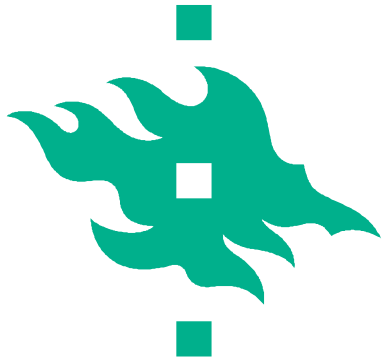




Dynamiikkaa ja optimointia metsän kasvussa ja kasvatuksessa

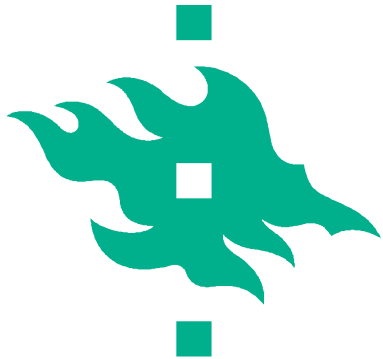
Annikki Mäkelä

Hans Blombergin oppilaat – Brändö 13.-14.5.2013

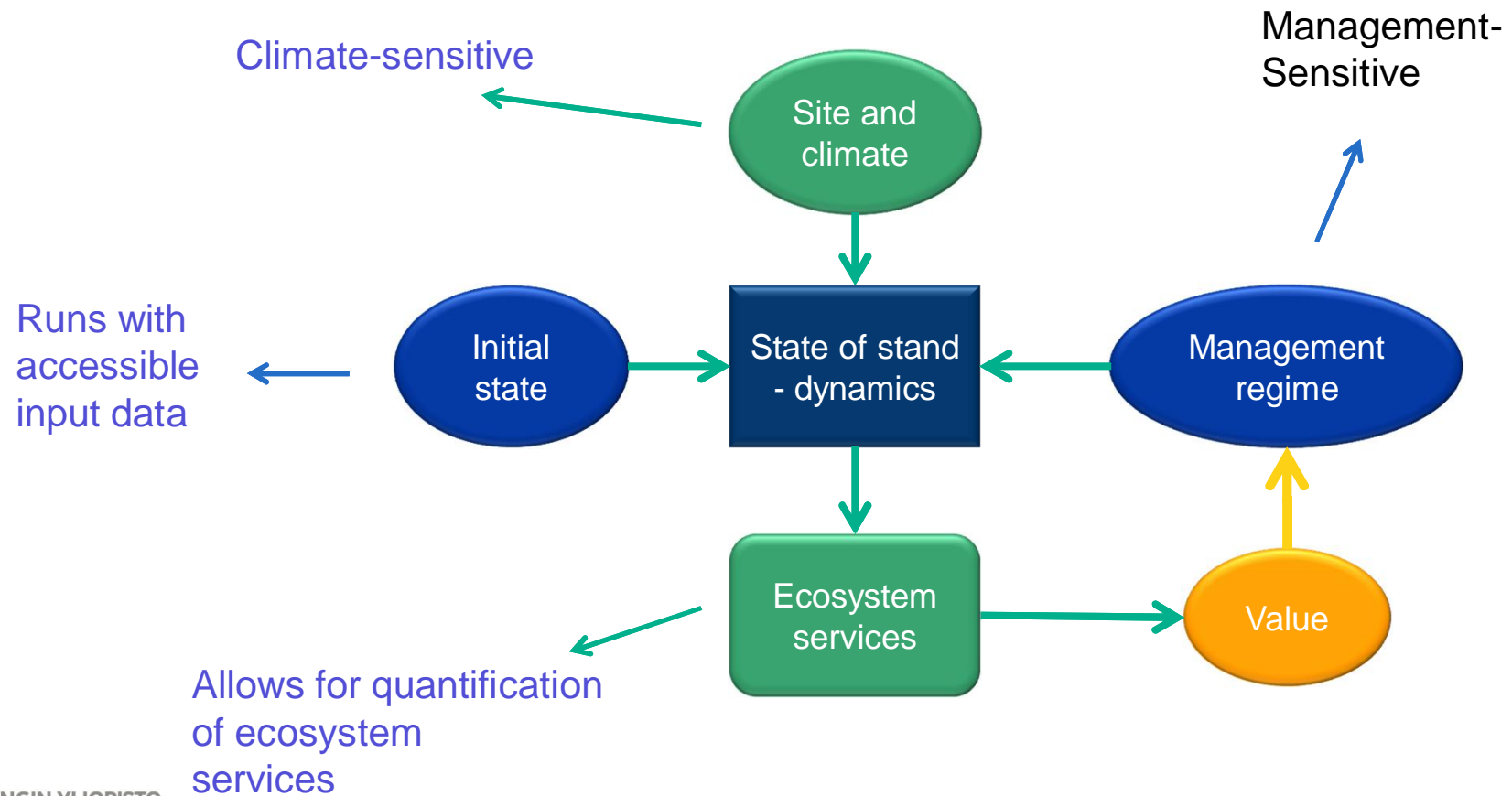


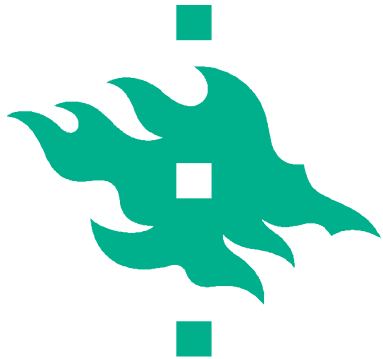
Sisältö

- Henkilöhistoriaa
- Metsän kasvumallit – miksi ja miten?
- Sovelluksia
- Biologia, systeemiteoria ja insinööriajattelu?

