

Pekka Leskinen

## Puuntuotannon maksimoinnista preferenssien mittaamiseen – uudenlaista tutkimusta metsäsuunnitteluun

**M**etsäsuunnittelu on keskeinen työkalu metsäneuvonnassa ja metsällisessä päätöksenteossa Suomessa. Sitä on käytetty tehokkaasti myös ohjattaessa yksittäisiä metsänomistajia toimimaan yhteiskunnan asettaman metsäpolitiikan mukaisesti. Metsäsuunnittelu kattaa suurimman osan Suomen metsistä riippumatta metsän omistussuhteista. Esimerkiksi yksityismetsissä on voimassa noin 150 000 tilakohtaista metsäsuunnitelmaa, jotka kattavat yhteensä noin 7,6 milj. metsähehtaaria.

Aiemmin keskeisenä metsäsuunnittelun tavoitteena oli puuntuotannon maksimointi. Suurinta kestäväää hakkuumäärää pidettiin sekä yhteiskunnan että metsänomistajan kannalta edullisena. Tavoite ajateltiin saavutettavan pyrkimällä ns. normaalimetsään eli tilanteeseen, jossa kaikkia puuston ikäluokkia on yhtä suuri pinta-ala. Nyrkkisäännöt metsiköiden puuntuotannon maksimoivaksi käsittelyksi tuotiin ilmi metsänhoito-ohjeissa. Metsäsuunnittelussa huolehdittiinkin lähinnä ohjeiden noudattamisesta ja tasaisesta ikäluokkajakaumasta.

Nykyisin metsäsuunnittelun peruslähtökohdat ovat muuttumassa aiempaa monipuolisemmiksi. Puuntuotannon maksimoinnin lisäksi saatetaan tavoitella esim. metsätalouden kannattavuutta ja metsänomistajan maksuvalmiuden ylläpitämistä. Erityisesti monikäyttö- ja ympäristöarvojen merkitys on korostunut. Metsien monikäytön tavoitteena saattaa olla esim. riistan elinympäristöstä, metsämaisemasta

ja ulkoilullisista arvoista huolehtiminen. Ympäristöarvot puolestaan liittyvät esim. metsäluonnon monimuotoisuuteen ja uhanalaisten kasvi- ja eläinlajien suojeluun. Tavoitteet voivat olla metsänomistajan itsensä asettamia tai yhteiskunnan lainsäädännöllä määrittämiä rajoitteita.

Edellä kuvattujen muutosten seurauksena myös suunnittelumenetelmät ovat muutoksen kourissa. Nykyään metsäsuunnittelu on perusteltua ajatella monitavoitteiseksi päätöksenteko-ongelmaksi, jossa pyritään löytämään se metsänkäsittelyvaihto, joka mahdollisimman hyvin toteuttaa metsänomistajan itsensä asettamat tavoitteet lakien ja normien sallimissa puitteissa. Suunnitelmien laadintaa ei siis tarkastella pelkästään puuntuotannon maksimoinnin tai esim. luonnonsuojelun näkökulmasta. Metsänomistajan asettamat tavoitteet saattavat koostua esim. hakkuutuloista, metsämaiseman kauneudesta ja metsän soveltuvuudesta riistan elinympäristöksi. Tavoitteet voidaan edelleen jakaa osatavoitteiksi ongelman täsmentämiseksi ja suunnitelmavaihtoehtojen vertailun helpottamiseksi. Esimerkiksi hakkuutuloja voidaan tarkastella erikseen ensimmäisen ja toisen kymmenvuotiskauden ajanjaksoilla ja suunnittelukauden lopussa olevan puuston arvona, maisema voidaan jakaa lähi- ja kaukomaisemaksi, sekä riistan elinympäristöön liittyvät tarkastelut voidaan tehdä vaikkapa hirven, metson ja teeren osalta.

