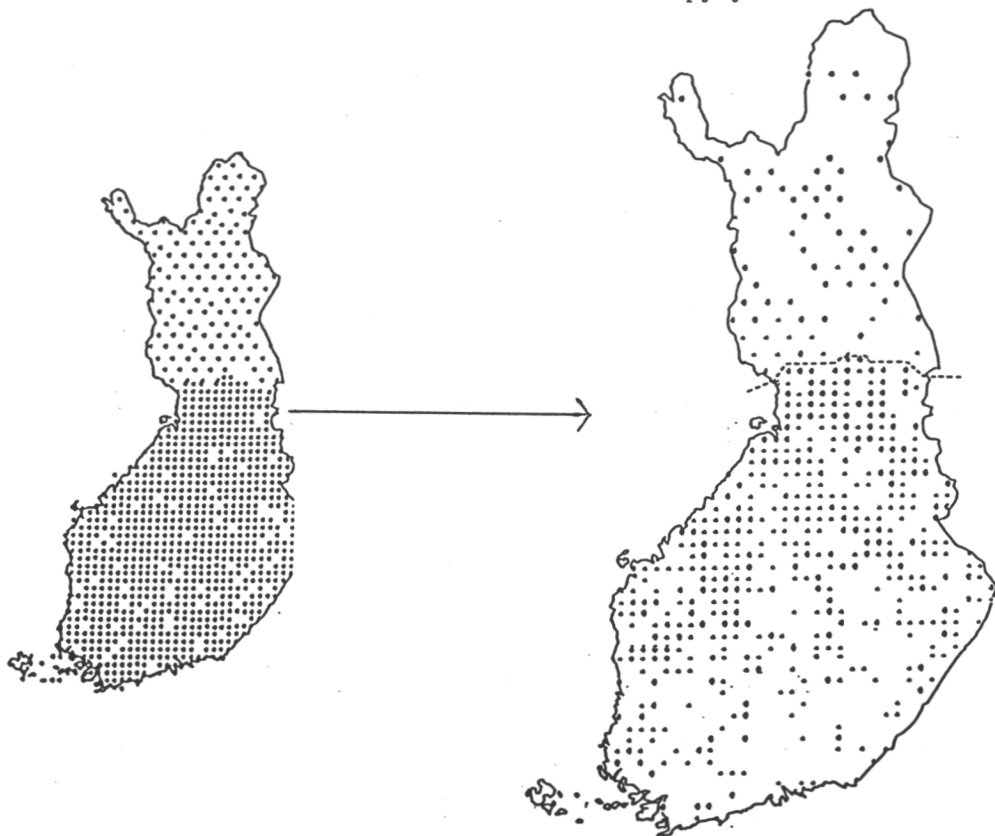
Suojametsäalueen kokeet
perustettu 1978-1980

Metsäntutkimuslaitoksen metsäinventoinnin tutkimussuunta:

Valtakunnallinen puututkimus (VAPU)
Tilanne: 70 koealasta kerätty n. 230
kaatokoepuun tarkat mittaustiedot
1988-1989
Tavoite: 800 koealaa koko maasta

Liite 2.

Metlan metsäninventoinnin tutkimussuunnan VMI8:n pysyvät koealat.



VMI8:n pysyvien koealojen lohkot. 3009_koealaa 1985-1986.

8. VMI:n pysyvät turvemaan täyskoealat, 0=luonnontilaiset (n=328), ▲ =ojitetut (n=570)

Metlan suontutkimusosaston turvemaiden pysyvät kasvukoealat Pohjois-Suomessa (SINKA). 648 koetta 1984-1988.



- a) Pohjois-Karjalan pysyvien koealojen tutkimusalue. Turvemaan täyskoealoista luonnontilaisia 43, ojitetuja 99.
- b) SINKA-tutkimuksen koealaverkko, ■ =mäntyvaltaiset (n=426), ▲ = kuusivaltaiset (n=59), * =hieskoivuvaltaiset (n=163)

METSIKÖN UUDISTAMISEN PÄÄTÖKSENTEKO

1. Metsikön uudistaminen päätöksentekotilanteena

Metsänuudistamisen päätöksenteossa pyritään löytämään se uudistamisen kokonaisuus, joka maksimoi päätöksentekijän metsiköstään saaman hyödyn. Hyödyn maksimoi se metsänuudistamisvaihtoehto, joka parhaiten toteuttaa päätöksentekijän metsäntuotannolle asettamat tavoitteet. Metsikön uudistamisen päätöksenteko voidaan jakaa kahteen osaprosessiin: metsikön uudistamisajankohdasta päättäminen ja uudistamisketjun valinta.

Uudistamisketju on tiettyyn uudistamisvaihtoehtoon liittyvien toisiaan seuraavien toimenpiteiden sarja (esim. Parviainen ym. 1985). Uudistamisketju-käsitteen toiminnalliselle ja ajalliselle kattavuudelle ei voida antaa mitään täsmällistä määrittystä. Usein sen katsotaan alkavan päätöksestä uudistaa metsikkö tai viimeisestä uudistamiseen tähtäävästä hakkuusta (esim. Kangas 1990). Parviainen ym. (1985) ulottivat uudistamisketjujen tarkastelun viiden metrin pituusvaiheeseen. Männyn osalta toinen vaihtoehto oli ensiharvennusvaihe.

Uudistamisajankohta päätetään periaatteessa metsälön metsätaloussuunnitelman teon yhteydessä; toisin sanoen strategisessa suunnittelussa. Yksityiskohtainen uudistamisketjun valinta joudutaan tekemään erillään metsätaloussuunnitelmasta. Uudistamisketjujen yksityiskohtainen vertailu vaatii metsätaloussuunnitelman yhteydessä kerättäviä tietoja tarkemman metsikön kuvauksen. Toisaalta jopa tuhansien metsiköittäisten vaihtoehtojen käsittely metsälön tuotannon optimointilaskelmassa ei ole kapasiteettisyyistä edes mahdollista nykyisin käytössä olevilla tietokoneilla ja ohjelmistoilla.

Operatiivisessa suunnittelussa tehtävillä päätöksillä - erityisesti metsikön uudistamistoimenpiteiden valinnalla - on myös pitkäaikaisia vaikutuksia. Siksi uudistamisketjun valinnan on toteutettava osaltaan myös pitkän ajan tavoitteita (Jacobsson 1986). Toisaalta uudistamisketjun valinnassa on kyettävä ottamaan huomioon lyhyen ajan tarkennetut tavoitteet sekä ne metsikkökohtaiset erityistoiveet, joita strategisen suunnittelun laskelmassa ei kyetä käsittelemään.

Metsänuudistamisessa vaikutetaan ratkaisevasti metsikön niin määrällisiin kuin laadullisiinkin tuotantomahdollisuuksiin. Esimerkiksi puulajin ja maankäsittelytavan valinta vaikuttavat paitsi välittömästi koituviin kustannuksiin myös tulevaisuudessa saataviin hakkuutuloihin ja muihin hyötyihin, kuten virkistysellisiin ja maisemallisiin nautintoihin. Siksi on tärkeää, että uudistamisketjun valinnassa otetaan huomioon kaikki mahdolliset päätöksenteon kriteerit, niin määrälliset kuin laadullisetkin.

Pelkästään kustannusten ja tulojen tarkastelu ei yleensä riitä, jos halutaan valita kaikki päätöksentekijän tavoitteet mahdollisimman hyvin täyttävä vaihtoehto. Useissa yhteyksissä on todettu myös muiden kuin rahamääreisten tavoitteiden vaikuttavan suomalaisten metsänomistajien päätöksentekoon (esim. Järveläinen ym. 1983, Virtanen 1987, Järveläinen 1988, Naskali 1989).

Muiden kuin rahamääreisten kriteereiden käsittely vertailulaskelmissa on vaikeaa. Keltikankaan (1971) mukaan operationaalisuuden vaatimuksiin sidottuun tavanomaiseen investointilaskelmaan ei voi sisällyttää läheskään kaikkia päätöksenteon perusteita. Kuitenkin niiden jättäminen vaille merkitystä päätöksenteossa johtaa todennäköisesti vääriin ratkaisuihin (Tietenberg 1984).

Parhaan mahdollisen valinnan kannalta ei ole myöskään yhdentekevää, miten päätöksentekijä suhtautuu riskiin ja epävarmuuteen. Riskin karttaja valitsee uudistamisketjun, joka varmuudella johtaa tietyt vähimmäisvaatimukset täyttävään taimikkoon. Riskin suosija puolestaan valitsee vaihtoehdon, joka nolllasta poikkeavalla, pienelläkin todennäköisyydellä tuottaa erittäin tuottoisan taimikon, vaikka epäonnistumisenkin mahdollisuus olisi olemassa. Riskineutraali taas valitsee sen uudistamisketjun, jonka todennäköisesti tuottama hyöty on suurin. Suurin ongelma riskien huomioon ottamisessa metsikön uudistamisketjun valinnassa on se, että vaihtoehtojen tulostodennäköisyysjakaumia ei tunneta.

Vaikka metsänuudistamisen biologisia perusteita on tutkittu laajalti (ks. Karjula ym. 1982, Kaunisto ja Päivänen 1985, Maltamo ym. 1989), uudistamisen kokonaistarkastelua on harjoitettu vasta viime vuosina (esim. Eriksson 1981, Parviainen ja Lappi 1983, Payandeh ja Field 1984, Parviainen ym. 1985, Ollonqvist 1987, Ollonqvist ja Oksanen 1988, Brand 1988, Kangas 1990). Tällöinkin tarkastelu on useimmiten jäänyt metsikkötason kustannus- tai nettotulolaskennaksi.

Muun metsälön tilan ja toimenpidevaihtoehtojen sekä sille asetettujen päämäärien ja päätöksentekijän muun talouden merkitys metsikön uudistamisketjun valintaan on jäänyt vaille huomiota. Samoin metsänuudistamiselle asetettävien erilaisten tavoitteiden ja muiden kuin rahassa mitattavien hyötyjen analysoiminen on ollut vähäistä.

2. Uudistamistavan valinnan kriteerit

2.1. Metsiköstä saatavan hyödyn maksimointi

Hyödyn maksimointi on usein metsätaloudellisessa laskennassa käsitetty pelkästään vakiokorkokannalla määritettyjen nettotulojen maksimoinniksi. Usein metsänomistajan tavoitteena onkin saada mahdollisimman suuret nettotulot metsälöstään. Kuitenkin metsäntuotannolle asetetaan monesti muitakin tavoitteita. Muut tavoitteet voivat liittyä esimerkiksi tulojen ajalliseen jakaumaan, työvoiman käyttöön, maisemallisiin näkökohtiin tai riistanhoitoon.

Metsikön uudistamisen päätöksenteko onkin tyyppillinen monitavoite-optimointiongelma. Hyöty koostuu monista, usein vaikeasti rinnastettavista seikoista. Kaikkien kriteereiden toteutumista ei suinkaan voi mitata suoraan rahassa, ja välillisestikin se voi olla vaikeaa. Esimerkiksi maisemallisten sekä virkistysarvojen mittaaminen ja rinnastaminen rahamääreisiin kriteereihin on vähintäänkin hankalaa.

Hyödyn maksimointi tulisi olla ohjenuorana myös metsänuudistamisketjun valinnassa. Jotta se onnistuisi, on ensinnäkin:

- a. tunnettava päätöksentekijän todelliset tavoitteet,
- b. tiedettävä eri tavoitteiden tärkeudet ja toimenpidevaihtoehtojen mieluisuudet ja
- c. tunnettava päätösvaihtoehdot kriteereiden vaatimine tietoineen.

Toisaalta on oltava käytössä laskentamenetelmä ja -ohjelmisto, joiden avulla:

- d. muotoillaan tavoitteet laskennallisesti käsiteltävään muotoon,
- e. kyetään rinnastamaan eri mittayksiköillä ja mahdollisesti eri mitta-asteikoilla kuvattavat tunnuksot ja
- f. voidaan eri päätöksentekotilanteet ja -tasot yhdistää toisiinsa (erityisesti metsälö- ja metsikkötaso).

Käytännössä päätöksentekijän on vaikea määrittää riittävän yksiselitteisesti ja täsmällisesti metsäntuotannolle asettamansa päämäärät. Tällöin on kohtien a. ja d. toteuttamiseksi kyettävä selvittämään jollakin kyselytekniikalla tms. metsänomistajan todelliset tavoitteet (ks. Tell 1976, Saaty 1982).

Käytännön metsätalouden suunnittelussa ei päätöksentekijöiden todellisia tavoitteita ole juurikaan selvitetty puhumattakaan niiden huomioon ottamisesta. Metsänomistajien ei voida kuitenkaan odottaa toteuttavan esimerkiksi metsänuudistamissuunnitelmien toimenpidesuosituksia, jos he eivät miellä niiden maksimoivan heidän omaa hyötyään.

Siihen, miksi päätöksentekijän hyödyn maksimoivia toimenpide-ehdotuksia ei metsäneuvonnassa kyetä antamaan, on monia syitä. Yksi keskeinen syy on menetelmien puute. Toistaiseksi käytettävissä olevat laskentamenetelmät eivät mahdollista kvantitatiivisten ja kvalitatiivisten tunnusten laskennallista rinnastamista. Samoin tavoitteiden joustavan asettamisen mahdollisuudet ovat huonot. Ehkäpä syynä on ollut sekin, että metsäammattimiehet luulevat tietävänsä metsänomistajan hyvän paremmin kuin omistajat itse.

22. Tulojen ja kustannusten tarkastelu

Kokonaisvaltaisessakin hyödyn määrittämisessä voidaan lähtökohdaksi ottaa rahamääräiset kriteerit. Markoista saatavaa hyötyä on kuitenkin tarkasteltava kolmesta näkökulmasta: suhteessa aikaan, suhteessa määrään ja suhteessa muihin metsiköstä saataviin hyötyihin.

Metsänomistajan kannalta ei useinkaan ole yhdentekevää, miten kustannukset ja tulot ajoittuvat. Eriaikaiset suoritukset saatetaan vertailukelpoisiksi korkolaskujen avulla (esim. Aho 1989). Rahan aika-arvon vuoksi tänään saatava markka on yleensä arvokkaampi kuin esimerkiksi kymmenen vuoden päästä saatava.

Erityisesti metsänuudistamisen päätöksenteossa rahan aika-arvolla on ratkaiseva merkitys, koska metsänuudistamisinvestoinnista saadaan tuloja vasta vuosikymmenien kuluttua. Metsätalouden korkolaskujen perusteita ovat pohtineet mm. Ahonen (1970) ja Keltikangas (1971) väitöskirjoissaan.

Rahan tuoma hyöty riippuu myös siitä, kuinka paljon rahaa on tienattu jo ennen tarkasteltavaa markkaa. Rahan rajahyöty tarkoittaa rahamäärän äärimmäisen pienen lisäyksen tuomaa hyödyn lisäystä. Yleisemmin puhutaan viimeksi saadun rahayksikön tuomasta hyödyn lisäyksestä, markan rajahyödyistä.

Normaalisti rahan rajahyöty on vähenevä: mitä enemmän saadaan tuloja, sitä pienempi on lisämarkasta saatava hyödynlisä. Metsätalouden laskelmissa oletetaan usein, että markkojen lukumäärä sinänsä kertoo suoraan markoista saatavan hyödyn; eli oletetaan, että rajahyöty on vakio.

Rajahyötytarkastelu on kytkettävä talousyksikön koko talouteen. Esimerkiksi yksittäisen metsikön uudistamisketjun valinnassa koituvat kustannukset ja saatavat tulot ovat vain osa kokonaistaloutta. Jos metsikön osuus koko talousyksikön taloudessa on pieni, voitaneen sen toimenpiteiden valinnassa olettaa markkojen osalta vakiorajahyöty. Tämä rajahyöty on määritettävä esimerkiksi metsälölkelman tietojen perusteella. Jos käytettävissä on lineaarisella optimoinnilla ratkaistu metsälölkelmä, voidaan rajahyöty johtaa duaaliratkaisusta saatavista varjohinnoista (esim. Baumol 1972, Perry ja Crellin 1982, Kilki 1985).

Vaikeinta on tarkastella markoista saatavaa hyötyä suhteessa muihin mahdollisesti saatavissa oleviin hyötyihin. Monia visaisia ongelmia on ratkaistava ennen kuin niin voidaan tehdä. Miten mitata eri tavoitteiden saavuttamisen tuomaa hyötyä? Miten eri seikkojen tuottamat hyödyt voidaan rinnastaa vaihtoehtojen vertailussa? Miten painotetaan eri tavoitteiden tärkeyksiä päätöksenteossa?

Markasta ja muista seikoista saatavien hyötyjen vertailulla on yhtymäkohtansa edelliseen tarkasteluun: mitä suuremmalla tulotasolla operoidaan suhteessa asetettuun vähimmäistulotavoitteeseen, sitä enemmän on varaa ottaa muut kuin rahamääräiset tavoitteet päätöksenteossa huomioon. Myös tämä tarkastelu on kytkettävä metsälötason laskelmiin. Toisaalta eri kriteereiden tärkeydet päätöksenteossa saattavat vaihdella metsiköittäin esimerkiksi metsikön sijainnin funktiona.

Muiden kuin rahamääräisten kriteereiden tuomien hyötyjen tarkastelu on ainakin osittain tehtävä metsikkötason laskelmissa. Ensinnäkin jo menetelmien puutteellisuus tämän tehtävän kannalta asettaa rajoituksensa metsälötason tarkasteluun. Toiseksi nykyisin käytännön tehtävissä käytettävissä olevilla tietokoneilla ja ohjelmistoilla ei kyetä kapasiteettisyyistä ratkaisemaan metsälön tuotannon optimointilaskelmaa, jos metsiköittäisiä vaihtoehtoja on - kuten uudistamisketjuvaihtoehtoja on - jopa tuhansia.

