



# Useamman aallonpituuden laserkeilaus

Esimerkkejä metsistä ja vesialueilta

Harri Kaartinen ja Antero Kukko

Autonominen kartoitus ja ajaminen AMAD

Kaukokartoitus ja fotogrammetria

# Paikkatietokeskuksen tutkimusaiheita

Kartoitettavien kohteiden automaattinen tunnistus,  
muutostulkinta, sekä  
luonnollisten ja ihmisten aiheuttamien ilmiöiden tulkinta (esim. kasvitaudit tai teiden kuluminen).

Kartoitusmenetelmät: uudet laserkeilaus- ja kuvaustekniikat sekä autonominen ajaminen.



S. Lörincz, 2021

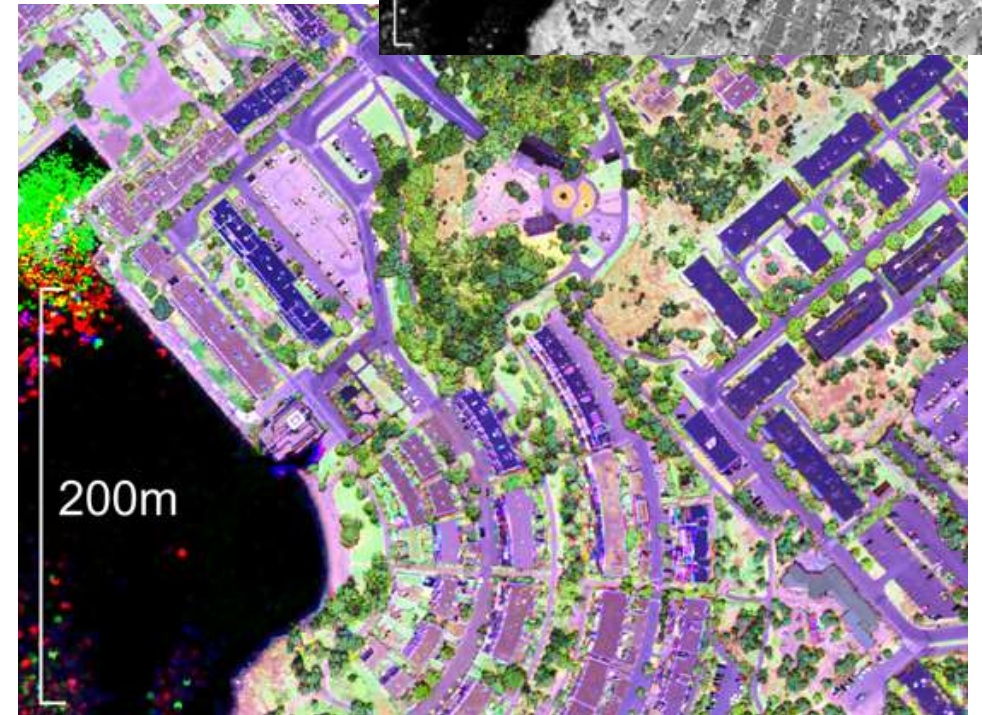
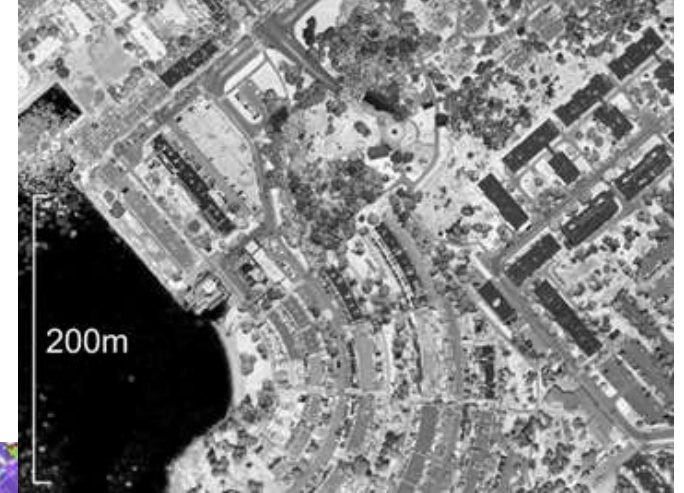


