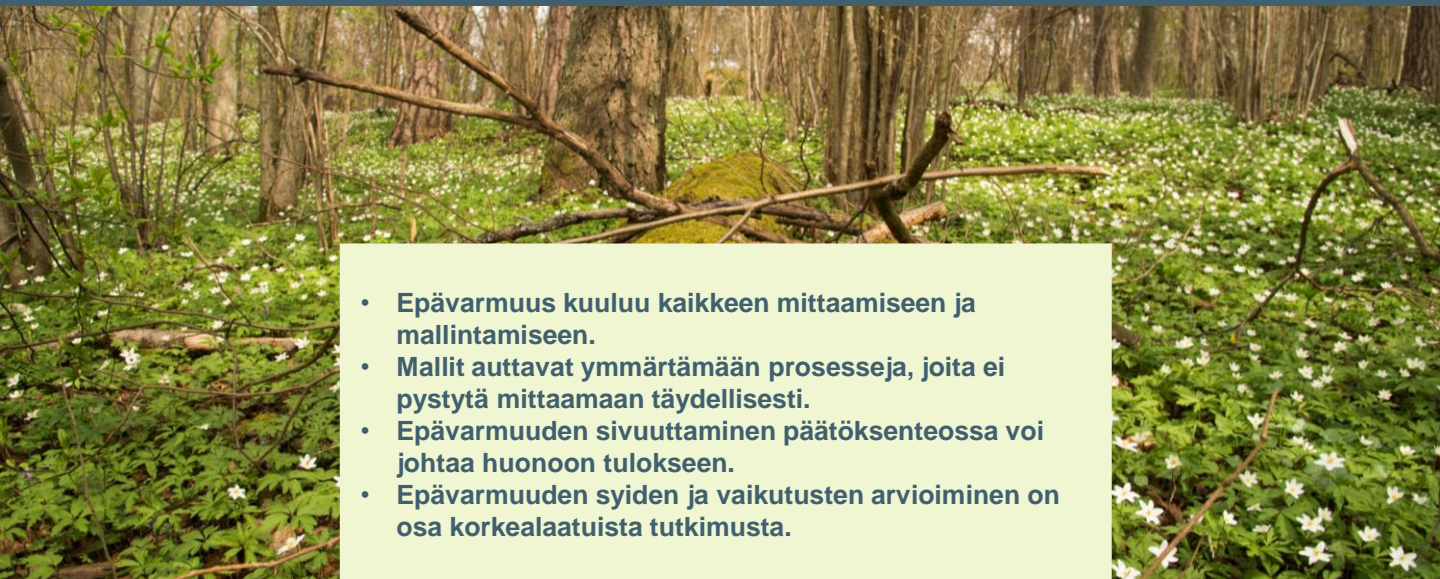


Mallinnuksen epävarmuus ja sen huomioiminen päätöksenteossa



- **Epävarmuus kuuluu kaikkeen mittaamiseen ja mallintamiseen.**
- **Mallit auttavat ymmärtämään prosesseja, joita ei pystytä mittaamaan täydellisesti.**
- **Epävarmuuden sivuuttaminen päätöksenteossa voi johtaa huonoon tulokseen.**
- **Epävarmuuden syiden ja vaikutusten arvioiminen on osa korkealaatuista tutkimusta.**

Kuva: Riku Lumiaro

Laadukas päätöksenteko vaatii epävarmuuden huomioon ottamista

Epävarmuus kuuluu kaikkeen luonnontieteelliseen mittaamiseen ja mallinnukseen. Se pitää ottaa huomioon mallien tulosten tulkitsemisessa ja malleihin perustuvassa päätöksenteossa. Epävarmuudella tarkoitetaan sitä, että tutkittavan muuttujan suuruutta ei tunneta tarkasti vaan ainoastaan jollakin vaihteluvälillä tai todennäköisyydellä.

Malleilla tuotetaan tärkeää tietoa päätöksentekoa varten. Mallien avulla voimme ymmärtää paremmin sellaisia luonnossa tapahtuvia prosesseja, joita ei pystytä mittaamaan täydellisesti, kuten ilmastonmuutos, metsän kasvu tai hiilen kierto. Mallien avulla voidaan myös laatia ennusteita ihmisen toiminnan vaikutuksista näihin ilmiöihin.

