

Hiilinielulaskennan epävarmuudet ja kehittämis- mahdollisuudet

Annika Kangas



Selvityksen tausta

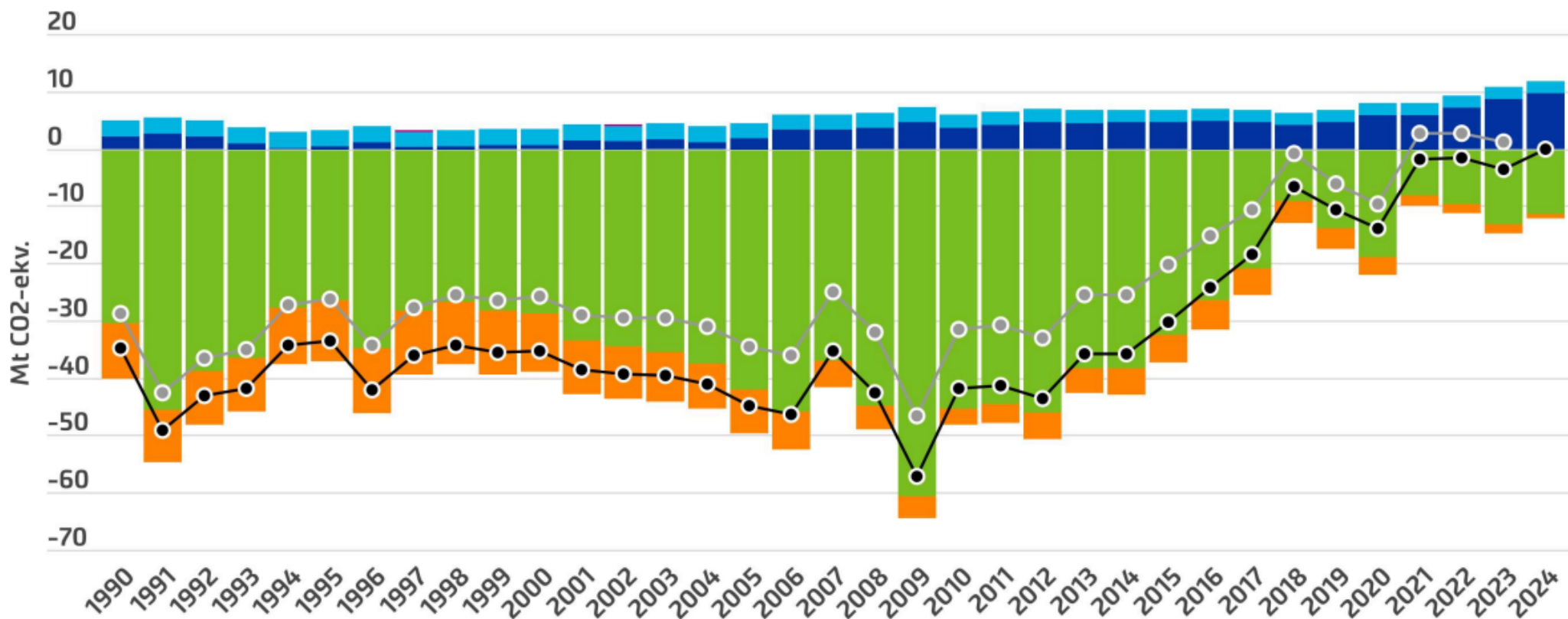
- Luken kasvihuonekaasuraportointi on herättänyt viime vuosina suurta hämmennystä.
 - Tulokset ovat muuttuneet useasti jopa vuoden sisällä.
 - Yksittäisen vuoden tulos on saattanut vaihtua inventaariosta toiseen nielusta päästökseksi tai päinvastoin.
 - Suomen metsät muuttuivat päästölähteeksi, vaikka Ruotsin metsät ovat raportoinnissa edelleen nielu.
 - Myös NASAn satelliittihavaintoihin perustuvissa raporteissa Suomi oli nielu.
- MMM:n toimeksiannosta lähdimme selvittämään, mistä hämmentävät tulokset johtuvat, ja missä on korjattavaa.



Kasvihuonekaasuinventaarion uusimmat tulokset

Metsämaan päästöt ja poistumat

Positiivinen luku on päästöä, negatiivinen poistumaa (nielu)



Mitä tuloksista voitiin päätellä?