A. Kukko, 2019

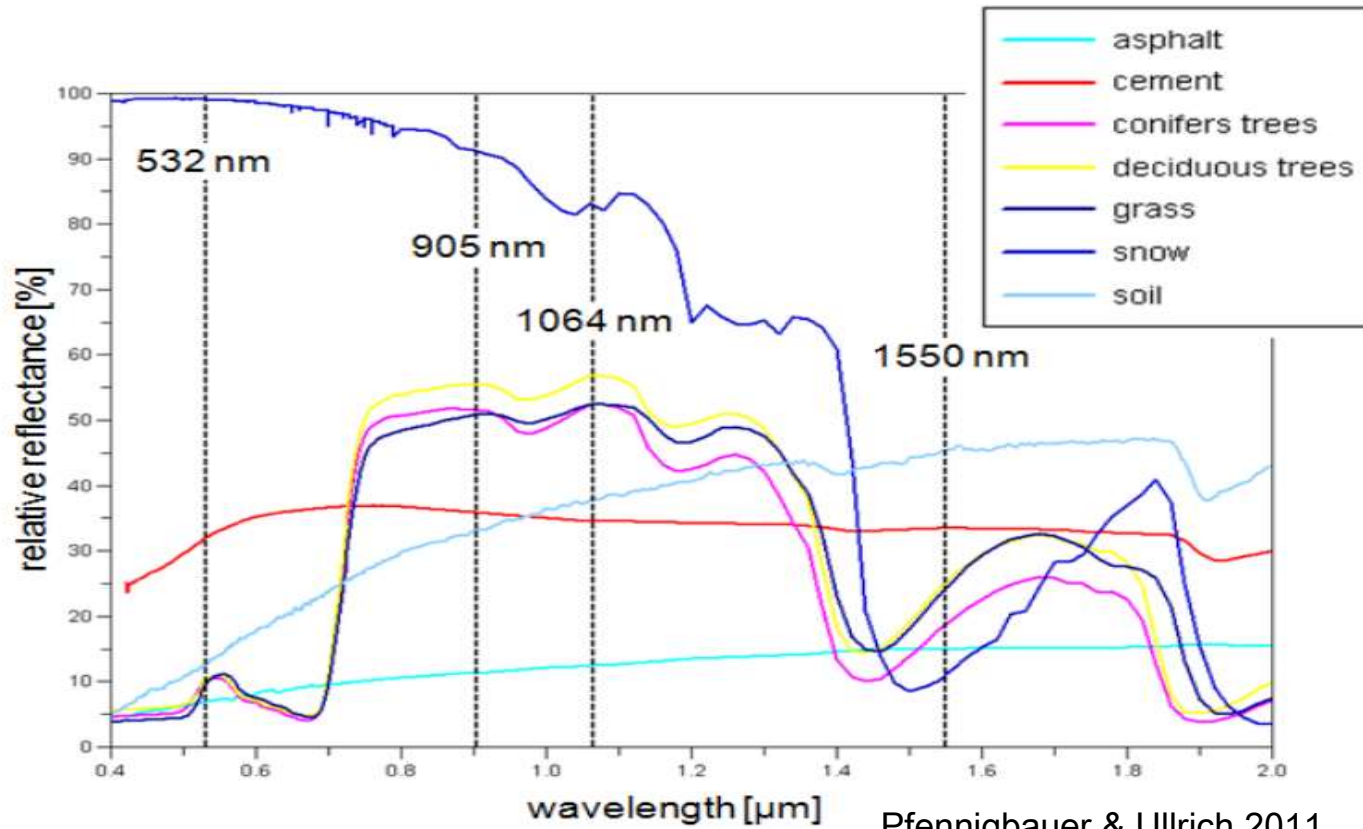


# Monikanavakeilaus

- Kohde mitataan useammalla aallonpituudella
- ”Värikuvaukset” vallitsevasta valosta riippumatta

