

MAANKÄYTÖN INDIKAATTORIT METSÄTEOLLISUUDEN ELINKAARILASKENNASSA

- Pohjoismainen yhteistutkimushanke
- Projektiryhmä
 - Staffan Berg (pj) SkogForsk (Ruotsi)
 - Fernando Alvarado STFI (Ruotsi)
 - Birgit Backlund STFI (Ruotsi)
 - Catharina Hohenthal KCL (Suomi)
 - Simo Kaila Metsäteho
 - Eva-Lotta Lindholm SkogForsk (Ruotsi)
 - Helena Wessman (siht) KCL (Suomi)
- Rahoittajat
 - Yhteistutkimuksen osallistujatahot
 - **Nordisk Industrifond**

Yhteistutkimushankkeen tavoite ja tehdyt raportit

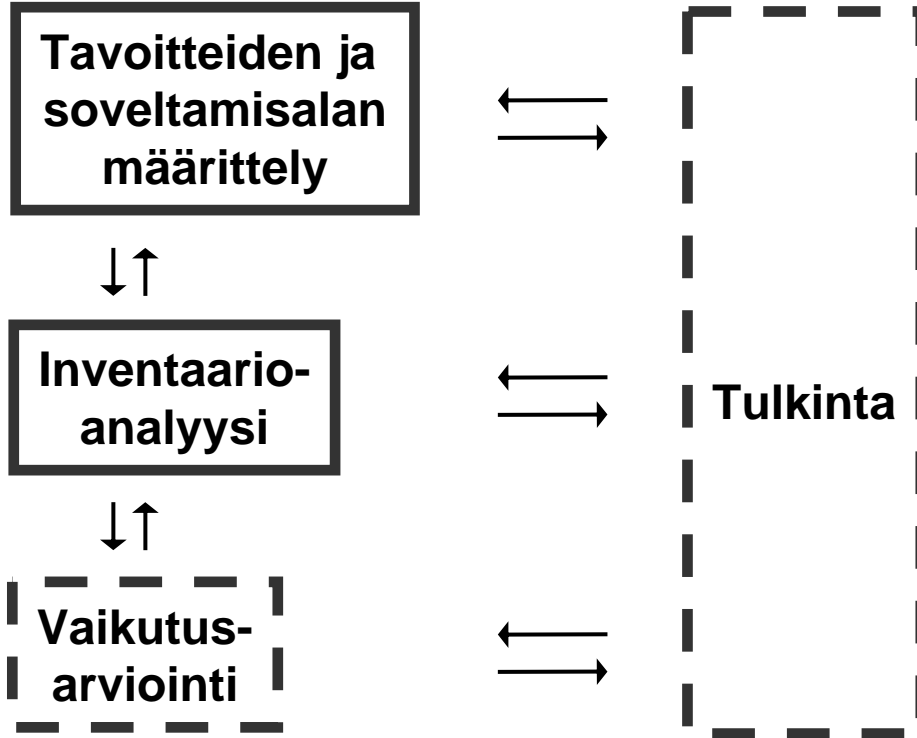
- Tavoite: pohjoismaisen metsäteollisuuden lähtökohdista yhdenmukaistaa ja kehittää puuntuottamista ja maankäyttöä koskeva LCA-metodiikka käsittäen indikaattorit:
 - talouteen ja puuntuotokseen
 - sosiaaliin ja kulttuurinäkökohtiin
 - materiaali- ja energiavirtoihin -> **Metsätehon tehtäväksi**
 - biologiseen monimuotoisuuteen ja kestävään metsätalouteen
- Raportit:
 - 1) Alvarado, F., Backlund, B., Berg, S., Hohenthal, C., Kaila, S., Lindholm, E-L. & Wessman, H. 2002. ***Evaluation of land use oriented LCA methods and associated indicators.*** SCAN Forsk rapport 739. Skogsindustrins Tekniska Forskningsinstitut / Swedish Pulp and Paper Research Institute. Stockholm, Sweden.
 - 2) Wessman, H., Alvarado, F., Backlund, B., Berg, S., Hohenthal, C., Kaila, S. & Lindholm, E-L. 2003. ***Land use in ecobalance and LCA of forest products.*** SCAN Forsk rapport 746. Skogsindustrins Tekniska Forskningsinstitut / Swedish Pulp and Paper Research Institute. Stockholm, Sweden.

