

PROFESSUURIPROJEKTI

- Yksityinen rahoitus
- Professorin palkka (4 v) + starttirahoitus
 - 2020-2024
- Yhteensä ~0.5 M€ 13 yrityksiltä ja säätiöiltä
- Ohjausryhmä kokoontunut vuosittain 2021-2024
 - Visio metsäteknologian ja puunhankintalogistiikan tulevaisuudesta
 - Tutkimuksen painopistealueet





METSÄTEKNOLOGIT 2023-> ?

Insinööriosaaaminen

HY
Metsäteknologia

HY
Agroteknologia

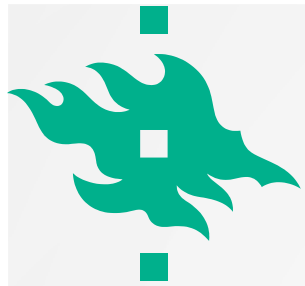
- Laskentamenetelmät
- Sensoriteknologia
- Automaatio
- Robotiikka

Aalto, TY, LUT
Diplomi-insinööri

- Mekatroniikka
- Automaatio
- Robotiikka

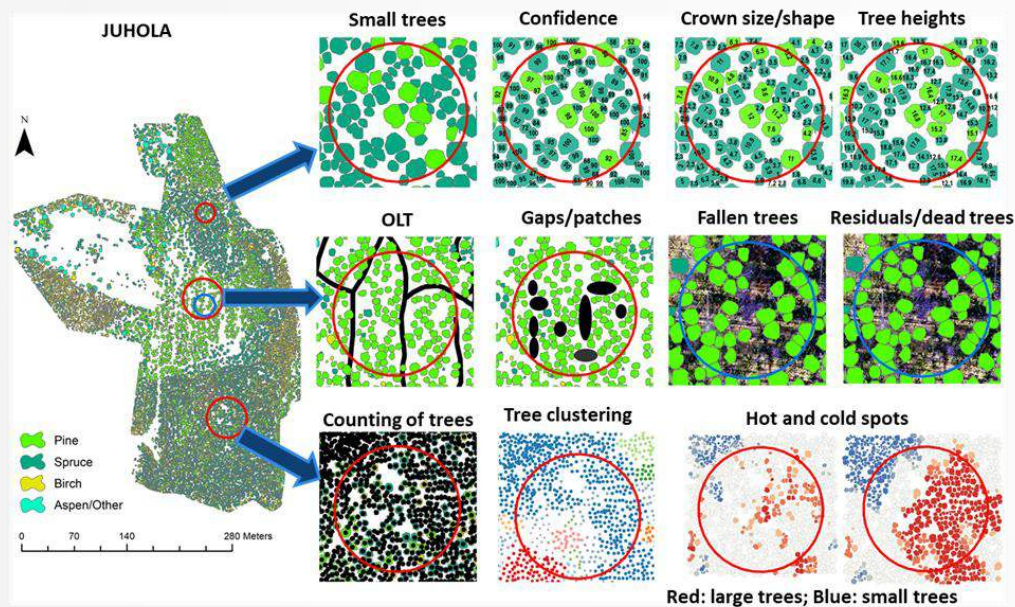
HY
Metsäteknologia

- Ohjelmointi
- Laskentamenetelmät
- Sensoriteknologiat

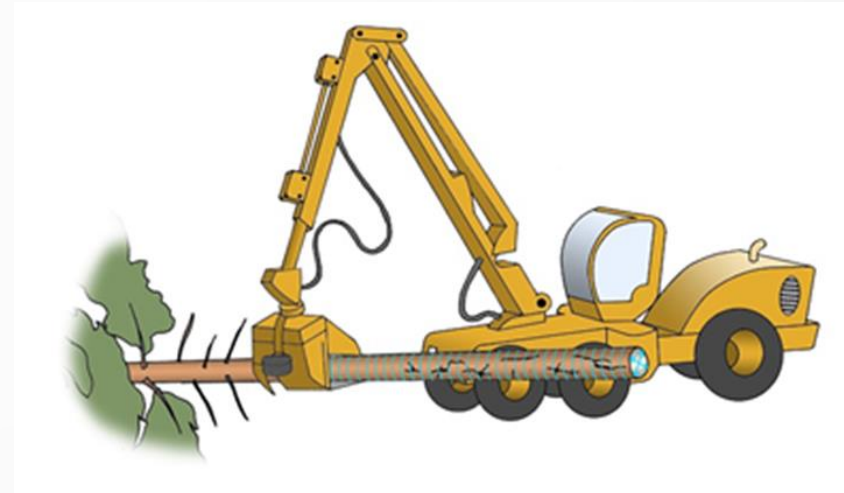


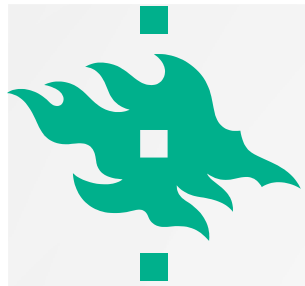
PROFESSUURIN TUTKIMUKSEN PAINOPISTEALUEET

Täsmäpuukorjuu



Katkonnan ohjaus – sahan
tukkitomografian ja hakkuukoneen
integraatio





METSÄTEKNOLOGISEN OPETUKSEN ELEMENTIT

LAATU = Kansainvälisesti paras mahdollinen opetuksen laatu kaikessa tekemisessä

Oppiaineosaaminen

- Perusteoriat
- Käsitteet ja termit
- Oppiaineen perusosaaminen

Metsäteknologian käytäntö state-of-the-art

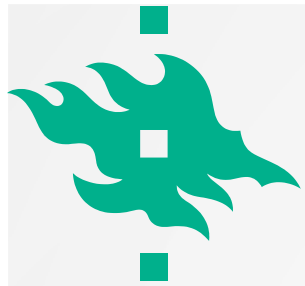
- Huippuosaajat kärkiyrityksistä

Menetelmäosaaminen

- Matemaattiset, menetelmälliset ja tieteenteoreettiset valmiudet

Metsäteknologian tieteen kärki

- Missä mennään tutkimuksen huipulla
- Tieteellisten raporttien tulkitseminen



FOREST TECHNOLOGY RESEARCH GROUP



Post doc Zhu Mao



Prof. Jori Uusitalo



Doctoral student
Ville Laamanen

Doctoral students (working elsewhere) :

- Harri Lindeman
- Antti Raatevaara
- Antti Laakkonen



University lecturer Veli-
Pekka Kivinen

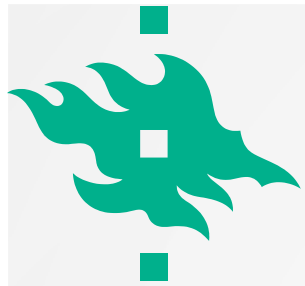
Post doc Omid Abdi

Master thesis (hired for short periods):

- Kaarlo Koivukoski
- Tero Puukka
- Juho Koivisto



METSÄTIEDE HELSINGIN YLIOPISTOSSA

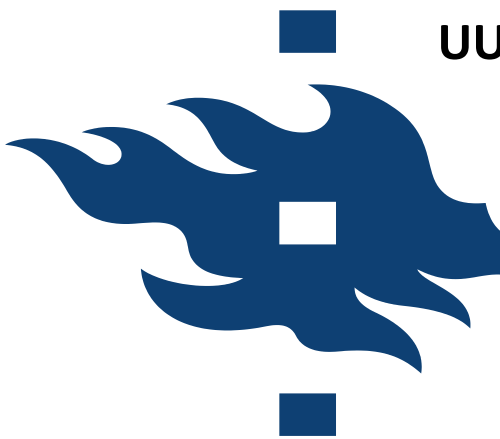


METSÄTIETEIDEN OSASTO

- 22 professuuria, 12 yliopistonlehtoria
- Henkilökunnan määrä 150+
- Koulutusohjelmat
 - Metsätieteiden kandiohjelma
 - Metsätieteiden maisteriohjelma /International program in Masters in forest sciences
 - Tohtoriohjelmat

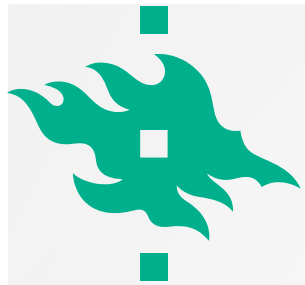


UUDET TUULET, MUUTOKSIA METSÄTIETEIDEN OSASTOLLA



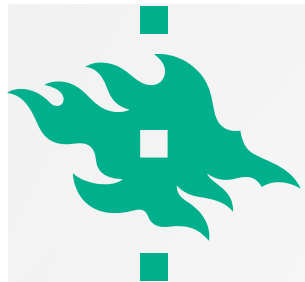
- 2018-2022 10 professorial & lehtoria eläköityi – Uudet professorit ja lehtorit
- **Innovation ecosystem – Wood & Forest hub (in cooperation with about 150 companies, and e.g. with the city of Helsinki.**
- Hyytiälän Wooden constructions & living lab
- **New Master's program 2026→**
 - Master's program in Green Business (University of Helsinki, Department of forest sciences & The University of British Columbia)
 - Master's program in the technology of sustainable use of renewable natural resources





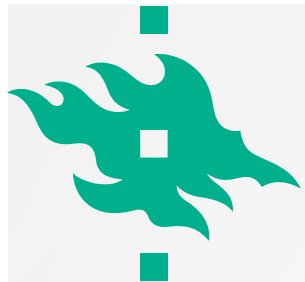
MUUTOSTEN TUULIA HENKILÖKUNNAN VAIHTUMINEN