Käytännön rajoitusten takia yksityiskohtainen uudistamisketjujen vertailu on siis tehtävä metsikkötason tarkasteluna. Tällöinkin on silti syytä käyttää mahdollisuuksien mukaan metsälölkelman tietoja apuna eri seikoista saatavien hyötyjen määrittämisessä.

3. Näkymiä metsänuudistamisen neuvontaan

Metsänomistajan (päättökentekijän) hyödyn maksimoimisen ottaminen lähtökohdaksi metsänuudistamisen neuvonnassa edellyttää menetelmien kehittämistä erityisesti seuraaviin tehtäviin:

- a) tavoitteiden selville saaminen keskinäisine tärkeyksineen,
- b) tavoitteiden muotoileminen laskennallisesti käsiteltäviksi,
- c) eri mittayksiköillä kuvattavien tunnusten rinnastaminen ja
- d) metsälötasolla määritettyjen tavoitteiden ja muissa metsälön metsiköissä tehtyjen valintojen vaikutusten huomioon ottaminen metsikkötason yksityiskohtaisessa tarkastelussa.

Tehtävät on luettavissa päätöksentekotieteiden alaan. Osin ne ovat käyttäytymistieteellisiäkin. Kaikkiin edellä lueteltuihin tehtäviin voidaan hakea ratkaisua hyötyteoreettisen lähestymistavan kautta. Hyötyteoria on monitavoitteisen päätöksenteon teoriaa, joka tarjoaa keinoja erityisesti kohtien a), b) ja c) ratkaisemiseen (esim. Saaty 1982, Horsky ja Rao 1984). Kohtaa d) lienee hedelmällisintä lähestyä operaatiotutkimuksen keinoin; etenkin, jos rahamääräiset kriteerit pystytään käsittelemään riittävän kattavasti jo metsälölaskelmassa.

Toisaalta millään menetelmillä ei voida löytää optimiratkaisua, jos perustiedot vaihtoehtoista ovat puutteellisia. Toistaiseksi ei ole riittävästi tietoa luotettavien laskelmien pohjaksi esim. koivulle uudistamisen onnistumisesta (ks. Parviainen ym. 1989). Työtä riittää tehtäväksi paitsi menetelmien kehittämisessä myös perustietojen hankinnassa.

Riskiinsuhtautumistapojen huomioon ottaminen edellyttäisi menetelmien kehittämisen lisäksi tietoja uudistamisketjujen onnistumistodennäköisyysjakaumista. Jakaumien määrittäminen vaatisi aikaisempien empiiristen tutkimustulosten kokoamista, kenties aineistojen uudelleen käsittelyä ja uusia tutkimuksia.

Käytännön neuvontatyössä menetelmiltä vaaditaan niiden täsmällisyyden lisäksi mm. käytön helppoutta ja nopeutta sekä tulosten helppoa tulkittavuutta. On pystyttävä osoittamaan metsänomistajalle, että annettu suositus todella johtaa hänen kannaltaan toivottavaan tulokseen. Jos suositus poikkeaa parhaan rahassa mitattavan tuoton antavasta vaihtoehdosta, on pystyttävä näyttämään, paljonko taloudellista tappiota metsänomistaja kärsii valitessaan kyseisen vaihtoehdon.

Koska lopullisen päätöksen tekee aina metsänomistaja eikä suinkaan neuvoja, on metsänomistajalle esitettävä vaihtoehtoisia tapoja uudistaa metsikkö. Jokaisesta vaihtoehdosta on tällöin myös pystyttävä ilmoittamaan kaikkien päätöksenteon perusteena olevien tunnusten arvot tai poikkeamat laskennalliseen optimiratkaisuun.

Lopullinen päätöksentekijä kantaa myös vastuun päätöksensä toimeenpanosta ja seurauksista. Toisaalta vastuuta voidaan myös jakaa metsänomistajan ja työn toteuttajan - esimerkiksi metsänhoitoyhdistyksen - kesken vaikkapa ns. takuutyöjärjestelmän kautta. Tällöin töiden toteuttaja kantaa riskin uudistamisen mahdollisesta epäonnistumisesta, jos epäonnistuminen johtuu työvirheistä. Sitä vastaan peritään metsänomistajalta lisämaksu - riskilisiä tai ns. takuutyölisä.

Aina on kuitenkin muistettava, että käytettävän menetelmän tai ohjelmiston kehittäjä ei koskaan ole vastuussa annetuista neuvoista. Vastuu neuvoista on neuvojalla: edesvastuutonta olisi vedota vaikkapa ohjelmiston antamien tulosten 'tieteellisyteen'. Tutkijat vetäytyvät vastuusta viimeistään siinä vaiheessa, kun ohjelmisto luovutetaan käytännön metsäorganisaation käyttöön. Koska hyvän ohjelmiston eräs ominaisuus on sen muutettavuus kuhunkin tilanteeseen soveltuvaksi, hyvän ohjelmiston tekijä ei voi olla varma laskelmien perusteena käytettävien tietojen alkuperäisyydestä ja siten tulosten 'oikeellisuudesta'.

Niin nykyisiä kuin tulevaisuudenkin ohjelmistoja käytettäessä on edelleen muistettava, että laskelmissa käytettäviin ennusteisiin sisältyy paljon epävarmuustekijöitä. Voidaankin jossain vaiheessa havaita, että tehdyt laskelmat eivät pidä yhtä todellisuuden kanssa. Tällöin on oltava valmius tehdä laskelmat uudelleen muuttuneine lähtötietoineen ja muuttaa aikaisemmin tehtyä suunnitelmaa tilanteen vaatimalla tavalla. Vaikka metsänomistajilla edellytetäänkin ennen uudistamistoimenpiteitä tehtyä ja hyväksyttyä metsänuudistamissuunnitelmaa (Yksityismetsälaki 1967), ei ole perusteltua vaatia tämän alkuperäisen suunnitelman ehdotonta toteuttamista.

Metsälautakuntien ja metsänhoitoyhdisten metsäneuvojilla ei tällä hetkellä ole menetelmällisiä valmiuksia tehdä metsänuudistamissuunnitelmaa metsänomistajan hyöty johtotähtenä. Suunnitelma joudutaan tekemään lähinnä kaavamais-ten ohjeiden ja kokemuseräisen tiedon perusteella. Enintään voidaan tehdä kustannusvertailuja uudistamisketjujen kesken esim. VILJO-ohjelmistolla (Parviainen ym. 1985).

Menetelmien kehittäminen on tutkimuksen tehtävä. Joensuulainen metsäntutkijayhteisö onkin tarttunut toimeen yhteistyössä muiden metsänuudistamisen päätöksenteon tutkijoiden kanssa: jo lähivuosien aikana on odotettavissa tutkimustuloksia, jotka voivat olla pohjana metsänuudistamisen neuvontaohjelmistojen kehittämisessä tässä kirjoituksessa uumoiltuun suuntaan. Tulosten soveltaminen käytäntöön edellyttää käytännön metsäorganisaatioilta ensinnäkin kiinnostusta asiaan ja toisaalta myös panosta erityisesti ohjelmistojen teossa.

Kirjallisuus

- Aho, T. 1989. Investointilaskelmat. Weilin & Göös. 317 s.
- Ahonen, L. 1970. Diskonttausarvo metsän hinnoitusinformaationa. Referat: Der Diskontierungswert als Information für die Preisschätzung des Waldes. Acta Forestalia Fennica 105: 1-81.
- Baumol, W. J. 1972. Economic Theory and Operations Research. Prentice-Hall International. London. 626 s.
- Brand, D. G. 1988. A systematic approach to assess forest regeneration. Forestry Chronicle 64: 414-420.
- Buongiorno, J. L. & Gilles, J. K. 1987. Forest Management and Economics. Macmillan Publishing Company. New York. 281 s.
- Eriksson, L. 1981. En modell för konsekvensberäkning och analys av skogsskötselprogram. Sveriges Lantbruksuniversitet. Institutionen för skogsteknik. Rapport nr 138: 1-73.
- Horsky, D. & Rao, M. R. 1984. Estimation of Attribute Weights from Preference Comparisons. Management Science 30(7): 801-821.
- Jacobsson, J. 1986. Optimization and data requirements - A forest management planning problem. Sveriges Lantbruksuniversitet. Avdelning för Skogsuppskattning och Skogsindelning. Umeå. 143 s.
- Järveläinen, V.-P. 1988. Yksityismetsätalouden rakennemuutos ja puun tarjonnan kehitys. Pellervon taloudellinen tutkimuslaitos. Katsaus 2/1988: 6-12.
- Järveläinen, V.-P., Riihinen, P. & Vesikallio, H. 1983. Kaupunkilaismetsänomistajan muotokuva. Helsingin Yliopiston kansantaloudellisen metsäekonomian laitoksen tiedonantoja n:o 6. 31 s.

- Kangas, J. 1990. Metsikön uudistamisketjun valinta - hyötyteoreettinen tarkastelu. Metsätalouden suunnittelun lisensiaatintutkimus. Joensuun yliopisto. Metsätieteellinen tiedekunta. 122 s.
- Karjula, M., Kaila, S., Parviainen, J., Päivänen, J. & Räsänen, P. K. 1982. Metsänviljelyn vaihtoehtojen valintaperusteet kivennäismailla. Kirjallisuustarkastelu. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 56: 1-103. Joensuun tutkimusasema.
- Kaunisto, S. & Päivänen, J. 1985. Metsänuudistaminen ja metsittäminen ojitetuilla turvemaidella. Kirjallisuuteen perustuva tarkastelu. Folia Forestalia 625: 1-75.
- Keltikangas, M. 1971. Time Factor and Investment Calculations in Timber Growing. Theoretical Fundamentals. Seloste: Aikatekijä ja investointilaskelmat puunkasvatuksessa. Teoreettisia perusteita. Acta Forestalia Fennica 120: 1-68.
- Kilki, P. 1985. Timber Management Planning. Silva Carelica 5: 1-160. Joensuun yliopisto. Metsätieteellinen tiedekunta.
- Maltamo, M., Kangas, J. & Tolonen, R. 1989. Vesakon alkukehitys ja sen vaikutus taimikkoon. Kirjallisuustarkastelu. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 343: 1-65. Joensuun tutkimusasema.
- Naskali, A. 1989. Metsän hinnoittelemattomien hyötyjen arvottaminen. Julkaisussa: Metsästä markkinoille. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 330: 46-62. Metsäekonomian tutkimusosasto.
- Ollonqvist, P. 1987. The objectives in the choice of the forest regeneration alternative. Proceedings of the biennial meeting of the Scandinavian Society of Forest Economics. Scandinavian Forest Economics 29: 135-150.
- Ollonqvist, P. & Oksanen, L. 1988. Päätös metsikön uudistamisesta. Julkaisussa: Metsä, yritys ja yhteiskunta. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 288: 83-105. Metsäekonomian tutkimusosasto.
- Parviainen, J., Kangas, J. & Knuutinen, P. 1989. Kolmevuotiaiden istutusrauduskoivikoiden alkukehitys Itä-Savossa. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 332: 1-48. Joensuun tutkimusasema.
- Parviainen, J. & Lappi, J. 1983. Laskentamalli metsänviljelyketjujen vertailemiseksi. Summary: A calculation model for the comparison of artificial forest regeneration chains. Folia Forestalia 549: 1-24.
- Parviainen, J., Sokkanen, S. & Ruotsalainen, M. 1985. Metsän uudistamisen vaihtoehtoja vertaileva laskentaohjelma 'VILJO'. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 179: 1-93. Joensuun tutkimusasema.
- Payandeh, B. & Field, J. E. 1984. FIDME: Forestry Investment Decisions Made It Easy. Information Report 0-X-364:1-26. Great Lakes Forest Research Centre.
- Perry, C. & Crellin K. C. 1982. A Precise meaning of a shadow price. Interfaces 12(2): 61-63.
- Saaty, T. L. 1982. Decision Making for Leaders. Lifetime Learning Publications. Belmont. 291 s.
- Tell, B. 1976. A Comparative Study of Some Multiple-Criteria Methods. The Economic research Institute at the Stockholm School of Economics. 203 s.
- Tietenberg, T. H. 1984. Environmental and Natural Resource Economics. Scott, Foresman and Company. New York. 482 s.
- Virtanen, P. 1987. The many values of forests. Proceedings of the biennial meeting of the Scandinavian Society of Forest Economics. Scandinavian Forest Economics 29: 57-67.
- Yksityismetsälaki. 1967. Annettu Helsingissä 15.9.1967/412. Suomen säädös-kokoelma.

Jyrki Kangas

METSIEN MONIKÄYTÖN SUUNNITTELU - PERUSTEITA JA EDELLYTYKSIÄ

1. Metsien monikäytön suunnittelun lähtökohdat

Metsien monikäyttö on metsätaloutta, missä metsiä käytetään useampaan kuin yhteen tarkoitukseen (esim. Saastamoinen 1982). Niinpä monikäytön suunnittelu onkin monitavoitteista metsätalouden suunnittelua.

Metsätalouden suunnittelussa on viime vuosikymmeninä ollut yleensä lähestulkoon pelkästään puuntuotannolliset tavoitteet. Puuntuotannon suunnittelu on kuitenkin vain osa koko metsätalouden suunnittelua. Periaatteessa vastaavia osia ovat mm. maisemansuunnittelu, riistanhoidon suunnittelu, virkistyskäytön suunnittelu, jne. Monikäytön suunnittelussa nämä osat nivotaan yhdeksi kokonaisuudeksi. Näin saatua tulosta voitaisiin kutsua vaikkapa metsäsuunnitelmaksi.

Englannin kielessä termi metsien monikäytön suunnittelu (multiple use planning, multiple use management) onkin korvattu termillä, joka voitaisiin kääntää integroiduksi metsätalouden suunnitteluksi (integrated forest management) (esim. Kreuzwiser ja Wright 1990). Vapaasti muunneltuna voitaisiin puhua metsätalouden kokonaissuunnittelusta, tai lyhyemmin metsäsuunnittelusta. Tällöin suunnittelu voisi sisältää myös mm. vesien ja geologisten muodostumien suojelun ja muita sellaisia näkökohtia, joita ei lueta varsinaisesti metsätalouteen kuuluviksi. Tässä esityksessä puhutaan vielä selvyyden vuoksi monikäytön suunnittelusta.

Metsien monikäytön suunnittelun tavoite on eri käyttömuotojen yhteensovittaminen siten, että metsistä saatava hyöty maksimoituu. Kokonaisuhyödyn koostumista voidaan tarkastella monesta näkökulmasta. Ongelman ratkaisu esimerkiksi globaaliselta tai yhteiskunnan kannalta on todennäköisesti toisenlainen kuin yksittäisen metsänomistajan kannalta.

Kaikille tarkastelukulmille on yhteistä se, että muiden kuin puuntuotannollisten tavoitteiden saama paino päätöksenteossa on viime aikoina lisääntynyt ja lisääntyy edelleen. Paitsi yleismaailmallisesti ja yhteiskunnallisesti, myös yksittäisten metsänomistajien tavoitteissa muut kuin rahamääräiset seikat korostuvat yhä enemmän (esim. Virtanen 1987, Järveläinen 1988, Sandström 1989). Metsä 2000 -ohjelma (Talousneuvosto 1985, metsien monimaikäytön työryhmän raportti) esittääkin riittävää tutkimuspanosta siihen, miten monikäytön näkökohdat saataisiin kytketyksi käytännön suunnitteluun niin metsälö-, metsäalue- kuin valtakunnallisellakin tasolla.

Metsien monikäyttöisten näkökohtien saama huomio ei ole mitään hetken huumaa. Riistalla, marjoilla ja sienillä on ollut taloudellinen merkityksensä kautta aikojen. Myös metsien esteettiset arvot todettiin varhain. Metsähallituksen ohjesääntö esimerkiksi määräsi jo vuonna 1859 hoitoalueen tehtäväksi "toimittaa maakunnassa harjoitettavan metsänhoidon taiteellista johdatusta ja peräänkatsantoa" (Helander 1949).

Suomessa jo lainsäädäntö turvaa monin tavoin myös muiden kuin puuntuotannollisten hyötyjen saamisen metsistä. Esimerkiksi yksityismetsälaki kieltää metsän hävittämisen (yksityismetsälaki 1967), ja ns. jokamiehen oikeuksia turvataan monissa laeissa, joskin nämä yleiskäyttöoikeudet perustuvat kirjoitettuun lakiin vain osittain (Kempainen 1985). Laki metsähallinnosta velvoittaa metsähallituksen ottamaan huomioon puun tuotannon ohella metsän muut käyttömuodot (laki metsähallinnosta 1987). Myös monet muut lait sisältävät metsän käyttöä koskevia määräyksiä.

Monikäyttölliset näkökohdat mielletään usein metsän käsittelyn rajoitteiksi, joiden huomioon ottaminen aiheuttaa päätöksentekijälle tappiota. Kuitenkin ne tuottavat päätöksentekijälle usein yhtä lailla hyötyä kuin puuntuotantokin. Ne olisivat otettava metsätalouden suunnittelussa tasavertaiseen asemaan puuntuotannollisten tavoitteiden kanssa.

Metsäntuotannolle asetettavat tavoitteet vaihtelevat metsänomistajittain (esim. Järveläinen 1988, Kangas 1990). Yksityismetsienkin suunnittelu kaipaakin menetelmiä, joilla eri käyttömuotojen keskinäiset tärkeydet ja niiden vaihtelut voitaisiin ottaa toimenpidesuosituksissa huomioon, puhumattakaan valtion metsien suunnittelusta.

Valtion metsien osalta omat ongelmansa tuo useilta tahoilta tulevat erilaiset paineet metsien käsittelyyn. Metsähallituksen päätöksenteon pitäisi periaatteessa kuvastaa koko kansan tahtoa. Metsä 2000 -ohjelma (Talousneuvosto 1985, metsien moninaiskäytön työryhmän raportti) esittääkin harkittavaksi eri käyttäjäryhmiä edustavien tahojen ja metsätalouden organisaatioiden yhteistyön kehittämistä suuralueiden suunnittelussa.