Tausta

- Eräissä Euroopan maissa 1990-luvulla metsätaloutta käsitteleviä ”kummallisia” tutkimuksia, näkökulmana metsäteollisuustuotteiden elinkaari
 - Tarkoituksena metsäteollisuustuotteiden ympäristövaikutusten yleisesti pätevä määrittäminen
 - Taustalla lähtökohta, että puuttuminen luonnon ekosysteemeihin merkitsee ympäristön tilan huononemista
- => sivutuotteena ympäristöagendalle käyttökelpoinen metsäkeskustelun väline?
- Mahdolliset motiivit
 - Kestävän kehityksen ajatuksen mukainen standardien ja EU-säännösten kehittäminen
 - Uusi alue teollisuuden konsultointiin?

Mitä LCA on?

- Tuotteen ympäristövaikutusten määrittäminen koko elinkaaren ajalta
- Tuotteen elinkaaritutkimuksen vaiheet (ISO 14 040 -standardi)



LCA:n käyttö

- tuotteiden kehittäminen ja parantaminen
- strateginen suunnittelu
- julkinen politiikka
- markkinointi

Vaikutusarviointi ja tulkinta eivät LCA- tutkimuksissa pakollisia osia

Metsätalouden ja –teollisuuden LCA:n kehitystyö organisoitiin Euroopan tasolla

- LCA on ”tekniikka, jolla tuotteeseen liittyviä ympäristönäkökohtia ja potentiaalisia ympäristövaikutuksia arvioidaan ... tuotteen koko elinajalta ... raaka-aineen hankinnasta valmistukseen, käyttöön ja loppukäsittelyyn” (ISO 14 040)
=> ”*hankinnasta*” -rajauksen takia LCA kuitenkin käsittelee puutteellisesti metsäteollisuustuotteita, joissa raaka-aineen *tuotanto* on keskeisiä ympäristönäkökohtia
- LCA:n laajentamiseksi koko metsätalouden ja metsäteollisuuden ketjua käsitteleväksi perustettiin EU:n rahoittama uusi COST-hanke (COST E9)

COST E9: LCA of Forestry and Forest Products (1997-2002)

- Mukaan lähinnä ympäristötekniikan ja –kemian sekä metsätalouden tutkimusta edustavia asiantuntijoita 17 maasta
- Alan tutkimusta käytiin läpi työryhmissä; ns. **maankäyttötyöryhmä** käsitteli metsänkäsittelyn ja -hoidon menetelmien ympäristövaikutuksia
- Puuraaka-aineen tuotannon ympäristövaikutukset nähtiin LCA:n yleisen teoriakehittelyn mukaisesti maankäyttövaikutuksina ^{1, 2}:
 - ”*maahan kohdistuvan kilpailun kasvu*”
 - ”*elämää ylläpitävien toimintojen taantuminen*”
 - ”*biodiversiteetin taantuminen*”

¹ SETAC–Europan ehdotus maankäytön käsittelemiseksi LCAssa

² Taustalla huoli maankäytön globaalivaikutuksista (-> maankäyttö muuttaa vuosittain 2 % luonnonympäristöistä maa- ja metsätalousmaaksi ja rakennetuksi ympäristöksi)

Näkemyseroja metsätalouden käsittelystä LCAssa

- LCA-teoriakehittelyn valtavirran mukainen tarkastelukehikko:
 - Puunhankinnan (myös haluttaessa puuntuottamisen) päästöt (kielteiset vaikutukset omaavat ainevirrat) konkreettisinä, mitattavina suureina
 - Muut puuntuottamisen ympäristövaikutukset (aineelliset ja aineettomat) kielteisinä maankäyttövaikutuksina
- Maankäyttöryhmän suomalaiset ja ruotsalaiset jäsenet esittivät tarkasteluun suunnitelmallisen metsän- (ja yleisemmin luonnonvarojen) hoidon lähtökohtaa
- Oma tutkimusta käynnistettiin parempaa aiheen hallintaa varten:
 - Aiemmassa Metsätehon *Puuhuollon ympäristöjohtamisen välineet* – tutkimuskonsortion LCA-osassa kehitettiin tarkastelutapaa
 - Lisäksi nähtiin tarvittavan LCA-menetelmäkehitystä tarkastelevaa, tieteellisessä sarjassa julkaistavaa kansainvälistä yhteistutkimusta: tuloksena Nordisk Industrifondin tuella tämä yhteistutkimushanke