- **Recruitments**
- 2018-2022 10 professors & 2 univ. lecturers retired
- New professors, December 2022 – March 2023: Tuula Jyske, Mirja Mikkilä, Annamari Lauren, Marjo Palviainen, Markku Larjavaara,
- Profiling of the professorships - supporting the department's current strengths, but at the same time also searching for new ideas and openings

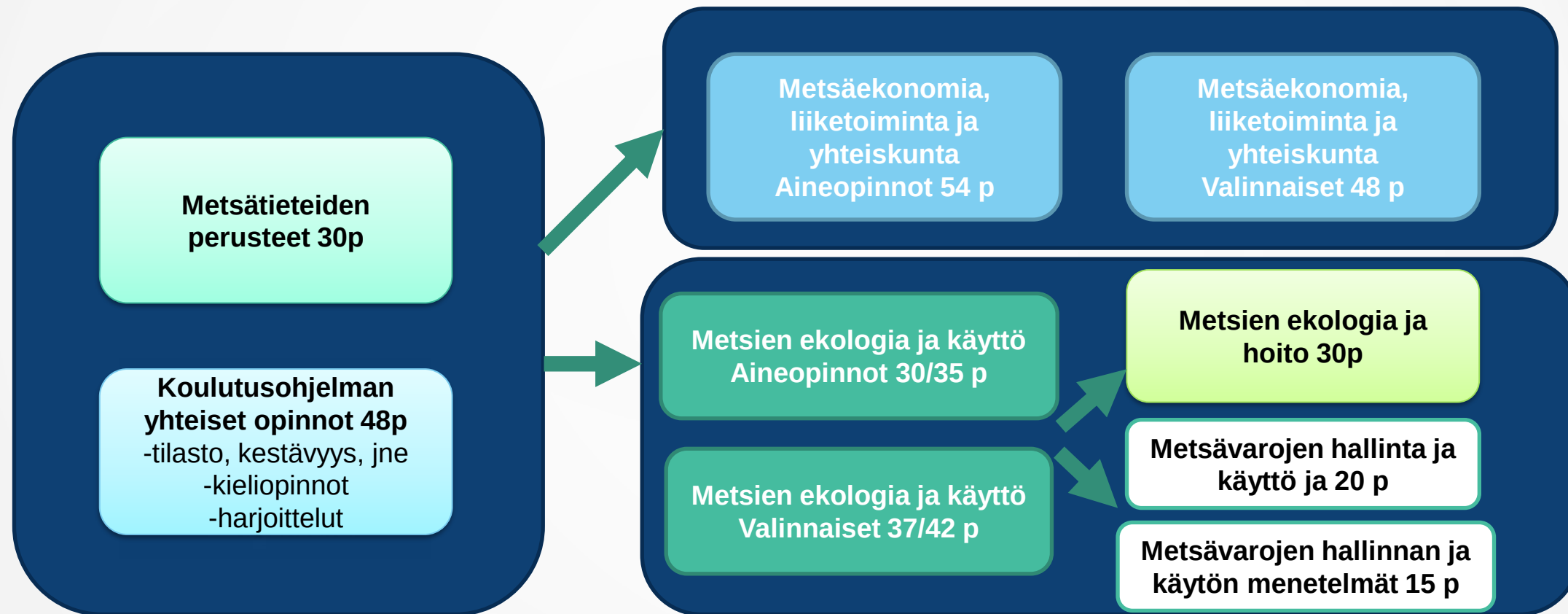


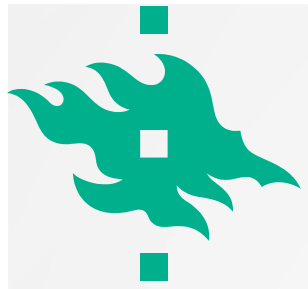
SYKSYN FUKSIT SAAPUNEET





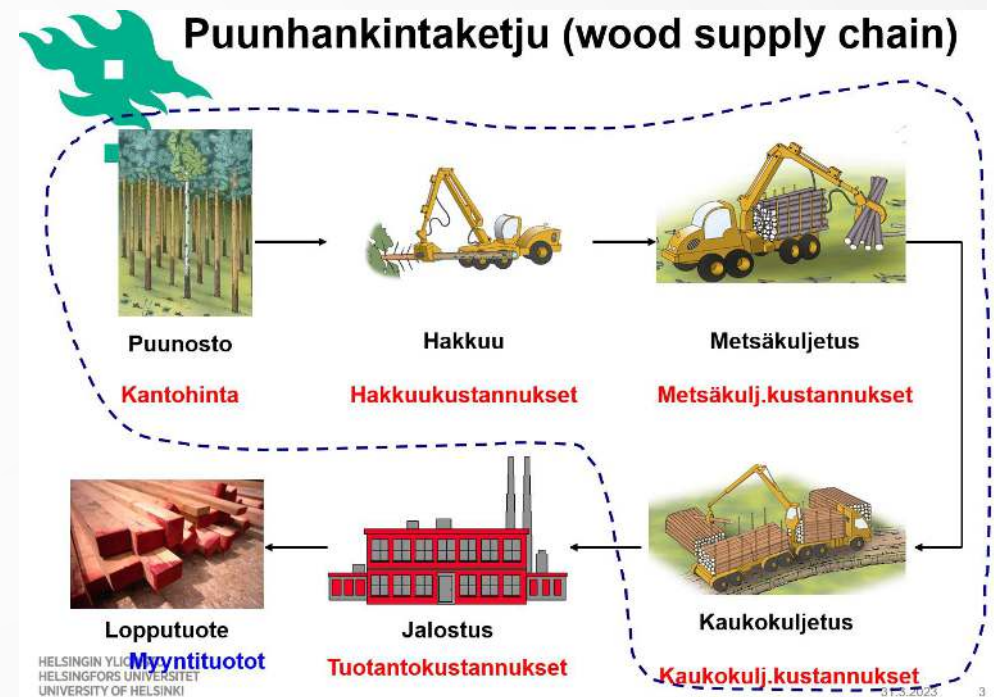
METSÄTIETEIDEN KANDIOHJELMA 180 P

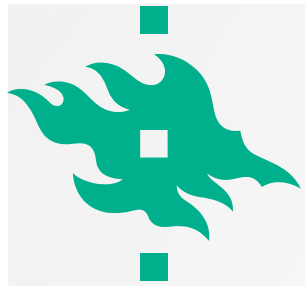




ME-011C METSÄ- JA PUUTEKNOLOGIA

- Sisältö
 - Puukauppa, puutavaralajit, leimikon suunnittelu
 - Puunkorjuumenetelmät (globaali näkökulma)
 - Puutavaran kaukokuljetus
 - Energiapuun korjuun ja kuljetus
 - Metsäkoneopin alkeita
 - Katkonnanhjaus ja puutavaran mittauss
 - Metsäteknologinen tutkimus

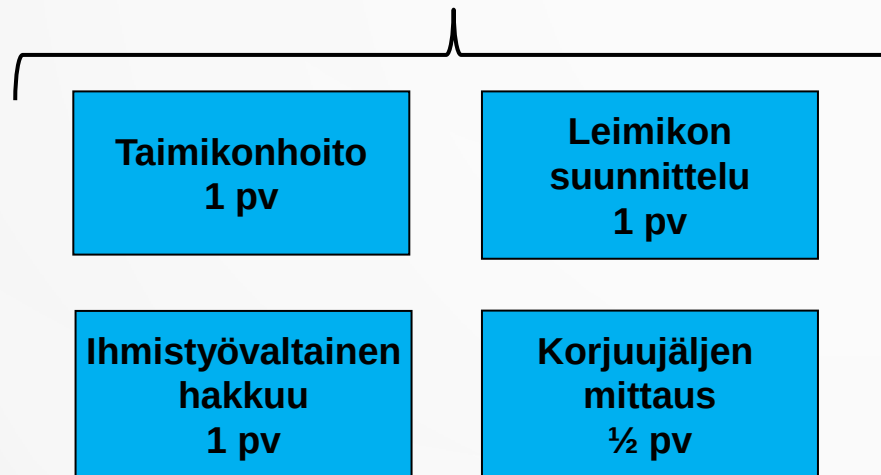




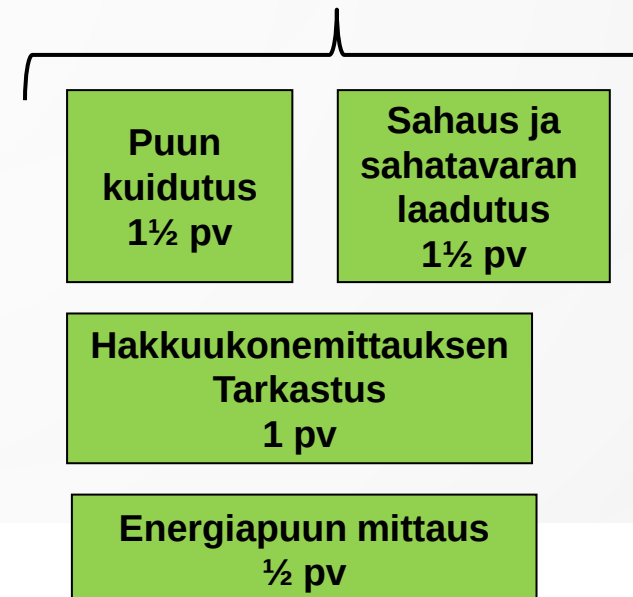
ME-013D METSÄ- JA PUUTEKNOLOGIAN KENTTÄKURSSI HYYTIÄLÄN METSÄASEMALLA

- Kahden viikon kurssi heinä-elokuun vaihteessa
 - Tavoitteena konkretisoida teoriakurssilla opiskeltuja asioita ja opiskella myös kokonaan uutta (learning by doing)