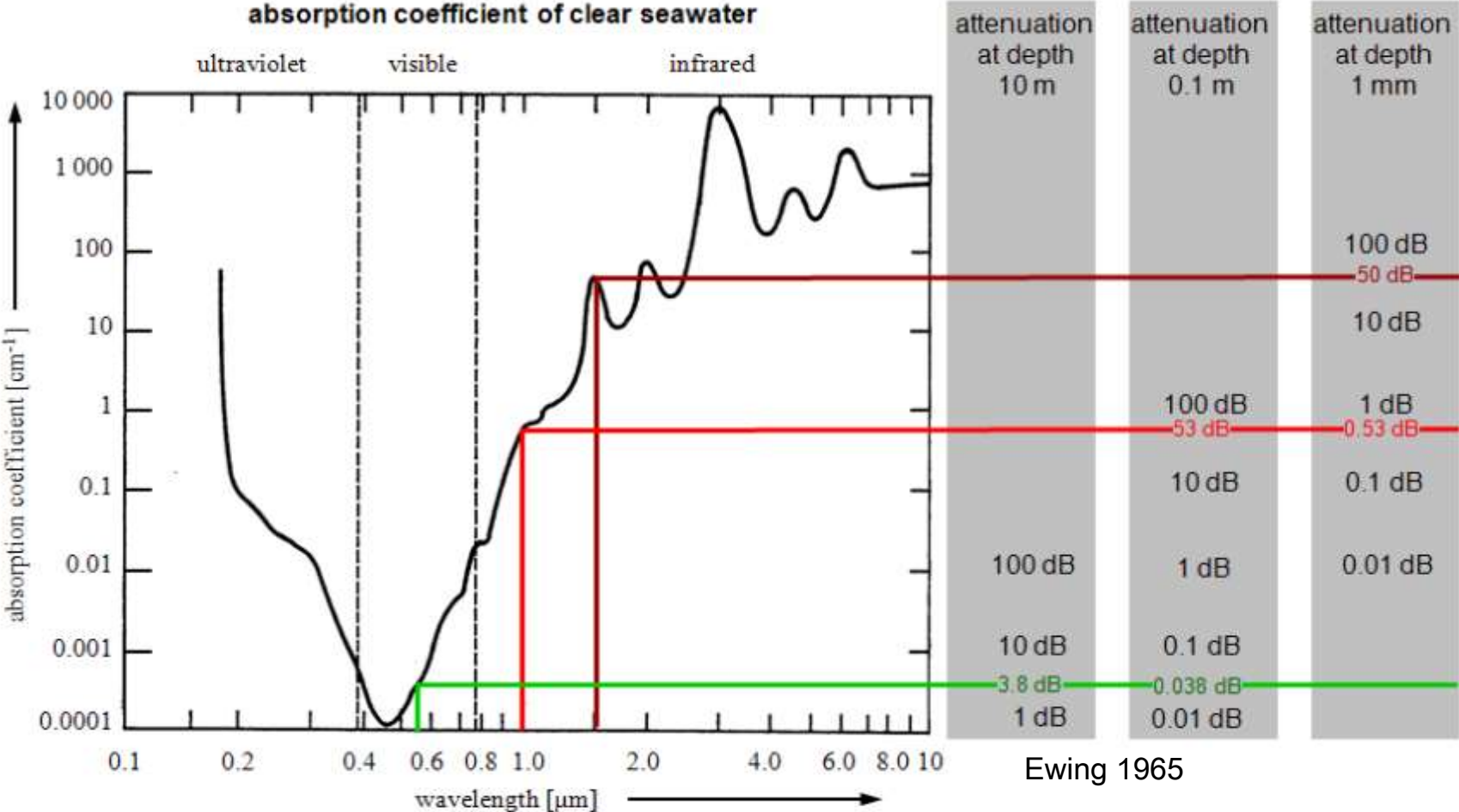


# Laserin aallonpituus ja kohteen materiaali



Pfennigbauer & Ullrich 2011

# Laserin aallonpituus ja veden vaimennuskerroin



# Monikanavakeilaimet

- Ensimmäinen kaupallinen 3-aallonpituuden ilmalaserkeilain Optech Titan julkaistiin vuoden 2014 lopulla
  - Aallonpituudet 532, 1064 ja 1550 nm
  - FGI:ssä testattu maankäyttö- ja puulajiluokituksessa
- FGI:n ensimmäinen oma järjestelmä 2015
  - Aallonpituudet 905 ja 1550 nm
  - Käytetty lähinnä metsäsovelluksissa ja rakennetussa ympäristössä
  - Operointi repusta, autosta, helikopterista...