RAPORTTI 1: METSÄTALOUDEN JA –TEOLLISUUDEN MAANKÄYTTÖNÄKÖKOHTIEN KÄSITTELY LCA-TUTKIMUKSISSA

- Analysoitiin LCAta käsittelevät metsätaloutta koskevat tutkimukset:
 - Axel Springer Verlag, Stora & Canfor. 1998. LCA Graphic Paper and Print Products. Part 1: Proposal for a new forestry assessment method in LCA.
 - Swan, G. 2002. A Top-down Approach to Land Use Impacts. *Teoksessa*: Schweinle, J. 2002. The Assessment of Environmental Impacts caused by Land Use in the Life Cycle Assessment of Forestry and Forest Products – Final Report Working Group 2 “Land Use” of COST Action E9. Mitteilung der Bundesforschungsanstalt für Forst- und Holzwirtschaft Nr. 209. Hamburg.
 - Köllner, T. 2000. Species-pool effect potential (SPEP) as a yardstick to evaluate land-use impacts on biodiversity. Natural and Social Science Interface, Swiss Federal Institute of Technology, Zurich, Switzerland.
 - Lindeijer, E., Kampen, M., Fraanje, P., van Dobben, H., Nabuurs, G.-J., Schouwenberg, E., Prins, D., Dankers, M. & Leopold, M. 1998. Biodiversity and life support indicators for land use impacts in LCA. Ministry of Transport, Public Works and Water Management; Directorate-General of Public Works and Water Management. Publication series raw materials Nr 1998/07. W-DWW-98-059. Delft.
 - Baitz, M. & Kreissig, J. 1998. Method to integrate land use in LCA. IKP, University of Stuttgart.
 - Muys, B., Wagendorp, T. & Coppin, P. 2001. Ecosystem exergy as indicator of land use impact in LCA. Laboratory for Forest, Nature and Landscape Research, K.U. Leuven. Vital Decosterstraat 102, B - 3000 Leuven.
- Tulos: mikään tarkastelutapa ei puuraaka-aineen ympäristönäkökohtien kannalta ollut hyvä <= liika yksinkertaistaminen

”Top down -ajattelu”:

lähtökohtana ympäristön laatu ja vertailukohtana luonnon alkuperäinen tai nykyinen tila

- **LCA Graphic Paper and Print Products. Part 1: Proposal for a new forestry assessment method in LCA (Axel Springer Verlag ym. 1998, Ruotsi - Saksa - Kanada)**
 - Metsätalouden laadullinen ja määrällinen kestävyys
 - *Metsätalous luokitellaan subjektiivisesti (”paras” - ”huonoin” käytäntö)*
- **A top-down approach to land-use impacts (Swan 1998, Ruotsi)**
 - Puuntuotos ja uhanalaisten lajien määrä verrattuna luonnontilaan
 - *Uhanalaisten lajien määrä ja vertailukohta ovat vaikeita operationalisoida*
- **Species-pool effect potential (Köllner 2000, Sveitsi)**
 - Kasvilajimäärä maankäytössä verrattuna alueen keskimäärään
 - *Lajimäärä riippuu mm. viljavuudesta eivätkä lajit ole samanarvoisia*
- **Biodiversity and life-support indicators for land use impacts in LCA (Lindeijer ym. 1998, Hollanti)**
 - Kasvilajimäärä maankäytössä ja luonnon kierrossa oleva biomassatuotanto verrattuna kerätyn tietokannan tilanteeseen
 - *Kritiikki kuten yllä ja tietokanta on karkea ja sisältö sattumanvarainen*

”Funktionaalinen ajattelu”:

lähtökohtana ekosysteemin toiminnot ihmisen tai luonnon itsensä kannalta

- **Method to integrate land use in LCA (Baitz ym. 1998, Saksa)**
 - Maan eroosion, veden, ilman laadun ja elinympäristöjen suoja sekä sato
 - *Eri funktioiden keskinäinen mahdollinen päällekkäisyys, paikallinen (keskieurooppalainen) metsätalouden tilanne korostuu*
- **Ecosystem exergy as indicator of land use impact in LCA (Muys ym. 2001, Belgia)**
 - Mittarina maan lämpeneminen säteilyn tuloksena, kuvaa kasvillisuuden määrää ja biomassatuotantoa
 - *Teoriasuhde ekosysteemin rakenteeseen epäselvä, yhteydessä haihduntaan, yksinkertaistaa liikaa meteorologisia ilmiöitä*