## Preferenssien mittaaminen osaksi metsäsuunnittelua

Kvantitatiivisen tiedon lisäksi optimaalisen metsäsuunnitelman valinta edellyttää metsänomistajan preferenssien mittaamista. Esimerkiksi tavoitteiden ja osatavoitteiden tärkeyksien, sekä metsänkäsittelyvaihtoehtojen tuottamien maisemien arvottaminen on metsänomistajan, eikä esim. metsäsuunnitelman laatijan tai yhteiskunnan tehtävä. Koska tavoitteet ja preferenssit vaihtelevat metsänomistajasta toiseen huomattavasti, emme myöskään voi käyttää esim. metsänomistajapopulaation keskimääräisiä arvostuksia kuvaavia malleja. Metsäsuunnitelmien arvottamisessa saatetaan tarvita myös eri alojen asiantuntijoiden mielipiteitä. Esimerkiksi ekologian asiantuntijaa voidaan pyytää arvioimaan eri metsänkäsittelyvaihtoehtojen tuottamien metsien soveltuvuus metson elinympäristöksi. Asiantuntijamielipiteiden käyttö voi olla perusteltua, koska tarkasteltavana olevaan metsään ja sen käsittelyihin soveltuvia empiirisiä elinympäristömalleja ei välttämättä ole olemassa.

Niin sanotun analyttisen hierarkiaproessin eli AHP:n mukaisesti sovellettu parivertailuteknikka tarjoaa erään laajalti käytetyn keinon mitata päätöksentekijän preferenssejä ja asiantuntijoiden mielipiteitä sekä yhdistää mittaukset kvantitatiivisen tiedon kanssa monitavoitteisten päätöksentekoongelmiin ratkaisemiseksi. AHP:ssa tekijöiden, esim. metsäsuunnitelmien tai tavoitteiden, suhteelliset hyvyydet tai tärkeydet arvioidaan numeerisesti suhdeasteikollisten parivertailujen avulla. Metsänomistaja esim. pyydetään esittämään numeerinen arvio kahden eri metsäsuunnitelman tuottamien maisemien hyvyys-suhteesta. Käytännössä metsämaisemat voivat olla tietokoneella tehtyjä kuvia, jolloin metsänomistaja voi tarkastella konkreettisia maisemia. Parivertailuteknikan eräänä etuna on, että vastaaja voi keskittyä tarkastelemaan vain yhtä paria kerrallaan usean tekijän yhtäaikaisen vertailun sijasta. Lisäksi käytäessä läpi kaikki mahdolliset parit, tai ainakin suuri osajoukko kaikista mahdollisista pareista, yksittäisissä parivertailuissa mahdollisesti tehdyt virheet eivät välttämättä ole ratkaisevia lopputuloksen kannalta. Järjestysasteikolliseen arviointiin verrattuna tekijöiden suhdeasteikollinen vertailu puolestaan mahdollistaa monipuolisemman päätöstyön.

Esimerkiksi päätösvaihtoehtojen tuottamien kokonaishyötyjen laskeminen ja vertailu on mahdollista monimutkaisissakin päätöstilanteissa.

Monitavoitteiseen metsäsuunnitteluun liittyvien tekijöiden suhdeasteikollinen numeeristaminen tarjoaa monipuoliset lähtökohdat metsäsuunnitelmien vertailuille, mutta toisaalta tarkasteltavien ilmiöiden subjektiivinen luonne asettaa erityisvaatimuksia mittaus- ja tulosten laskenta -prosesseille. Esimerkiksi puuntuotantoon, kuten puun tilavuuteen ja kasvuun liittyvät tunnuksot ovat objektiivisesti mitattavissa tai ennustettavissa olevia suureita, mutta tavoitteiden tärkeyksien arvottaminen ja metsämaiseman kauneuden arviointi ovat subjektiivisia. Usein myös luonnon monimuotoisuuteen liittyvät suuret pitävät sisällään subjektiivisuutta. Ilmiöiden subjektiivinen luonne ei kuitenkaan sulje pois suhdeasteikollisia mittauksia, mutta sen seurauksena mittausten tarkkuuden ja luotettavuuden arviointiin on kuitenkin kiinnitettävä erityistä huomiota. Myös erilaisten järjestysasteikkoon perustuvien preferenssien mittausten menetelmien käyttö saattaa olla perusteltua joissakin suunnittelutilanteissa. Suhdeasteikollisten parivertailujen sijasta voidaan esim. asettaa tekijät paremmuusjärjestykseen kunkin parin sisällä, asettaa tekijät suoraan paremmuusjärjestykseen ilman pareittaisia vertailuja, tai vertailla tekijöitä käyttäen useampiportaista järjestysasteikkoa. Järjestysasteikollisten menetelmien ja suorien arvostamistekniikoiden avulla voidaan esim. säästää vastaamiseen tarvittavaa aikaa ja siitä seuraavia kustannuksia. Käytettävän mittaustekniikan valinta kuitenkin riippuu kulloinkin tarkasteltavana olevasta päätöksentekoongelimesta.