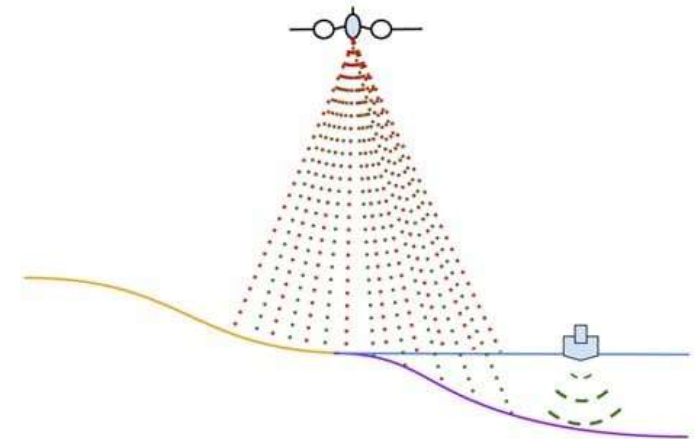


# Maastomalli myös vedenpinnan alapuolelta

- Vuonna 2021 mukaan 532 nm keilain
  - Samalla uutena sovelluksena vedenalaisen topografian mittaus eli batymetria mukaan tutkimukseen
- “Normaalilla” laserkeilauksella ei saada havaintoja veden alta, käytetyt valon aallonpituudet eivät läpäise vettä.

Ratkaisuna kaikuluotaus ja laserkeilaus vihreällä laserilla.

Vihreällä laserilla syvyysmittaus 1-3 näkösyvyyden verran (Secchi-syvyys)



Terratec Oy

# Kolmen aallonpituuden laserkeilaus

- Paikkatietokeskuksessa kehitetty kolmen aallonpituuden laserkeilausjärjestelmä
- Operointi helikopterilla