RAPORTTI 2: MAANKÄYTTÖNÄKÖKOHDAT METSÄTEOLLISUUS- TUOTTEIDEN EKOTASE- JA LCA-TARKASTELUSSA

- ”Pohjoismaisen ajattelun” mukainen LCA
 - Puunhankinnan ja -tuottamisen koko prosessin ainevirtojen mallintaminen ja määrittäminen korjuukohteilta (jatkettavissa tarvittaessa vaikutusarvioinniksi)
 - Metsätalouden biodiversiteetti- ja sosiaalisten vaikutusten kuvaaminen suoraan indikaattorien avulla (so. osilta, joilta prosessia ei voida mallintaa)
- Raportin 2 osaraportit:
 - ***Metsäteollisuuden puuraaka-aineen tuotannon materiaali- ja energiavirtaindikaattorit (Metsäteho)***
 - *Metsäalueprofiilit: työkalu metsätalouden maankäytön evaluointiin (SkogForsk)*
 - *Metsäsektorin sosioekonomisesti kestävä kehityksen indikaattorit (KCL)*
 - *Metsätalouden energiankulutus ja päästöt - alueelliset olosuhteet ja teknologian taso vaikuttavina tekijöinä (SkogForsk)*

Miksi puuntuotanto ja -hankinta LCAhan kokonaisena prosessina?

- Tavanomaisen LCA:n inventaariovaihe mittaa vain prosessin haitallisia ainevirtoja
 - Puuraaka-aineen hiilisisältö voidaan helposti määrittää, ja on nähtävissä metsäteollisuustuotteiden vahvuutena sinänsä (*"Puu on hiilidioksidineutraali raaka-aine"*)
 - Käytännössä puuraaka-aineen hankinnan seuraukset määräytyvät kuitenkin paljolti metsänkäytön ja -hoidon tason mukaan
 - Metsänkäsitteilyn toteutus ratkaisee, miten korjuukohteena olevat metsät osallistuvat biomassan / hiilen takaisinsidontaan
- => tärkeää kestävän kehityksen ajatuksen kannalta
- Metsän käyttö ja hoito ylläpitää hiilinielun jatkuvuutta - hiilivirta ilmakehästä puuraaka-aineeseen on meillä 45–50 -kertainen puuntuotannon ja -hankinnan päästöjen hiilivirtaan verrattuna
 - Perusta prosessia todennettavasti analysoivalle laskentamallille ja tarvittavalle inventaariodatalle on olemassa

Miten puuntuotanto mukaan?

- Puunhankinta liittyy prosessin lyhyen läpimenoajan vuoksi luontevasti teollisuuden prosesseihin, tiedot saadaan suoraan inventaariodatasta
- Puuntuotannon liittämisesä kokonaisuuteen on vaihtoehtoisia prosessimäärittäjiä:

Mitä puuntuotannossa on tapahtunut **aikaisemmin?**

korjuukohde, “miinus 100 vuotta”
tiedot inventaariodatasta (saanti ongelma)

*epäkiinnostava; historiatietoa
puunhankinta prosessin seuraus*

Mitä puuntuotannossa tapahtuu **nyt?**

metsäalue ”miinus yksi vuosi”
tiedot suoraan inventaariodatasta

*ekotasetarkasteluun sopiva
ei syy-yhteyttä puunhankintaan*

Mitä puuntuotannossa tapahtuu **tulevaisuudessa?**

korjuukohde “plus 100 vuotta”
tiedot mallilla inventaariodatasta

*LCA:n tarkoituksen mukainen!
prosessi puunhankinnan seuraus
=> tämä tarkastelutapa valittiin*