Suhdeasteikollisilla parivertailuilla ilmaistujen preferenssien tarkkuus ja luotettavuus riippuu parivertailujen numeeristen arvojen oikeellisuudesta. Käytännön sovellutuksissa suhdeasteikolliset parivertailut voidaan tehdä sanallisesti, numeerisesti, graafisesti tai eri tapojen yhdistelminä, mutta kyselytavasta riippumatta parivertailuille halutaan kuitenkin määrittää numeeriset arvot. Parivertailujen suhdeasteikolliseen numeeristamiseen on esitetty useita mitta-asteikkoja, jotka eroavat toisistaan matemaattisten muodostamisperiaatteiden sekä mitta-asteikkojen tuottamien numeeristen arvojen suuruuden perusteella. Käytettävän mitta-asteikon valinnasta ei kuitenkaan näytä vallitsevan yksimielisyyttä.



**Kuva 1.** Metsien monikäyttöä. Kuva Metla/Antti Wall.

Preferenssien mittaamisessa käytettävän mitta-asteikon valintaan liittyvät ongelmat ovat keskeisiä esim. monikäyttöarvojen numeerisessa arvioinnissa. Ongelman tekee mielenkiintoiseksi myös sen monitieteisyys. Metsäsuunnittelun, tai minkä tahansa muun sovellusalueen lisäksi, tutkimusongelma voidaan nähdä osaksi ns. monikriteerisen päätösanalyysin tutkimusta, jossa äärellisen päätösvaihtoehtojoukon tuottamat hyödyt arvioidaan suhteessa äärelliseen määrään päätöskriteereitä. Preferenssien mittaaminen pitää sisällään selvästi myös taloustieteisiin ja psykologiaan kuuluvia elementtejä.

### **Tilastotieteellinen lähestymistapa**

Mitä sitten tilastotieteellä on annettavana preferenssien mittaamiseen liittyvälle tutkimukselle? Aiemmin mainitussa AHP-menetyksessä käytettävän ominaisarvotekniikan lisäksi preferenssit voidaan estimoida parivertailuaineistosta myös regressiomallin avulla. Yleensä estimointimenetelmät tuottavat varsin samanlaiset tulokset, mutta ominais-

arvotekniikan ongelmana on estimoitujen preferenssien luotettavuuden puutteellinen arviointi. Menetyksessä voidaan laskea parivertailujen johdonmukaisuutta kuvaava tunnusluku, mutta sen vaikutusta päätöksenteossa käytettäviin hyödyn estimaatteihin ei voida arvioida. Tilastotieteellinen lähestymistapa sen sijaan tarjoaa monia mahdollisuuksia tulosten luotettavuuden arviointiin esim. klassisen hypoteesien testauksen ja luottamusvälien estimoinnin sekä Bayesiläisen tilastollisen päättelyn avulla. Regressiomallin Bayesiläinen analyysi mahdollistaa esim. muotoa ”metsänkäsittelyvaihtoehto A on parempi kuin metsänkäsittelyvaihtoehto B” olevien tapahtumien todennäköisyyksien arvioinnin. Ottaen huomioon preferenssien subjektiivisesta luonteesta aiheutuvan suuren epävarmuuden, eräs keskeinen tilastotieteellisen lähestymistavan etu onkin preferenssien mittaamisen epävarmuuden arviointi ja havainnollistaminen päätöksentekijälle. Päätöksentekotilanteesta riippuen epävarmuustunnuksilla saattaa olla oleellinen merkitys esim. toteutettavan metsäsuunnitelman valintaan. Muista tilastotieteellisen lähestymistavan eduista mainittakoon, että pariver-