- Analyysin perusteella metsien maaperän ja puuston kasvihuonekaasuinventaario on tehty asianmukaisesti.
- Muutostarpeita on
 - Mutta se ei tarkoita, että laskennassa olisi tehty virheitä.
 - Vaan että erityisesti maaperän prosesseista ei ole ollut riittävästi tietoa eikä mallinnukseen sopivaa aineistoa.
 - Uusia muutoksia on odotettavissa ainakin turvemaiden hiilipäästöjen laskentaan (HIKET-hanke).



Mitä tuloksista seuraa?

- Täsmällisten numeeristen tavoitteiden toteutumisen seuranta on kasvihuonekaasulaskennan perusteella hankalaa.
 - Esimerkiksi hiilineutraaliuden saavuttaminen.
- Tiedon tarkentuessa menetelmämuutoksia on tulossa lisääkin.
 - Tilannekuva muuttuu myös menneisyyden osalta.
- Silti hiilinielulaskenta on ainoa keino ohjata maankäyttöä hiilineutraalimpaan suuntaan.
- EU:n eri maille asettamat tavoitteet muuttuvat myös menetelmämuutosten mukana.
 - Jolloin oikean tiedon tuottaminen on jäsenmaille kannattavaa.
 - "kansallista etua" ei tarvitse mallia valitessa pohtia.



Kiitos Thank you!



luke.fi

Skenaariolaskelmien muutokset: taustat ja vaikutukset hiilinieluihin

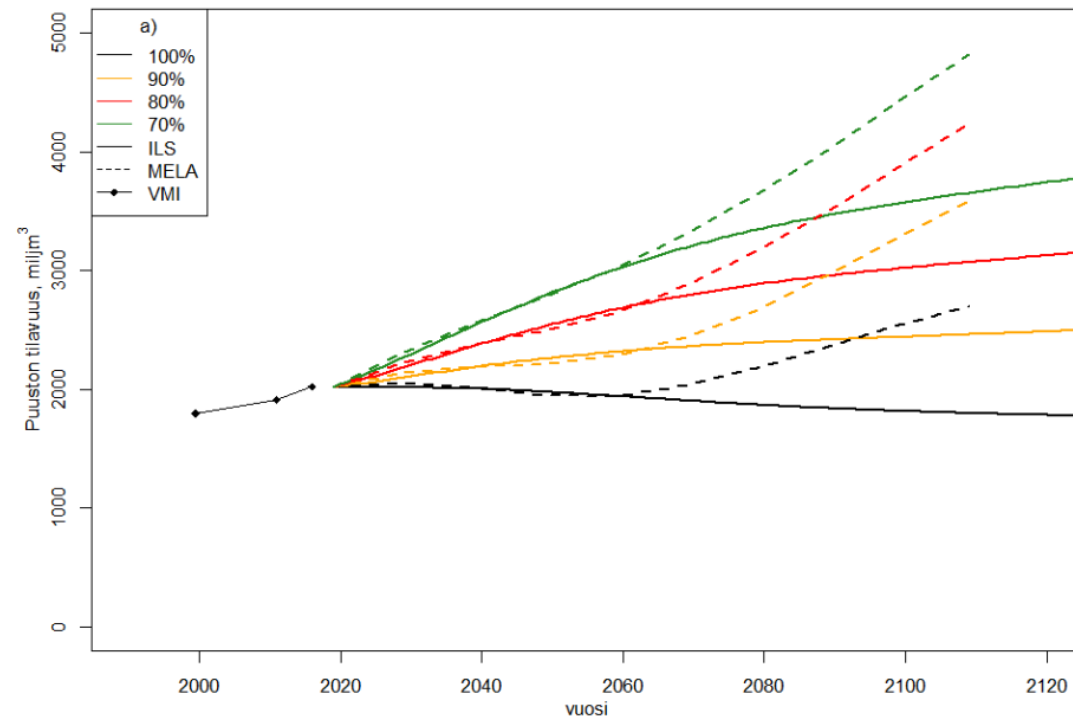
Lauri Mehtätalo

Tutkimusprofessori, metsäsuunnittelu



Taustaa

- Metsien **tulevaa** kehitystä ja hiilensidontaa arvioidaan ilmasto- ja metsäpolitiikkaa tukevilla skenaariolaskelmilla.
 - Enemmän epävarmuuksia kuin **menneisyyteen** suuntautuvassa khk-inventaariossa
- MELA:n kasvuarvioissa havaittiin vuonna 2024 yliarvio etenkin pitkällä aikavälillä (yli 20 vuotta).
 - Syynä vuosikymmeniä käytössä ollut tapa muodostaa laskenta-aineisto metsikkökuvion rajalle sattuneilla VMI-koealoilla
- HILE-raportissa esitellään korjattuja arvioita metsien kasvusta, hakkuista ja khk-kaasutaseesta
 - Maakunnittaiset hakkuumahdollisuyslaskelmat julkaistaan helmikuussa 2026.