2. Metsien käyttömuotojen suhteet ja arvottaminen

Metsä 2000 -ohjelma (Talousneuvosto 1985, metsien moninaiskäytön työryhmän raportti) jakaa metsien muut käyttömuodot kuin puuntuotannon viiteen ryhmään: metsien sivutuotteet, virkistyskäyttö, luonnonsuojelu, metsien käyttö opetukseen ja tutkimukseen sekä metsien suojavaikutukset. Sivutuotteita antavat sienet ja marjojen poiminta sekä metsästys ja porotalous; muista sivutuotteista ohjelmassa mainitaan koristejäkäli, kävyt, joulukuuset, juhannuskoivut ja lehtikerput. Virkistyskäyttö puolestaan määritellään metsien käytöksi vapaa-ajan viettoon.

Eri käyttömuodot voivat olla toisensa poissulkevia, toisistaan riippumattomia, kilpailevia tai toisiaan täydentäviä. Käyttömuotojen keskinäiset suhteet määräävät sen, miten eri käyttömuodot voivat toteutua tietyllä metsäalueella. Päällekkäiskäytössä eri käyttömuotoja voidaan harjoittaa samalla alueella. Jos mahdollisuudet eri käyttömuotojen harjoittamiseen samalla alueella vaihtuvat ajassa, voidaan puhua peräkkäiskäytöstä. Rinnakkaiskäytössä eri käyttömuotoja on toteutettava eri alueilla tai osa-alueilla. Saastamoinen (1982) käsitteli väitöskirjassaan ansiokkaasti eri käyttömuotojen keskinäisiä suhteita ja monikäytön ekonomiaa muutenkin.

Eri käyttömuodoin metsistä saatavat hyödykkeet voidaan jakaa aineellisiin ja aineettomiin hyödykkeisiin. Aineellisia ovat mm. puu, marjat, sienet ja riista. Aineettomista hyödykkeistä mainittakoon esimerkiksi suojavaikutukset ja ulkoiluympäristö. Hyödykkeet voidaan luokitella myös sen mukaan, missä

niiden loppukäyttö tapahtuu. Aineellisten tuotteiden hyödyntäminen edellyttää yleensä niiden poiskuljettamista. Sen sijaan aineettomat palvelut nautitaan pääasiassa alueella, minne käyttäjä saapuu. Toisaalta esimerkiksi maisemallisia nautintoja voidaan saada vaikkapa television tai valokuvien välityksellä. Toisinaan myös pelkkä tieto käyttömahdollisuuden olemassaolosta saattaa antaa hyvän mielen.

Olivatpa eri käyttömuotojen tuotteet ja keskinäiset suhteet mitkä tahansa, käyttömuotojen kesken joudutaan lähes aina tekemään valintoja. Valintojen tekemiseksi eri vaihtoehtojen tuomia hyötyjä on verrattava keskenään, mitä varten vaihtoehdot on tavalla tai toisella arvotettava. Tällöin voidaan puhua taloudellisesta tarkastelusta, olivatpa arvottamisen yksiköt mitkä tahansa.

Vertailun keskeiset ongelmat ovat eri käyttömuotojen tuomien hyötyjen mittaaminen ja hyötyjen saattaminen yhteismitallisiksi. Aineellisten tuotteiden arvottaminen on yleensä mahdollista markkinahintojen avulla. Sen sijaan virkistysarvojen, suojavaikutusten ja luonnonsuojelun tuomien hyötyjen mittaaminen on hankalaa. Toisaalta markkinahinta ei aina kuvaa kaikkea aineellistenkaan hyödykkeiden tuomaa hyötyä. Esimerkiksi marjojen ostaminen torilta olisi monesti halvempaa kuin niiden itse poimiminen, mutta silti ne saatetaan poimia itse.

Palvelujen arvottamista markkinahintojen sijasta muilla tavoilla on tutkittu runsaasti (ks. Gregory 1987, Naskali 1990). Monet menetelmät perustuvat ihmisten halukkuuteen maksaa palveluista. Esimerkiksi ulkoilu- ja virkistyshyötyjen arvottamiseen on käytetty ns. matkakustannusmenetelmää, missä selvitetään kyseisen palvelun kysyntäkäyrä kustannusten funktiona. Kysyntäkäyrän avulla voidaan määrittää palvelun sosiaalinen arvo. Sen avulla voidaan myös esimerkiksi arvioida, mikä vaikutus pääsymaksun perimisellä olisi käytön määrään.

Metsien tarjoamien tuotteiden ja palveluiden arvot vaihtelevat tarkastelukulmitain. On eri asia esimerkiksi arvioida yksityisomistuksessa olevan metsäalueen virkistysarvoa metsänomistajan kuin jokamiehen oikeuksien käyttäjän kannalta. Valtion metsien suunnittelussa ratkaisevat yhteiskunnalliset arvot, mutta yksityismetsänomistajan omien metsien käytön päätöksenteko perustuu periaatteessa vain ja ainoastaan omistajan omiin tavoitteisiin.

Vaikka päätöksenteko perustuisikin vain päätöksentekijän itsensä arvostukseen, perusteiden selvittämisessä ja huomioon ottamisessa on silti ongelmia. Harvoilla metsänomistajilla on vain puuntuotannollisia päämääriä. Eri mittayksiköin arvioitavat hyödyt olisi jotenkin kyettävä rinnastamaan parhaan vaihtoehdon valitsemiseksi.

Yleistä, aukotonta tapaa eri käyttömuotojen vertailemiseksi ei ole esitetty. Sen sijaan eri tapojen sovellutuksia tiettyjen päätöksentekotilanteiden ratkaisemiseen on kehitetty lukuisia määriä.

3. Hyötyteoria monikäytön suunnittelussa

Hyötyteoreettinen lähestymistapa näyttää lupaavalta metsien monikäytön suunnittelumenetelmien kehittämisen kannalta. Hyötyteoreettisessa lähestymistavassa kaikki hyötyyn - ja siten päätöksentekoon - vaikuttavat seikat pyritään ottamaan huomioon päätösvaihtoehtoja arvotettaessa. Päätöksenteon perusteet

tiivistetään matemaattiseksi lausekkeeksi, hyötyfunktioiksi, jonka avulla mitataan päätösvaihtoehtojen tuomaa hyötyä päätöksentekijälle. Se vaihtoehto, jonka tuoma hyöty on suurin, valitaan.

Hyötyteoria on monitavoitteisen päätöksenteon teoriaa, joka tarjoaa keinoja myös muiden kuin taloudellisten tavoitteiden numeeriseen käsittelyyn monitavoiteoptimointitehtävässä. Keskeinen ongelmahan monikäytön suunnittelussa on nimenomaan eri mittayksiköihin ja -asteikoin mitattavien muuttujien rinnastaminen keskenään. Toinen keskeinen ongelma, eri tavoitteiden täyttymisen mittaaminen vaihtoehdottain, jää kuitenkin edelleen jäljelle. Muiden lähestymistapojen voidaan katsoa olevan hyötyteorian erikoistapauksia, esimerkiksi nettotulojen nykyarvolaskenta on hyödyn määrittämistä, missä hyödyn oletetaan koostuvan pelkästään eri ajankohtien nettotuloista.

Toistaiseksi hyötyteorian metsätaloudellisia sovellutuksia on esitetty lähinnä yksityismetsänomistajien metsätalouden suunnitteluun (Harrison ja Rosenthal 1986, Hyberg 1987, Shakya ym. 1989, Kangas 1990). Muilla talouden aloilla on esitetty jo runsaasti hyötyteorian sovellutuksia mitä erilaisimpiin päätöksentekotilanteisiin (ks. Tell 1976).

Hyberg (1987) esitti nettotulot ja esteettiset arvot sisältävän metsänomistajan hyötyfunktion estimoimis- ja käyttömenetelmän hakkuupäätöstä tehtäessä. Nettotulot ilmaistiin dollareissa ja esteettiset arvot asteikolla nolasta yhteen. Esteettiset arvot määritettiin metsikön pohjapinta-alan funktiona kaavalla, joka muotoiltiin metsänomistajalle tehtyjen muutaman kysymyksen perusteella. Myös nettotuloista saatavan hyödyn kuvaamiseen käytettiin asteikkoa nolasta yhteen. Erään metsänomistajan hyötyfunktioiksi Hyberg sai

$$U(a,b) = K_e U_e(a) + K_d U_d(b) + K_{ed} U_e(a) U_d(b) \\ = 0,594 U_e(a) + 0,99 U_d(b) - 0,584 U_e(a) U_d(b)$$

missä

$U(a,b)$ on kokonaishyöty, kun pohjapinta-ala on a % tämänhetkisestä pohjapinta-alasta ja nettotuloja saadaan b dollaria,

$U_e(a)$ on esteettisten arvojen tuoma hyöty, kun pohjapinta-ala on a % tämänhetkisestä pohjapinta-alasta,

$U_d(b)$ on nettotulojen tuoma hyöty, kun nettotuloja saadaan b dollaria, K_e , K_d ja K_{ed} ovat parametreja, jotka kertovat hyötyfunktion muuttujien tärkeudet päätöksenteossa.

Harrison ja Rosenthal (1986) konstruivat useampia päätöksenteon perusteita sisältävän hyötyfunktion. Siinä muuttujina olivat puuntuotannon nettotulojen nykyarvo, virkistysarvot ja kuuden eri villieläimen potentiaalisten populaatioiden suuruudet. Muut kuin nettotulojen nykyarvo määritettiin asiantuntijoiden laatimien tuotantofunktioiden avulla. Eri kriteereiden tärkeyttä kuvaavat hyötyfunktion parametrit estimoitiin metsänomistajan näkemysten pohjalta.

Kangas (1990) esitti hyötyteoreettiseen lähestymistapaan perustuvan menetelmän metsikön uudistamisketjun valintaan. Hän vältti ei-rahamääreisten muuttujien mittaamisongelman määrittämällä niiden tuoman hyödyn eri valintavaihtoehtojen kokonaisvaltaisten mieluisuuksien perusteella. Mieluisuuksien selville saamiseksi metsänomistaja teki parittaiset vertailut valintavaihtoehtojen, esim. eri puulajien ja muokkausmenetelmien, kesken. Parittaisten vertailujen perusteella muotoiltiin hyötyfunktioita, joita käytettiin metsänuudistamisketjujen ei-rahamääreisten arvojen määrittämiseen.

Kun sekä markoista saatavaa hyötyä kuvaava että ei-rahamääreisten kriteereiden hyötyfunktio sisältävä kokonaisyötyymalli oli tiedossa, voitiin uudistamisketjut asettaa paremmuusjärjestykseen. Samoin oli mahdollista esimerkiksi selvittää paljonko metsänomistaja oli valmis tinkimään nettotuloistaan voidakseen valita mieluisamman puulajin tai torjuntakeinon suuremman nettotulojen nykyarvon antavan sijasta. Esimerkkilaskelman metsänomistaja oli valmis kärsimään tappiota lähes 300 markkaa/hehtaari valitakseen kuusen sijasta koivun pihan välittömässä läheisyydessä olevaan metsikköön.

Käytännön monikäytön suunnitteluun käyvää yleistä hyötyteoriaan perustuvaa menetelmää ei vielä ole kyetty kehittämään. Julkaistut menetelmät ovat toistaiseksi olleet tiettyihin päätöksentekotilanteisiin erityisesti räätälöityjä sovellutuksia. Toisaalta yleisiä painoarvoja eri tavoitteille on helppo asettaa. Niiden käyttäminen todellisessa vaihtoehtojen vertailussa on kuitenkin ongelmallista.

4. Metsien monikäytön suunnittelun näkymiä

Monikäytön suunnitteluun on selvästi tarvetta sekä valtion, yhteisöjen että yksityisten omistamissa metsissä. Suurimmat esteet monikäyttösuunnitelmien teon lisäämiselle lienevät laskentamenetelmien ja -ohjelmistojen sekä vaihtoehtojen täsmällisten arvottamiskeinojen puute.

Monikäyttösuunnitelmat on toistaiseksi koostettu lähinnä suunnittelijoiden näkemysten ja kokemusten pohjalta ilman käyttömuotojen numeerista vertailua ns. kuvailevin menetelmin (esim. Hallikainen 1990). Erityisesti metsähallituksen maille on tehty suunnitelmia kuvailevin menetelmin.

Toisaalta joitakin monikäytön suunnitteluongelmia varten on jo käytettävissä ohjelmistoja. Esimerkiksi Pukkala (1988) kehitti puuntuotannon ja maisemanhoidon yhteissuunnitteluun tietokoneohjelmiston, jota on käytetty mm. metsäylioppilaiden opetukseen Joensuun yliopistossa. Ehkä monipuolisin monikäytön suunnittelusysteemi on Yhdysvalloissa erityisesti opetuskäyttöön kehitetty TEAMS-ohjelmisto (Wood ym. 1989), missä myös karttatiedot kyetään yhdistämään päätöksenteon tukijärjestelmään.

Edellä mainitutkaan ohjelmistot eivät kuitenkaan ole valmiita käytännön mitä moninaisimpiin suunnittelutehtäviin. Käytettävän menetelmän ja ohjelmiston pitää pystyä käsittelemään hyvin erilaisia tavoitekombinaatioita ja koostamaan kunkin tavoiteyhdistelmän toteutumisen optimoivan monikäyttösuunnitelman.

Koska metsikön ominaisuuksilla suhteessa lähiympäristöön sekä sijainnilla on monesti ratkaiseva vaikutus eri tavoitteiden saamaan painoon metsikön käsittelyn päätöksenteossa, on karttatiedon numeerinen hallinta lähestulkoon ehdoton edellytys käytännön monikäytön suunnittelujärjestelmälle. Myös tiedonkeruun on monipuolistuttava nykyisestään, jotta monikäytölliset näkökohdat voitaisiin kattavasti ottaa huomioon laskelmissa. Tiedonkeruussa tulisi pyrkiä edelleen mahdollisimman täsmällisiin ja objektiivisiin mittauksiin ja tunnuksiin. Toisaalta suhdeasteikkomuuttujin ei ehkä koskaan kyetä mittaamaan kaikkea tarpeellista tietoa metsästä, vaan joudutaan tyytymään enemmän tai vähemmän kuvailevaan informaatioon.

Monikäyttösuunnitelmia ei voi tehdä liukuhihnatuotantona joidenkin ohjeistojen ja sapluunoiden pohjalta. Päätöksentekijöiden (tai päätökseen vaikuttavien sidosryhmien) suuresti vaihtelevat tavoitteet on ensinnäkin kyettävä selvittämään, toisekseen saattamaan laskennalliseen muotoon ja lopulta ottamaan suunnitelman tekemisessä huomioon. Tämä tietenkin johtaa suunnittelukustannusten nousuun verrattuna nykyaikaiseen puuntuotannon suunnitteluun.

Jotta monikäyttösuunnitelmalla - niinkuin millä tahansa suunnitelmalla - olisi käyttäjälleen arvoa, sen on palveltava hänen tavoitteitaan ja näkemyksiään. Olivatpa tavoitteet ja niiden perusteet mitkä tahansa, niitä on suunnitelman laatijan kunnioitettava. Esimerkiksi Nurmi (1978) on määritellyt kaiken tietoisesti tavoitteellisen toiminnan rationaaliseksi, olivatpa tavoitteet mitkä tahansa.

Kirjallisuus

- Gregory, G. R. 1987. *Resource Economics for Foresters*. John Wiley & Sons. New York. 477 s.
- Hallikainen, V. 1990. Talousmetsien monikäytön suunnittelun perusteita. Luentomoniste. Joensuun yliopisto. Metsätieteellinen tiedekunta. 17 s.
- Harrison, T. P. & Rosenthal, R. E. 1986. A Multiobjective Optimization Approach for Scheduling Timber Harvests on Nonindustrial Private Forest Lands. *TIMS Studies in the Management Sciences* 21:269-283.
- Helander, A. B. 1949. Suomen metsätalouden historia. WSOY. Porvoo. 546 s.
- Hyberg, B. T. 1987. Multiattribute Decision Theory and Forest Management: A Discussion and Application. *Forest Science* 33(4):835-845.
- Järveläinen, V.-P. 1988. Yksityismetsätalouden rakennemuutos ja puun tarjonnan kehitys. Pellervon taloudellinen tutkimuslaitos. Katsaus 2/1988:6-12
- Kangas, J. 1990. Metsikön uudistamisketjun valinta -hyötyteoreettinen tarkastelu. Metsätalouden suunnittelun lisensiaatintutkimus. Joensuun yliopisto. Metsätieteellinen tiedekunta. 122 s.
- Kemppinen, K. 1985. Lakitiedon pikkujättiläinen. WSOY. Porvoo. 1161 s.
- Kreutzwiser, R. D. & Wright, C. S. 1990. Factors Influencing Integrated Forest Management on Private Industrial Forest Land. *Journal of Environmental Management* 30(1):31-46.
- Laki metsähallinnosta. 1987. Annettu Helsingissä 13.2.1987. Suomen säädös-kokoelma.
- Naskali, A. 1989. Metsän hinnoittelemattomien hyötyjen arvottaminen. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 330:46-62.
- Nurmi, H. 1978. Johdatus päätös- ja peliteoriaan. Gaudeamus. Helsinki. 184 s.
- Pukkala, T. 1988. Monikäytön suunnitteluohjelmisto Monsu. Ohjelmiston toiminta ja käyttö. Moniste. 40 s.
- Saastamoinen, O. 1982. Economics of multiple-use forestry in the Saariselkä forest and fell area. Seloste: Metsien moninaiskäytön ekonomiaa Saariselän metsä- ja tunturialueella. *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 104:1-102.
- Sandström, E. 1989. Challenges for the economists on multiple use of forests - Our perspective. *Scandinavian Forest Economics* 30:13-27.
- Shakya, K. M., Leuschner, W. A. & Hoganson, H. M. 1989. Applying Multiple Objective Planning in Developing Nations: A Practical Approach. *Journal of World Forest Resource Management* 4(1):47-59.