Jos mallien epävarmuutta ei tiedosteta, voidaan tehdä vääriä oletuksia mallinnuksen perusteella tehtävien päätösten seurauksista. Epävarmuuden huomioon ottaminen päätöksenteossa tukee kustannustehokasta resurssien käyttöä ja johtaa todennäköisemmin tavoitteen saavuttamiseen.

Epävarmuuden arviointi on osa korkealaatuista tutkimusta

Epävarmuus johtuu sekä tutkimus-aineistoista että malleista

Mallin tuottamien tulosten epävarmuus johtuu monista eri syistä. Mallien syöttötietojen tai alkutilan epävarmuutta voidaan arvioida mittausten avulla. Koska mittaustietoa on useimmiten saatavilla vain osasta paikkoja ja joinakin hetkinä, täytyy mittaustietoa yleistää tiedon alueellisen ja ajallisen kattavuuden parantamiseksi.

Mittauksia voidaan myös käyttää mallien kalibroimiseen ja niiden rakenteellisen epävarmuuden määrittämiseen. Jokainen malli on aina yksinkertaistettu kuvaus todellisuudesta, ja siten jo itsessään jossain määrin epävarma.

Esimerkiksi sään luontainen vaihtelu aiheuttaa epävarmuutta malleihin, jotka käyttävät syöttötietoinaan sääaineistoja. Tämä ilmasto- ja säämallien epävarmuus täytyy ottaa huomioon myös niihin perustuvissa ennustemalleissa.

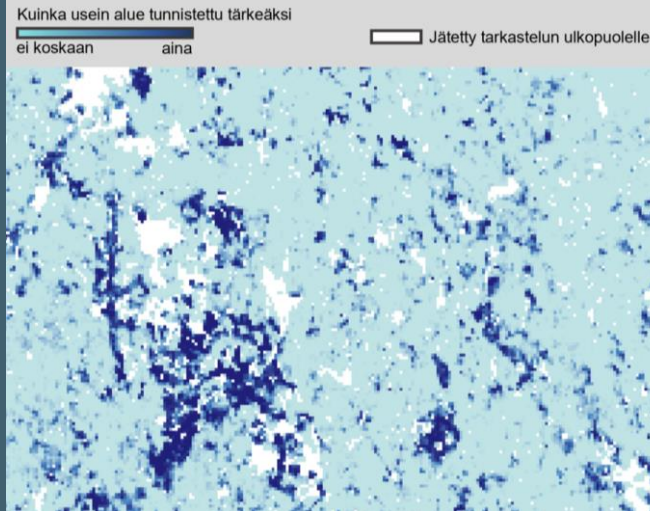
Kirjoittajat: A. Akujärvi, L. Backman, J. Holder, V. Juntila, O. Kinnunen, H. Kujala, T. Markkanen, N. Mikkonen, F. Minunno, A. Mäkelä, ja T. Schulz

Lisätietoja:
Tietokortti mallinnuksesta: [Mallit täydentävät tietoja ja tuottavat ennusteita monimuotoisuudesta ja hiilestä](#)

Kujala, H. et al. 2023: Role of data uncertainty when identifying important areas for biodiversity and carbon in boreal forests. *Ambio* <https://doi.org/10.1007/s13280-023-01908-2>

Juntila, V. et al. 2023: Quantification of forest carbon flux and stock uncertainties under climate change and their use in regionally explicit decision making: Case study in Finland. *Ambio* <https://doi.org/10.1007/s13280-023-01906-4>

Kuinka vähentää epävarmuutta?



Kuva 1. Kartassa havainnollistetaan metsien mallinnettuja luontoarvoja ja niiden paikallista vaihtelua. Mitä tummempi väri alueella on, sitä todennäköisemmin alue sisältää tärkeitä luontoarvoja riippumatta mallinnuksen epävarmuudesta. Metsien ulkopuoliset maankäyttömuodot jätettiin tarkastelun ulkopuolelle ja ne näkyvät kartassa vaikoisina.