Ikäluokkasimulaattorin (ILS) ja MELA-ohjelmiston tuottamat runkopuun tilavuuden kehitysarviot eri hakkuutasoilla.

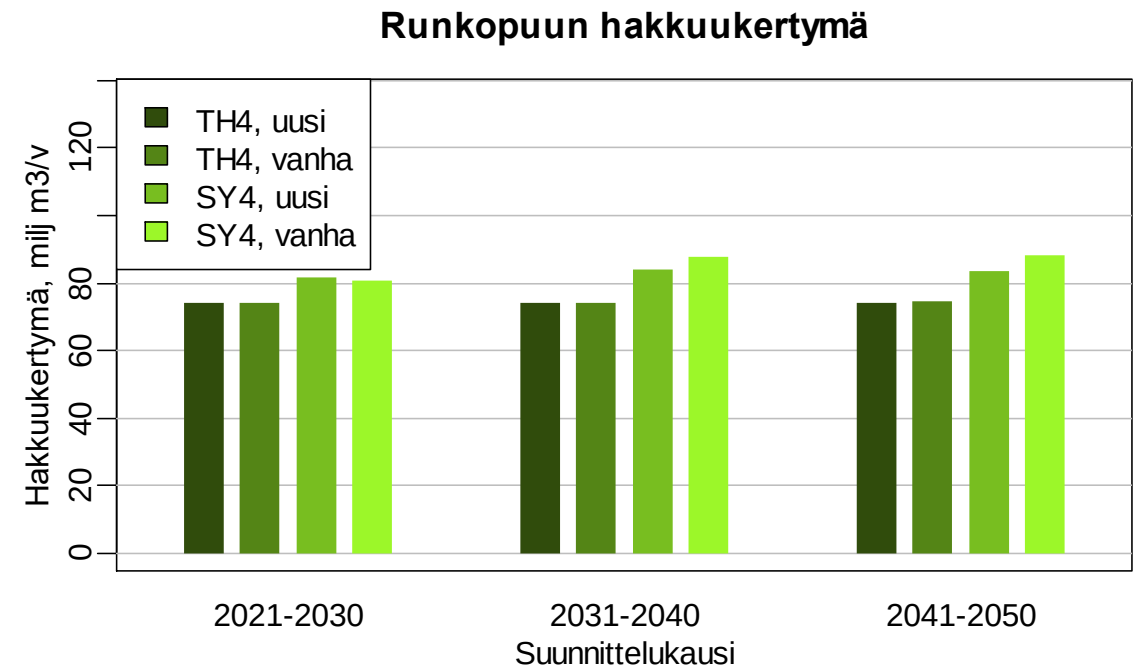
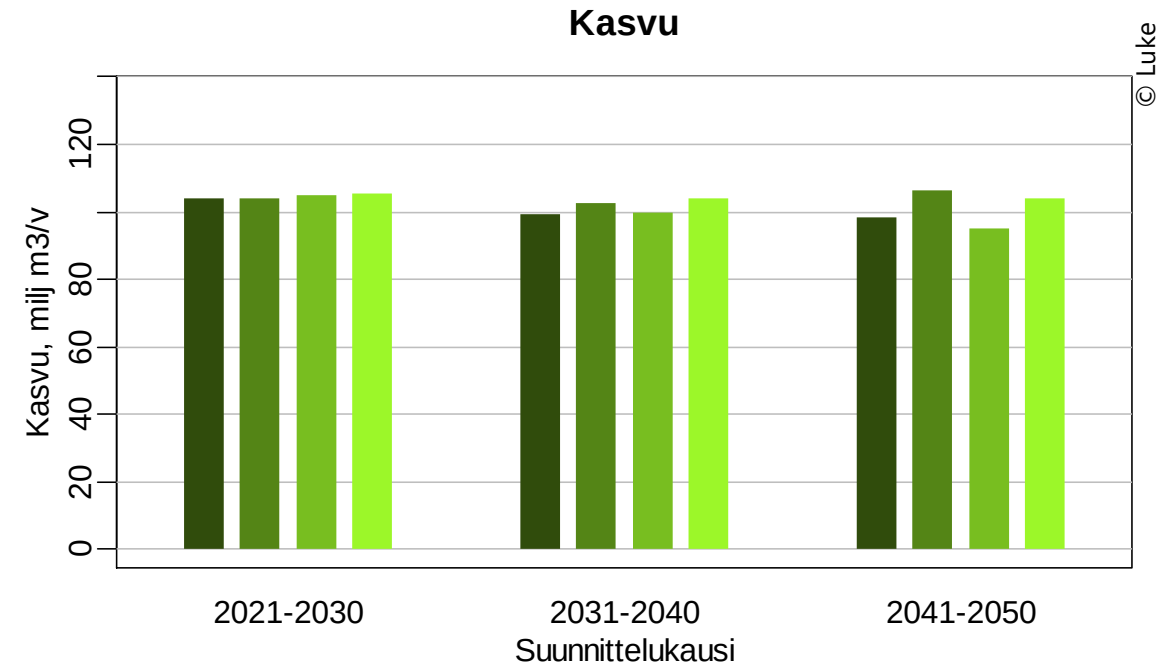
Hakkuumahdollisuuskalkelmat