- Talousneuvosto. 1985. Metsien monikäytön työryhmän raportti. Metsä 2000 ohjelmajaosto. Helsinki. 59 s.
- Tell, B. 1976. A Comparative Study of Some Multiple-Criteria Methods. The Economic Research Institute at the Stockholm School of Economics. 203 s.
- Virtanen, P. 1987. The many values of forests. Scandinavian Forest Economics 29:57-67.
- Wood, D. B., Fox, B. E. & Covington, W. W. 1989. Computer-Based Approach for Teaching Multiresource Management. Journal of Forestry 87(11)11-16.
- Yksityismetsälaki. 1967. Annettu Helsingissä 15.9.1967/412. Suomen säädös-kokoelma.

Kari T. Korhonen

METSÄTIEDON HANKINTA SUUNNITTELUA VARTEN

Metsätalouden suunnittelua tehdään Suomessa useilla tahoilla. Metsäntutkimuslaitos mittaa otantainventoinneilla koko valtakunnan metsiä ja laskee valtakunnallisia ja metsälautakunnittaisia hakkuusuunnitteita. Metsähallitus ja metsäyhtiöt inventoivat omia metsiään useimmiten kuvioittaisella arvioinnilla ja suunnittelevat mittausten pohjalta metsiensä käyttöä. Yksityisten metsänomistajien metsien arviointia ja suunnittelua tekevät metsälautakunnat. Tässä esityksessä tarkastellaan metsätiedon hankintaa suurmetsänomistajien ja metsälautakuntien kannalta.

Sekä omien metsiensä käyttöä suunnittelevat yhtiöt ja metsähallitus että yksityismetsien suunnittelusta vastaavat metsälautakunnat ovat olleet jo jonkin aikaa vaiheessa, jossa pääosa suunniteltavista alueista on jo ainakin kertaalleen arvioitu ja tiedot talletettu tietokantoihin. Ongelmana on tietokantojen sisällön tarkentaminen ja ajantasalla pitäminen.

Metsästä mitatussa tiedossa olevat virheet aiheuttavat kustannuksia seuraavista syistä:

- 1) käsittelyn tarpeessa olevat kuvat jäävät käsittelemättä, jolloin metsän tuotantomahdollisuuksia ei käytetä tehokkaasti hyväksi,
- 2) hakkuumahdollisuuksien väärin arvioinnista seuraa, ettei pääomaa ole sijoitettu sinne, missä se tuottaa parhaiten,
- 3) työvoiman ja muiden tuotantotekijöiden käytön suunnittelu hankaloituu.

Suunnittelijaa ei kiinnosta niinkään puuston määrä vaan puuston käyttömahdollisuudet eli tulevat hakkuusuunnitteet. Välttämätön ehto tulevaisuuden ennustamiselle luotettavasti on kuitenkin nykytilan tarkka selvittäminen. Puuston käsittelytoimenpiteiden tarve on päätettävissä puuston pohjapinta-alan ja keskipituuden avulla. Toimenpiteiden kannattavuuden arvioimisessa tilavuustunnukset (puutavaralajeittaiset kertymät) ovat olennaisia. Kiinnostavia tunnuksia ovat siis: pohjapinta-ala, keskipituus, puutavaralajeittaiset tilavuudet ja kaikkien näiden tuleva kehitys.

Kuvioittaisessa arvioinnissa puuston tilavuuden laskenta perustuu yleensä pohjapinta-alan, keskipituuden ja muotoluvun määrittämiseen. Näiden tunnusten määrittämisen luotettavuudesta riippuu kuvioittaisten tilavuusestimaattien luotettavuus. Pohjapinta-alan ja keskipituuden arvioinnin luotettavuutta voidaan parantaa lisäämällä mittauksia. Muotoluku saadaan yleensä taulukoista joten sen luotettavuutta voitaisiin parantaa ainakin teoriassa mittaamalla inventoitavalta alueelta riittävän suuri aineisto alueellisen relaskoopitalukon laatimiseksi. Käytännössä tällainen menettely vaatisi kohtuuttoman suurta työmäärää.

Suomessa on tehty runsaasti tutkimuksia metsikön eri tunnusten arvioinnin luotettavuudesta (ks. esim. Poso 1983 ja Laasasenaho & Päivinen 1986). Pohjapinta-alan arvioinnin keskeinen virhe on tavanomaisessa kuvioittaisessa arvioinnissa tutkimusten mukaan noin 15 % ja keskipituuden noin 10 %. Relaskoopitalukon käytöstä aiheutuvaa virhettä ei ole tutkittu kovinkaan paljoa. Gustavsen ja Fagerström (1983) saivat muotolukuja estimoivien yhtälöidensä keskeiseksi 6:sta 8:aan prosenttia. Relaskoopitalukoiden sisältämien muoto-

lukujen luotettavuus lienee jonkin verran huonompi. Metsikkömallien käytön kannalta huolestuttavinta on, että relaskooppitaulukoiden käytön on joissakin tutkimuksissa havaittu aiheuttavan lähes 10 %:n suuruisen harhan puuston tilavuusestimaattiin (ks. esim. Mähönen 1984).

Kuvioittaisen arvioinnin luotettavuuden parantamiseksi on metsikkötilavuusmalleja korvattu puittaisilla malleilla (Kilkki 1986). Kullekin kuviolle muodostetaan mitattujen metsikkötunnusten avulla teoreettinen runkolukusarja eli läpimittajakauma. Runkolukusarjan puille lasketaan pituudet ja tilavuudet yleisillä funktioilla ja puuston tilavuus lasketaan runkolukusarjan puiden tilavuuksien summana. Näin meneteltäessä saavutetaan mm. seuraavia etuja verrattuna metsikkökohtaisten tilavuusmallien käyttöön:

- 1) puuston tilavuustunnusten laskennassa voidaan käyttää runkokäyrämalleja, jolloin ei olla riippuvaisia yleisistä puutavaralajiosuustaulukoista,
- 2) metsikön puuston runkomuodon estimoinnin tarkentamiseksi voidaan mitata esimerkiksi mediaanipuun läpimitta ja pituus, jolloin yleinen pituusmalli voidaan tarkentaa metsikkökohtaiseksi,
- 3) puuston kasvun ennustamisessa voidaan käyttää puittaisia kasvumalleja, jotka voidaan tarkentaa alueellisesti kasvumittauksilla.

Perusteellista vertailua läpimittajakaumien käyttöön perustuvan ja metsikkökohtaisiin tilavuusmalleihin perustuvan puuston tilavuuden laskentamenetelmän välillä ei ole tehty.

Jos kuvioittainen arviointi on jo suoritettu mittaamatta läpimittajakaumien estimoinnin ja puittaisten mallien käytön edellyttämiä tunnuksia, on tulosten tarkentamisessa käytettävä toista vaihtoehtoa. Osalta arvioiduista kuviosta mitataan puusto tarkasti esimerkiksi relaskooppikoealojen ja läpimitta- sekä pituusmittausten avulla ja laaditaan regressiomallit kuviolta tarkasti mitattujen ja arvioitujen keskipituuksien ja pohjapinta-alojen välille (Laasasenaho ja Päivinen 1986). Mitatusta aineistosta on mahdollista johtaa yhtälöt myös muotoluvun virheelle ja pienentää näin relaskooppitaulukoiden käytöstä aiheutunutta mallivirhettä. Mikäli arvioitujen ja tarkkojen tunnusten välisen eron havaitaan olevan riippumaton kaikista arvioiduista tunnuksista, ei malleja arviovirheen poistamiseen voida laatia. Tällöin mittauksilla ei voida pienentää yksittäisten kuvioiden arviointivirhettä, mutta voidaan poistaa harha koko arviointialueen keskitilavuusestimaatista. Yleensä arviovirheen on havaittu vaihtelevan ainakin arvioijittain, kehitysluokittain ja puulajeittain. Tällöin kunkin em. tekijän muodostaman ositteen harhaa voidaan pienentää tarkistusinventoinnilla.

Toinen ajankohtainen ongelma kuvioittaista arviointia tekevissä organisaatioissa on kuvioirekisterien päivittäminen. Kuviotietojen ajantasalla pitäminen koostuu kasvun ja metsänkäsittelytapahtumien lisäämisestä tietokantaan. Vaihtoehtoja päivittämisessä on kolme:

- 1) arvioidaan jokainen kuvio aina kasvukauden välein tai aina, kun halutaan ajantasalla olevaa tietoa,
- 2) arvioidaan alue kertaalleen ja käytetään tämän jälkeen malleja kasvujen lisäämiseen ja mittauksia hakkuiden jälkeen jäävän puuston tunnusten toteamiseksi,
- 3) yhdistetään edelliset eli päivitetään kasvuja malleilla niin kauan, kuin ennusteita pidetään luotettavina, minkä jälkeen alue on inventoitava uudelleen.

Koska kasvumalleja tarvitaan joka tapauksessa suunnitteiden laskennassa, vaihtoehto 1 ei ole järkevä. Koska kasvumalleja siten tarvitaan inventointitiedon

päivittämiseen, kasvun ennustamisen luotettavuus vaikuttaa sekä siihen, kuinka optimaalisia lasketut hakkuusunnitteet ovat, että siihen, kuinka kauan inventoinnissa mitattu tieto pysyy luotettavana.

Puuston kasvun ennustamisessa voidaan käyttää valtakunnallisia metsikkö- tai puutason kasvumalleja. Mallien taso voidaan alueelle sopivaksi valtakunnan metsien inventoinnin kasvumittauksien tai omien kasvumittauksien avulla. Kasvumallien käyttöä kuviotietojen päivityksessä ovat tutkineet Laasasenaho ja Päivinen (1986). Tutkimuksessa oletettiin tehdyn jakson alussa kuvioittainen arviointi ja jakson lopussa vertailtiin kahden menettelyn antamien kuvioittaisten keskitilavuusestimaattien luotettavuutta. Ensimmäisessä menettelyssä tehtiin jakson lopussa uusi arviointi ja toisessa päivitettiin ensimmäisessä arvioinnissa mitattua puustoa metsiköittäisten kasvumallien avulla. Tulosten mukaan 10 vuoden jaksolla kasvumalleja käyttämällä saatu kuvioittaisten keskitilavuuksien keskivirhe oli noin 5 %-yksikköä suurempi kuin uudella inventoinnilla saatavan estimaatin keskivirhe. Jos osalle kuvioista olisi oletettu hakkuita ja puustotiedot olisi mitattu hakkuiden jälkeen, ero kasvumallien käytön ja uuden inventoinnin välillä olisi ollut pienempi.

Edelliseen tutkimukseen liittyneessä Tapio Suutarlan pro gradu -työssä (1985) todettiin päivityksen johtavan 2,9 %-yksikköä suurempaan keskivirheeseen kuin uusintainventoinnin, kun ajanjakson pituus oli 6:sta 9:ään vuoteen.

Molemmissa em. tutkimuksissa käytettiin yleisiä metsikkötason kasvumalleja. Ennen kuin on mahdollista päättää, missä vaiheessa vanhoja inventointeja päivittämällä saatu tieto on liian epäluotettavaa, on tutkittava, kuinka paljon kasvumallien kalibroinnilla voidaan parantaa päivityksen onnistumista. Jos käytettävissä on riittävän luotettavat kasvumallit, kuvioittaista arviointia voidaan korvata hakkuiden yhteydessä tehtävällä jäävän puuston mittaamisella ja kasvumallien aluekohtaiseen tarkentamiseen tarvittavan aineiston keruulla.

Yhteenvetona voidaan todeta, että metsäninventointia suorittavien organisaatioiden kannattaisi panostaa enemmän mallien tarkentamiseen. Puiden tilavuuden laskennan osalta riittänee puukohtaisten mallien ja tähän liittyvien arviointimenetelmien käyttöön siirtyminen. Koska vain luotettavilla kasvumalleilla voidaan taata suunnitteiden luotettavuus ja päivityksen onnistuminen, kannattaa kasvumallien tarkentamisessa käyttää hyväksi valtakunnan metsien inventoinnissa kerättävä kasvuaineisto ja mahdollisesti kerätä omaa kasvuaineistoa. Metsäntutkijoiden tehtävänä on kehittää ja vertailla inventointiin ja suunnitteluun liittyviä menetelmiä sekä tarvittaessa auttaa käyttäjiä uusien menetelmien käyttöönotossa.

Kirjallisuus

- Gustavsen, H. G. & Fagerström, H. 1983. Brösthöjdsformtalets variation i tall-, gran och björkbestånd. Tiivistelmä: Männyn, kuusen ja koivun muotolukujen vaihtelu. Folia Forestalia 576.
- Kilki, P. 1986. Metsänmittausoppi. Silva Carelica 3.
- Laasasenaho, J. & Päivinen, R. 1986. Kuvioittaisen arvioinnin tarkistamisesta. Folia Forestalia 664.
- Mähönen, M. 1984. Kuvioittaisen arvioinnin luotettavuus. Pro gradu -työ. Helsingin yliopisto, metsänarvioimistieteen laitos.
- Poso, S. 1983. Kuvioittaisen arvioimismenetelmän perusteita. Silva Fennica 17 (4).
- Suutarla, T. 1984. Kuvioittaisen inventoinnin päivitys ja sen luotettavuus. Pro gradu -työ. Helsingin yliopisto, metsänarvioimistieteen laitos.

Risto Ranta

YKSITYISMETSÄTALOUDEN SUUNNITTELUNÄKYMÄT

Metsätalouden suunnittelu nousi 80-luvun aikana "lehtolapsen" osasta yksityismetsätalouden ehkä arvostetuimmaksi työksi. Sillä on metsänomistajien keskuudessa ansaittu positiivinen imago. Metsänomistajat ovat myös halukkaita maksamaan hyvistä palveluista. Metsätaloussuunnitelmista perittävät toimitusmaksut ovatkin metsälautakuntien tärkein valtionavun ulkopuolinen tulonlähde.

Yksityismetsien suunnittelu on vakiintunut noin 1,1 miljoonan hehtaarin vuosisuoritteeseen. Tästä noin 950 000 hehtaaria on varsinaisia yksityishenkilöiden metsälöitä ja loput yhteisöjä, kuntia ja vastaavia. Metsänhoitoyhdistykset tekevät suunnittelumäärästä noin 15 %. Osuus vaihtelee kuitenkin paljon metsälautakunnittain.

Tapion johtokunta korosti vast'ikään kattavan, korkeatasoisen metsätaloussuunnittelun merkitystä ja asetti tavoitteeksi vuosikymmenen puoliväliin mennessä nostaa suoritemäärät 1,5 milj. hehtaariin vuodessa. Tämän vuoden tavoitetta nostettiin metsälautakuntien alunperin lupailemasta 1,2 milj. hehtaaria 100 000 hehtaariin. Suunnittelun määrällinen edistäminen on metsälautakuntien johdolle haasteellinen tehtävä, koska samalla valtionhallinnon rationalisointitoimet edellyttävät toimihenkilöiden kokonaismäärän vähentämistä.

Tapiolaisessa organisaatiossa metsätalouden suunnittelu on totuttu yhdistämään kymmeneksi vuodeksi laadittavaan vihkoseen, jota kutsutaan metsälö- tai metsätaloussuunnitelmaksi. 70-luvun puolivälistä aina vuoden 1988 alkuun käytössä ollut laskentajärjestelmä palveli pääosin suunnitelmavihkosten tuotantoa. Varsinaista taloussuunnittelua sillä ei voinut tehdä.

Vuoden 1987 aikana metsälautakunnat siirtyivät asteittain käyttämään VAX/VMS-ympäristöön laadittua TASO-ohjelmistoa. Myös TASO:n lippulaiva on metsätaloussuunnitelma, jonka havainnollisuuteen, selkokieliisyyteen ja esteettisyyteen on painostettu siinä määrin, että pelkästään metsäammattilaiskäytössä tulosteiden kätevyys on heikentynyt. Tärkeintä on kuitenkin, että asiakas saa ymmärrettävän tuotteen. Ammattilaisille on oltava omat, tehokkaat välineensä tietojen hyödyntämiseen.

TASO:n myötä siirryttiin kuviotieto-ajatteluun, jossa pyritään luomaan yhtenäisen, mahdollisimman kattava rekisteri metsiköistä. Kuviotiedot sidotaan paikkaan NALLE-karttaohjelmiston avulla. Vaikka TASO ja NALLE ovatkin integroituja (esim. teemakartat), ei yhdistelmää voi pitää paikatietojärjestelmänä.

Metsälautakunnat ovat kehittämässä suunnitteluun pohjautuvaa asiakaskonsultointia (suomeksi neuvonta), johon uudet ohjelmistot tarjoavat hyvät edellytykset. Erityisesti tulee mainita metsätalouden tuotanto-ohjelma, jolla voidaan laatia vuositason laskelmia. Tiedot ovat yhteensopivia maatalouskeskusten ohjelmistoon, jolloin päästään tarkastelemaan tilan taloutta kokonaisuutena.

Eräät asiantuntijat ovat esittäneet huolestumisensa optimointilaskelmien puuttumisesta TASON-järjestelmästä. Käytännön työtä tekevät suunnittelijat eivät juuri ole tällaisia hienouksia vaatineet. Pahemmaksi haitaksi on koettu kasvunpäivityksen puuttuminen, joka heikentää vanhempien metsikkötietojen käyttöarvoa. Molempien toteutus joustavasti isoilla tietomäärillä räkätyissä keskuskoneissa on hankala tehtävä. Toivottavasti tässä onnistutaan kuitenkin jo tämän kesän aikana.

TASON:n metsikkötiedon kuvaus on kompromissi laskennan vaatimusten ja kenttähenkilöstön hyväksynnän välillä. Tulos ei ole hyvä mallien kannalta, mutta käytännössä on helpompi muuttaa tietokoneohjelmaa kuin satojen ihmisten asenteita. TASON:n tietuekuvauksesta on tullut yksityismetsätaloudessa standardi de facto, jonka varaan on rakennettu useita mikrotietokoneohjelmia. Kuvauksen muuttaminen tässä vaiheessa johtaisi useisiin vatsahaavoihin eri organisaatioiden ohjelmoijille.