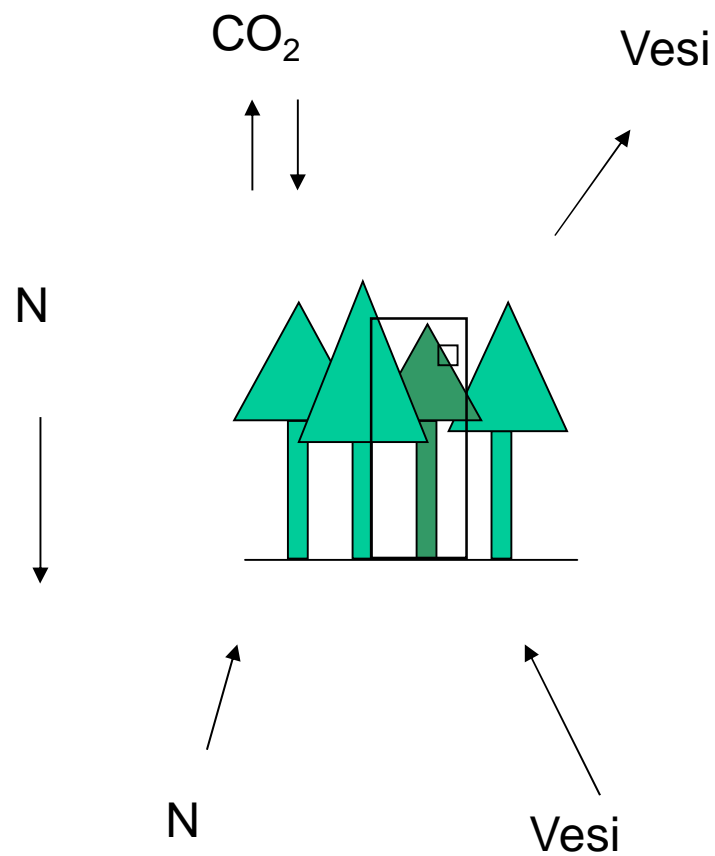


Viitekehys: mallit metsäntutkimuksessa

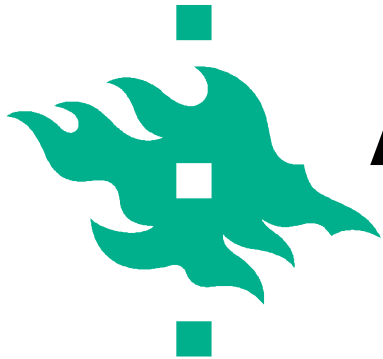




Biologinen kasvumalli



- Ainetaseet
 - Hiili
 - Ravinteet
 - Vesi
- Puusto populaationa
 - Vuorovaikutukset
 - ”kilpailu”



Ainetaseet differentiaaliyhtälöinä

- Foliage $\frac{dW_f}{dt} = \lambda_f G - \frac{W_f}{T_f}$
- Fine roots $\frac{dW_r}{dt} = \lambda_r G - \frac{W_r}{T_r}$
- Wood $\frac{dW_w}{dt} = \lambda_w G - \frac{W_w}{T_w}$

G biomass production ($\text{kg C ha}^{-1}\text{yr}^{-1}$)

λ_i allocation

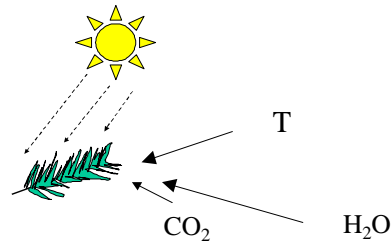
T_i longevity (yr^{-1})



Mittaukset: parametrisointi ja testaus

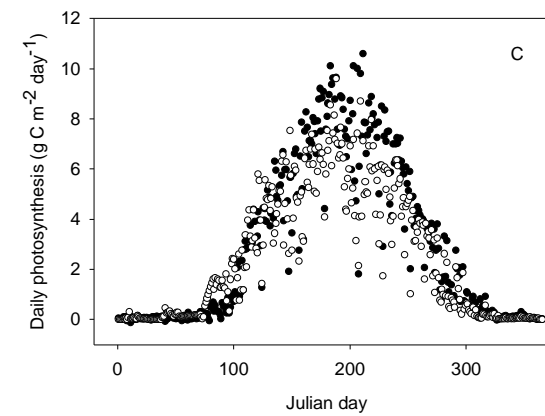
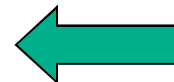
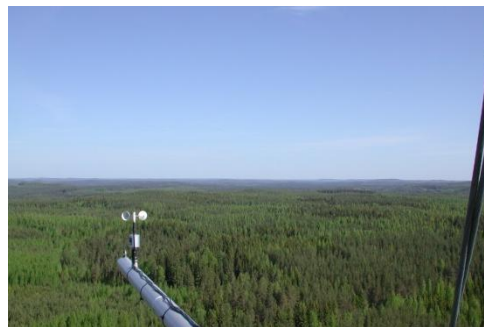
Analyysi