- Perinteisesti on julkaistu MELA-laskelmat:
 - Suurin ylläpidettävä hakkuumäärä **(SY4)**.
 - Lähimenneisyyden hakkuutasoa vastaava laskelma **(TH4)**.
 - Molemmissa tavoitteena nettotulojen nykyarvo 4% korkokannalla.
- Nyt julkaistaan SY-laskelmia myös alhaisemmilla koroilla.
 - Realistisia vaihtoehtoja, jos puuntuotannon rinnalla toimii esim. hiilivuokramekanismi tai luonnonarvokauppa.
 - Kuvaavat laajemmin metsien hakkuu- ja hiilensidontamahdollisuuksia.
- Myös kasvihuonekaasutaseen laskenta on päivitetty vastaamaan khk-inventaarion menetelmiä.



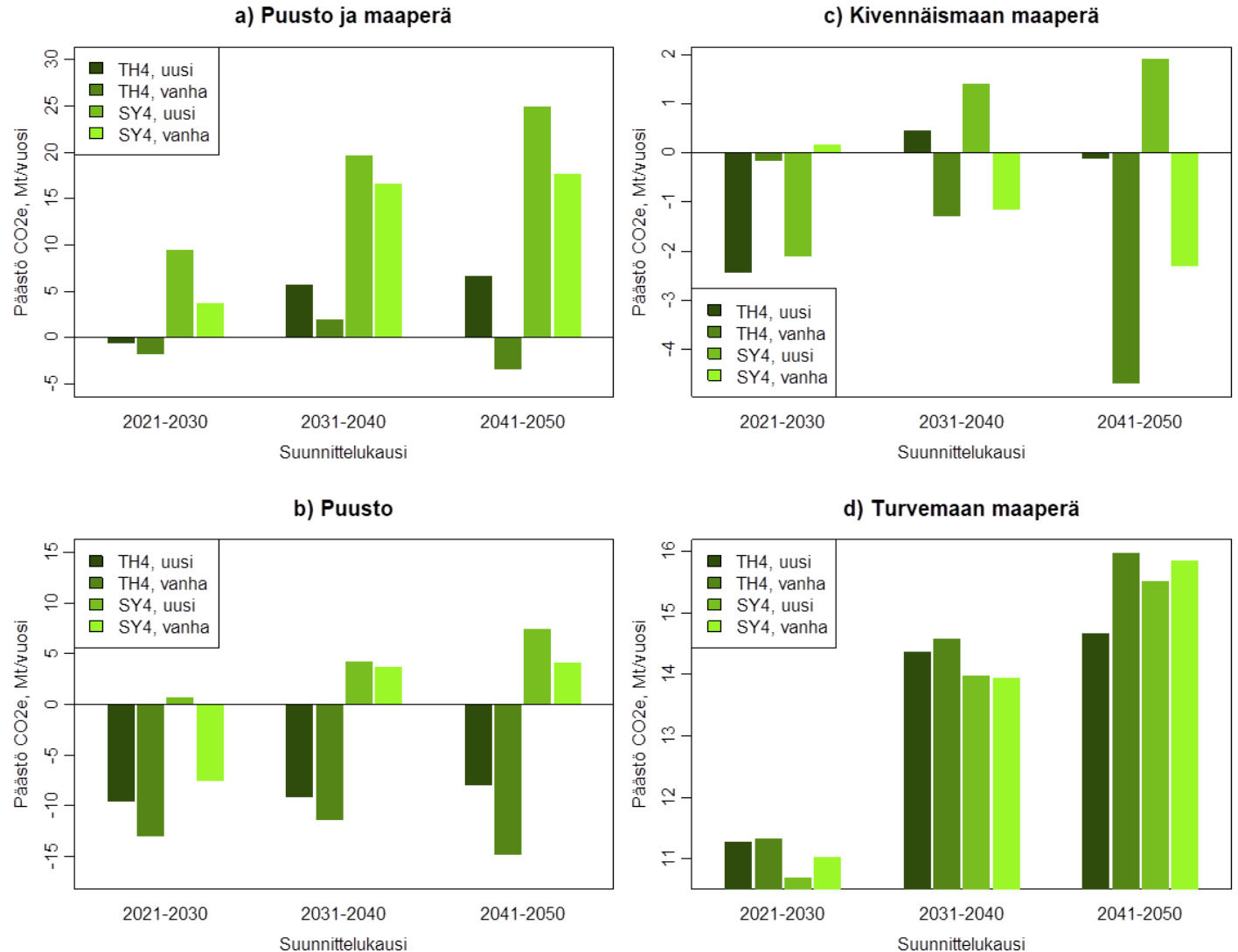
Muutoksen vaikutus kasvu- ja hakkuukertymäarvioihin