532 nm  
Vihreä

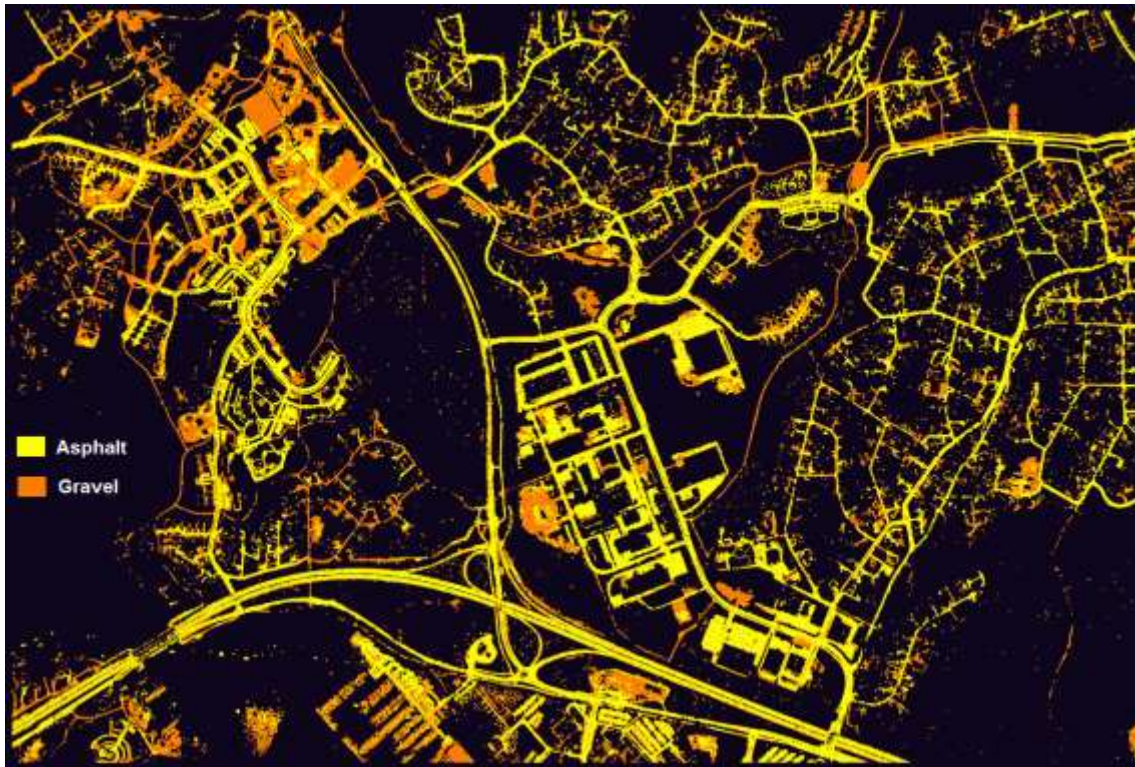
1550 nm  
NIR

905 nm  
NIR



# Kohteiden ja materiaalien automaattinen tunnistaminen

Teiden ja katujen kartoitus (Titan)



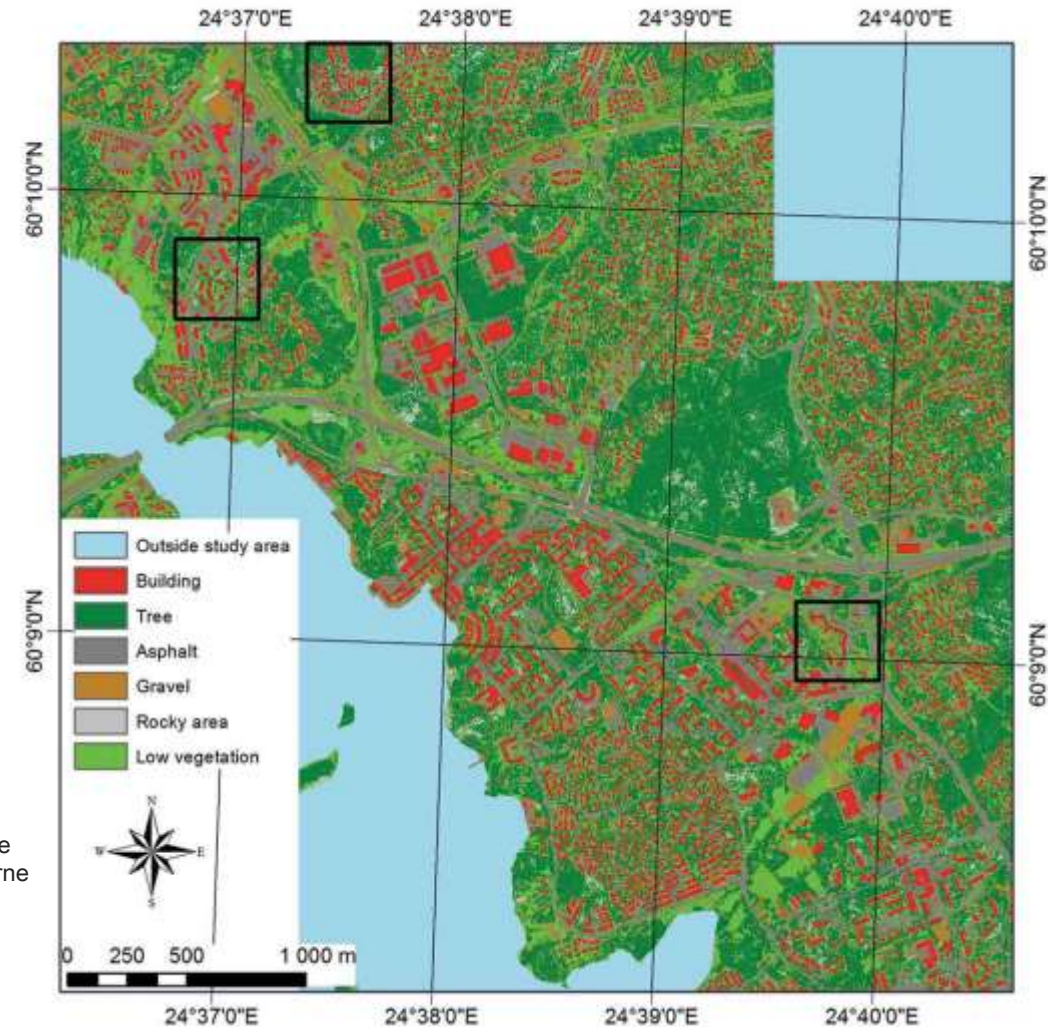
Sora- ja asfalttiteiden  
tunnistustarkkuus 80% ja  
luokittelutarkkuus 93%