Miten epävarmuutta tulkitaan?

Tutkija, joka raportoi tuloksistaan ja niihin liittyvistä epävarmuuksista huolellisesti, ei ole epävarma tutkija. Päinvastoin – epävarmuuksien sisällyttäminen tutkimustuloksiin kertoo tutkimuksen laadusta ja käyttökelpoisuudesta päätöksenteon tukena. Lisäksi se auttaa ymmärtämään tutkimukseen liittyviä rajoitteita.

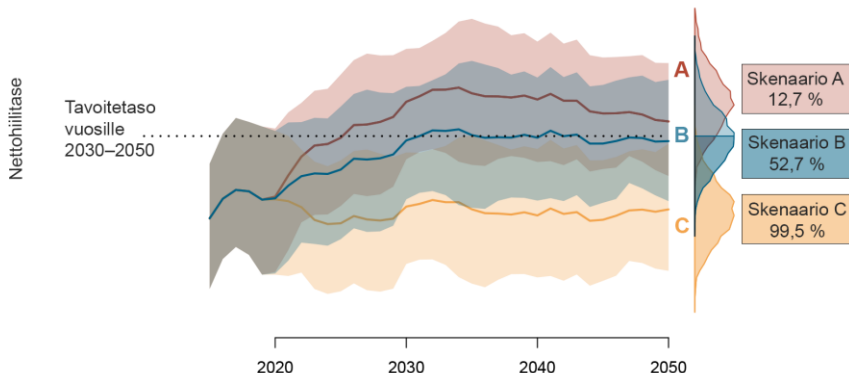
Usein päätöksenteossa pyritään laadulliseen tai määrälliseen tavoitteeseen, esimerkiksi ylläpitämään tietyn suuruista metsien hiilinielua. Sen sijaan, että ajateltaisiin tiettyjen toimien johtavan aina samaan lopputulokseen, tulisi arvioida todennäköisyyttä saavuttaa tavoite valituilla toimenpiteillä.

Jos kahden muuttujan epävarmuuden vaihteluvälit poikkeavat toisistaan selvästi, muuttujien välinen ero on tilastollisesti merkitsevä. Jos vaihteluvälit ovat osittain päällekkäiset, ei voida varmuudella todeta, että muuttujat eroavat toisistaan (Kuva 2).

Kuinka käsitellä ja vähentää epävarmuutta?

Epävarman tiedon käsittelyyn on eri tapoja. Ensinnäkin arvioinnin tarkkuutta voidaan parantaa kokoamalla lisää tutkimusaineistoa. Resurssit aineiston keräämiseen ovat kuitenkin aina rajallisia.

Metsän hiilitaseen kehitys ja epävarmuusjakaumat eri skenaarioissa



Kuva 2. Mallinnetut metsän hiilitaseen kehityskulut sekä niiden epävarmuusjakaumat metsien käytön skenaarioissa A, B ja C. Musta katkoviiva kuvaa metsien hiilinielun tavoitetasoa jaksolle 2030–2050. Skenaarioiden A ja B vaikutuksia hiilitaseeseen ei pystytä luotettavasti erottamaan toisistaan, koska niiden epävarmuusjakaumat ovat osittain päällekkäiset. Skenaarioiden A ja C epävarmuusjakaumat taas ovat selvästi erilliset, joten niiden vaikutukset hiilitaseeseen voidaan luotettavasti erottaa toisistaan. Tavoitetaso saavutetaan sitä todennäköisemmin, mitä suuremmalla todennäköisyydellä mallinnettu hiilitase pysyy katkoviivan alapuolella (12, 52 ja 99 %:n todennäköisyydet skenaarioissa A, B ja C).

KIINNOSTUITKO?
Ota yhteyttä:

Konsortion johtaja **Martin Forsius**, Suomen ympäristökeskus, martin.forsius@syke.fi, puh. 0295 251 118
Vuorovaikutusvastaava **Minna Pekkonen**, Suomen ympäristökeskus, minna.pekkonen@syke.fi puh. 0295 251 779
www.ibccarbon.fi | Twitter. @IBCCarbon