

Mallit puuston kasvun ja käsittelyiden vaikutuksen ennustamisessa



Kasvu- ja tuotostutkimuksessa on vankka tieteellinen traditio käsitellä tutkimusongelmaa tilastotieteellisellä lähestymistavalla. Tilastotiede tarjoaa puuston kasvun, tilavuuden ja rakenteen tutkimukseen monipuolisia menetelmiä, joilla selitetään ilmiöiden ominaisuuksia, lasketaan muuttujien odotusarvoja ja virheiden suuruuksia. Myös hierarkkisten aineistojen analysointiin on menetelmiä, joissa virhe voidaan jakaa osiin. Tilastollisten mallien lähtökohtana on, että populaatiosta otetaan tutkittavaksi edustava otos ja sen perusteella tehdään päättelyä tuloksista ja tulosten yleistettävyydestä. Malleihin otetaan puustosta mitattavien muuttujien lisäksi myös selittäviksi muuttujiksi ilmastoa ja kasvupaikan ominaisuuksia kuvaavia muuttujia, kuten lämpösumma, korkeus merenpinnasta ja metsätyyppi. Tutkimusmenettelyyn kuuluu mallin ominaisuuksien tutkiminen ja testaaminen toisessa riippumattomassa aineistossa. Tulosten perusteella tehdään johtopäätökset, arviot luotettavuudesta ja sovellettavuudesta. Tilastotieteellisten mallien hyvyden kriteerinä ja tavoitteena on, että mallit kuvaavat tutkittavaa ilmiötä realistisesti ilmiön vaihtelun rajoissa ja että mallin muuttujat selittävät ilmiön vaihtelusta mahdollisimman paljon. Tilastotieteellisillä malleilla pystytään kuvaamaan puuston kehitystä nykyisin luotettavasti, jos puuston kasvureaktiot pysyvät samanlaisina kuin mallien laadinta-aineistossa. Näiden mallien etuna on alueellinen sovellettavuus, tarkkuus ja käsitys virheen suuruudesta.

Tilastotieteellisiin kasvumalleihin ei yleensä sisälly kausaalista kuvausta kasvun biologiasta ja kasvuun vaikuttavista tekijöistä. Lähes kolmenkymmenen vuoden aikana puiden aineenvaihdunnan ja kasvun kuvaamiseen on sovellettu myös systeemianalyttistä lähestymistapaa. Systeemianalyysi on kehittynyt sovelletun matematiikan alana kybernetiikasta ja operaatiotutkimuksesta, missä käsitellään systeemien toiminnan dynamiikkaa ja vastetta ulkoiseen syötteeseen. Systeemianalyysi käyttää teknisten tieteiden menetelmiä ja sen pääsovellusalana ovat sähköisten systeemien ominaisuuk-

sien tutkiminen, signaalinkäsittely ja kommunikaatiojärjestelmät. Systeemanalyysin menetelmiä on sovellettu myös biologiseen mallittamiseen ja yhteiskunnallisten ja taloudellisten toimintavaihtoehtojen vertailuun.

Systeemanalyyttisen lähestymistavan malleissa puiden kasvu kuvataan dynaamisina, hierarkkisesti eritasoisten biologisten riippuvuuksien osajärjestelminä, jotka kytketään toimivaksi kokonaisuudeksi. Kasvun syötteenä ja myös rajoitteena on fotosynteesissä yhteytettävä hiili, jota puu käyttää kasvuun, elintoimintojen ylläpitoon ja jota poistuu kuolleissa solukoissa karikkeen mukana. Näitä malleja kutsutaan myös prosessimalleiksi, koska niissä pyritään kuvaamaan puiden aineenvaihdunnassa tapahtuvia ainevirtoja ja aineen kertymistä. Prosessimallit auttavat ymmärtämään järjestelmän toimintaa ja miten toiminta riippuu vaikuttavista tekijöistä. Prosessimalleille on ominaista, että ne kuvaavat ilmiötä yleisellä tasolla ja antavat tietoa toiminnan vasteista. Prosessimallien realistisuudelle on ratkaisevaa biologisten prosessien oikea kuvaaminen matemaattisiksi säännöiksi ja osasysteemien kytkentä kokonaisuudeksi. Biologinen prosessi voi olla mallissa mukana myös ”mustana laatikkona”, jonka toiminnan rakennetta ei tunneta, mutta toiminnan vaste tunnetaan. Siten mallit voivat sisältää eri tasoista biologista tietoa.