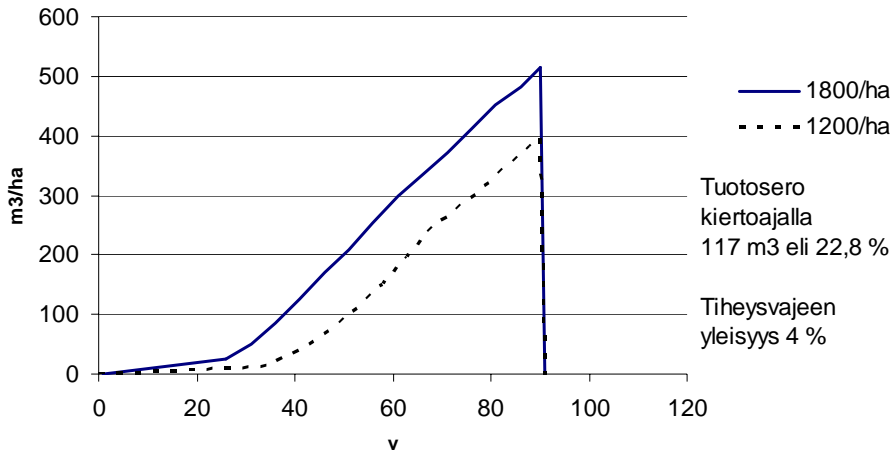
Laskentaesimerkki

- Mallinnustyökalu Metlan MOTTI-metsikkösimulaattori, jolla lasketaan
 - Uudistushakkuut: seuraavalta kiertoajalta odotettavissa oleva puuntuotannon taso (uudistamisen puutteet voivat alentaa)
 - Ensiharvennukset: kuluvan kiertoajan loppuun odotettavissa oleva puuntuotannon taso (voimakkaat hakkuut voivat alentaa)
 - Vertailutasona Tapion hyvän metsänhoidon taso – sen arvioidaan olevan vähintään 95 % maksimaalisesta käyttöpuun tuotoksesta
- Inventaariodatana Keski-Suomen metsäkeskuksen tarkastustulokset vuosilta 1998 – 2001 => keskimääräinen tilanne
 - Uudistusalojen tarkastukset : *hyvät vs. epätyytyttävät* kohteet
 - Harvennushakkuiden tarkastukset : *hyvät vs. epätyytyttävät* kohteet

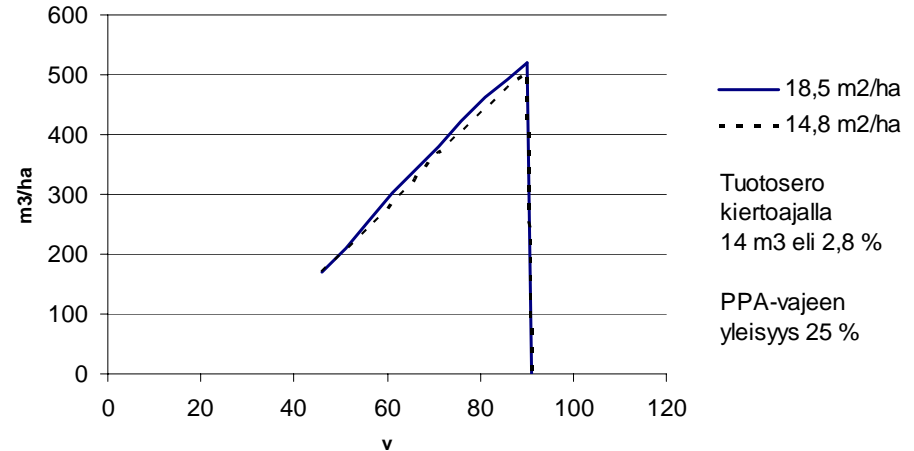
Motti-simulointi Keski-Suomen metsäkeskuksen VT-männiköiden tarkastusdatasta

Tulevan puuntuotoksen ero metsänuudistamiskohteilla (vas.), joilla taimimäärä/ha on ohjeiden mukainen vs. jäänyt vajaaksi sekä ensiharvennuskohteilla (oik.), joilla pohjapinta-ala on ohjeiden mukainen vs. jäänyt vajaaksi