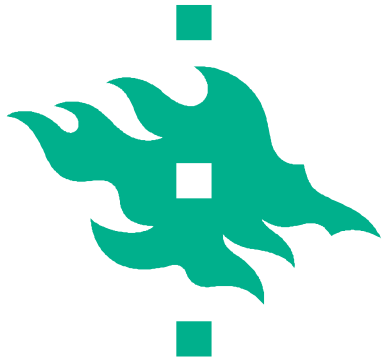
Mittaus



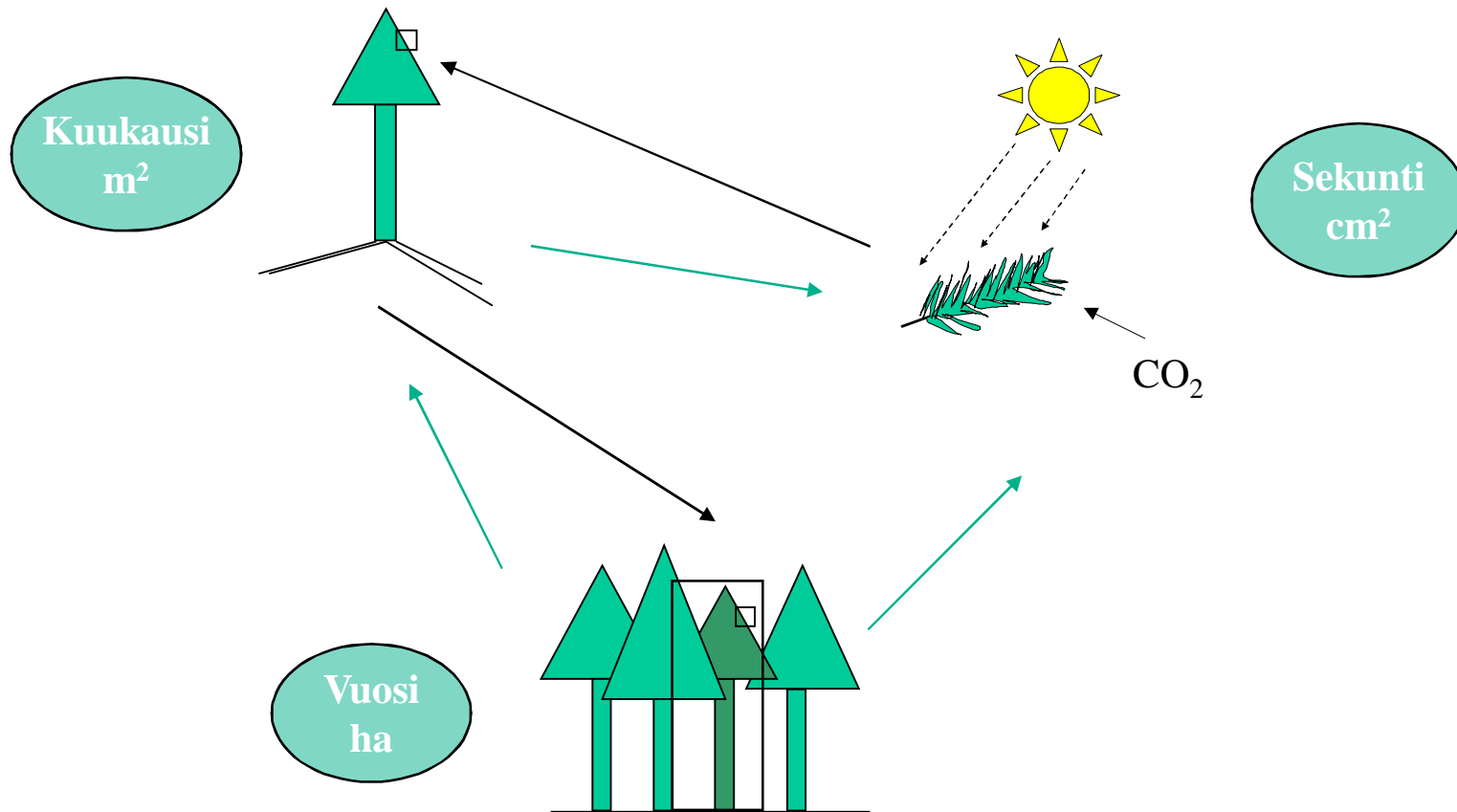
Testi

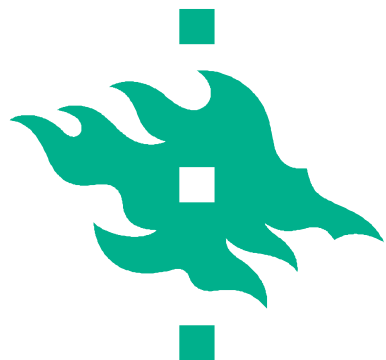
Ennuste





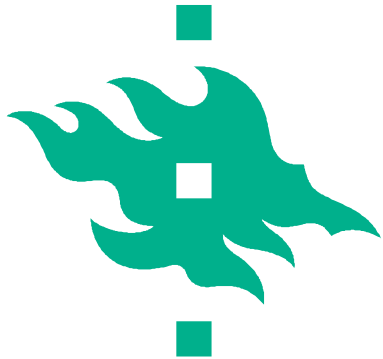
Hierarkia





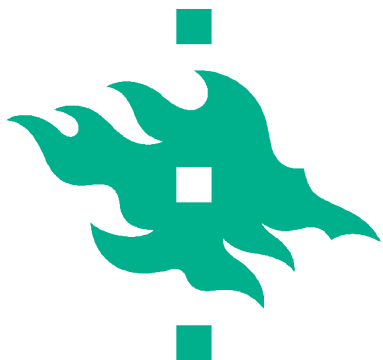
Säätely



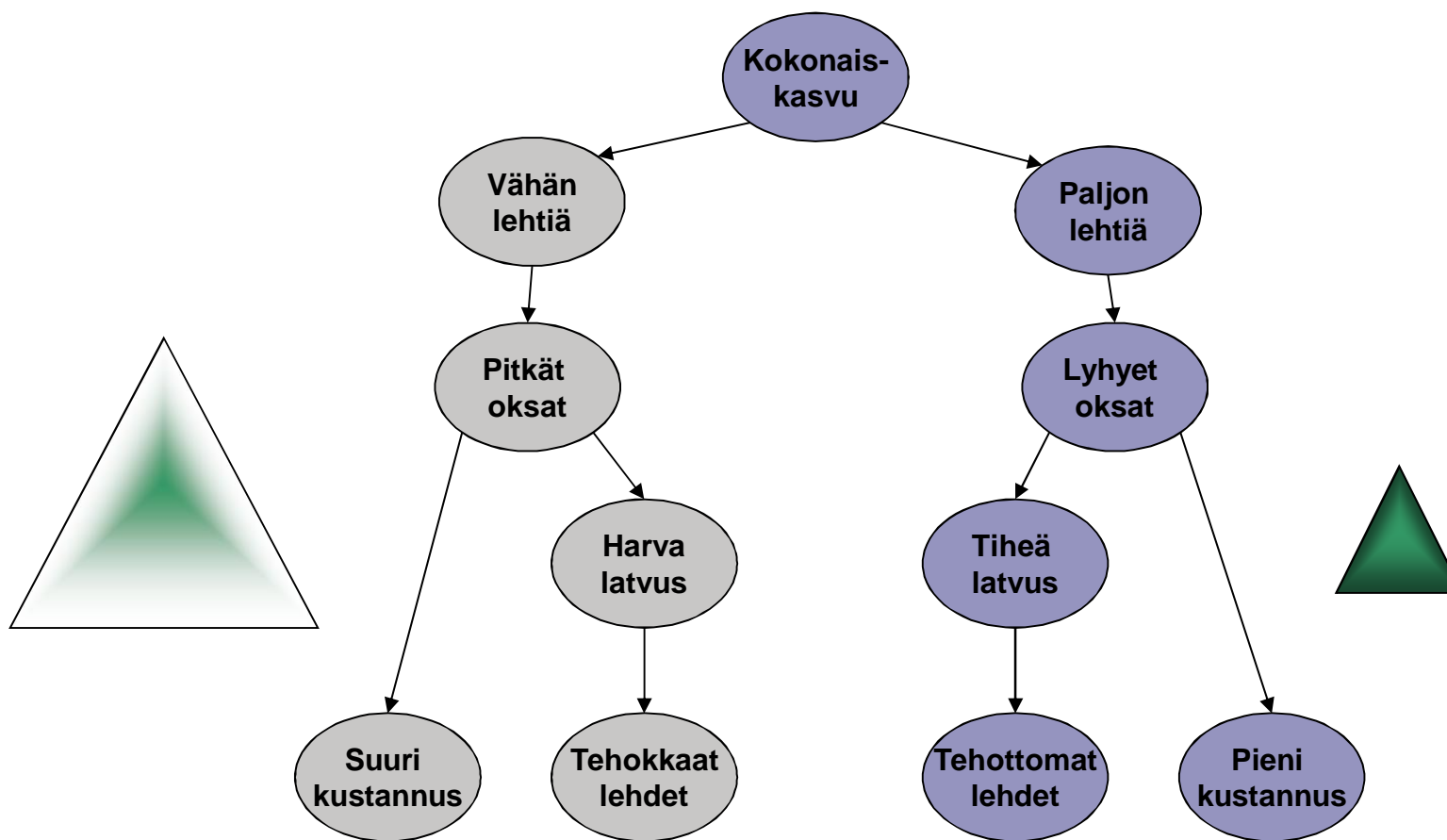


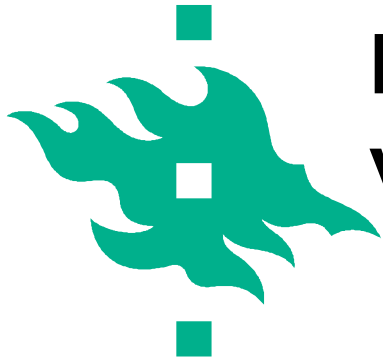
Rakenteen muodostuminen: Evoluutiivinen optimointitehtävä