Viikko metsäteknologiaa



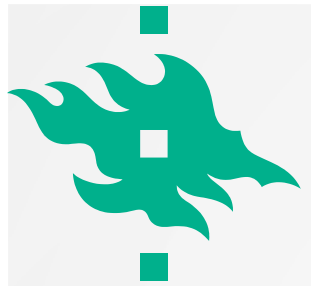
Viikko puuteknologiaa



52 opiskelijaa
kesällä 2023

Lisäksi: Retkeily puunkorjuutyömaalle tai jalostuslaitokselle

Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta

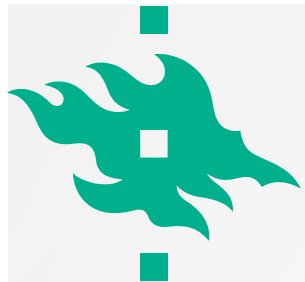


ME-013D METSÄ- JA PUUTEKNOLOGIAN KENTTÄKURSSI HYYTIÄLÄN METSÄASEMALLA

52 opiskelijaa
kesällä 2023

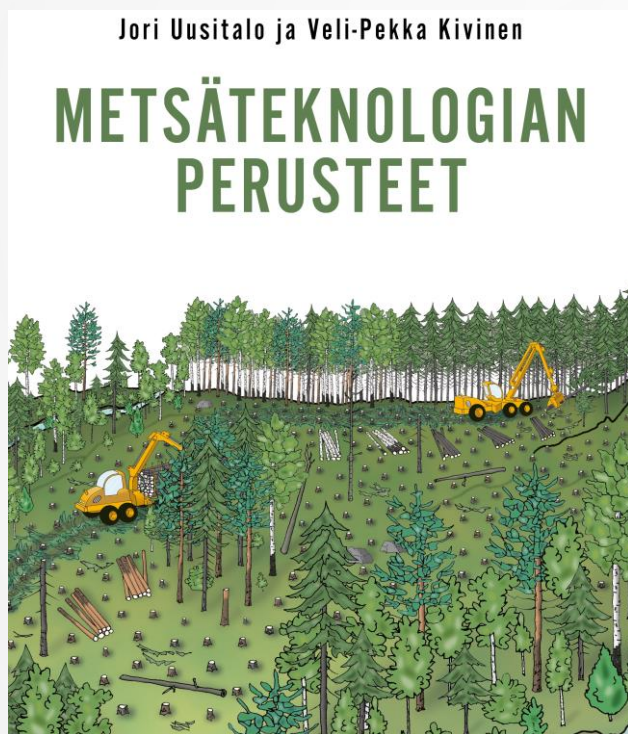


Kuvat: Veli-Pekka Kivinen



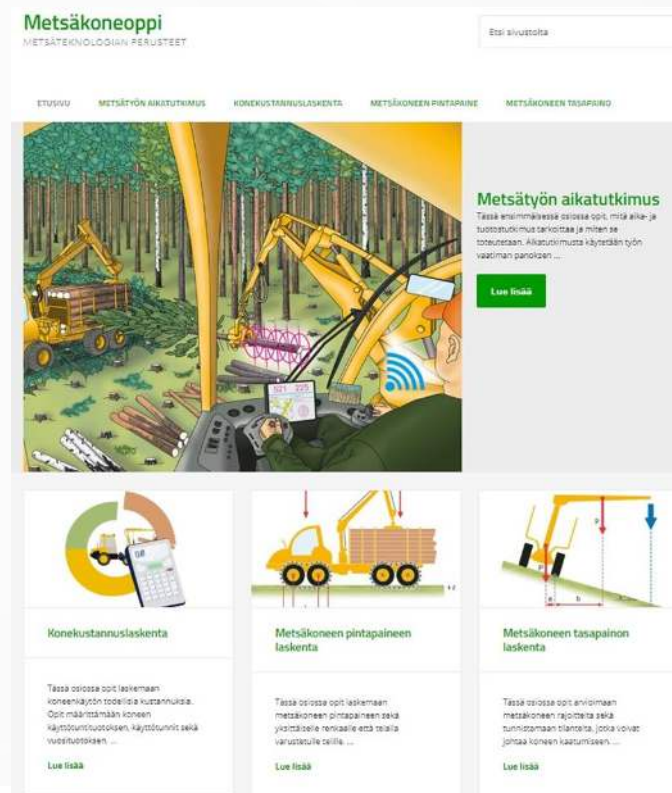
METSÄTEKNOLOGIAN OPETUKSEN KEHITTÄMINEN

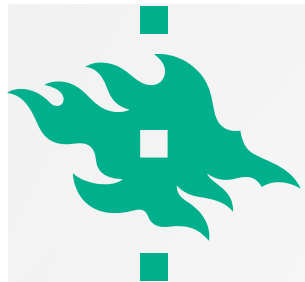
- Tapio Oy – kustantaja/Paperiversio/E-kirja



METSÄKONEOPIN OPPIMISYMPÄRISTÖ

Puuhuolto.fi/metsäkoneoppi





METSÄTIETEIDEN KANDIOHJELMA

METSIEN EKOLOGIAN JA KÄYTÖN OPINTOSUUNTA 2023–2026

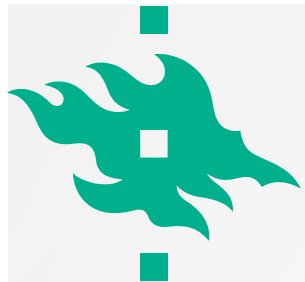
METSÄVAROJEN HALLINTA JA KÄYTTÖ

- Perusopintojaksot (pakolliset kaikille kandiopiskelijoille)
 - ME-011C Metsä- ja puuteknologia (3 op)
 - ME-013D Metsä- ja puuteknologian kenttäkurssi (3 op)
- Aineopintojaksot
 - ME-235 Metsäteollisuuden puuhuolto (5 op)
 - ME-236 Metsätyötiede ja metsäkoneoppi (5 op)
 - ME-240 Operaatiotutkimuksen perusteet (5 op)
 - ME-244 Bioenergia (5 op)

Metsävarojen hallinta ja käyttö

Metsäteknologia
Puuteknologia
Metsäsuunnittelu
Geoinformatiikka

- Menetelmäopinnot (min 15 op)
 - ME-234 Metsätieteiden laskentamenetelmät (5 op)
 - ME-240 Operaatiotutkimuksen perusteet (5 op)
 - FOR-017 R-basic course (5 op)
 - TKT10002 Ohjelmoinnin perusteet (5 op, verkkokurssi)



ME-235 METSÄTEOLLISUUDEN PUUHUOLTO

*Aktiivisia
opiskelijoita
vuositasolla
noin 10 kpl*

- **Läpileikkaavana punaisena lankana: miten puunhankinta toimii?**
- **Rakenne**
 - Opetusperiodit II ja III, järjestetään joka lukuvuosi
 - Luentokertoja 16–17 kpl + harjoitustehtävät (30 %:n vaikutus loppuarvosanaan)
 - HY:n lisäksi luennoitsijoita metsäteollisuuden puunhankinnasta, Metsäteho Oy:stä, Koneyrittäjien liitosta, Metsäalan kuljetusyrittäjistä ym. puuhuollon sidosryhmistä

Asiakaslähtöinen puunhankinta

**Puunhankinnan organisointi,
suunnittelu ja ohjaus**

Kuljetusväylät ja -logistiikka

Katkonnanohjaus

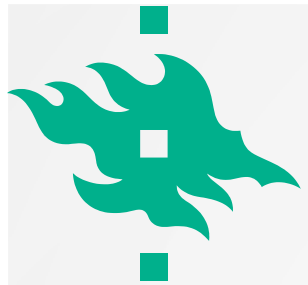
**Puunkorjuun ja -kuljetuksen
tuottavuus, kustannukset ja
päästöt**