Prossessimallit eivät vielä sisällä kuvausta biologisen ilmiön vaihtelusta, joten mallin tulokset ovat tässä mielessä tapaustutkimusta ja virhettä ei pystytä arvioimaan yhtä hyvin kuin tilastollisilla malleilla. Prosessimalleihin on mahdollista sisällyttää myös toiminnan vaihtelu. Periaatteessa osa vaihtelusta tulee malliin mukaan jo syötteenä käytettävien ympäristötekijöiden vaihtelun kautta, mutta puiden kasvun prosessimalleja ei vielä ole kuvattu näin lyhyellä aikavasteella toimiviksi. Nykyisten prosessimallien ongelmana on myös biologisen tiedon epävarmuus. Vaikka fotosynteesimittauksiin perustuvat tutkimustulokset ovat lisääntyneet, metsikön eri puulajien fotosynteesituotantoa ja sen vaihtelua ei tunneta riittävästi. Epävarmuutta on myös muiden aineenvaihduntaprosessien tuntemisessa ravinnekierto ja kasvupaikan ravinteisuuden vaikutus mukaanlukien. Esimerkiksi puuston runkojen kuvaukseen tarvittavasta oksikkuuden syntymisestä ei ole olemassa biologisesta prosessista sellaista tutkimustietoa, jotta oksikkuus voitaisiin kuvata prosessimallin osasysteeminä. Nykyisiin prosessimalleihin oksikkuus tuodaan tilastollisilla malleilla.

Puuston kasvun ennustamisessa epävarmuus ja virheet kasaantuvat ennustusajan pituudessa. Tilastotieteellisillä malleilla kasvun ja tuotoksen ennustamiseen tarvitaan useita malleja ja niistä koostuvia simulaattoreita. Näiden simulaattoreiden luotettavuuden arviointi ja tutkiminen on vaikeaa samoin kuten prosessimalleissa eikä yhtenäistä menettelyä ole. Tässä suhteessa tilastotieteellisistä malleista kootuissa simulaattoreissa ja prosessimalleissa on samanlaista kehittämistarvetta. Molempien menetelmien tavoitteena on tuottaa tieteellisesti pätevää tietoa. Siksi tuloksen luotettavuudesta tarvitaan tietoa.

Metsien kasvu ja käsittelyiden vaikutus kasvuun on monitasoinen biologisten toimintojen dynaaminen prosessi. Biologisten prosessien toiminnasta tarvitaan jatkuvasti tutkimusta, jotta metsien kehitystä voidaan paremmin tarkastella syy-seuraussuhteiden ja vuorovaikutusten perusteella. Jotta tutkimus pystyisi tuottamaan metsien hoitoon uutta tietoa, pitää nykyinen metsänhoidollinen ja kasvu- ja tuotostutkimuksen tietämys ja eri mallinnus- ja tutkimusmenetelmien vahvuudet tuoda yhteen tutkijoiden konkreettisessa työssä. Siten on mahdollista kehittää parhaaseen tietoon perustuvia entistä parempia simulointivälineitä. On kuitenkin muistettava, että mallit ja tutkimustieto eivät ole koskaan täydellisiä ja tutkijoilla onkin suuri vastuu tutkimusten ja simulointien tulosten tulkinnessa ja johtopäätösten tekemisessä. Käytännön metsätalous odottaa tutkimukselta luotettavaa tietoa. Siksi mallien avulla saatuja tutkimustuloksia on tarkasteltava kriittisesti ja johtopäätökset pitää tehdä tietoisena tulosten, oletusten ja tutkimusmenetelmien epävarmuudesta ja rajallisuudesta.

Eeva Korpilahti