- Määriteltävä
 - **TAVOITE**: lajin eloonjäämisen kannalta keskeinen optimoitava suure
 - **OHJAUS**: ominaisuudet, jotka vaikuttavat optimoitavan suureen arvoon ja joihin kohdistuu luonnonvalintaa
 - **RAJOITTEET**: muut lajin toimintaa rajoittavat tekijät
- **Ratkaisu** kertoo, miten eliöt toimisivat, jos ne olisivat luonnonvalinnassa kehittyneet optimaalisiksi
- Biologisesti ratkaisu on **testattavissa oleva hypoteesi** eliön toiminnasta



Latvuksen rakenne itsevarjostusta vähentävänä optimistategiana



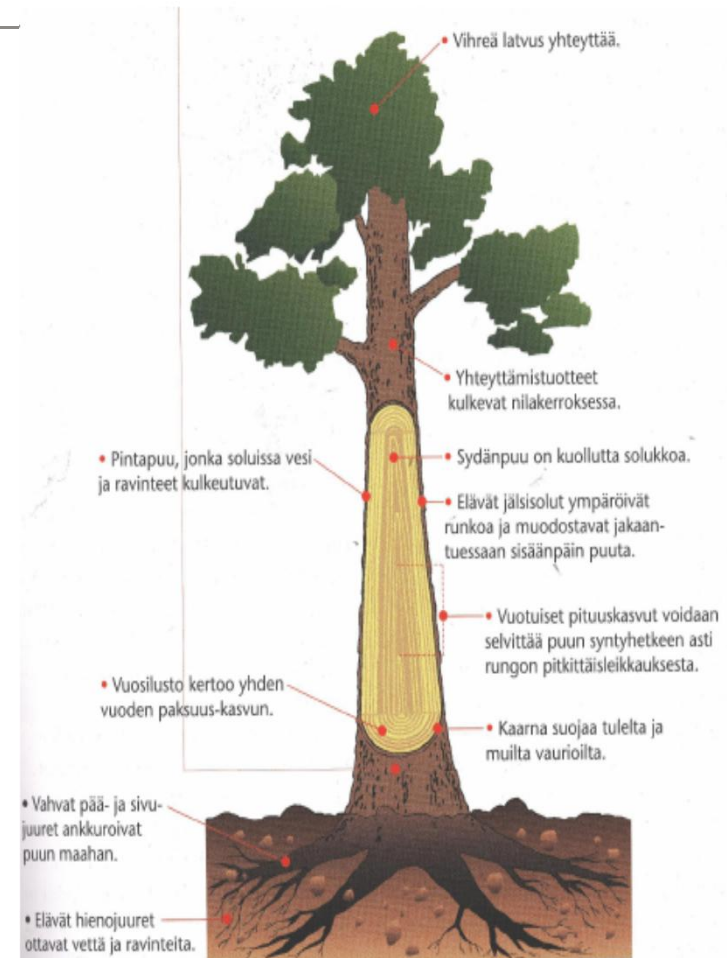


Latvuksen rakenne itsevarjostusta vähentävänä optimistategiana

- TAVOITE:
 - maksimoi puun elinikäisen yhteyttämistuotoksen odote

- OHJAUS:
 - latvuksen koko ajan funktiona

- RAJOITTEET:
 - kasvumalli jossa mukana
 - yhteytys
 - kasvun jako
 - itsevarjostus

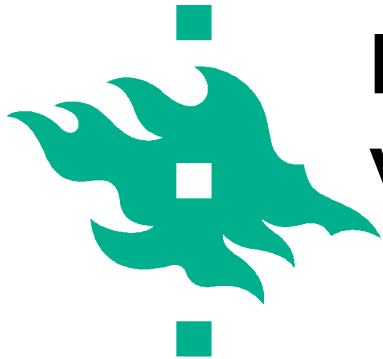


(Mäkelä ja Sievänen 1992,

J. Theor. Biol., Duursma et al. 2010)

www.helsinki.fi/yliopisto

Hans Blombergin oppilaat Gullvivan 13.-14.5.2013 AM

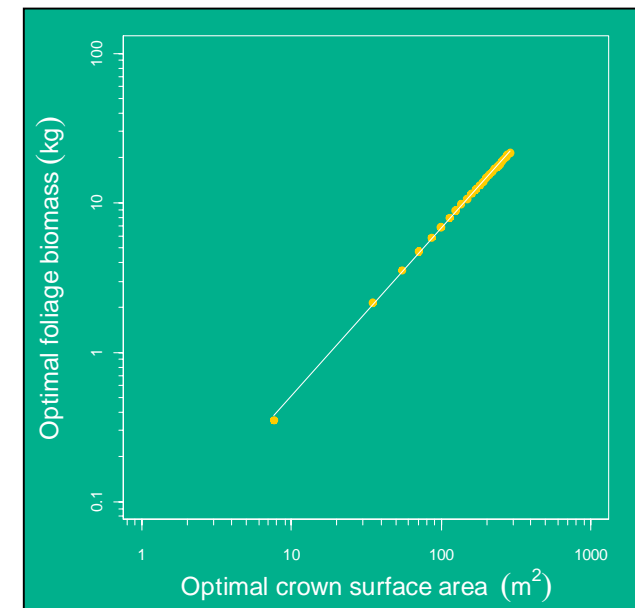
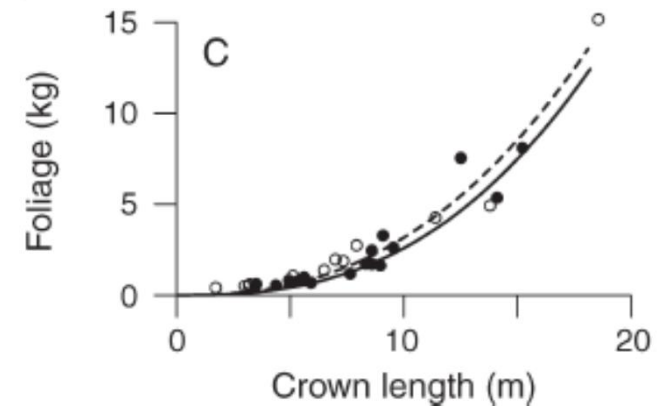