tailuaineiston regressioanalyysi mahdollistaa preferenssien estimoinnin myös sellaisista parivertailuaineistoista, joissa on tehty vain osa kaikista mahdollisista parivertailuista. Tällä ominaisuudella on merkitystä erityisesti silloin, kun vertailtavien tekijöiden lukumäärä on suuri.

Preferenssien mittaamisen tilastotieteellinen tarkastelu tuo siis oman lisänsä monitieteiseen tutkimusongelmaan. Parivertailuaineiston regressioanalyysin näkökulmasta edellä kuvatussa mitta-asteikon valintaongelmassa on kyse vastemuuttujan numeeristen arvojen valinnasta, joka puolestaan vaikuttaa esim. metsänomistajalle annettavaan päätöskäytökseen estimoitujen preferenssien ja niiden epävarmuuksia kuvaavien tunnusten kautta. Mitta-asteikoihin liittyvien ongelmien lisäksi mm. tarkkojen numeeristen parivertailujen tekeminen on koettu hankalaksi käytännön sovelluksissa. Tätä ongelmaa voidaan lähestyä ns. intervalliparivertailujen avulla tarkkojen parivertailujen sijasta. Hiljattain valmistuneessa tilastotieteen väitöskirjatutkimuksessani tarkasteltiin mitta-asteikkojen tilastotieteellisiä ominaisuuksia ja osoitettiin, kuinka todennäköisyysjakaumiin perustuva intervalliaineisto voidaan kerätä ja analysoida tilastollisen mallin avulla. Tutkimuksen tulokset tukivat geometrisen mitta-asteikon käyttöä. Intervalliparivertailut puolestaan mahdollistavat monipuolisemman epävarmuuksien analysoinnin tavalliseen tilanteeseen verrattuna. Tutkimuksen tuloksia voidaan sellaisenaan hyödyntää mm. monitavoitteiseen metsäsuunnitteluun liittyvässä preferenssien mittaamisessa.

## Kirjallisuutta

- Alho, J.M., Kolehmainen, O. & Leskinen, P. 2001. Regression methods for pairwise comparisons data. Julkaisussa: Schmoldt, D.L., Kangas, J., Mendoza, G.A. & Pesonen, M. (toim.). *The Analytic Hierarchy Process in natural resource and environmental decision making*. Kluwer Academic Publishers. s. 235–251.
- Kangas, J. 1992. Multiple-use planning of forest resources by using the Analytic Hierarchy Process. *Scandinavian Journal of Forest Research* 7: 259–268.
- Leskinen, P. 2001. Statistical methods for measuring preferences. Joensuun yliopiston yhteiskuntatieteellisiä julkaisuja 48. Väitöskirja.
- Oksanen-Peltola, L. 1999. Metsäsuunnittelun lähtökohta. Julkaisussa: Heikinheimo, M. (toim.). *Metsäsuunnittelun tietohuolto*. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 741.
- Pukkala, T. 1994. *Metsäsuunnittelun perusteet*. Gummerus Kirjapaino Oy, Jyväskylä.
- Saaty, T.L. 1980. *The Analytic Hierarchy Process. Planning, priority setting, resource allocation*. McGraw-Hill, New York.

■ YTT Pekka Leskinen, Metla, Kannuksen tutkimusasema. Sähköposti pekka.leskinen@metla.fi