Koko homma joudutaan kuitenkin ennen pitkää laittamaan uusiksi. Lähiaikoina tulee jättämään esityksensä työryhmä, joka on miettinyt koko yksityismetsätalouden tietojenkäsittelyn kehittämistä 90-luvun puoliväliin mennessä. Jotta tuolloin käyttöön otettavilla järjestelmillä voitaisiin vastata vielä vuosituhatien vaihteen vaatimuksiin, tulee sen perustua paikkatietoajatteluun, sovelluskehittimiin, laitteistoriippumattomuuteen ja tehokkaaseen verkkoratkaisuun.

PUUNKORJUU OSANA SUUNNITTELUA

Metsätalouden suunnittelu on metsävarojen kehityksen ja hakkuumahdollisuuksien haarukointia todennäköiseksi kuvitellussa tulevaisuudessa. Tuloksena on päätös toimintasuunnitelmasta, jonka keskeisin osa on hakkuut. Metsätalouden suunnittelu ja hakkuut ovat osavaiheita puuhuollossa. Metsätalouden suunnittelun aikajänne on puunkorjuun aikajännettä huomattavasti pitempi. Tässä esityksessä on pitäydytty suunnittelun ja puunkorjuun väliin yhteyksiin lähinnä teollisuuden omissa metsissä.

Suomessa teollisuuden omilla metsillä on puuhuollossa marginaalinen merkitys. Marginaalietu käytetään hyväksi. Omat metsät ovat varantona tasoittamassa yksityismetsien ostossa ja puunkorjuussa ja kuljetuksessa eteen tulevia vaihteluita. Omien metsien turvin voidaan valmiin puutavaran varastojen kokoa pienentää puuhuoltoa vaarantamatta. Varastojen pienentämisestä johtuen korkokustannukset pienenevät, puutavaran laatu, tuoreus paranee ja kesäaikainen hyönteistuhojen riski vähenee. Tämä on johtanut siihen, että enää ei puhuta kiinteistä talouskausista ja määräväleihin toistuvista inventoinneista, vaan näidenkin tehtävien vuoksi tarvitaan ajantasalla oleva metsävaratiedosto ja valmiudet jatkuvaan suunnitelmien muutoksiin, vaihtoehtojen tutkiskeluun, jatkuvaan suunnitteluun.

Koska metsätalouden suunnittelun keskeisin tulos on korjuuohjelma, niin korjuu asettaa suunnittelulle myös eniten rajoitteita. Raaka-aineen hinta jalostuspaikalla ei saa nousta liian korkeaksi. Korjuuohjelma laaditaan tavoitteena kustannusten minimointi ja resurssien tehokas käyttö. Korjuumenetelmiä ja -tekniikoita, -koneita ja laitteita kehitetään. Puuntuottamisen vaakakupissa painaa jalostuksen kannalta arvokkaan puun tuotoksen maksimointi. Tämä tarkastelu vaikuttaa paitsi harvennusohjelmiin niin myös koko puuntuottamisketjuun. Harvennusohjelmat ja kiertoajat tulevat lähiaikoina uudelleen tarkasteltaviksi ja pohdittaviksi, koska puutavaralajeilla ja järeydellä on erilaiset jalostusarvosuhteet kuin silloin kun nykyisenlaisiin kiertoaikoihin ja harvennuskalleihin on päädytty. Metsätalouden suunnittelussa korjuun menetelmätiedot, henkilö- ja koneresurssit huomioidaan vakioina, muuttujina ja vertailulukuina. Lisäksi puunkorjuun toteutustiedot ovat tärkeä suunnittelun kontrolli.

Maiseman, luonnonarvojen ja yleisen mielipiteen huomioiminen on jo aloitettu leimikon suunnittelussa ja puun korjuussa. Näiden tekijöiden vaikutuksia metsätalouden suunnittelussa ei ole perusteellisesti pohdittu. Arvostukset, aineelliset tai aineettomat, ja niiden merkitys ovat kuitenkin suuri puuhuollossa.

Viime vuosina metsätalouden suunnittelun ja operatiivisen työmaasuunnittelun välistä kuilua on alettu ja saatu kurottua umpeen. Ratkaisuna on vaiheittain etenevä ja tarkentuva suunnittelu. Metsätalouden suunnittelussa käytettävien kuviotietojen perusteella valitaan korjuukohteet, suunnitellaan metsänhoidollisin perustein esimerkiksi kahden vuoden leimikkoreservi, joka ajoitetaan osaksi korjuuohjelmaa. Korjuuta varten puusto ja olosuhteet on kuitenkin mitattava ja luokiteltava tarkemmin. Pyrittäessä asteittain tarkentuviin suunnitelmiin tietojen standardointi niin yrityksen sisällä kuin ulkopuolellakin on välttämättömyys.

Suuralueilla ei vielä ole joustavaa ja kätevää suunnittelumenetelmää, joka antaisi kuviokohtaisen hakkuujärjestyksen. Kuviokohtaisuus on suunnittelussa tulevaisuudessa vieläkin tärkeämpää, koska yhä kohoavan elin- ja palkkatason vuoksi ihmisaivoja kannattaa kävelyttää vähemmässä määrin pitkin metsiä toimintaehdotuksia ja -suunnitelmia tekemässä. Valtava määrä valmista tietoa, metsänomistajan tavoitteet, harvennus- ja ojitus-, uudistus- ym. tarpeet kuljetusolosuhteet kelirikkoaikana, kauniit maisemat, tuhoriskit jne. tulee nivoa yhteen toteutuskelpoiseksi suunnitelmaksi. Asiaan näyttäisi olevan ratkaisuna paikkatietojärjestelmät ja tehokkaat, halpenevat tietokoneet. Mutta onko käymässä niin, että kiista tutkimusresurssien käytöstä vain lisääntyy ja metsäpäättäjä uhkaavasti metsästä etäännytty ja jää tiedon alle?

Markku Siitonen

POHJOIS-KARJALAN METSIEN KEHITYSVAIHTOEHDOT

1. Johdanto

Pohjois-Karjalan metsävarat mitattiin valtakunnan metsien 8. inventoinnissa (VMI8) vuosina 1988-89 ja inventoinnin tulokset julkistettiin huhtikuussa 1990. Inventoinnin tiedoista on saatu tuore aineisto Pohjois-Karjalan metsälautakunnan alueen metsävarojen käyttö- ja kehittymismahdollisuuksien tarkasteluun MELA-järjestelmällä (Siitonen 1983).

2. Puuntuotantolaskelmat

Metsätalouden suunnittelun tehtävänä on mm. analysoida metsätalousyksikön tulevia tuotantomahdollisuuksia, esimerkiksi hakea suunnittelun kohteena olevalle metsätalouslyksikölle päätöksentekijää kiinnostavien tunnusten suhteen tehokkaita tuotantovaihtoehtoja, selvittää nämä vaihtoehdot toteuttava metsien käsittely, ennustaa käsittelyn seuraukset sekä tuottaa muut tarvittavat ratkaisua kuvaavat tiedot (Kilki 1985).

Tärkeimmät metsätalousyksikön puuntuotantoon ja metsien kehittymiseen vaikuttavat tekijät ovat maa-ala, kasvupaikat, puusto (määrä, rakenne, kasvu, poistuma) sekä niihin vaikuttavat toimenpiteet.

Jos puuntuotantoon käytettävissä oleva pinta-ala säilyy samana, tarkasteltavaksi jäävät poistuman, kasvun ja puuston määrä sekä rakenne ja näiden tekijöiden kehitys. Toimenpiteet ja poistuma ovat metsän käsittelyä säätelevien lakien rajoissa metsätalouden harjoittajien päätettävissä. Hakkuut ja metsien uudistaminen ovat puuntuotannon suunnittelun keskeisin kohde.

3. Laskelmien perusteet

Pohjois-Karjalan metsävarat ja niiden kehitys

Pohjois-Karjalan keskeisten metsävaratunnusten kehitys 1950-luvulta lähtien on ollut valtakunnan metsien inventointitulosten mukaan seuraava (Metsätilastollinen vuosikirja 1970, Kuusela ja Salovaara 1968, 1976, Kuusela ja Salminen 1983):

1951-53 1967 1973-74 1979-80 1988-89

Metsä- ja kitumaan ala, milj. ha

1,43 1,41 1,48 1,48 1,45

Puuston runkotilavuus, milj. m³

Mänty	55,5	48,9	50,4	53,8	65,3
Kuusi	33,3	35,4	41,0	42,9	43,8
Lehtipuu	28,2	26,5	23,2	23,0	21,9

Yhteensä 117,0 110,8 114,7 119,8 131,0

Puuston kasvu, milj. m³/v

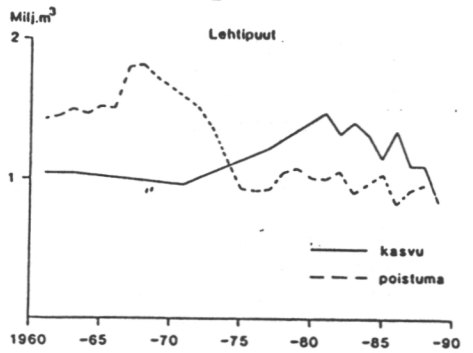
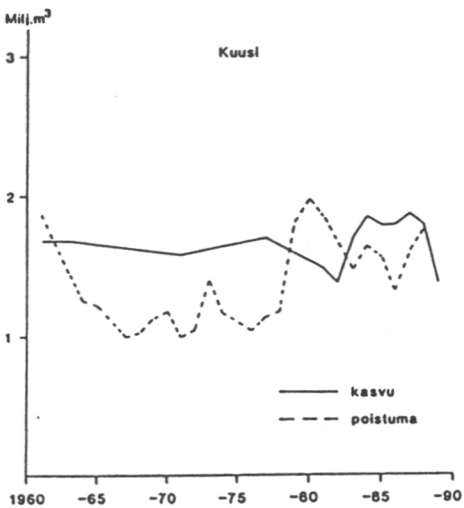
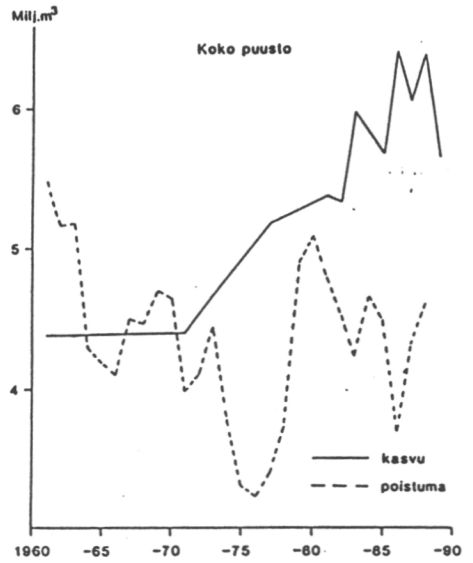
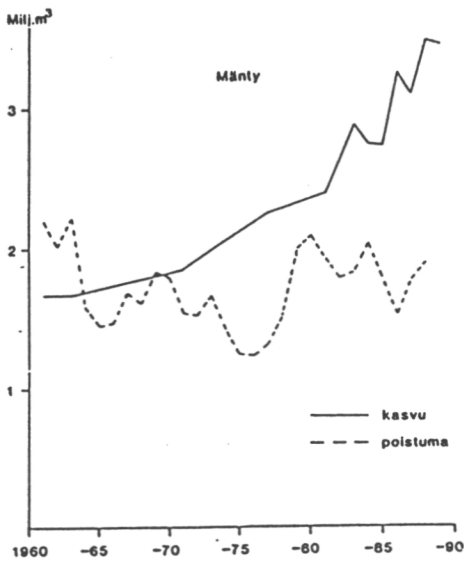
Mänty	1,43	1,85	2,26	3,05
Kuusi	1,44	1,59	1,71	1,83
Lehtipuu	0,89	0,96	1,22	1,20

Yhteensä 3,76 4,40 5,19 6,09

Tilastoitu poistuma 7. ja 8. inventoinnin välillä oli Pohjois-Karjalassa 1980-89 yhteensä runsaat 40 milj. m³ eli yli kolmannes 7. inventoinnissa mitatusta puumäärästä. Tästä huolimatta kokonaistilavuus lisäytyi samana aikana 11 milj. m³.

Pohjois-Karjalan kokonaispoistuman ja -kasvun kehitys 1960-luvulta lähtien sekä vuotuinen kehitys 1980-luvulla esitetään kuvassa 1. Merkittävin piirre on männyn kasvun nopea lisäys. 8. inventoinnin tulosten mukaan noin 65 % Pohjois-Karjalan metsämaan alasta on mäntyvaltaista ja siitä lähes puolet eli 30 % metsämaan alasta on alle 40 vuotiaita männiköitä.

Kuvassa 1 esitettävä Pohjois-Karjalan metsien vuotuinen kehitysarvio 80-luvun osalta perustuu MELA-päivitykseen, jonka lähtötietoina ovat valtakunnan metsien 7. inventoinnin tiedot (Kuusela ja Salminen, 1983) sekä päivityskauden poistuma-, kertymä- ja hakkuualatilastot (Metsätilastollinen vuosikirja 1981...1988). Päivityskasvuissa on otettu huomioon Helena Henttosen laatimat läpimitan vuotuisen kasvun indeksit, jotka osoittavat läpimitan kasvun vuotuiset suhteelliset poikkeamat kuluneen 20 vuoden keskimääräisestä läpimitan kasvusta. Indeksit on laadittu loppukesällä 1989 valtakunnan metsien inventoinnin yhteydessä mitatusta aineistosta.



Kuva 1. Poistuman ja kasvun kehitys 1961-1989
Pohjois-Karjalan metsälautakunnan alueen metsä- ja kitumailla.

Aineisto ja sen käsittely

Puuntuotantolaskelmien aineistona on käytetty valtakunnan metsien 8. inventoinnin kuvioittaisia, koealoittaisia ja puittaisia mittaustietoja. Mukana laskelmissa ja tuloksissa ovat ainoastaan suojelualueiden ulkopuolelle osuneet metsä- ja kitumaan koealat ja niiden edustama maa-ala. Tämä pinta-ala on 1,426 milj. ha ja alueen puuston määrä on 127,8 milj. m³.

Aluksi 8. inventoinnin tiedot täydennettiin MELA-syöttötiedoiksi. Koealat ryhmitettiin kuviotietojen perusteella 439 laskentayksiköksi, jotka ovat nykytilaltaan ja tulevalta kehitykseltään samanlaisiksi arvioitujen metsiköiden ryhmiä.

Laskelmakausi on 50 vuotta ja koostuu viidestä 10-vuotiskaudesta. Hinta- ja kustannustiedot ovat 1980-luvun alkupuolelta (Metsien hoidon ..., 1985).

Laskentayksiköiden käsittely-kehitysvaihtoehdot simuloitiin käyttäen 3 eri kasvuntasoa. Kullakin kasvuntasolla saatiin keskimäärin noin 30 vaihtoehtoa laskentayksikköä kohti.

Keskimmäinen kasvuntaso toteuttaa 7. inventoinnin tietoja koko 8. inventoinnin alueelle päivitettäessä 8. inventoinnin mitatun, inventointivuotta edeltävän 5 vuoden keskimääräisen kasvun, kun mallien antamat puiden kasvut on päivityksessä korjattu vuotuista kasvuntasoa vastaaviksi läpimitan kasvuindekseillä. Tämä puuntuotantolaskelmien keskimääräinen kasvuvaihtoehto vastaa Etelä-Suomen keskimääräistä kasvuntasoa viimeisten 20 vuoden aikana. Kasvun suhteen vaihtoehtoisissa laskelmissa käytetty alempi kasvuntaso on 15 % keskimmäistä tasoa pienempi ja ylempi 15 % keskimmäistä suurempi.

4. Hakkuiden vaikutus

Luvun 4. laskelmat on tehty käyttäen keskimmäistä kasvuntasoa (luku 3).

Perusvaihtoehdot

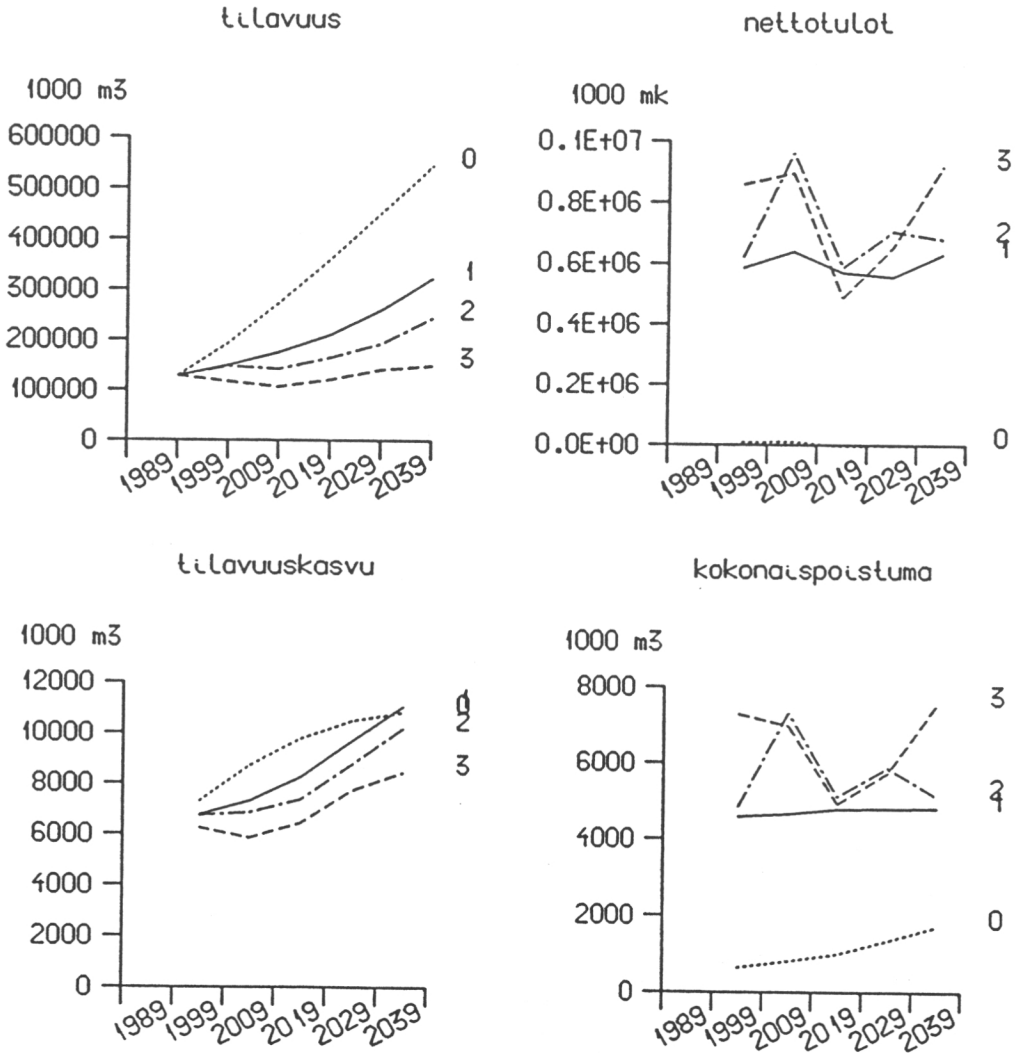
Kuvissa esitetään puuston tilavuuden, kasvun, nettotulojen ja poistuman kehitys laskelmakauden aikana.