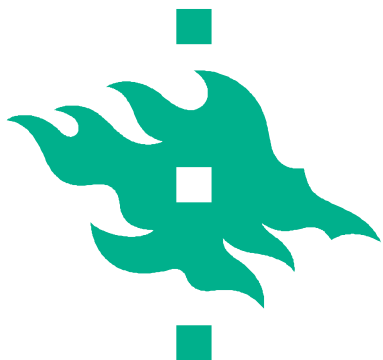
Latvuksen rakenne itsevarjostusta vähentävänä optimistrategiana

- Latvuksen pinnan, A_C , ja lehtimassan, W_F , välillä epälineaarinen (allometrinen) riippuvuus

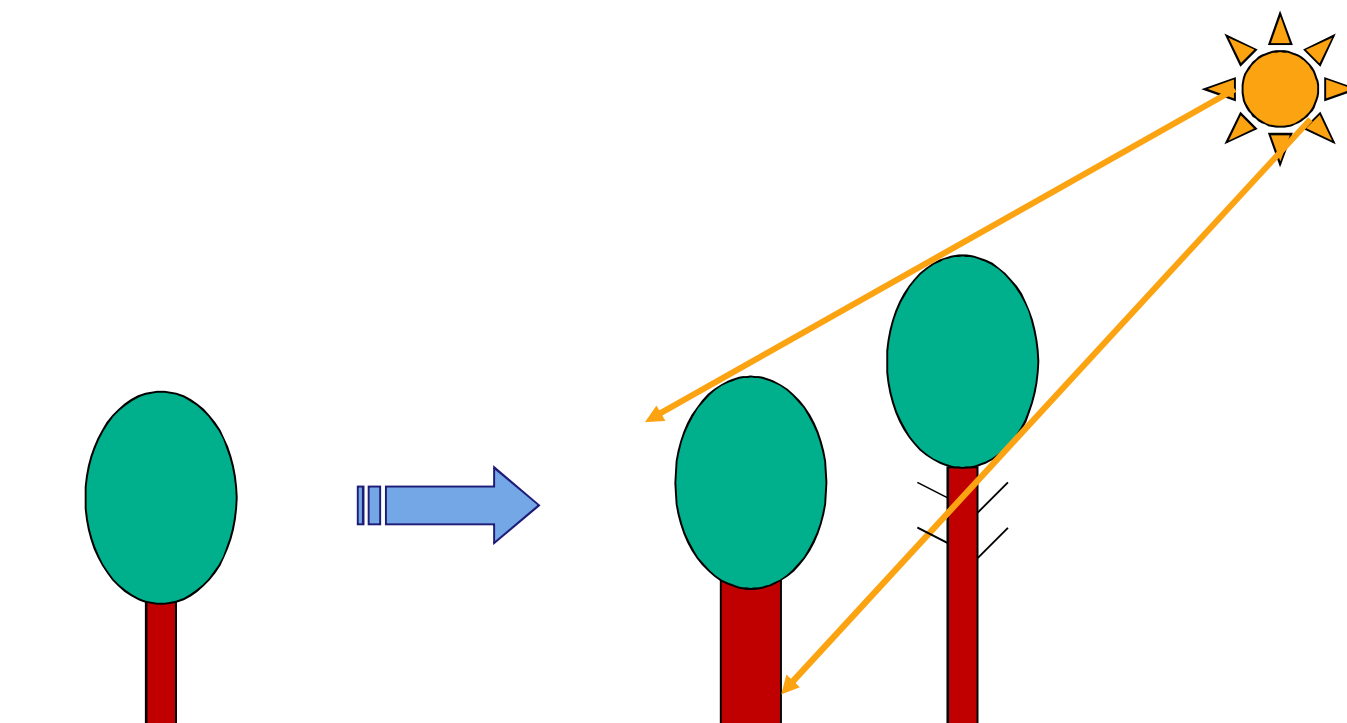
$$W_F = b_0 A_C^{z/2}$$

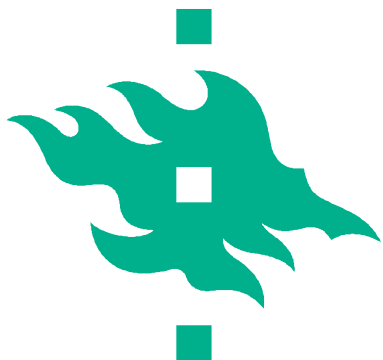
- Oksien ja rungon pituuskasvu siten, että allometria säilyy
- Lehtimassan tiheys pintayksikköä kohti kasvaa, kun latvus kasvaa
- Oksien massa kasvaa nopeammin kuin lehtien massa