**Puunosto ja metsäpalveluiden
markkinointi**

**Puunkorjuu- ja
kuljetusyrittäjien näkökulma**

**Puunkorjuun ja -kuljetuksen
toiminnanohjausjärjestelmät**

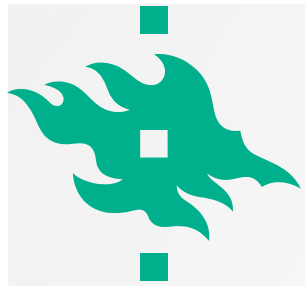
**Puuenergian hankinta-
logistiikka**



ME-244 BIOENERGIA ~~FOR-262 FOREST BIOENERGY~~

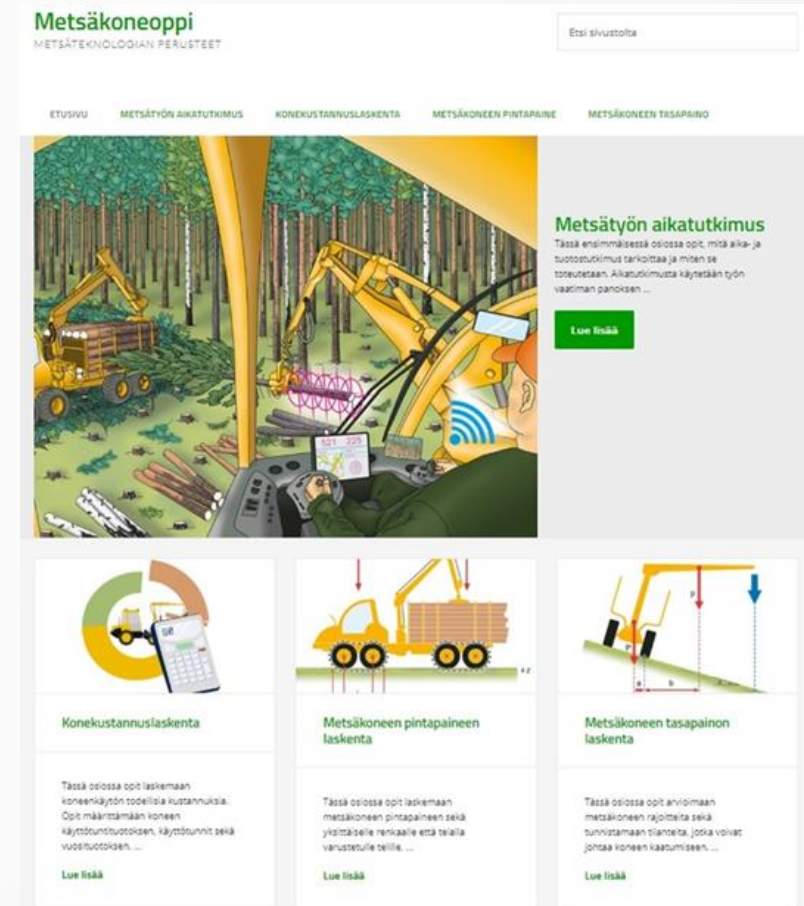
- Sisältö:
 - Energian, bioenergian ja uusiutuvan energian käsitteet, energian mittayksiköt
 - Bioenergia osana Suomen energiahuoltoa
 - Bioenergian rooli EU:n energia- ja ilmastopolitiikassa
 - Pello- ja puubioenergian potentiaali, tuotantoketjut ja -teknologia sekä toimituslogistiikka
 - Ympäristövaikutukset, bioenergia ja hiilen sidonta
 - Bioenergia maatilojen energiantuotannossa, lämpöyrittäjäyys
- Opetus:
 - Luennot, laskuharjoitukset, retkeily

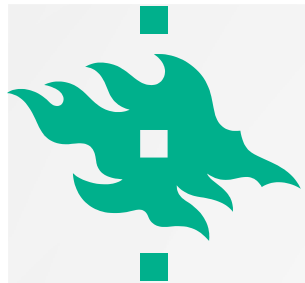




ME-236 METSÄTYÖTIEDE JA METSÄKONEOPPI

- Metsätyötieteen teoria ja työntutkimuksen tavoitteet
- Aika- ja tuotostutkimus metsätieteissä
- Menetelmätutkimuksen perusteet
- Konekustannuslaskennan ja työhinnittelun perusteet
- Metsätyön ergonomiatutkimuksen perusteet ja työsuojelu
- Metsäkoneen perusrakenne ja toiminta
- Metsäkoneen tasapainolaskenta ja pintapaine
- Metsäkoneen ohjaus- ja informaatiojärjestelmät
- Metsäkoneen automaation kehitysnäkymät





ME-236 METSÄTYÖTIEDE JA METSÄKONEOPPI

Aikatutkimusharjoitus



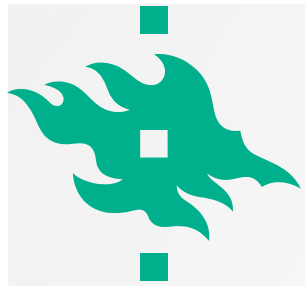
Tehtävä 1

Tehtävänäsi on kerätä (kellottaa) aikatutkimusaineisto erään hakkuukoneen työskentelystä mäntyvaltaisessa harvennusleimikossa nauhoitetuilta videoilta. Mittaa sekunnin tarkkuudella eri työvaiheiden ajanmenekit. (Voit käyttää mittaamiseen esim. matkapuhelimen kellotoiminnon ajanmittaussovellusta tai videontoisto-ohjelman aikajanaa.)

Konekustannuslaskennan harjoitukset



Toimit puunkorjuuyrityksen operatiivipäällikkönä. Yrityksellä on yksi puunkorjuuketju, yksi hakkuukone ja yksi kuormatraktori. Peruslähtökohdassa hakkuukone ja metsätraktori ovat töissä 11 kk, joista 5 kk on 2-vuorossa ja 6 kk 1-vuorossa. Vuosittaiset hakkuumäärät ovat olleet noin 35 000 m³, jotka ovat jakautuneet eri hakkuutapoihin seuraavasti: päätehakkuu 50 %, muu harvennus 40 % ja ensiharvennus 10 %. Voit käyttää laskennassa alla olevia konevaihtoehtoja.



MASTER'S DEGREE, FOREST SCIENCES 120 P

Forest economics,
business and society
73 p



Forest economics,
business and society
Elective studies 47 p

Forest ecology and
management 58 p
- Thesis, seminar
- Statistics
- Literature



Forest ecology and
management 37 p
Elective studies



Ecosystems function
and biochemistry 25p

Production ecology,
silviculture and land
use management 25p

Biodiversity, evaluation
and interactions in
forestry 25p

Tropical forestry,
agroforestry and land
use 25p

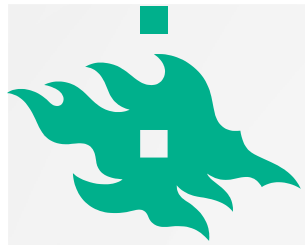
Forest Resource
Management and
Geoinformatics 25p

Forest operations and
wood supply
management 25p

Wood material science
25p

PRO GRADU –TYÖT -2023-24

- *Kokkonen Eemeli: Runkohinnoittelumallin arviointi (Skogsvårdsföreningen Österbotten rf)*
- Vanhakylä Tuomo: Metsäteollisuuden puuhuollon nykytila ja kehitysnäkymät (Metsäteho)
- Jaatinen Konsta: Hakkuukonetiedon hyödyntäminen luontokohteiden arvioinnissa (Stora Enso)
- Cao Son: Soil rutting prediction and mapping using machine learning model (UH)
- Krogars Anders: Energiapuun logistiikka (Koskisen Oy)
- Tuukkanen Jouni: Energiapuun toimitusten optimointi (Metsä Group)
- Leinonen Mikko: Pikkutukin korjuun ja kuljetuksen kokonaiskustannukset (Metsä Group)
- Nordström Roope: Harvennushakkuun laatuosaaminen (Tapio)



Hyväksytty

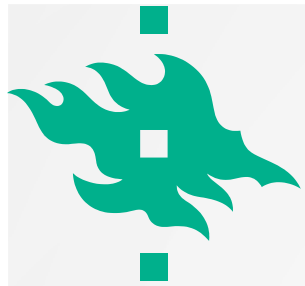
Tulosseminaari

Työn alla

Suunnittelussa

PRO GRADU –TYÖT -2024-25

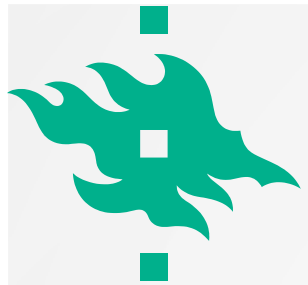
- Mats Holmgård; Puunkorjuun laadun parantaminen (Skogsvårdsföreningen Österbotten rf)
- Rehn Simo: Metsäkoneen operaattorikoulutuksen kehittäminen (Riveria)
- Härmä Tuomas: Vyöhykeharvennuksen tuottavuus (Metsäteho)
- Kent Grankulla: Timbertrail benefits (Norra Skog)
- Kaarlo Koivukoski, Prediction of logging trails with GNSS Tracks (UH)
- Juho Koivisto: Harvester log vision system (Finnos, Ponsse, UPM)
- Tero Puukka: Woodflow Case study (Metsä Group)
- Cameron Gibson: Forest fragmentation (UH)
- Anna Kaponen: Chip transportation with e-truck (UPM)
- Johannes Pitkäranta: Root rot analyses (Metsä Group)



MASTER'S DEGREE – FOREST SCIENCES

MODULE FOREST OPERATIONS AND SUPPLY CHAIN MANAGEMENT
2023-2026

- FOR-266 Wood supply chain management
 - FOR-261 Environmental effects of forest operations
 - FOR-265 Terramechanics (incl roads) and trafficability prediction (FOR/AGRI)
 - FOR-280 Precision harvesting (NEW)
- +
- AGRI-104 Measurement technology
- or
- FOR-263 Operations Research in forest resource management

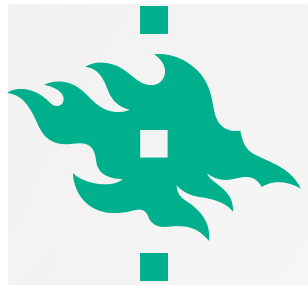


FOR-261 ENVIRONMENTAL EFFECTS OF FOREST OPERATIONS

- **Content:**
 - Impacts of forest operations on
 - Forest soil structure and physics
 - Forest runoff, water quality and nutrient balance
 - Forest biodiversity
 - Fungi and insects' diversity
 - Scenic beauty and recreation
- **Methods:**
 - Group works
 - Science essays
 - Lectures



Spring 2022 – 22 students



FOR-280 PRECISION HARVESTING

- **Content:**

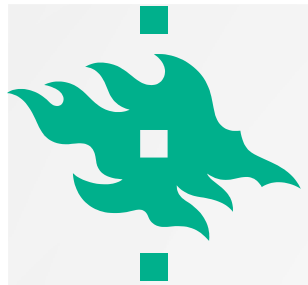
- Interpreting structures and dynamics of forest
- Harvesting methods and Silvicultural systems
- Single tree detection/Tree Clustering/Quality zoning
- Logging trail network design problem
- Applying Deep learning
- Precise positioning

- **Methods:**

- Lectures
- Scientific papers
- Exercises (Clustering, Deep learning, positioning, etc)



**Autumn 2023 – The first 20
Precision harvesters!**



FOR-265 TERRAMECHANICS AND TRAFFICABILITY PREDICTION

- **Content:**
 - Soil mechanics
 - Components of machines
 - Effects of machine traffic on soil
 - Prediction of soil type
 - Prediction of moisture content
 - Prediction of compaction and rutting
- **Methods:**
 - Lectures
 - Science essays
 - Exercises (in field)



Autumn 2024 – Agro-forest techno collaboration!