- Sekä toteutuneiden hakkuiden (TH4) että suurimman ylläpidettävän (SY4) skenaariossa puuston kasvu taantuu alle 100 miljoonaan kuutiometriin.
- Suurin ylläpidettävissä olevan hakkuukertymän arvio on kaikilla kausilla reilu 80 milj. m³/v.
 - vanhalla menetelmällä nousi lopussa yli 85 milj. m³ tasolle.
- Raportissa esitetyissä alimpien korkokantojen SY laskelmissa
 - kasvu säilyy yli 100 m³/v tasolla
 - hakkuukertymät 1. kaudella n. 60 milj. m³/v, mutta nousevat myöhemmin 80 milj. m³/v tasolle



Muutoksen vaikutus khk-taseen ennusteisiin

- Toteutuneiden hakkuiden skenaariossa (TH4, hakkuukertymä 74 milj m³/v):
 - Puusto säilyy 5-10 miljoonan tonnin nieluna.
 - Maaperäpäästöjen vuoksi metsät kokonaisuutena on jo toisella kymmenvuotiskaudella reilu 5 miljoonan tonnin päästö.
 - Vanha menetelmä ennakoi lähes 5 miljoonan tonnin nielua kolmannella kaudella.
- Suurin ylläpidettävä -laskelma 4% korolla (SY4) johtaa jo alussa 10 miljoonan tonnin päästöön, joka kasvaa ajan kuluessa.



Lopuksi

- Nykyisellä hakkuutasolla metsät näyttävät kehittyvän pysyväksi kasvihuonekaasujen päästöksi.
 - Metsien kasvu näyttää taantuvan jopa alle 100 milj. m³/v tasolle.
- Suurin ylläpidettävä hakkuumäärä näyttää vakiintuvan reilun 80 milj. m³/v tasolle.
- Menetelmämuutoksesta huolimatta arviot skenaarioiden välisistä eroista säilyvät samansuuntaisina.
- Laskelmissa ei huomioida:
 - ilmastonmuutoksen tulevaa vaikutusta metsien kasvuun ja tuhoihin.
 - ns. kasvupaketin toimista viljelymateriaalin jalostushyötyä, lannoitusalan lisääystä ja lisäsuojelua.
 - maaperälaskennassa lämpötilan ennakoitaan pysyvän nykytasolla, joten ojitettujen turvemaiden päästöt todennäköisesti aliarvioidaan.