Kuvassa 2. vertaillaan neljää metsien kehittymisen perusvaihtoehtoa:

(0) Ei hakata lainkaan, jolloin vain puiden syntyminen, kasvu ja luonnonpoistuma vaikuttavat metsien kehitykseen. Koska simuloinnissa ei ole mukana luonnontuhoja, puuvaraston kehityksestä saattaa syntyä yliarvio. Vaihtoehto ei anna puuntuotannon tuloja, mutta lahonsuosijoille alkaa vuosisatojen juhlat.

(1) Hakkuukertymä 1980-luvun keskimääräisellä tasolla, joka on 4 milj. m³/v. Vaihtoehto johtaa tilavuuden 2.5-kertaistumiseen 50 vuoden laskelmakauden loppuun mennessä. Laskelman mukaan saavutetaan noin 240 m³ keskitilavuus.

MELA VM18 24.04.90 POHJOIS-KARJALA
PERUSVAIHTOEHDOT 0 1 2 3



Kuva 2. Pohjois-Karjalan metsien kehitysvaihtoehdot 1989-2039. Perusvaihtoehdot.
(0) Ei toimenpiteitä.
(1) 80-luvulla toteutuneen suuruinen hakkuukertymä.
(2) 3 % tuottoarvon maksimointi.
(3) Hakkuumahto.

(2) 3 % tuottoarvon maksimointi ilman rajoitteita. Hakkuut vaihtelevat voimakkaasti 10-vuotiskausien välillä. Keskimääräinen hakkuukertymä koko laskelmakaudella on noin 5 milj. m³ vuodessa. Keskitilavuus metsämaalla on laskelmakauden lopussa noin 180 m³/ha.

(3) Hakkuumahto: hakataan kaikki metsien käsittelyohjeiden mukaan sallittu. Hakkaamatta jää harvennus- ja uudistushakkuuta koskevin ohjein edelleen kasvatettavaksi sidottu puusto. Keskimääräinen hakkuukertymä koko laskelmakaudella on noin 5,8 ja kokonaispoistuma 6,5 milj. m³ vuodessa. Puuston määrä on laskelmakauden lopussa 17 % nykytilavuutta suurempi ja alimmillaan 20 vuoden kuluttua 18 % nykytilavuutta pienempi.

Nettotulotavoitteen vaikutus

Kuvan 3. vaihtoehdoissa on muuteltu suurimpien nettotulojen nousukulmaa 10-vuotiskausien välillä. Kaikissa vaihtoehdoissa tuottoarvovaatimus laskelmakauden lopussa on 45 miljardia mk, mikä vastaa noin 145 m³/ha keskitilavuutta.

Lopputilatavoitteen vaikutus

Laskelmakauden lopputuottoarvovaatimuksen vaikutus suurimpaan nettotulotasoon käy ilmi kuvasta 4. Esimerkiksi tinkimällä 17,5 milj. m³ vaihtoehdon (4) lopputilavuusvaatimuksesta saavutetaan 165000 m³ vuotuinen hakkuumäärän lisäys vaihtoehdossa (8). Hakkuista tinkiminen puolestaan johtaa pitkällä tähtäyksellä puuvaraston huomattavaan lisäytymiseen.

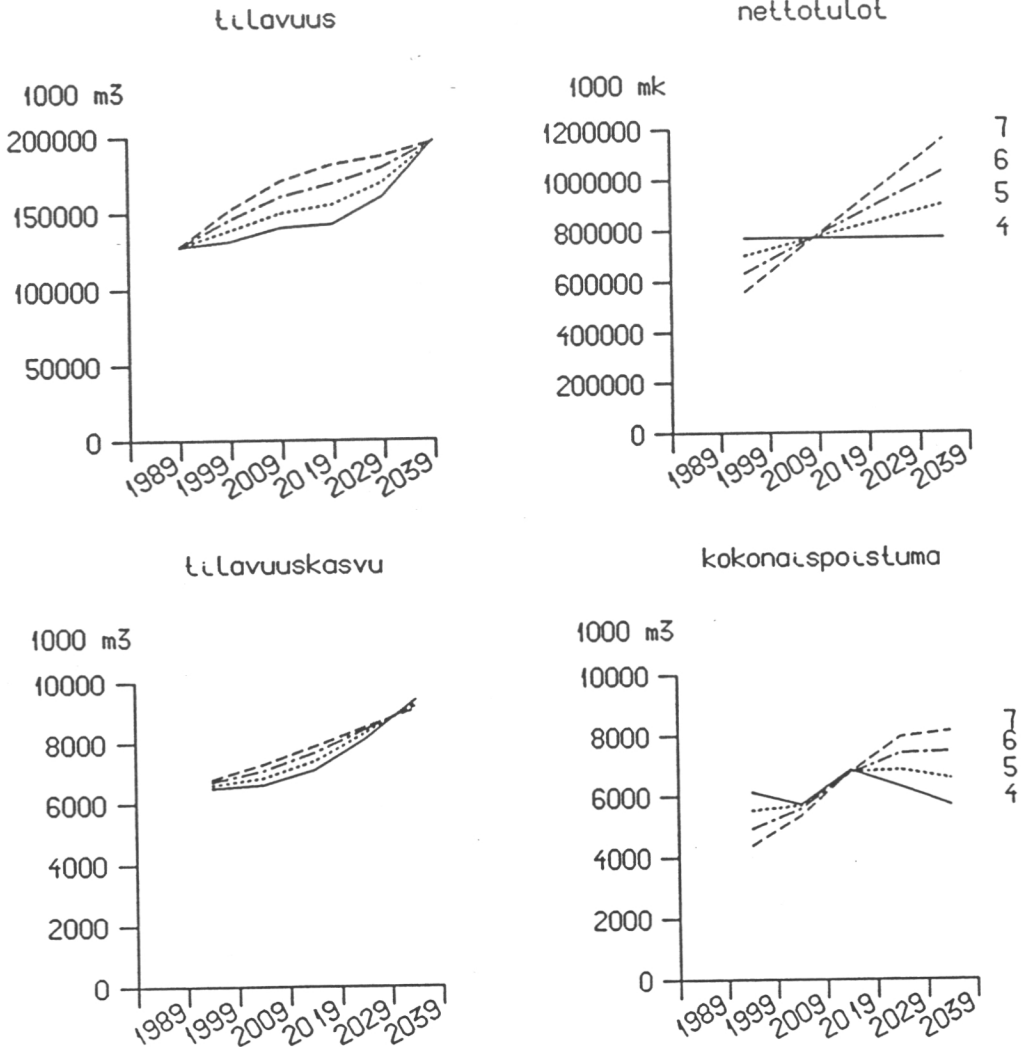
5-6 milj. m³ hakkuukertymätavoite

Vaihtoehto (10) on saatu maksimoimalla vuotuista nettotulotasoa, joka nousee 100 milj. mk 1. ja 2. vuosikymmenen välillä. Lopputilavaatimus on sama kuin vaihtoehdossa (8), 45 miljardia mk, mikä tuottaa 134 m³ keskitilavuuden. Lisäksi ensimmäisten kausien harvennus- ja uudistamispinta-aloja on rajoitettu. Kuvassa 5. vaihtoehtoa (10) verrataan 80-luvun tasoiseen hakkuukertymään (1) sekä hakkuumahtoon (3). Vaihtoehdon (10) yksityiskohtaisia tunnuslukuja esitetään taulukossa 1.

Kuvassa 6 nähdään hakkuukertymän puutavaralajeittainen kehitysennuste. Kokonaiskertymä 1. vuosikymmenellä on 5 milj. m³ ja nousee seuraavilla keskimäärin 5,8 milj. m³:iin. Kertymä ylittää tällöin yli 1,5 milj. kuutiometrillä 80-luvun toteutuneen 4 milj. m³. Mäntykertymä lisäytyy laskelmakauden aikana runsaasta kahdesta lähes neljään miljoonaan kuutiometriin. Kuusikertymä puolestaan vähenee alun vajaasta kahdesta noin yhteen miljoonaan kuutiometriin kahdella viimeisellä vuosikymmenellä. Koivukertymä pysyy keskimäärin 0,8 milj. m³ tasolla. Männyn osuus hakkuukertymästä laskelmakauden lopulla on 66 % ja kuusen 17 %.

Yksityismetsien osuus koko laskelmakauden hakkuukertymästä on 61 %.

MELA VM18 24.04.90 POHJOIS-KARJALA
NETTOTULOVAIHTOEHDOT 4 5 6 7



Kuva 3. Pohjois-Karjalan 1989-2039. Nettotulojen saavutettavissa oleviin vaihtoehtoihin metsän 3 % lopussa on 47.5 miljardia mk.

(4) Korkeimmat tasaiset nettotulot.

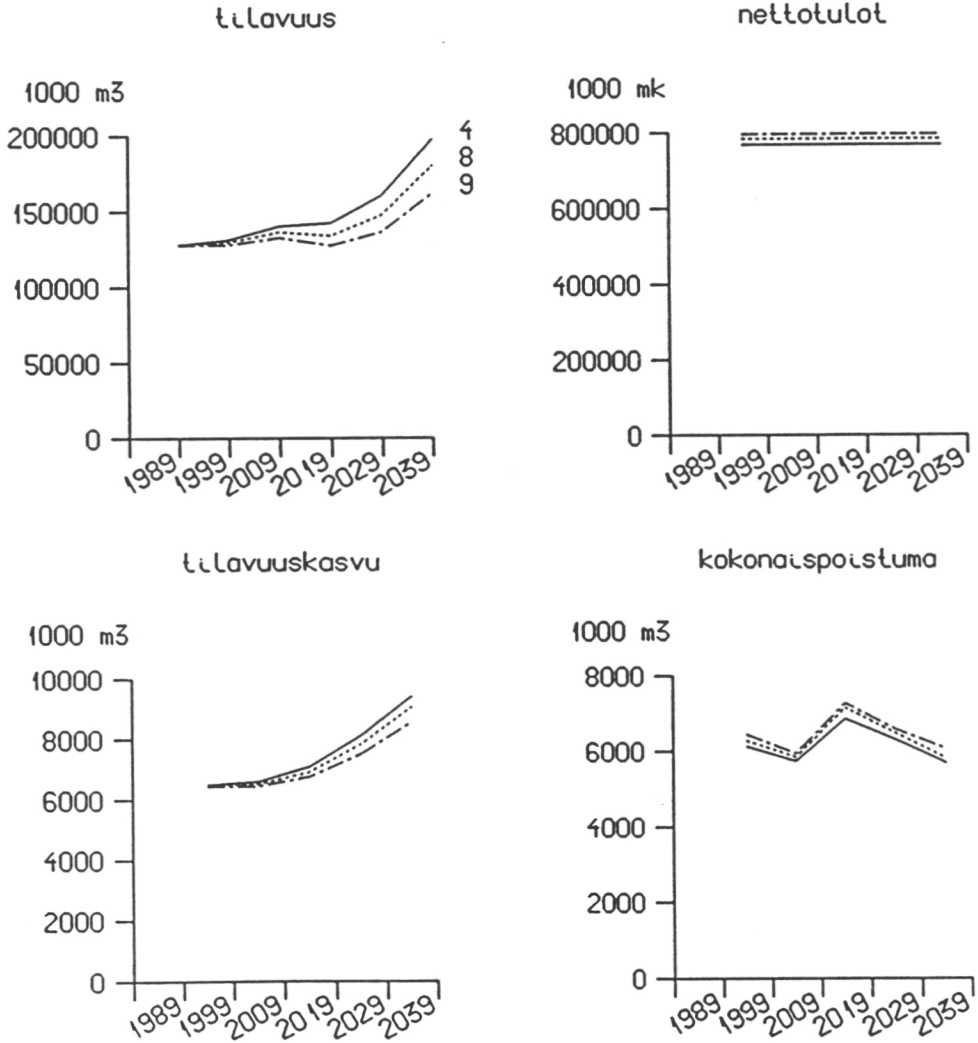
(5) Korkeimmat 50 miljoonaa mk 10 vuodessa nousevat nettotulot.

(6) Korkeimmat 100 miljoonaa mk 10 vuodessa nousevat nettotulot.

(7) Korkeimmat 150 miljoonaa mk 10 vuodessa nousevat nettotulot.

metsien kehitysvaihtoehdot nousutavoitteen vaikutus nettotuloihin. Kaikissa tuottoarvo tarkastelukauden

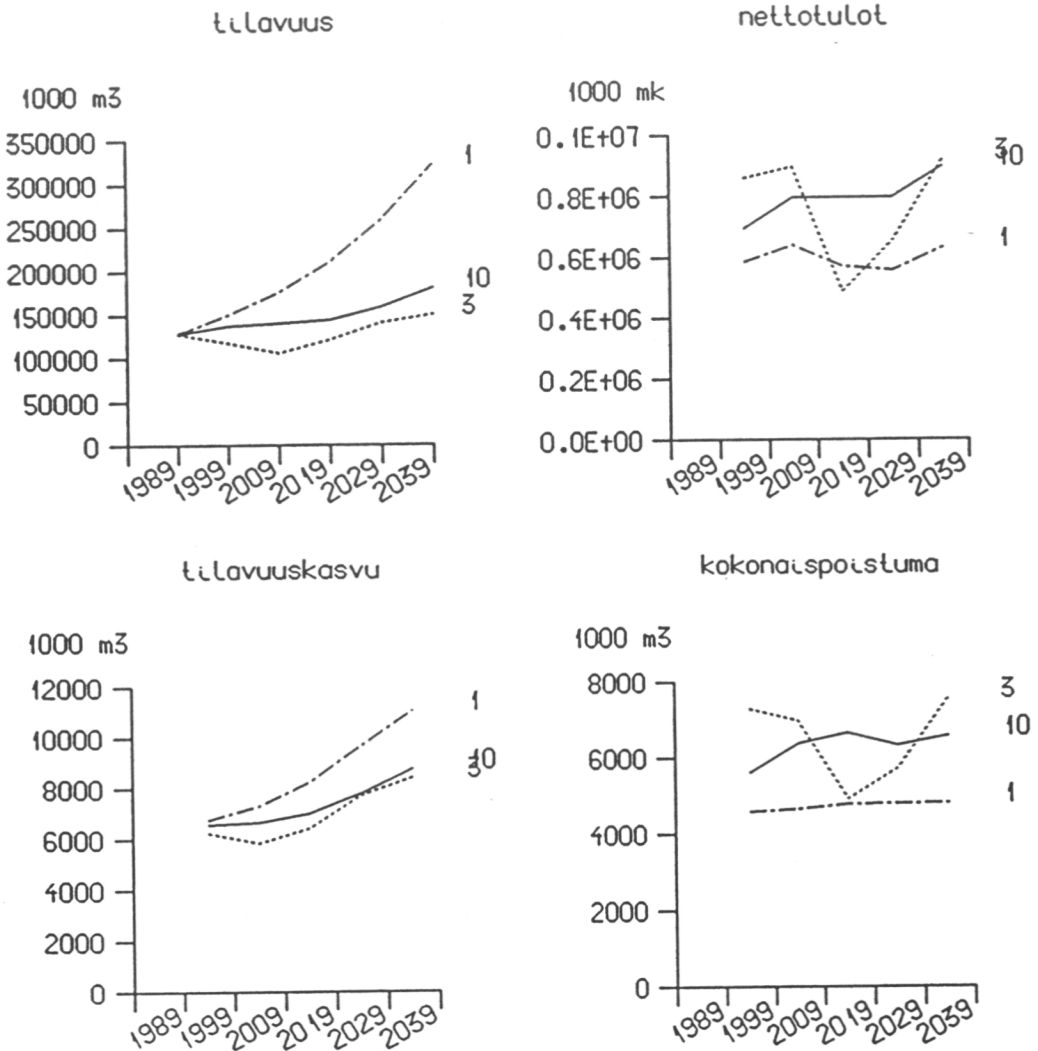
MELA VM18 24.04.90 POHJOIS-KARJALA
LOPPUTILAVAIHTOEHDOT 4 8 9



Kuva 4. Pohjois-Karjalan metsien kehitysvaihtoehdot 1989-2039. Lopputilatavoitteen vaikutus korkeimpiin tasaisiin nettotuloihin.

- (4) 3 % tuottoarvo tarkastelukauden lopussa 47.5 miljardia mk.
 (8) 3 % tuottoarvo tarkastelukauden lopussa 45 miljardia mk.
 (9) 3 % tuottoarvo tarkastelukauden lopussa 42.5 miljardia mk.