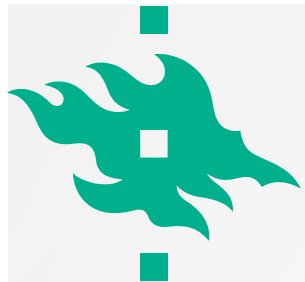


FOR-266 WOOD SUPPLY CHAIN MANAGEMENT

- **Basic theories and concepts**
 - Lectures
 - Scientific papers
 - Compendium
- **Exercises**
 - Wood supply game (International competition)
 - Dynamics of wood supply chain
 - Virtual Wood arena (Quebec/SLU)
 - Operative planning/execution –game
 - Woodflow (demo)
 - Strategic/tactical planning
- **Science essays**



Spring 2021 – 18 students
Spring 2023 – 12 students



FOR-263 OPERATIONS RESEARCH IN FOREST RESOURCE MANAGEMENT /

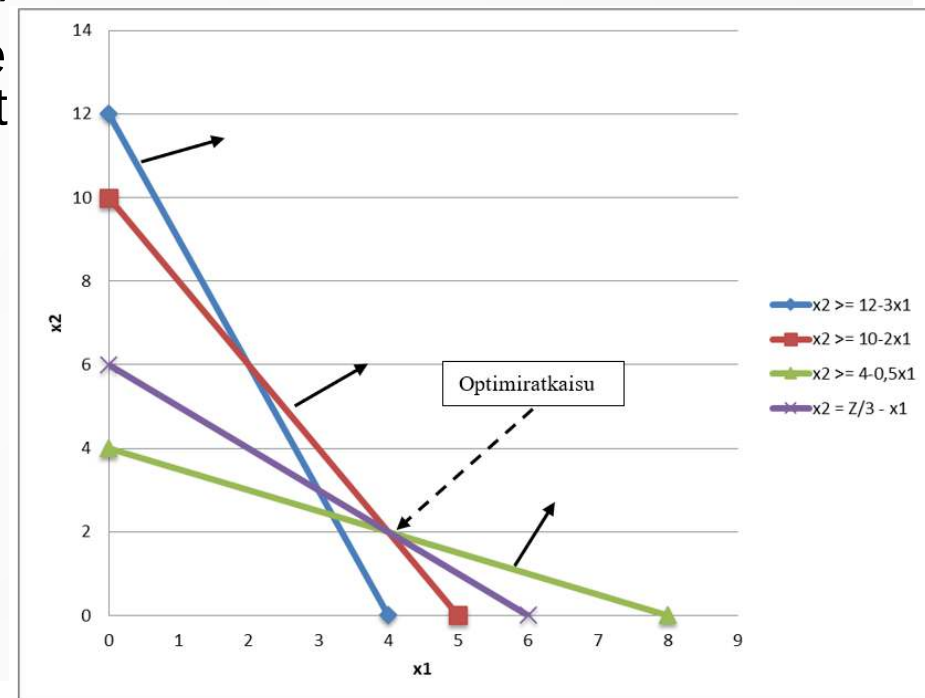
Kandikurssi: ME-240
operaatiotutkimuksen perusteet

- **Content**

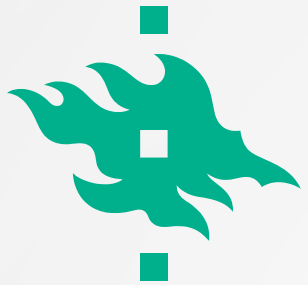
- Linear programming and its extensions (MIP, GP, CP)
- Heuristic optimization applied to solve multi-objective discrete/continuous resource management and logist
- Decision making under uncertainty
- Value of information

- **Methods**

- Lectures
- Exercises



Kuva: Veli-Pekka Kivinen



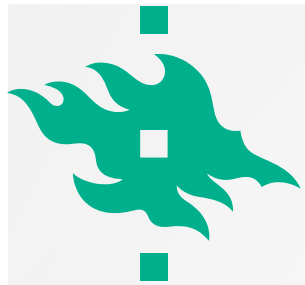
UUSIUTUVIEN LUONNONVAROJEN KESTÄVÄN KÄYTÖN TEKNOLOGIAT-MAISTERIOHJELMA

- MASTER'S PROGRAMME IN SUSTAINABLE TECHNOLOGIES IN RENEWABLE NATURAL RESOURCES

- Helsingin yliopisto, Maatalous-metsätieteellinen tiedekunta, Viikin kampus
- Kansainvälinen maisteriohjelma, aloitus syksyllä 2026
 - Kesto 2 vuotta, 120 op., opetuskieli englanti
 - Ohjelman valmistelussa maatalous-, metsä- sekä elintarvike- ja ravitsemustieteen osastot
 - Alussa sisäänotto 50 opiskelijaa → nousu ~100 opiskelijaan/vuosi 2030-luvun alussa
- Koulutetaan asiantuntijoita uusiutuvien luonnonvarojen alalle
 - Uudet teknologiat, kuten robotiikka, automaatio, tuotantotalosu
 - Tiedekunnan nykyinen maatalous-, elintarvike- ja metsäteknologinen osaaminen ja laaja ymmärrys alan toimintaympäristöstä

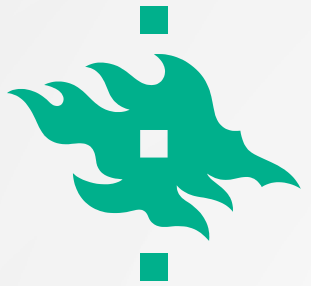


TUTKIMUS



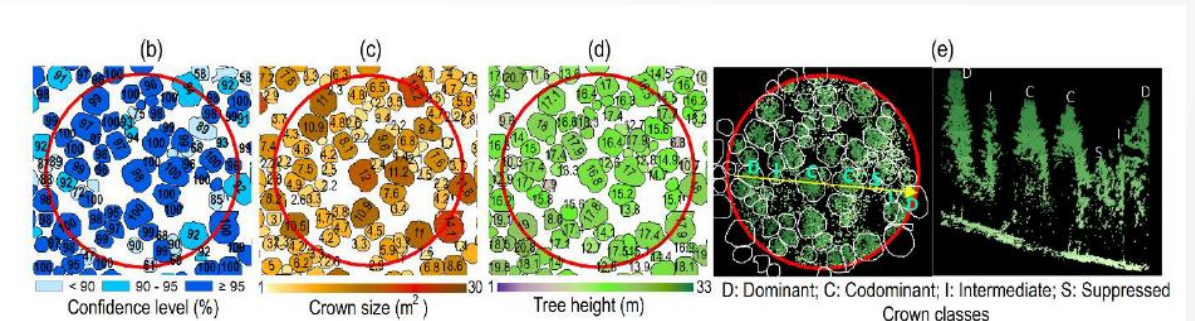
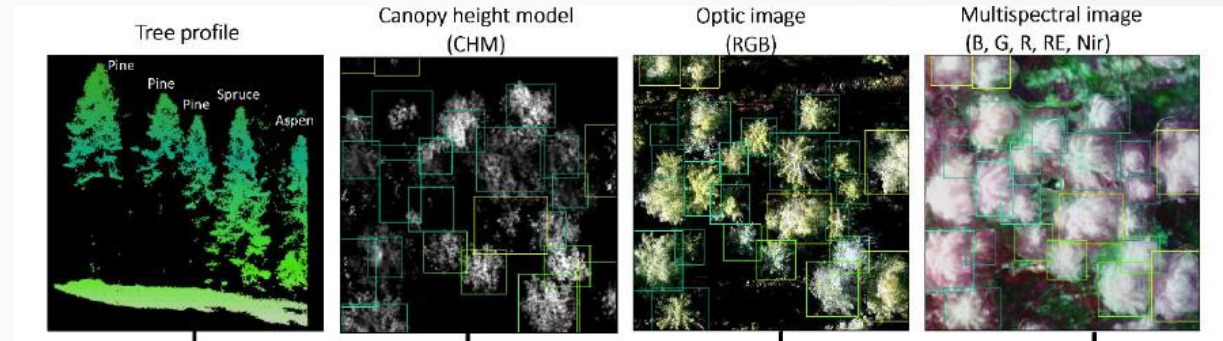
RESEARCH GROUP PROJECTS