Kiitos!

lauri.mehtatalo@luke.fi



luke.fi



Epävarmuuksista ilmastonmuutoksen hillintään

Juha Mikola

Tutkimuspäällikkö, Kasvihuonekaasu-
inventointi ja ilmastotoimien seuranta



1. Maankäyttösektorin epävarmuudet – mistä ne syntyvät?

- Maankäyttösektorin kasvihuonekaasuinventaariorio kuvaa ihmistoiminnan vaikutusta **luonnon ekosysteemien** kasvihuonekaasupäästöihin ja -nieluihin (vrt. energiasektori tai liikennesektori).
- Luonnon ekosysteemien ominaispiirre on **biologinen monimuotoisuus** (yksilöt, populaatiot, lajit ja ekosysteemit vaihtelevat ajassa ja paikassa).
- Biologinen monimuotoisuus vaikeuttaa **mittaustulosten yleistämistä** (esim. mikä on Suomen metsien kaikkien puiden hiilivarasto) ja **syy-seuraus-suhteiden ymmärtämistä** (esim. mitkä tekijät selittävät ojitettujen soiden maaperän CO₂-päästöjen vaihtelua) > päästö- ja nieluarvioihin syntyy epävarmuutta.
- Epävarmuutta voi pienentää **lisätutkimuksella**, mutta se ei koskaan katoa.
- Maankäyttösektorin päästö- ja nieluarvioiden **epävarmuudet** eivät ole kasvihuonekaasuinventaariorion tuottamaa virhettä vaan **biologisen tiedon perusominaisuus**.

2. Ilmastovelvoitteet – pitäisikö maankäyttösektori unohtaa?

- **On esitetty, että maankäyttösektori pitäisi jättää pois ilmastovelvoitteista**, koska sen päästö- ja nieluarvioihin liittyy muita sektoreita suurempia epävarmuuksia, **mutta**:
 - **Maankäyttö** on merkittävä päästölähde ja ilmastomuutoksen aiheuttaja.
 - **Globaalisti** maaekosysteemeistä puuttuu 24 % niiden alkuperäisistä hiilivarastoista. Kadonneesta hiilestä syntyneet maankäytön päästöt vastaavat fossiilisten polttoaineiden käytöstä viimeisen 50 vuoden aikana syntyneitä päästöjä.¹
 - **Suomessa** maankäyttö vapauttaa maaperästä ilmakehään enemmän hiilidioksidia kuin energiateollisuus ja kotimaan liikenne kasvihuonekaasuja yhteensä.
- **Ilmastotoimet** jäävät vajaiksi ilman maankäyttösektorin päästövähennyksiä ja nielulisäyksiä

Vuoden 2024 kasvihuonekaasu-inventaarion ennakoarvio **maankäytön aiheuttamasta maaperän hiilivaraston muutoksesta** ja energiateollisuuden ja kotimaan liikenteen päästöistä (Mt CO₂-ekv)

Metsäojitetut suot	9,7 Mt
Kangasmetsät	-0,8 Mt
Kivennäismaapellot	1,1 Mt
Turvepellot	6,9 Mt
Kosteikot	1,8 Mt
Ruohikkoalueet	0,8 Mt
Rakennetut alueet	0,3 Mt
Maankäyttö yhteensä	19,8 Mt
Energiateollisuus	8,4 Mt
Kotimaan liikenne	9,6 Mt