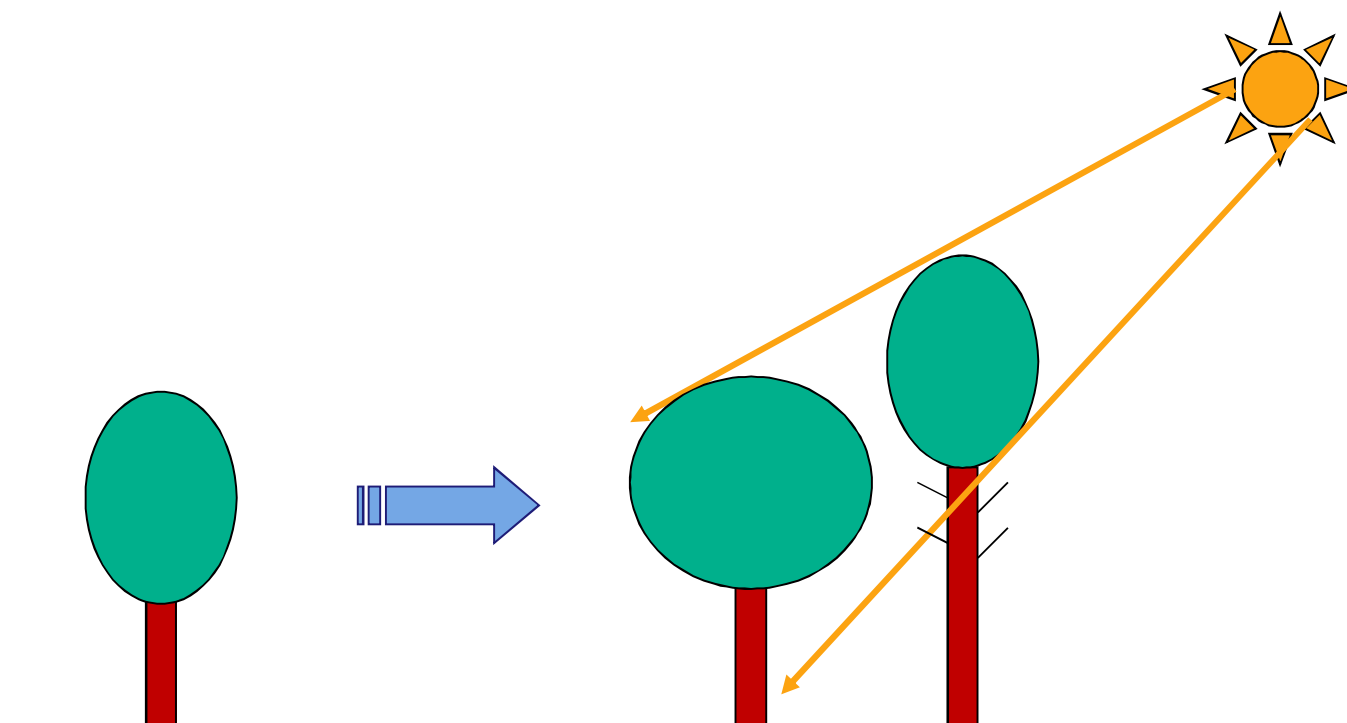


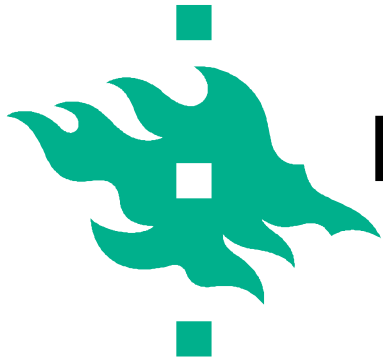
Pituuskasvu evolutiivisena ongelmana





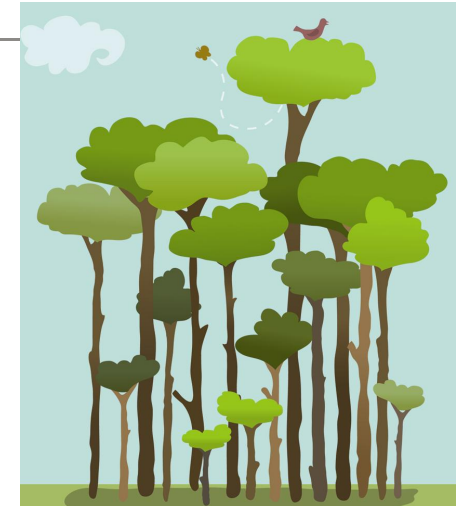
Pituuskasvu evolutiivisena ongelmana

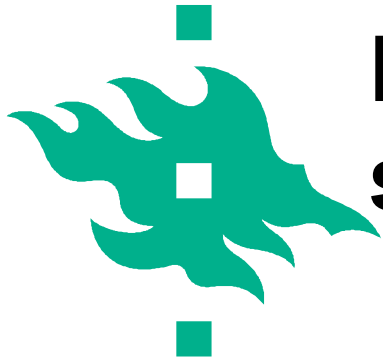




Evolutiivinen peli

- ❑ Optimointitehtävä on **pel**i, kun *jokin ominaisuus vaikuttaa myös muiden populaation yksilöiden eloonjäämiseen.*
- ❑ **Evolutiivinen tasapainostrategia (ESS):** *siitä poikkeaminen ei hyödytä ketään, jos kaikki muut populaation jäsenet noudattavat samaa strategiaa.*
- ❑ *Tasapainostrategia ei välttämättä ole koko populaation kannalta paras strategia*





Pituuskasvun evolutiivisesti stabiili strategia

■ TAVOITE:

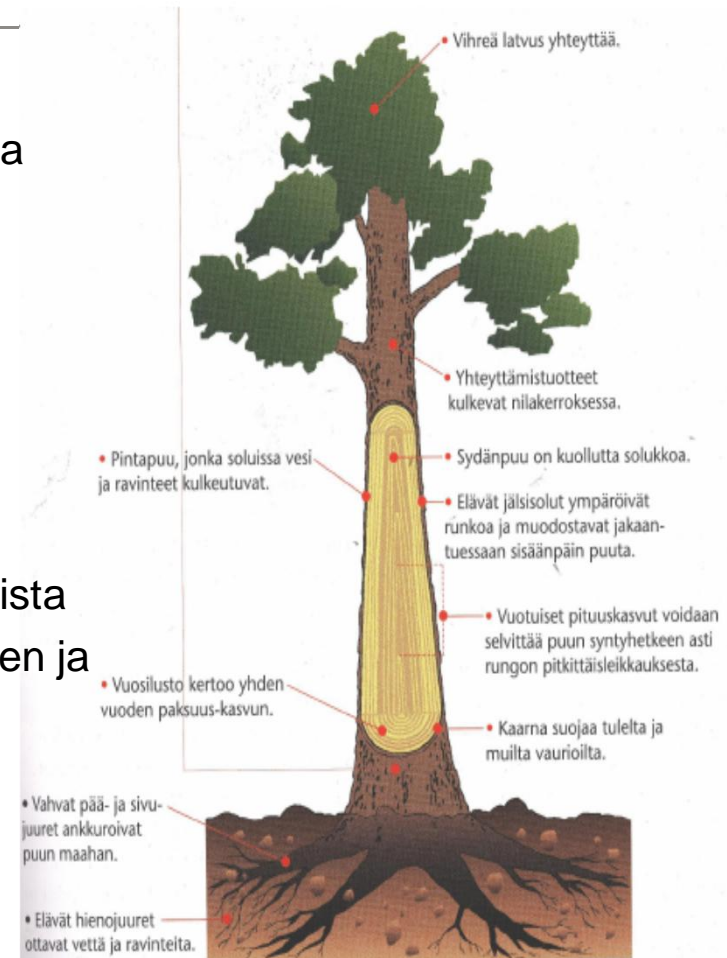
- maksimoi puun koko iässä, jossa käpyjen tuotto alkaa

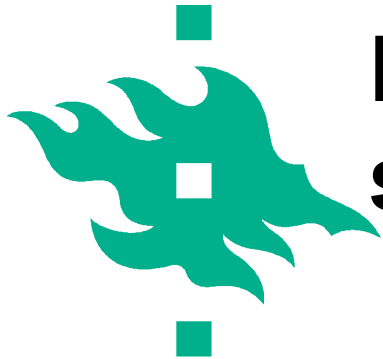
■ OHJAUS:

- pituuskasvu ajan funktiona

■ RAJOITTEET:

- puut kasvavat yhteyttämistuotteista
- tuotteet jaetaan neulasten, juurten ja puuaineen kesken
- puut varjostavat toisiaan
- iso runko kuluttaa paljon yhteyttämistuotteita