- Luomuhakkuu –project 1.5.2022-31.10.2024 (RRF/MMM) 0.8 M€
- Professorship project 16.9.2020-31.5.2025 ~120 000 €
- Customer project (100% funding) 1.1.2024-30.6.2025 200 000 €
- OptiForValue (EU-project) 1.9.2024-31.8.2028 ~300 000€
- Woodflow Finland 1.5.2024-31.8.2025 (MMSäätiö) 37 000 €
- GeoAI explained soil mapping of Finnish forests
(The Finnish Research Impact Foundation) 1.1.2025-31.12.2026 223 000 €



YKSIN PUIN TULKINTA – DRONE-KUVAUKSELLA

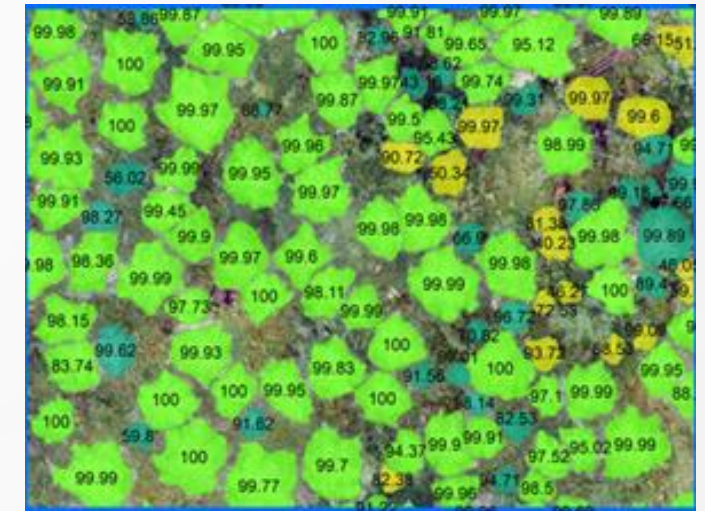
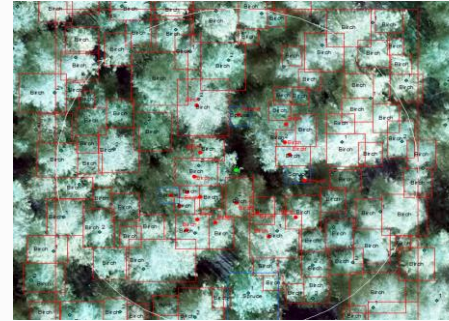
- Yhdistetään LiDAR, RGB and IR – data
- Syväoppiminen – Supertietokoneressurssit (CSC OY)





SYVÄOPPIMISEEN POHJAUTUVA PUUSTOTULKINTA

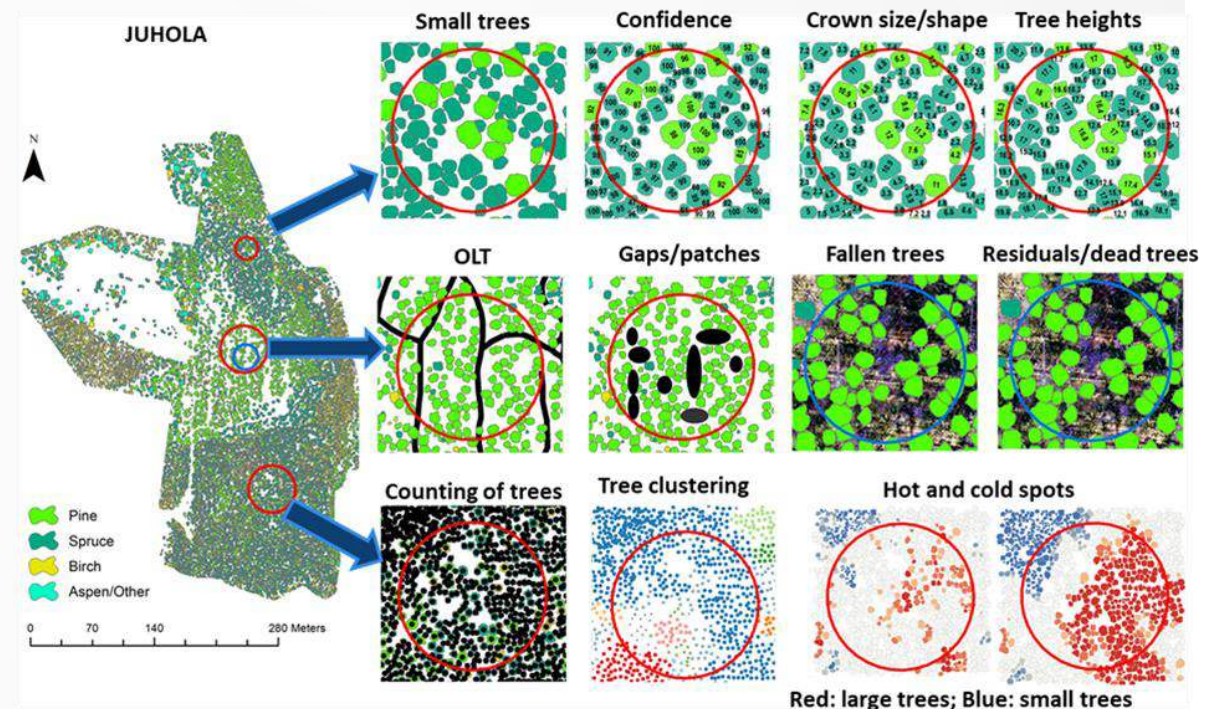
- Drone-inventointi
 - Lidar (80-100 havaintoa/m²) + RGB ja moniväri 5 cm resoluutio
- Puut opetetaan “labeloinnin” avulla
- Syväoppiminen vaatii valtavasti laskentatehoa – Tieteellinen laskentakeskus CSC Oy
- Valmiin mallin käyttö tavallisella mikrotietokoneella
- Puustotulkinnassa päästää yksittäisen puun osalta 80-90% tarkkuuteen





SYVÄOPPIMISEEN POHJAUTUVA PUUSTOTULKINTA

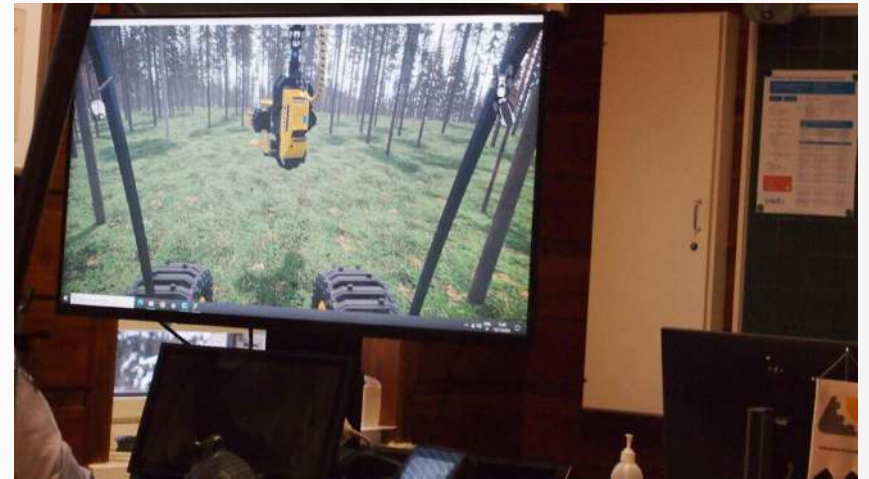
- Puustokartan avulla
 - Hakuutavan valinta (tasaikäis-/erikikäiskasvatus)
 - Metsään syntyy luonnostaan vertikaalista ja horisontaalista vaihtelua – kunnioitetaan näitä (Luonnonläheisempi metsänhoito)
 - Metsänhoitopalstojen erottelu
 - Hakuukoneen kuljettajan työntukeminen (puuvalinta)





METSÄKONEOPETUS AIVAN UUDELLE TASOLLE

- Ponssin simulaattoriin ”digitaalinen kaksonen” kolmesta metsiköstä
- Oppilaat eivät opi pelkästään koneen teknistä käyttöä vaan heille voidaan opettaa myös metsänhoitoa
 - mitä puita valitaan kaadettavaksi eri-ikäisrakenteen ylläpitämiseksi
 - miten pienaukko kannattaa rajata
 - miten tuulelle alttiit reuna-alueet tulisi hakata
 - kuinka ajourat tulisi suunnata herkissä maastokohteissa