3. Skenaariolaskelmat – onko niistä mihinkään?

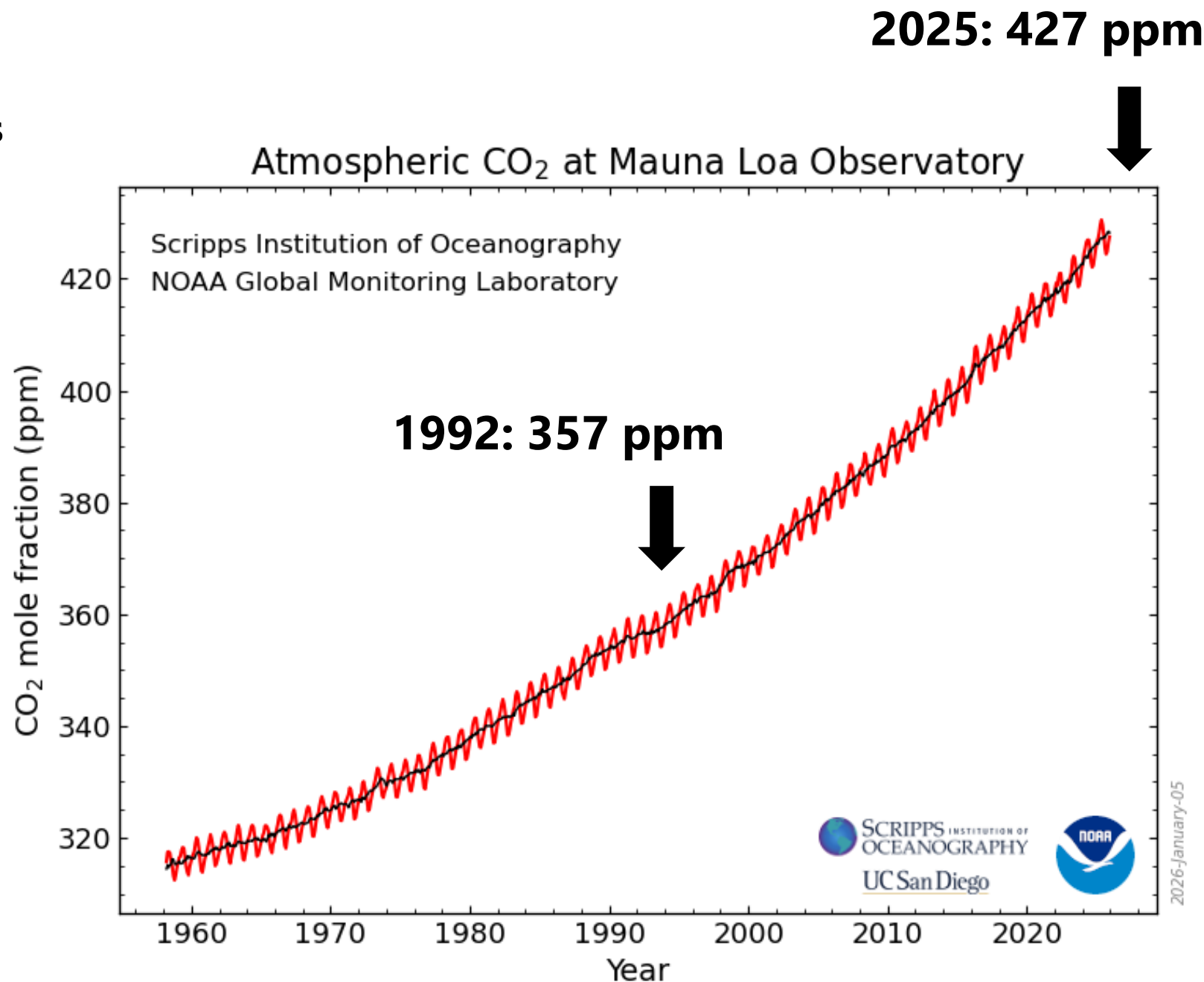
- **On esitetty, että skenaariolaskelmat ovat epävarmuudessaan hyödyttömiä.**
- Metsien hiilitaseita kuvaavissa skenaarioissa on pohjalla **MELA-ohjelmistolla** tuotettu puustomallinnus. Hiilitase lasketaan puustomallinnuksen tuottamasta aineistosta **kasvihuonekaasuinventaarion** menetelmillä.
- Jos menetelmät muuttuvat, skenaarioennuste metsien **hiilitaseen tasosta** (iso nielu, pieni nielu, päästölähde) muuttuu.
 - Vertaa edellinen esitys ja aineistonmuodostuksen vaikutus metsien hiilitaseeseen.
- **Ilmastotoimien vaikutusarviot** ovat kuitenkin skenaarioissa vakaampia.
 - Vertaa edellinen esitys ja pienemmän hakkuukertymän (TH4-skenaario) korkeampaa hakkuukertymää (SY4-skenaario) parempi hiilitase aineistonmuodostuksen tavasta riippumatta.
- Metsien skenaariolaskelmat ovat **hyödyllisiä** metsänkäsittelyn ja ilmastotoimien **vaikutusarvioinnissa**. Hiilitaseen taso reagoi herkästi menetelmämuutoksiin ja pidemmissä skenaarioissa sen epävarmuus kasvaa.

4. Ilmastonmuutoksen hillintä - miten meillä menee?

- **YK:n ilmastosopimus** (United Nations Framework Convention on Climate Change, UNFCCC): maiden tulee vuosittain toimittaa inventaario kasvihuonekaasupäästöistään
- Sopimuksen tarkoitus oli "vakauttaa [ilmakehän] kasvihuonekaasupitoisuudet tasolle, joka estää vaarallisen ihmisperäisen ilmastohäiriön".