MELA VM18 24.04.90 POHJOIS-KARJALA
VAIHTOEHTO 10



Kuva 5. Pohjois-Karjalan metsien kehitysvaihtoehdot 1989-2039.

(10) Korkeimmat nettotulot, jotka nousevat 100 miljoonaa mk 1. ja 2. kymmenvuotiskauden välillä.

Metsän 3 % tuottoarvo tarkastelukauden lopussa 45 miljardia mk, harvennus- ja uudistusala on rajoitettu.

Vaihtoehtojen (1) ja (3) seloste on kuvassa 2.

Taulukko 1. Vaihtoehto (10).

<>mela<> 100490 75943

VMI8 Pohjois-Karjala

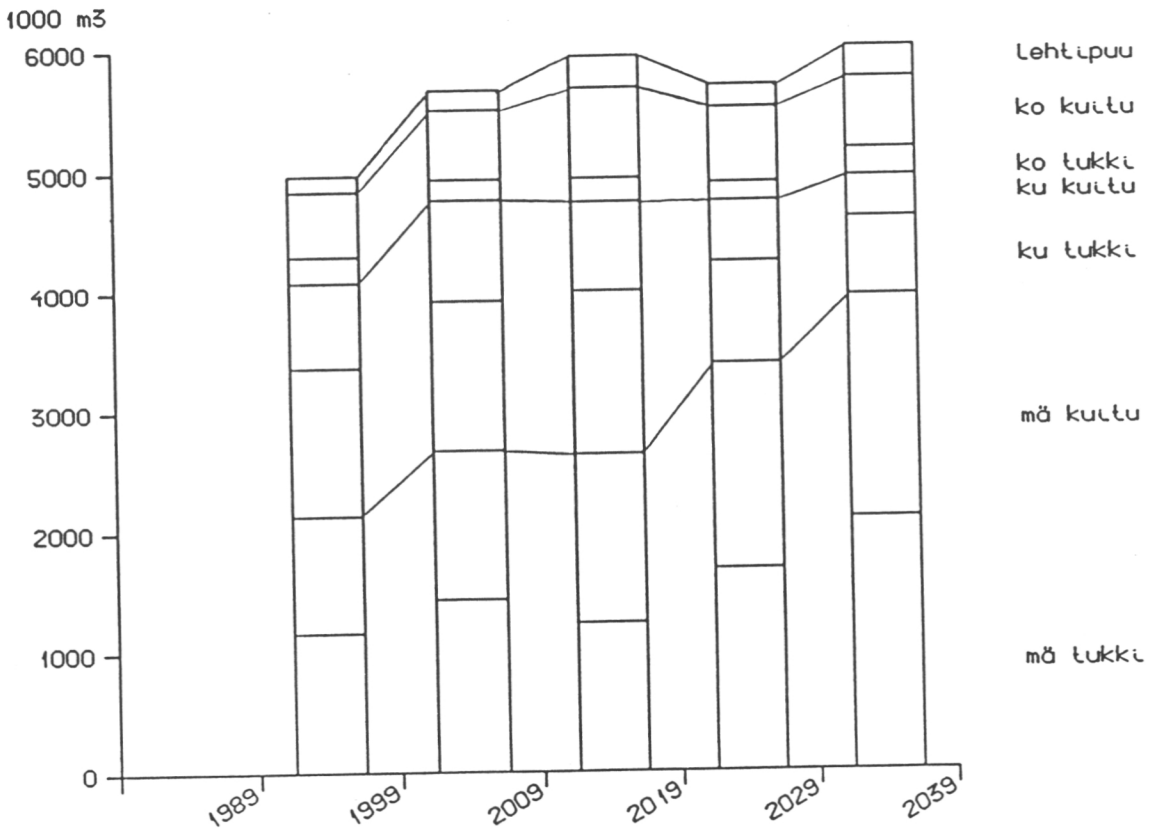
	1989	1999	2009	2019	2029	2039
KOKONAISPOISTUMA, M3/V	5614.	6383.	6648.	6648.	6323.	6566.
Mänty	2337.	2908.	2877.	2877.	3631.	4195.
Kuusi	2069.	2219.	2199.	2199.	1433.	1064.
Koivu	951.	958.	1193.	1193.	973.	974.
Lehtipuut	258.	298.	379.	379.	287.	333.
Luonnonpoistuma, m3/v	227.	261.	292.	292.	283.	293.
Hakkuupoistuma, m3/v	5388.	6122.	6357.	6357.	6041.	6273.
HAKKUUKERTYMÄ, M3/V	4965.	5663.	5939.	5939.	5687.	5996.
Tukkipuu	2610.	2863.	2796.	2796.	2689.	2975.
Kuitupuu	2354.	2800.	3143.	3143.	2998.	3022.
Mänty tukkipuu	1156.	1437.	1236.	1236.	1678.	2092.
kuitupuu	974.	1232.	1397.	1397.	1700.	1853.
Yhteensä	2130.	2669.	2633.	2633.	3378.	3945.
Kuusi tukkipuu	1226.	1247.	1361.	1361.	859.	653.
kuitupuu	717.	842.	742.	742.	503.	338.
Yhteensä	1943.	2089.	2103.	2103.	1362.	990.
Koivu tukkipuu	220.	171.	195.	195.	150.	225.
kuitupuu	542.	573.	744.	744.	616.	581.
Yhteensä	762.	744.	939.	939.	766.	806.
Lehtipuu tukkipuu	9.	7.	4.	4.	1.	5.
kuitupuu	121.	153.	260.	260.	179.	249.
Yhteensä	130.	161.	264.	264.	181.	254.
Yksityiset	3357.	3471.	3786.	3786.	3242.	3483.
Yhtiöt	784.	1043.	1111.	1111.	1189.	1399.
Valtio ja kunnat	824.	1149.	1042.	1042.	1256.	1114.
Ylispuiden poisto	175.	365.	607.	607.	506.	430.
Harvennus	1194.	1098.	1677.	1677.	1749.	2100.
Uudistushakkuu	3596.	4200.	3655.	3655.	3432.	3466.
HAKKUUPINTA-ALA, HA/V	52.	58.	63.	63.	60.	57.
Ylispuiden poisto	4.	5.	8.	8.	10.	9.
Harvennus	30.	33.	37.	37.	33.	35.
Siemenpuuhakkuu	1.	4.	7.	7.	9.	4.
Suojuspuuhakkuu	2.	4.	2.	2.	1.	0.
Avohakkuu	15.	11.	9.	9.	7.	9.
UUDISTAMISPINTA-ALA, HA	18.	20.	18.	18.	16.	13.
Viljely	15.	12.	9.	9.	7.	9.
Luontainen uudistaminen	3.	8.	9.	9.	10.	4.
TAIMIKONHOITOPINTA-ALA, HA	14.	26.	29.	29.	24.	24.
BRUTTOTULOT, MK/V	1003142.	1136730.	1148592.	1148592.	1120577.	1229775.
KUSTANNUKSET, MK/V	307679.	341267.	353130.	353130.	325115.	334313.
NETTOTULOT, MK/V	695463.	795463.	795463.	795463.	795463.	895462.

<>mela<> 100490 75943

VMI8 Pohjois-Karjala

	1989	1999	2009	2019	2029	2039
KASVU, M3/V	6562.	6649.	7011.	7809.	8752.	
Mänty	3184.	3443.	4046.	4850.	5464.	
Kuusi	1874.	1678.	1556.	1733.	2235.	
Koivu	1127.	1162.	1091.	959.	836.	
Lehtipuut	376.	365.	319.	268.	218.	
Uusi puusto	86.	557.	1861.	3912.	6042.	
	1989	1999	2009	2019	2029	2039
TILAVUUS, M3	127816.	137289.	139954.	143584.	158438.	180293.
Mänty	62126.	70605.	75958.	87646.	99839.	112525.
Kuusi	43892.	41942.	36541.	30106.	33101.	44808.
Koivu	17619.	19375.	21417.	20390.	20247.	18865.
Muu lehtipuu	4179.	5367.	6040.	5443.	5252.	4095.
Tukkipuu	49901.	49026.	47771.	48870.	50544.	55541.
Kuitupuu	66019.	74867.	78472.	81607.	95550.	112244.
Tähde	11895.	13396.	13711.	13107.	12344.	12508.
...10 cm	17165.	18726.	18962.	19849.	17225.	16299.
11...20 cm	44849.	54322.	58128.	58283.	74349.	93591.
21...30 cm	43551.	41584.	42644.	48562.	48762.	54949.
31... cm	22251.	22656.	20220.	16889.	18102.	15454.
Yksityiset	79885.	81815.	82060.	81676.	93436.	110507.
Yhtiöt	22989.	27390.	29772.	32009.	34574.	35851.
Valtio	21223.	24701.	24372.	25668.	25576.	28268.
Kunnat ym	3719.	3383.	3751.	4232.	4852.	5667.
Uusi puusto	0.	703.	5373.	22658.	55716.	102836.
PUUSTON TIENV.ARVO	22116234.	23212054.	23294344.	24177818.	26866392.	30178108.
METSÄN TUOTTOARVO	30391734.	32770704.	34818292.	37537644.	41211872.	44999992.
METSÄ- JA KITUMAAN ALA	1426.	1426.	1426.	1426.	1426.	1426.
Metsämaan ala, ha	1349.	1349.	1349.	1349.	1349.	1349.
... 0 vuotta	6.	8.	8.	9.	9.	9.
1... 20 vuotta	68.	174.	277.	262.	236.	213.
21... 40 vuotta	327.	247.	183.	307.	373.	352.
41... 60 vuotta	350.	364.	349.	212.	204.	353.
61... 80 vuotta	318.	271.	285.	357.	328.	194.
81...100 vuotta	171.	171.	146.	129.	138.	133.
101...120 vuotta	67.	69.	62.	59.	42.	77.
121...140 vuotta	35.	38.	28.	7.	12.	11.
141... vuotta	6.	7.	11.	6.	7.	7.
Uusi puusto	0.	66.	256.	432.	621.	784.

MELA VM18 24.04.90 POHJOIS-KARJALA
HAKKUUKERTYMÄ VAIHTOEHTO 10



Kuva 6. Pohjois-Karjalan metsien kehitysvaihtoehdot
1989-2039. Vaihtoehdon (10) mukainen hakkuukertymän
kehitys.

Puuston määrän kehitys esitetään kuvassa 7. Kokonaistilavuus kauden alussa 127,8 ja lopussa 180,3 milj. m³ ja keskitilavuus 95 ja 134 m³/ha. Mäntyvarasto lisäytyy sekä absoluuttisesti että suhteellisesti ja on kauden lopussa 62 % kokonaistilavuudesta. Kuusen määrä on alimmillaan noin 2/3 nykymäärästä ja saavuttaa nykytason kauden lopulla. Tukkipuukokoisen puuston määrä säilyy vaihtoehdossa (10) nykyisen suuruisena. Puuvaraston lisäys on kuitupuukokoista mäntyä.

Vaihtoehdon (10) mukainen kokonaiskasvu (kuva 8) nousee 1. vuosikymmenen 6,6 milj. kuutiometristä laskelmakauden lopulla 8,8 milj. kuutiometriin. Männyn osuus kasvusta on laskelmakauden alussa 49 % ja lopussa 62 %. Kasvu on koko ajan poistumaa suurempi.

Vuotuinen uudistusala on 1. ja 2. vuosikymmenellä 18000 ja 20000 ha. 80-luvun toteutuneet uudistusalat ovat suurimmillaan olleet lähes samaa luokkaa. Harvennusalojen edellytetään kaksinkertaistuvan 80-lukuun verrattuna. Yli 100-vuotiaiden metsien osuus on vähimmillään noin 2/3 niiden viimeaikaisesta alasta.

Vaihtoehdossa (10) päädytään puusadon täysimääräisen korjaamiseen ja samalla puuvarojen kohtuulliseen kartuttamiseen. Metsien uudistamisella ja lopputilavaatimuksella varaudutaan laskelmakauden jälkeiseen puuntuotantoon.

5. Kasvuntason vaikutus

Kuvassa 9 verrataan kolmen eri kasvuntason vaikutusta hakkuumahtoon. Vaihtoehdossa (12) on peruskasvuntason (3) mukaiset puiden läpimitan ja pituuskasvut kerrottu luvulla 1,15 ja vaihtoehdossa (11) luvulla 0,85. Laskelmakauden keskimääräiset kasvut ja hakkuukertymät eri vaihtoehdoissa ovat:

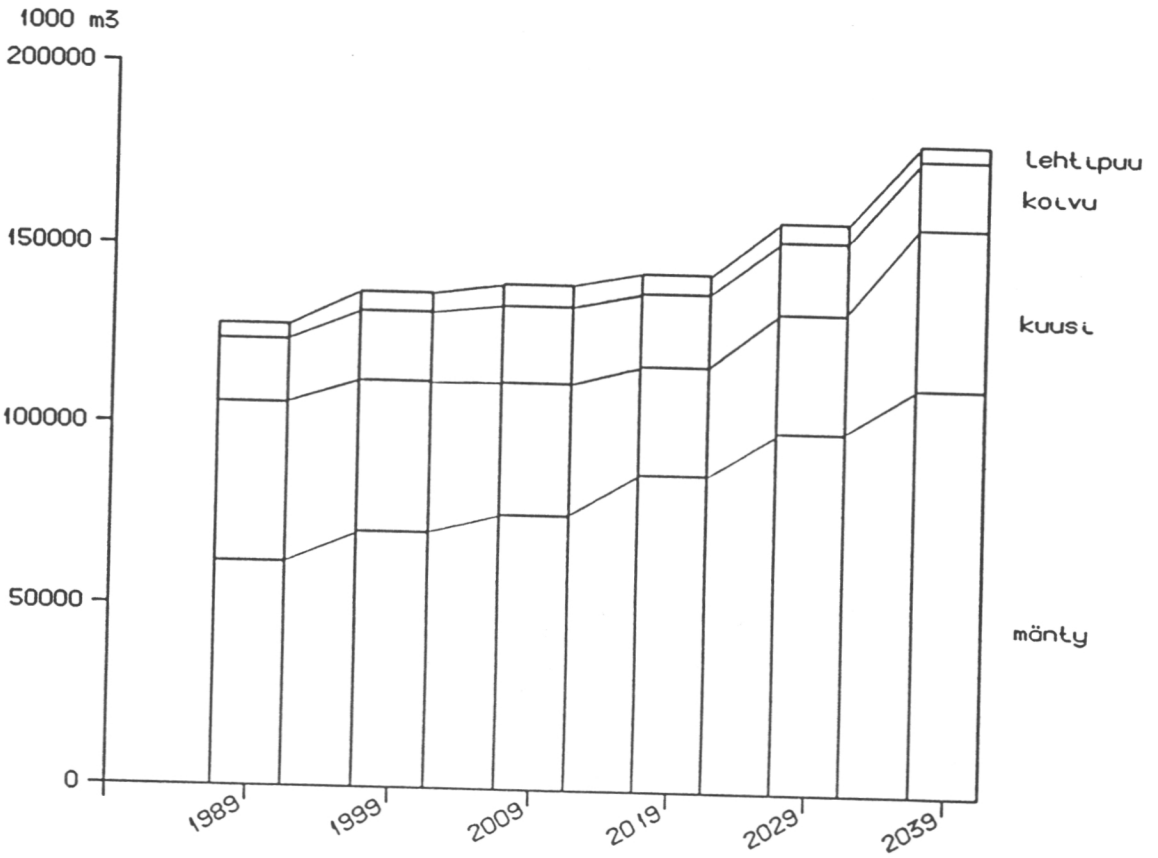
	kasvuntaso	hakkuukertymä	kokonaiskasvu
	-15 %	5509	4908
	perustaso	6924	5829
	+15 %	8592	6871

Alempi kasvuntaso pienentäisi hakkuumahtoa 16 % ja kokonaiskasvua 20 % verrattuna perustason. Ylempi kasvuntaso suurentaisi hakkuumahtoa 18 % ja kokonaiskasvua 24 %. Kasvuntason muutokset heijastuisivat lähes samassa suhteessa pitkän ajan hakkuumahdollisuuksiin.

Alemman kasvun vaihtoehdossa (11) olisi käsittelyohjein kasvatettavaksi sidotun puuston määrä alimmillaan neljänneksen nykypuustoa vähäisempi.