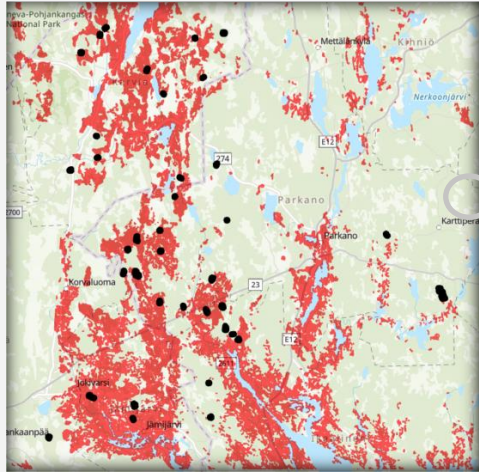


Kuvat: Veli-Pekka Kivinen



Koeleimikot

MAALAJIN ENNUSTAMINEN – DIGITAL SOIL MAPPING



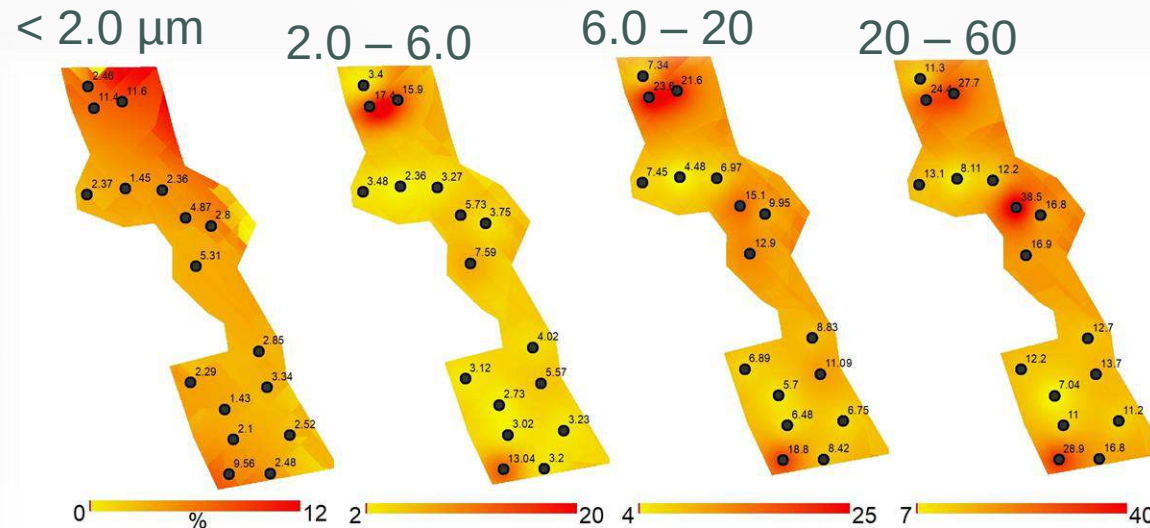
Kohteita: 47
Maanäytteitä: 330



Raekokojakauma



Coulter LS 230 Laser Diffraction





MUUTTUJAT

LiDAR-based

Geomorphometry

Accumulation Curvature
Curvedness
Gaussian Curvature
Horizontal Excess Curvature
Vertical Excess Curvature
Tangential Curvature
Ring Curvature
Plan & Profile Curvature
Difference Curvature
Mean & Total Curvature
Min & Max Curvature
Rotor
Ruggedness Index
Shape Index
Slope
Standard Deviation of Slope
Unsphericity
Aspect
Diff From Mean Elev
Downslope Index
Wetness Index
Roughness
Openness
Elevation (Breach Dep.)

Hydrology

Average Flowpath Slope
Average Upslope Flowpath Length
Quinn Flow Accumulation
Hydrologic Connectivity (Upslope & Downslope)

Trees

Mean Height
Max Height
Crown coverage
Majority of Species
Diversity of Species

LiDAR (5 P)

Sentinel-based

Soil indices

$$bi = \sqrt{(R^2 + G^2)}/2$$

$$bi2 = \sqrt{(R^2 + G^2 + NIR^2)}/3$$

$$bsi = \frac{(SWIR2 + R) - (NIR + B)}{(SWIR2 + R) + (NIR + B)}$$

$$SATVI = \left(\frac{SWIR1 - R}{SWIR1 + R + L} \right) \times (1 + L) - \frac{SWIR2}{2}$$

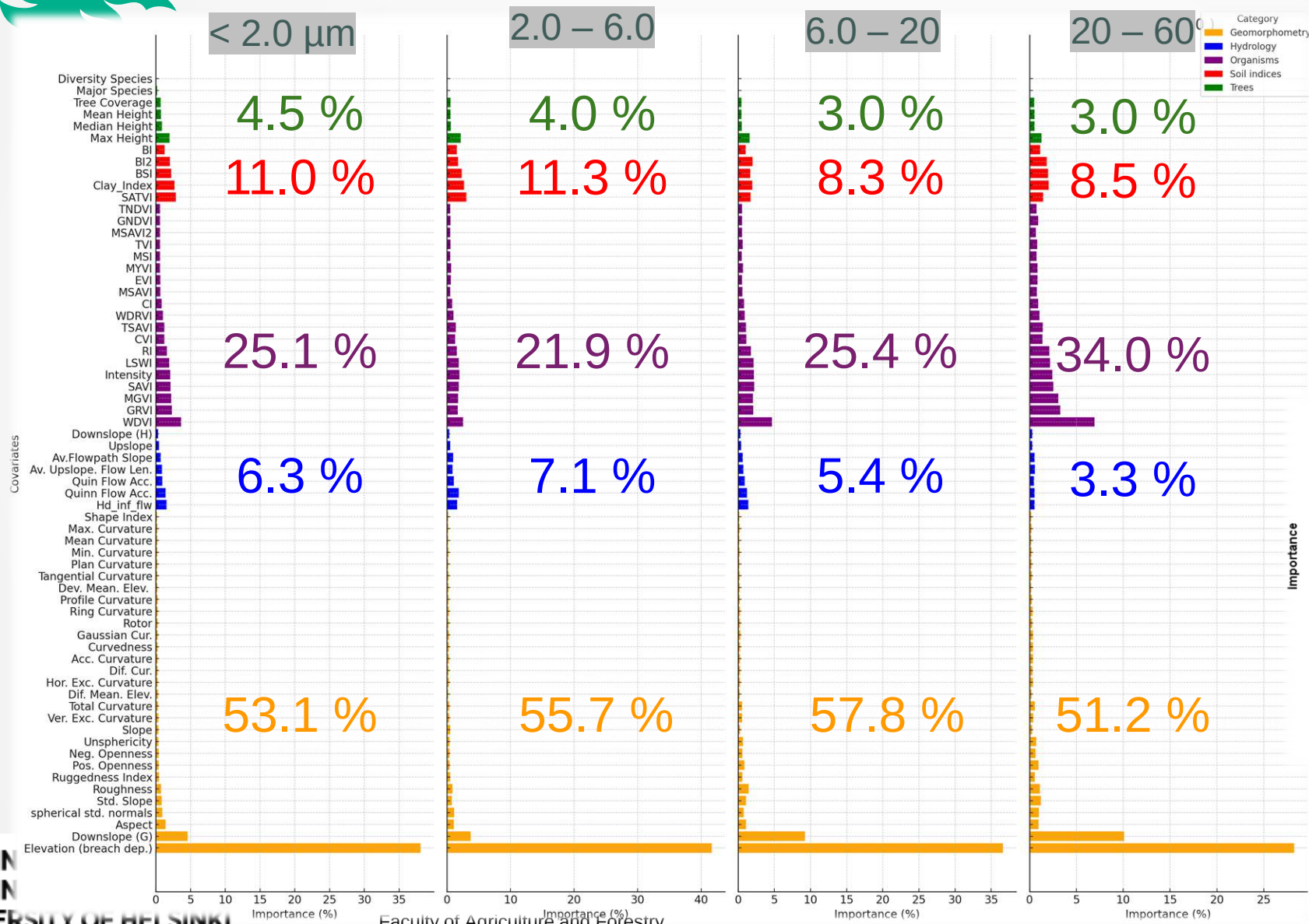
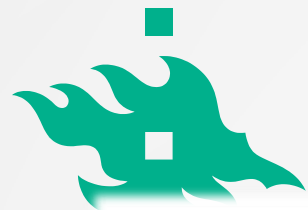
$$Clay\ Index = \frac{SWIR1}{SWIR2}$$

- Time series 2017- 2023
(May – November)
- Mask green vegetation
(NDVI: - 0.15 – 0.20)
- Mask residuals
(NBR2: - 0.15 – 0.15)

Organisms

TVI
EVI
SATVI
SAVI
MSI
GNDVI
GRVI
LSWI
TSAVI
MSAVI
MSAVI2
WDVI
RI
CI
TNDVI
WDVI
WDRVI
MYVI
MGVI
Intensity
CVI

MUUTTUJIEN MERKITSEVYYS



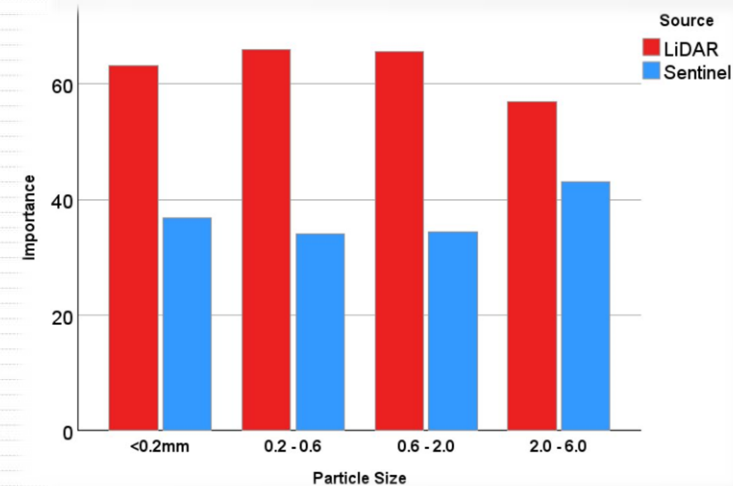
Validation Data (R^2)