MT- kuusikon uudistaminen



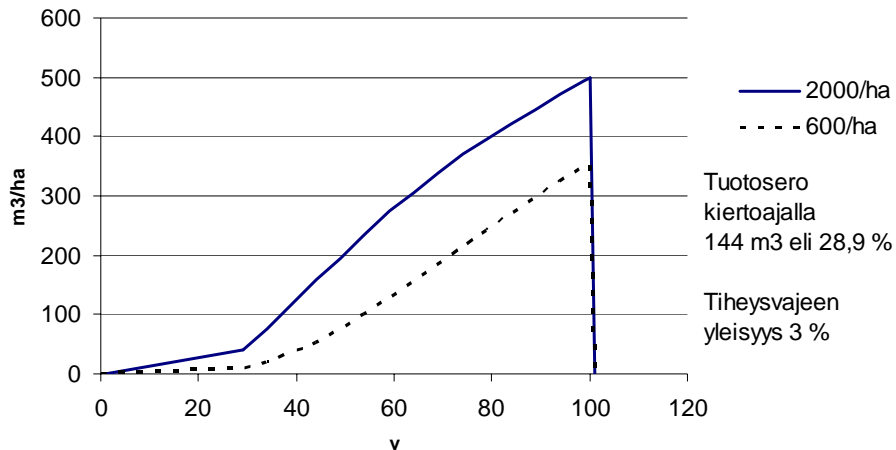
MT- kuusikon ensiharvennus



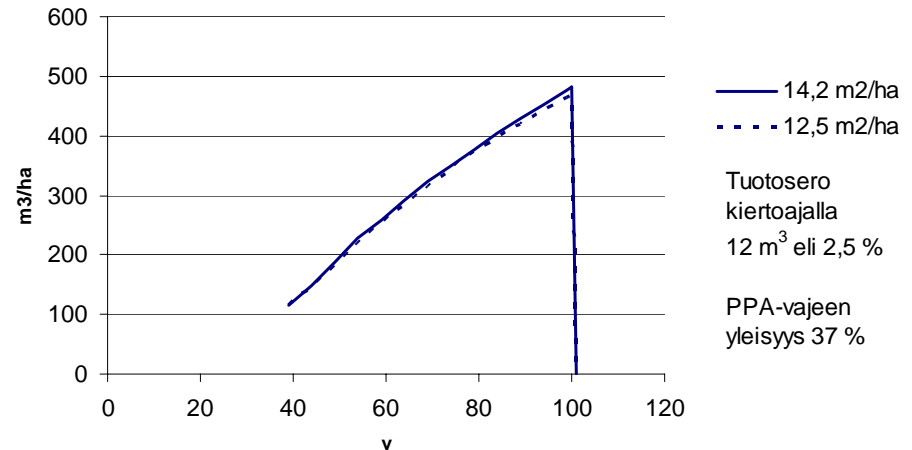
Motti-simulointi Keski-Suomen metsäkeskuksen VT-männiköiden tarkastusdatasta

Tulevan puuntuotoksen ero metsänuudistamiskohteilla (vas.), joilla taimimäärä/ha on ohjeiden mukainen vs. jäänyt vajaaksi sekä ensiharvennuskohdeilla (oik.), joilla pohjapinta-ala on ohjeiden mukainen vs. jäänyt vajaaksi

VT-männikön uudistaminen



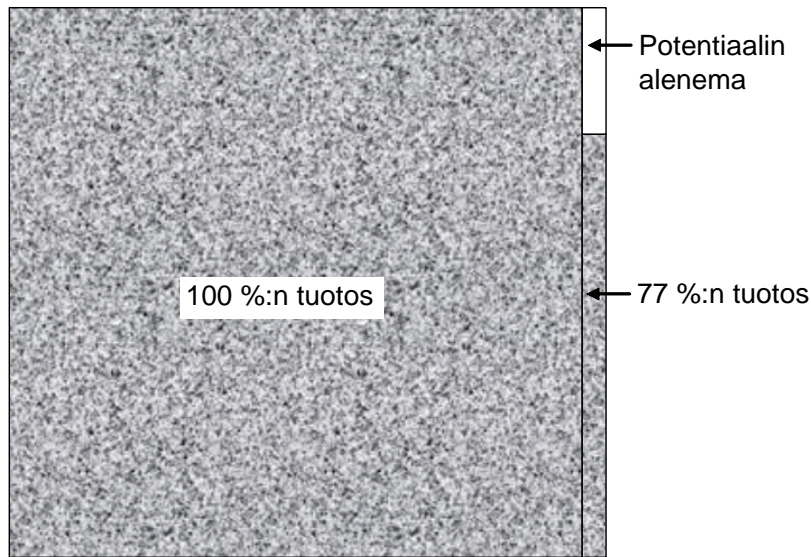
VT-männikön ensiharvennus



Potentiaalinen käyttöpuuntuotos ja vastaava hiilensidonta: Keski-Suomen metsäkeskuksen MT-kuusikoiden tarkastusdata

Hyvän metsänhoidon puuntuotos / ha / 90 v = 497 m³, hiilensidonta = 90 tn hiiltä (C)