**Ilmakehän
hiilidioksidipitoisuus
Mauna Loan
mittausasemalla**



Maapallon maa-alueiden lämpötilan poikkeama (anomalia) vuosien 1850–1900 keskiarvosta

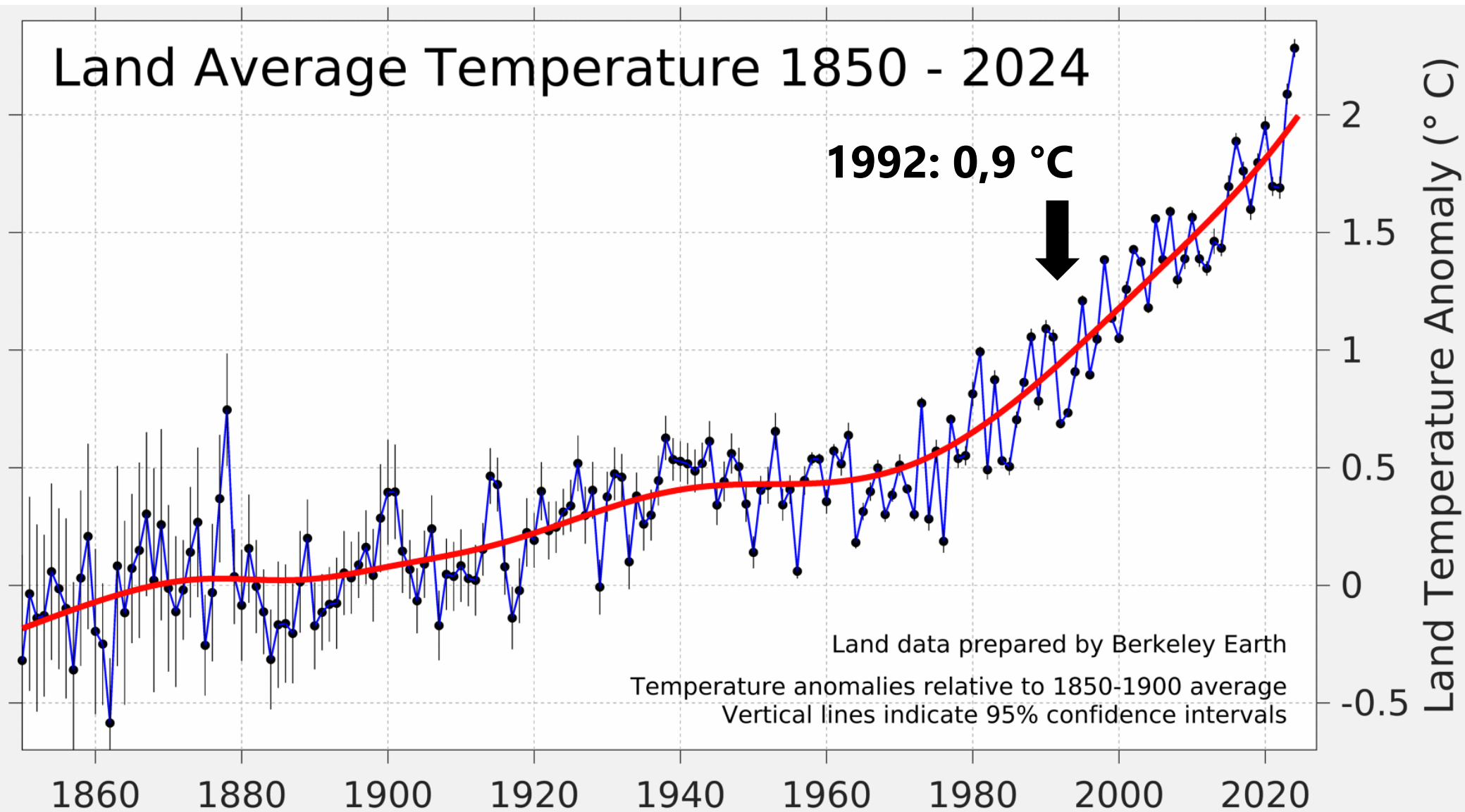
2024: 2,0 °C



1992: 0,9 °C



Land Average Temperature 1850 - 2024



“Ilmastonmuutos on meille eksistentiaallinen kysymys.”

– Alexander Stubb

Kiitos!



luke.fi