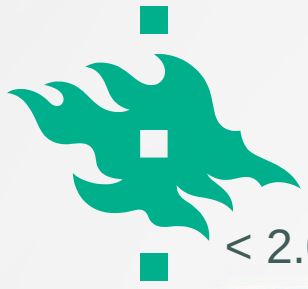
1: 0.865

2: 0.883

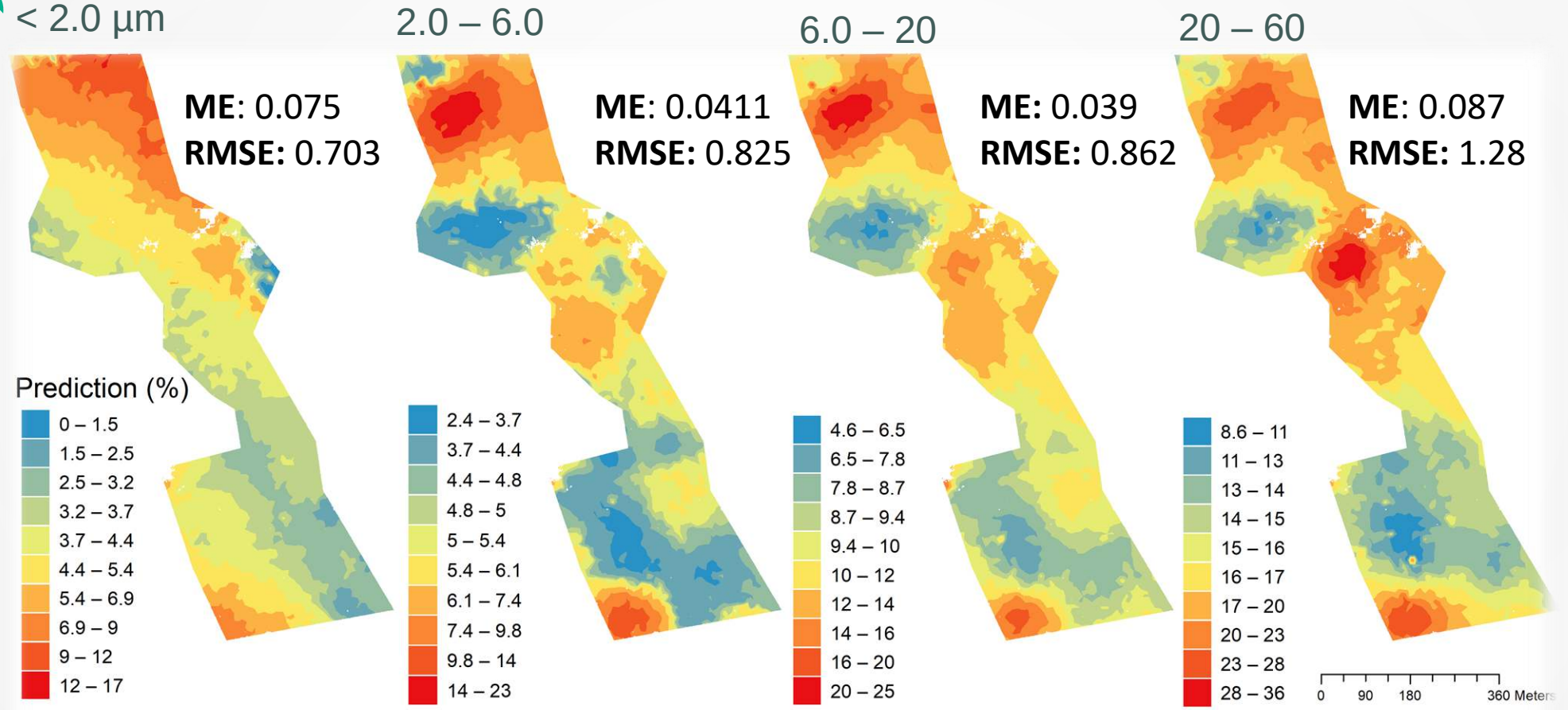
3: 0.870

4: 0.859





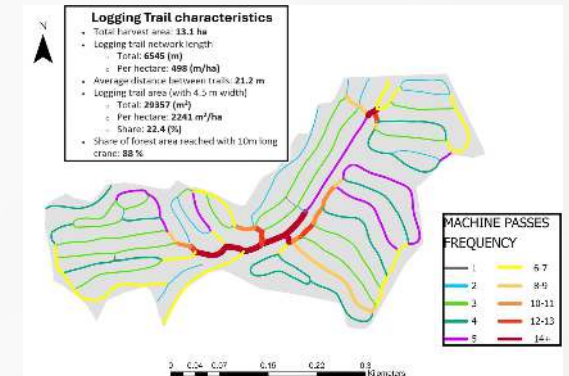
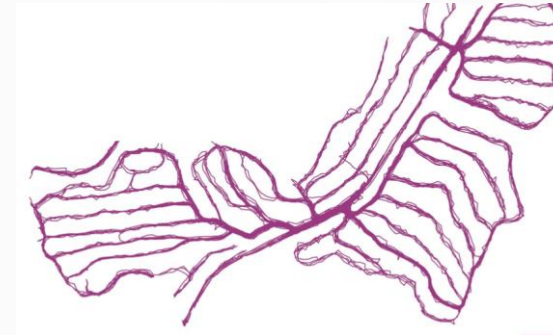
MAALAJIKARTTA

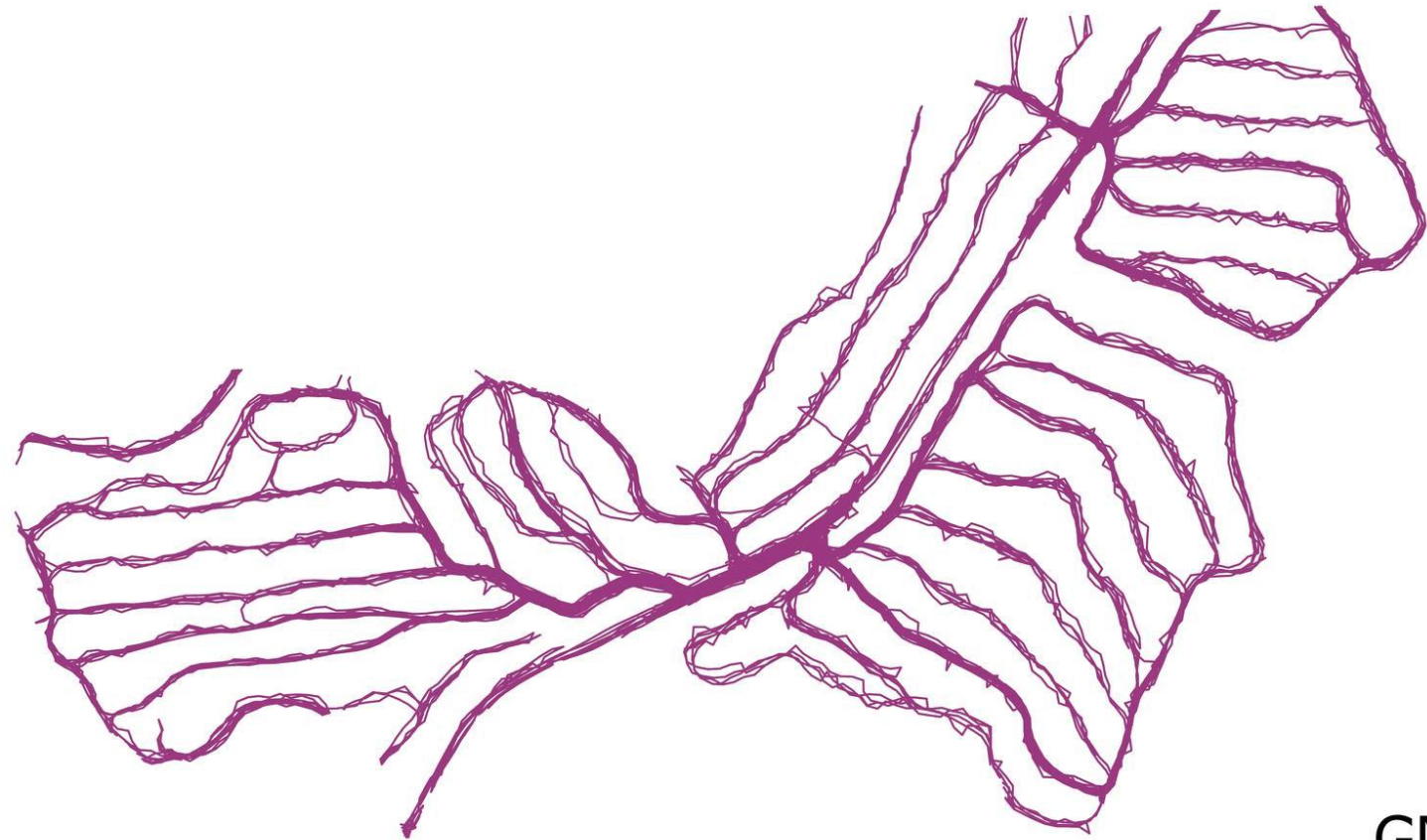




AJOURAREITISTÖN OPTIMOINTI

- Vanhojen ajourien hyödyntäminen
- Ajouran keskilinjän määrittäminen





— GNSS
data lines





AJOURAN TUNNUKSET

- Ajouraverkoston ja kuviopolygonin yhdistäminen
- Tärkeimmät ajouratunnukset
 - Tiheys (m/ha)
 - Ajouraväli (m)
 - Ajouratehokkuus
 - Verkoston avulla saavutettava metsäpinta-ala
 - Päällekkäisyys/katveet