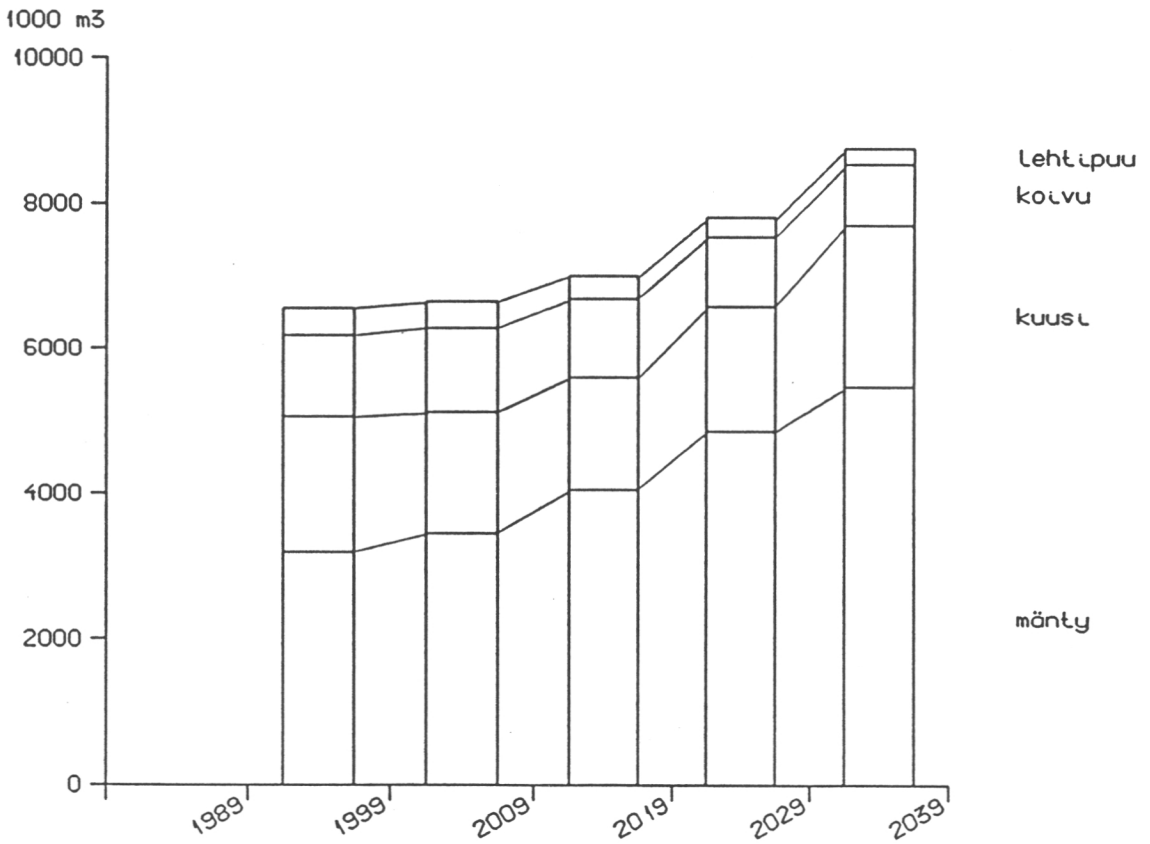
Kuvassa 10 verrataan 5-5,5 miljoonan m³ vuotuisen hakkuumäärän alemmalla kasvuntasolla toteuttavaa vaihtoehtoa (13) vaihtoehtoon (10), jossa on käytetty keskimmäistä kasvuntasoa. Kasvu vaihtelisi 5,5-6 milj. m³ välillä. Puuston määrä vähenisi laskelmakauden aikana nykyisestä 15 milj. m³. Tukkipuukokoinen puusto vähenisi puoleen nykyisestä. Sekä harvennus- että uudistushakkuuta tarvittaisiin runsaammin ja puuston ikäjakauma painottuisi laskelmakauden lopulla nuoriin ikäluokkiin. Metsien häviämisestä ei kuitenkaan voitaisi puhua, sillä puuston määrä alenisi laskelmakauden lopullakin vasta 60-luvun tasolle.

MELA VM18 24.04.90 POHJOIS-KARJALA
TILAVUUS VAIHTOEHTO 10



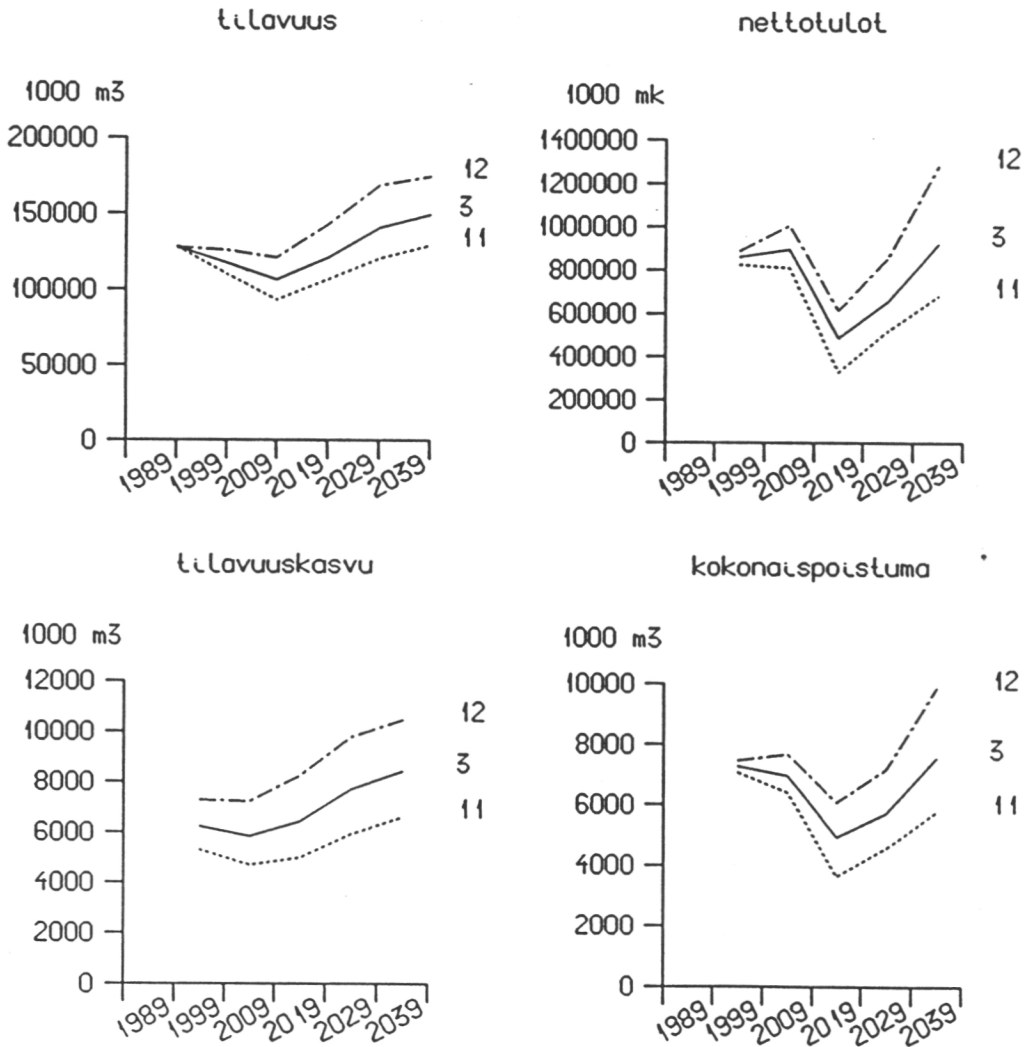
Kuva 7. Pohjois-Karjalan metsien kehitysvaihtoehdot 1989-2039. Vaihtoehdon (10) mukainen puuston määrän kehitys.

MELA VM18 24.04.90 POHJOIS-KARJALA
KASVU VAIHTOEHTO 10



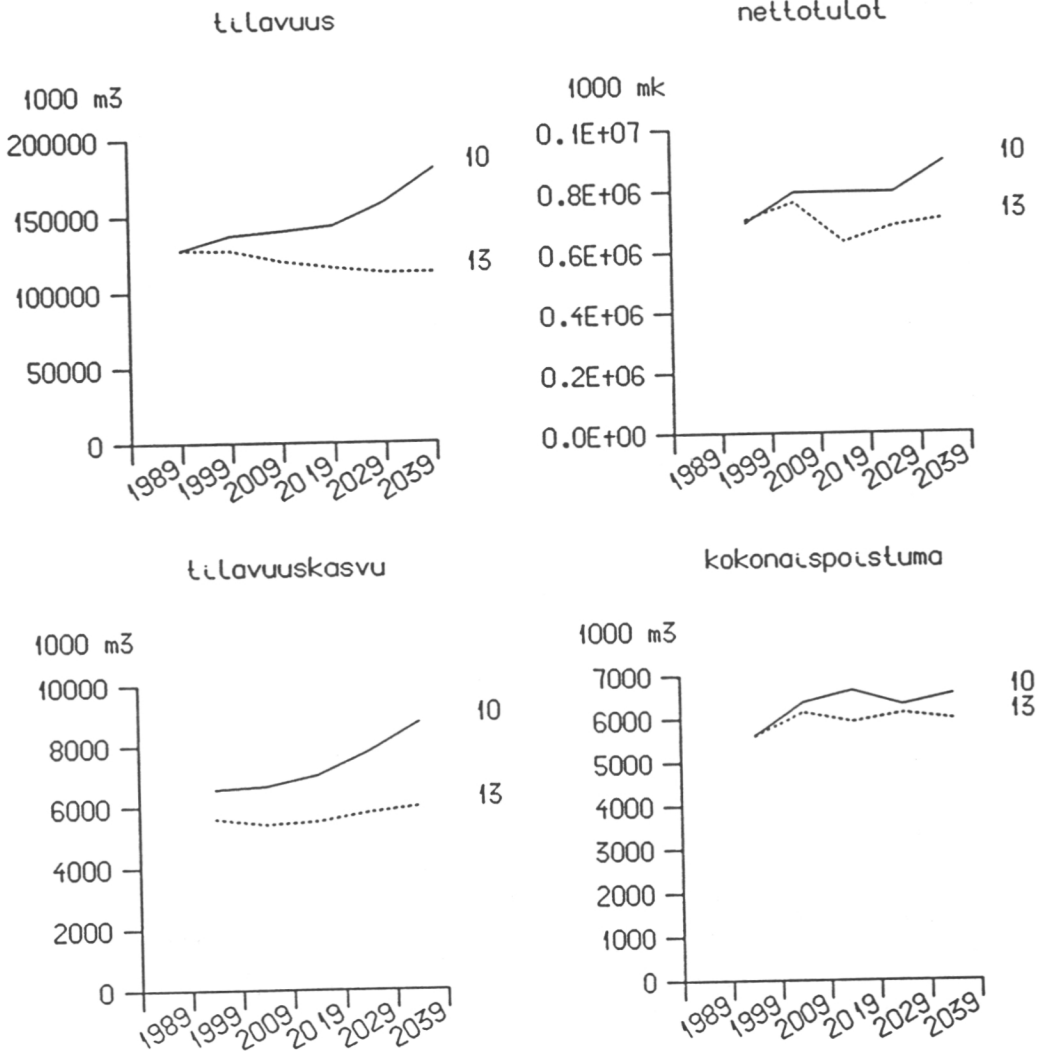
Kuva 8. Pohjois-Karjalan metsien kehitysvaihtoehdot 1989-2039. Vaihtoehdon (10) mukainen kasvun kehitys.

MELA VM18 24.04.90 POHJOIS-KARJALA
HAKKUUMAHTOVAIHTOEHDOT 3 11 12



Kuva 9. Pohjois-Karjalan metsien kehitysvaihtoehdot 1989-2039. Kasvuntason 15 % lisäyksen (12) ja vähennyksen (11) vaikutus hakkuumahtoon.

MELA VM18 24.04.90 POHJOIS-KARJALA
VAIHTOEHDOT 10 13



Kuva 10. Pohjois-Karjalan metsien kehitysvaihtoehdot 1989-2039.
(13) 5-5.5 milj. m³ hakkuukertymän ja 15 % vaihtoehdossa (10) käytettyä alemman kasvuntason vaikutus metsävarojen kehitykseen. Vaihtoehdon (10) seloste kuvassa 5.

6. Tulosten tulkinta ja luotettavuus

Pitkän ajan puuntuotantolaskelmia tehdään tavallisesti lähiajan, esimerkiksi tulevan 10-vuotiskauden tai lähivuosikymmenien toiminnasta päättämisen tueksi ja kiinnittämään huomio jo nyt ennakoitavissa oleviin kehityssuuntiin sekä niihin varautumiseen lähiajan päätöksissä.

Useat laskelmien tuloksiin vaikuttavat tekijät ovat epävarmoja. Toteutuvaan kehitykseen vaikuttavat myös laskelmissa huomiotta jäävät tekijät, joista keskeisimpiä ovat puun kysyntä ja metsänomistajien halukkuus myydä puuta. Toteutuvan kehityksen poikkeamat ennustetusta muuttavat myöhempiä kehittymismahdollisuuksia. Laskelmien luotettavuus selviää lopullisesti vasta jälkikäteen.

Metsälaskelman tulokset ovat käytettävissä olleiden tietojen ja tehtyjen olettamusten suhteen ehdollisia ennusteita. Ne osoittavat laadintahetken perusteilla arvioidut puuntuotantomahdollisuudet ja niiden seuraukset.

Ensimmäisen vuosikymmenen keskimäärin viidestä 10-20 vuoden aikana lähes kuuteen miljoonaan kuutiometriin kohoava hakkuukertymä on vaihtoehdon (10) mukaan Pohjois-Karjalassa mahdollinen, jos esitetyt hakkuut kyetään toteuttamaan. Hakkuumahdollisuudet tulevat hyödynnettyä, metsät uudistettua ja samalla puuvarat karttavat.

Suurempi hakkuumäärä edellyttäisi nuorien metsien voimakasta harventamista ja uudistamista ja johtaisi vähitellen puuvaraston ja puuntuotannon pienenemiseen. Alemmasta hakkuumäärästä puolestaan seuraisi pitkällä tähtäyksellä metsien tihentyminen ja puuvaraston kasvaminen. Mikäli metsänhoidollisesti välttämättömistä hakkuista ja muista toimenpiteistä huolehditaan, ei varaston kasvatuksesta parina lähivuosikymmenenä aiheudu saamatta jääviä tuloja suurempia haittoja. Pitemmällä tähtäyksellä nykytasoiset hakkuut ovat liian vähäisiä ja alkavat vähitellen johtaa metsien puuntuotannolliseen rappeutumiseen.

Kasvun arvion mahdolliset virheet vaikuttavat suoraan hakkuumahdollisuuksien arvioon. Valtakunnan metsien inventointiin liittyvissä kasvuselvityksissä ei ole tähän mennessä havaittu metsien rakenteen muuttumisesta ja luontaisesta vuotuisesta vaihtelusta poikkeavaa selittämätöntä metsien kasvun kehitystä. Jos kasvutason havaitaan joskus muuttuvan, hakkuumäärien tarkistamiseen on hätäilemättä aikaa hakkuumahdollisuuksien puskurina toimivan kasvavan puuvaraston ansiosta.

7. Saatteeksi 90-luvulle

Metsien kasvun muutokset, lähinnä väheneminen, sekä metsien kuoleminen ovat julkisuudessa hoettuina metsätalouden uhkakuvia. Mitäs sitten sanotte, puumäärillä ja kasvulla vielä riekkuvat metsien inventoijat? Metsätalouden uhkia on muitakin. Entä jos puun menekki loppuu? Tai metsänomistajat lannistuvat ja luopuvat hakkuista? Tulevaisuuden pelko voittaa terveen järjen pitkäjänteisen perustuotannon ohjenuorana? Metsätulot seurannaisvaikutuksineen jäävät saamatta? Vuosikymmenien työn tulokset hukataan eikä hakata?

Pohjois-Karjalan metsätalouden haasteena on 2000-luvun alussa hakkuukelpoisen puun, eniten kuitupuumännyn lisäykseen sopeutuminen. Metsä on käyttäen uusiutuva luonnonvara. Nyt puheena olevan runsauden siemenet kylvettiin sotien jälkeisten vuosikymmenien kauhista herättäneille uudistusaloille.

Viitteet

Kilkki, P. 1985. Timber management planning. Silva Carelica 5.

Kuusela, K. & Salminen, S. 19. Pohjois-Karjalan metsävarat vuosina 1973-74, Etelä-Pohjanmaan, Vaasan ja Keski-Pohjanmaan vuonna 1974 sekä Kainuun ja Pohjois-Pohjanmaan vuonna 1975. Folia Forestalia 274.

Kuusela, K. & Salminen, S. 1983. Metsävarat Etelä-Suomen kuuden pohjoisimman metsälautakunnan alueella 1979-1982 sekä koko Etelä-Suomessa 1977-1982. Folia Forestalia 568.

Kuusela, K. & Salovaara, A. 1968. Etelä-Savon, Etelä-Karjalan, Itä-Savon, Pohjois-Karjalan, Pohjois-Savon ja Keski-Suomen metsävarat vuosina 1966-67. Folia Forestalia 42.

Metsien hoidon ja käsittelyn työryhmän raportti. 1985. Talousneuvosto.

Metsätilastollinen vuosikirja. 1970, 1980...1988. Folia Forestalia 130, 460, 510, 550, 590, 620, 660, 690, 715, 730.

Siitonen, M. 1983. A long term forest management planning system based on data from the Finnish National Forest Inventory. Proceedings of the IUFRO Subject Group 4.02 Meeting in Finland September 5-9, 1983. Helsingin yliopiston metsänarvioimistieteen laitoksen tiedonantoja N:o 17.

Viimeisimmät Joensuun tutkimusasemalla ilmestyneet
Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja -sarjan julkaisut:

- Nro 195 Leena Finer. Tuloksia Ruokolahden Eräjärvensuon lannoituskokeesta. Fertilization results on an oligotrophic mire. 26 s. 1985.
- Nro 200 Jukka-Pekka Jäppinen, Markku Kirsi ja Kauko Salo. Luonnonvaraisten sienten sadot ja kaupallinen poiminta Itä-Suomessa, ensisijaisesti Pohjois-Karjalan läänissä. 103 s. 1985.
- Nro 228 Leena Finer. Tuloksia sararämeen fosforilannoitelajikokeesta. Results from a phosphorus fertilization experiment on a mesotrophic mire. 35 s. 1986.
- Nro 258 Itä-Suomen metsätiedepäivä 9. 12. 1986. "Metsäntutkimus käytännön toiminnan perustana?" 61 s. 1987.
- Nro 262 Mikko Toropainen. Pohjois-Karjalan, Itä-Savon ja koko Itä-Suomen metsätalasto 1974–1984. 57 s. 1987.
- Nro 276 Jukka-Pekka Jäppinen. Suomalaisten metsäsienten vientimahdollisuudet. Finnish Forest Mushrooms – The Export Challenge. 79 s. + liitteet. 1987.
- Nro 283 Tiina Heinonen ja Tarja Lukkari. Puulajien kasvupaikkavaatimukset. Alustavia tuloksia männyn, kuusen ja rauduskoivun viljelyn onnistumisesta Nurmeksessa. 19 s. 1987.
- 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.

METSÄNTUTKIMUSLAITOS

Joensuun tutkimusasema
Käyntiosoite Yliopistokatu 7
Postiosoite PL 68, 80101 Joensuu
Puhelin (973) 151 4000 (ohivalinnat)

Kansikuva Keijo Väistö

ISSN 0358-4283
ISBN 951-40-1108-2