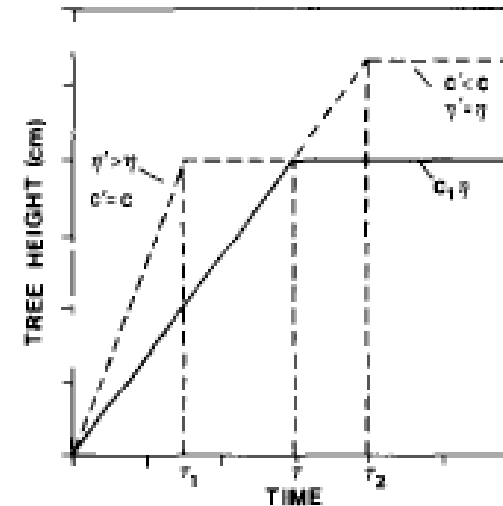
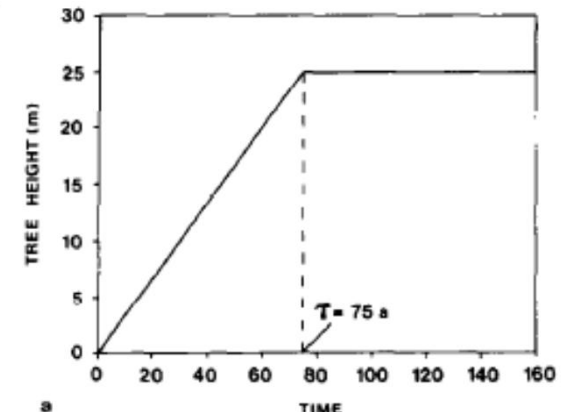




Pituuskasvun evolutiivisesti stabiili strategia

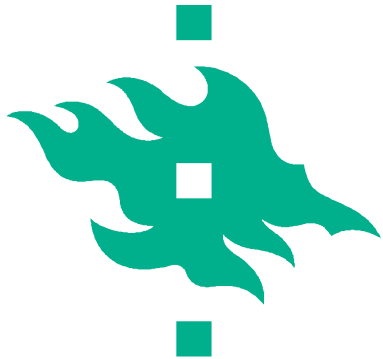
Tulokset:

- ❑ Aluksi pituuskasvu on niin nopeaa kuin fysikaalisesti on mahdollista
- ❑ Lopuksi pituuskasvu pysähtyy
- ❑ Loppupituus riippuu puuaineen ominaisuuksista, lehtien varjonsiedosta ja yhteyttämistehosta
- ❑ Luonnonvalinta suosii nopeutuvaa pituuskasvua ja suurempaa loppupituutta: ESS muuttuu sopivien mutaatioiden ilmaantuessa



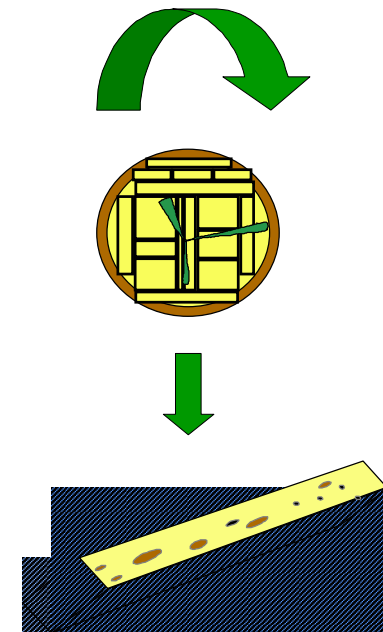


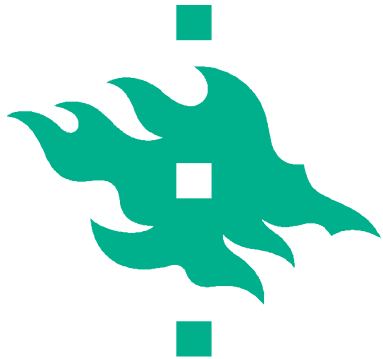
Malleja ja sovelluksia



Applications to ecosystem services 1/3

- What is the **optimum treatment chain** for the forest owner when considering revenue from roundwood sails?
- **Economic optimization**
 - Prof Olli Tahvonen's group, UHe
- Yields **management recommendations**
 - Harvest time and intensity
 - Rotation length
- **Results**
 - Pine (Hyytiäinen et al. ForEco 2004)
 - Spruce (Niinimäki et al. ForEco 2012)