Potentiaali huomioonottaen metsänuudistamisen (vas.) sekä ensiharvennuksen (oik.) toteutuksen puutteista aiheutuva alenema

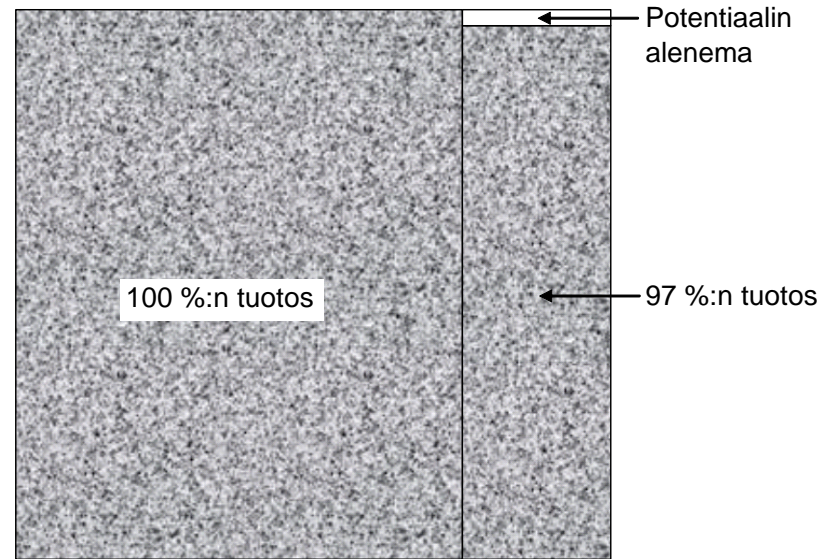


Hyvän metsänhoidon mukaiset

Vajaasti taimettuneet

Kaikki metsänuudistaminen:

- potentiaalinen alenema 0,87 tn hiiltä (C)



Hyvän metsänhoidon mukaiset

Liikaa harvennetut

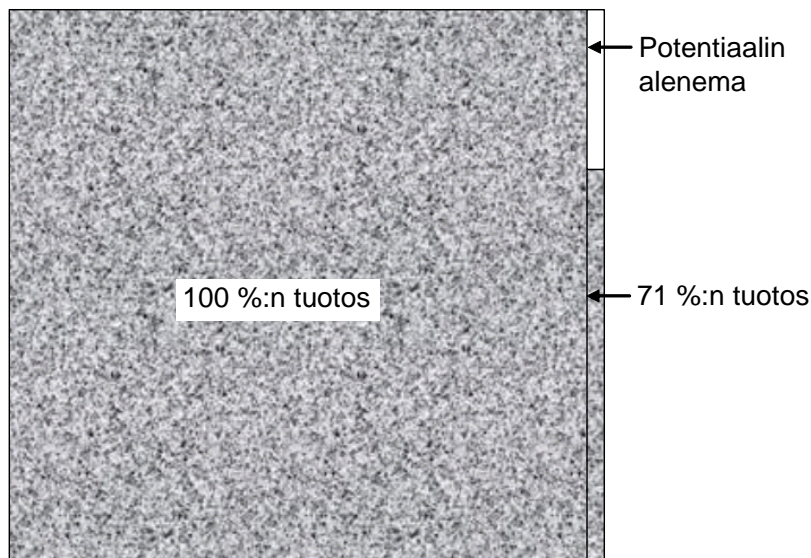
Kaikki ensiharvennukset:

- potentiaalinen alenema 0,63 tn hiiltä (C)

Potentiaalinen käyttöpuuntuotos ja vastaava hiilensidonta: Keski-Suomen metsäkeskuksen VT-männiköiden tarkastusdata

Hyvän metsänhoidon puuntuotos / ha / 100 v = 489 m³, hiilensidonta = 90 tn hiiltä (C)

Potentiaali huomioonottaen metsänuudistamisen (vas.) sekä ensiharvennuksen (oik.) toteutuksen puutteista aiheutuva alenema