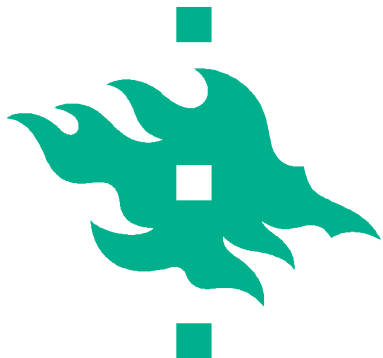




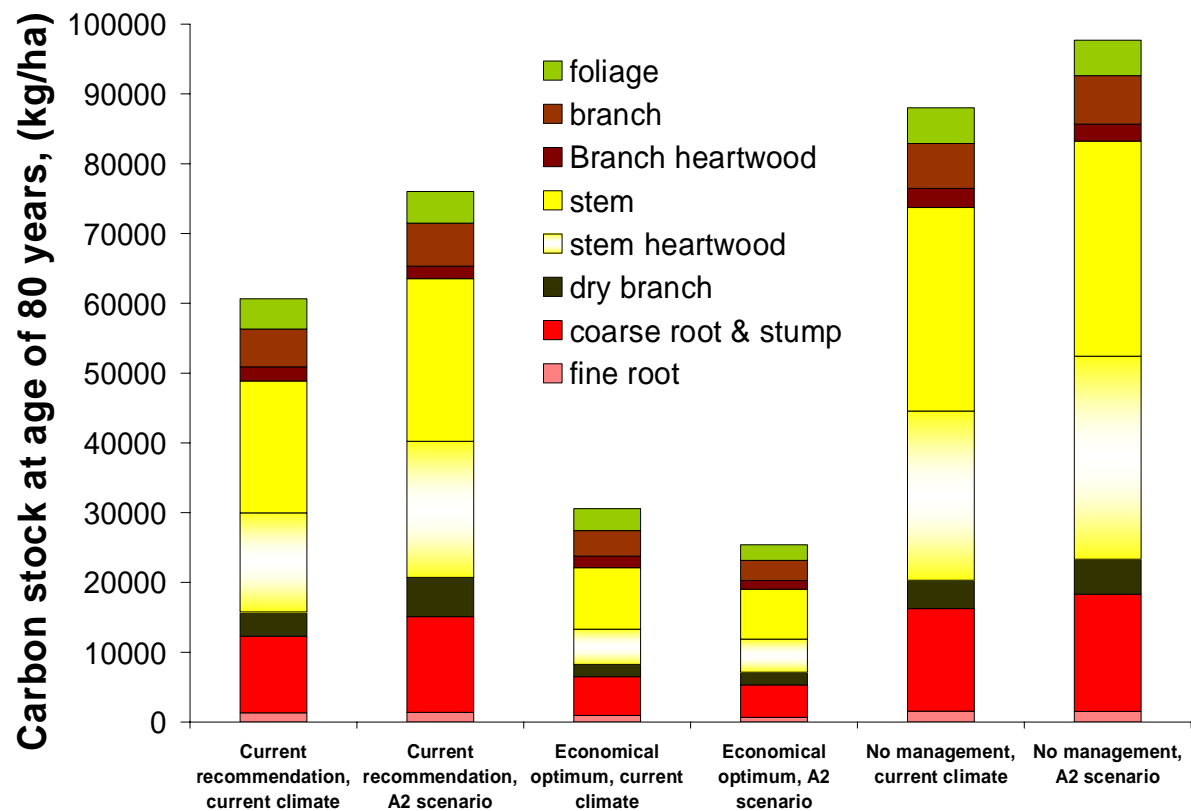
Applications to ecosystem services 2/3

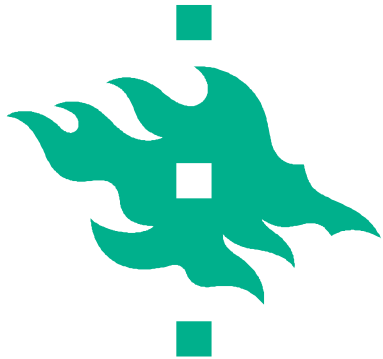
- What is the **optimum treatment chain** for the forest owner when considering revenue from roundwood and **carbon sequestration under carbon trading**?
- **Economic optimization**
 - Prof Olli Tahvonen's group, UHe
- Yields **management recommendations**
 - Longer rotations
- **Results in progress**





Economic considerations in changing climate

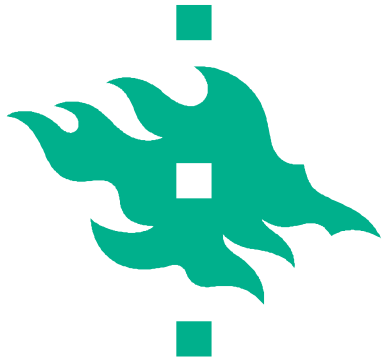




Applications to ecosystem services 3/3

- What is the **stakeholder acceptability and feasibility** of management scenarios yielding alternative ecosystem services?
 - Wood production
 - Bioenergy production
 - Carbon sequestration
- **Analysis of stakeholder preferences**
 - HENVI social science, in progress
 - Interviews, stakeholder workshops
- Yields **information for policy makers**
 - Need of policy instruments
 - Feasibility of alternatives

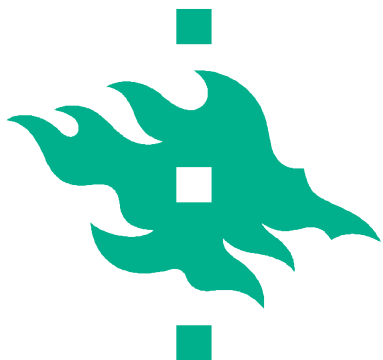




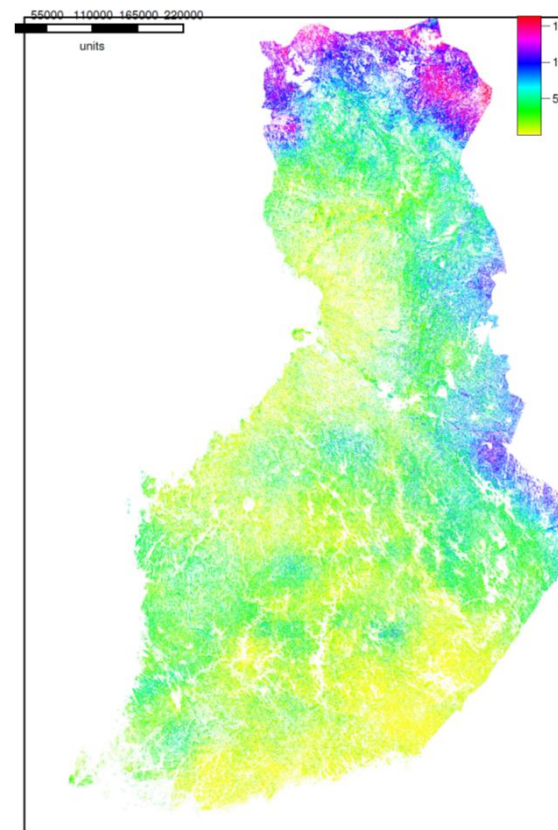
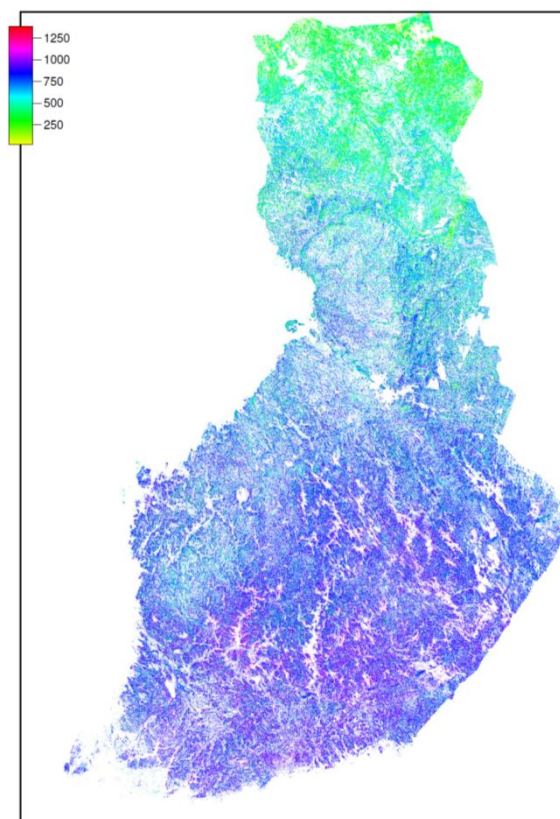
On-going work

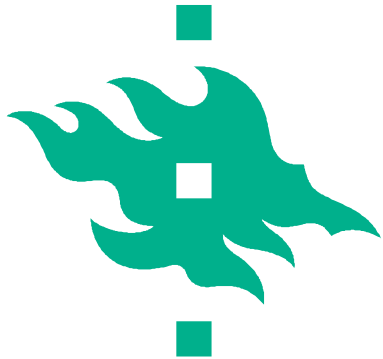
- Interaction between carbon assimilation and **water relations**
- Interaction between carbon assimilation and **N availability**
- Structure formation in **deciduous** trees
- **Large-scale** mapping of gas exchange processes





Alueellinen tuottavuuden ja kuivuspäivien laskenta





Metsän kasvu ja insinööriajattelu?

- Ratkaisukeskeisyys
- Monitieteisen tutkimusryhmän roolit