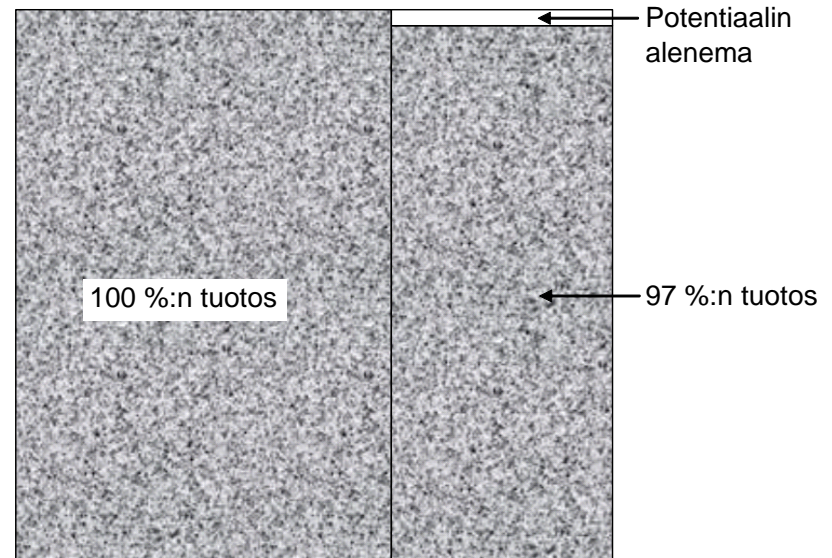


Hyvän metsänhoidon mukaiset

Vajaasti taimettuneet

Kaikki metsänuudistaminen:

- potentiaalinen alenema 0,74 tn hiiltä (C)



Hyvän metsänhoidon mukaiset

Liikaa harvennetut

Kaikki ensiharvennukset:

- potentiaalinen alenema 0,83 tn hiiltä (C)

Kooste laskentatuloksista

- Uudistamisen toteutuksella oli suuri merkitys hiilensidontaan ja puutteet suhteellisen harvinaisia; I-harvennuksen tilanne oli toisinpäin
- Raaka-aineen hankinnan kohteena olevien metsien tuleva käyttöpuuntuotos ja vastaava hiilensidonta oli keskimäärin 98 - 99 % hyvän metsänhoidon tasosta (joka on noin 95 % maksimista)
- Hiiltä otettiin ainespuussa talteen I-harvennuksessa noin 10-kertainen ja päätehakkuussa 50-kertainen määrä verrattuna toteutuksen puutteiden aiheuttamaan tulevan hiilensidontan alenemaan
- Aineistoa oli vähän: kattoi kaksi tärkeintä puulajia ja kasvupaikkaa, luontaista uudistamista ja kylvöä oli vähän, kuusen I-harvennusaineisto oli niukka
- Kohteet, joilta uudistamisilmoitus on jäänyt tekemättä, puuttuvat laskennasta
- Seurauksena esimerkkilaskelman luvut ehkä optimistisia

Menetelmän kehittämistarpeita

- Mallinnustyökaluna Motti-metsikkösimulaattori toimii
 - Metlan kooste metsien kasvumalleista
 - Uudistusalojen taimettumismalli tulossa => *parantaa toimivuutta*
- Tiedonkeruussa puutteita
 - => *yhdistettävä useampien metsäkeskusten dataa*
 - => *laadullisiin puutteisiin parannusta*
- Saatavien puutavaralajien yhteys pääpuulajiin epävarma ja sekapuuna tulevia puutavaralajeja vaikeaa hallita => *kehitettävä laskentasääntöjä*
- Sovelluksessa olivat mukana ainoastaan I-harvennukset => *kehitettävä tarkastelua*
- Metsämaan prosessien mallinnus (ravinteet, hiili) puuttuu => *aito puute*

KOOSTE METSÄTEHON TYÖSTÄ YHTEISTUTKIMUSHANKKEESSA

- Puuntuotannon aineellisia ympäristövaikutuksia koskeva LCA:n menetelmäkehitys
 - ehdotus raaka-aineeseen tulevan hiilivirran mallintamisesta
 - mallinnuksen sovittaminen LCA:n rakenteeseen
- Työ hyödynnetty COST E9 -hankkeessa
- Lopputulos operationalisoitavissa metsäteollisuuden LCA-laskelmiin
 - viranomaistarkastukset lähtökohtana => tulokset todennettavia
 - laskenta hakkuutavoittain ja se voidaan allokoida puutavaralajeille
 - laskentamenetelmässä ja datassa vielä kehittämistarpeita
- Menetelmä on metsänuudistamisen osalta sovellettavissa Ruotsissa ja Norjassa