K. Karila, L. Matikainen, E. Puttonen and J. Hyypä, "Feasibility of Multispectral Airborne Laser Scanning Data for Road Mapping," in IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, vol. 14, no. 3, pp. 294-298, March 2017, doi: 10.1109/LGRS.2016.2631261.

# Maankäyttöluokittelu (Titan)

- Luokittelutarkkuus 94-96%
- Luokat
  - Rakennus
  - Puusto
  - Matala kasvillisuus
  - Asfaltti
  - Sora
  - Kallio

Kirsi Karila, Leena Matikainen, Paula Litkey, Juha Hyyppä & Eetu Puttonen (2019). The effect of seasonal variation on automated land cover mapping from multispectral airborne laser scanning data, *International Journal of Remote Sensing*, 40:9, 3289-3307, DOI: [10.1080/01431161.2018.1528023](https://doi.org/10.1080/01431161.2018.1528023)



# Puulajiluokittelu (Titan)

## Puiden tunnistustarkkuus

Valtapuut 92%

Lisävaltapuut 79%

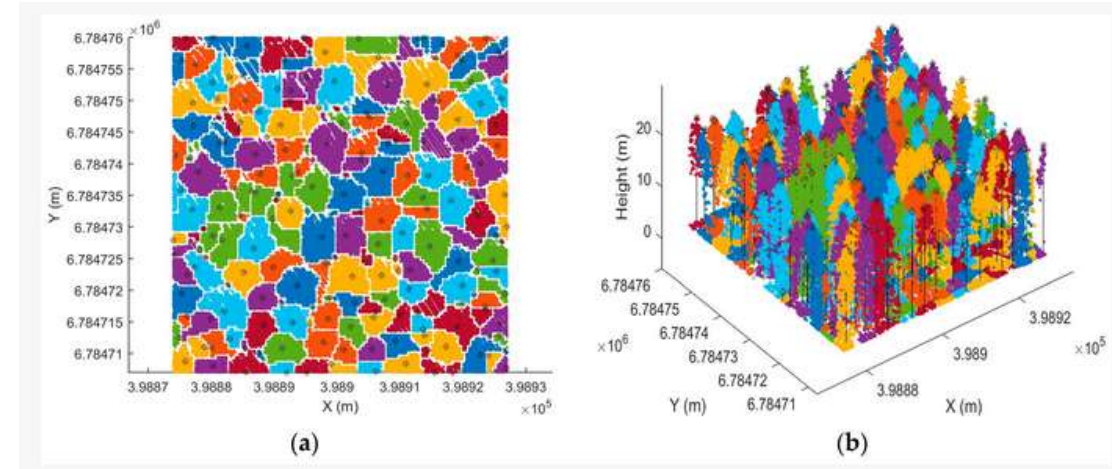
Aluspuut 7%–54%

## Puulajiluokituksen tarkkuus (mänty, kuusi, koivu)

Geometrian perusteella 76%

Reflektanssi 69-82%

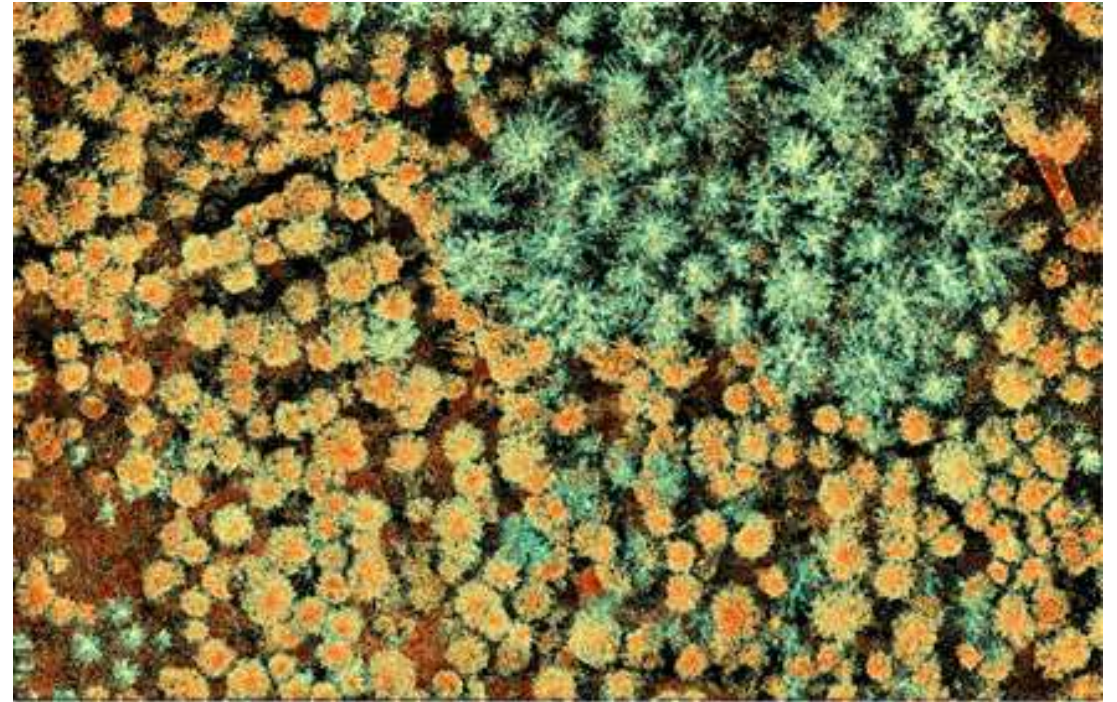
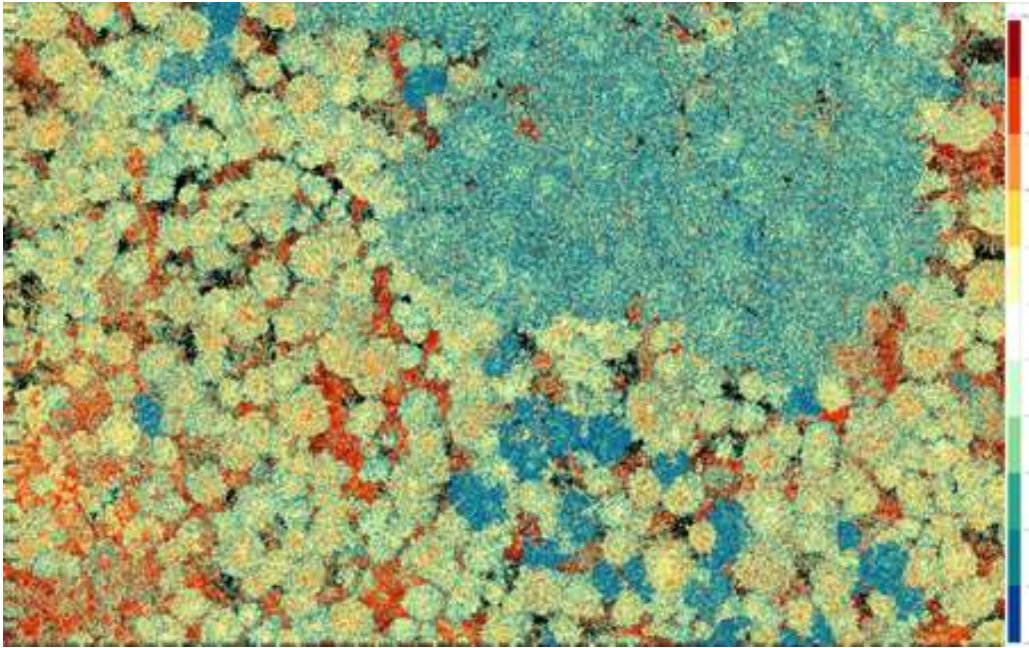
3 reflektanssia 86%



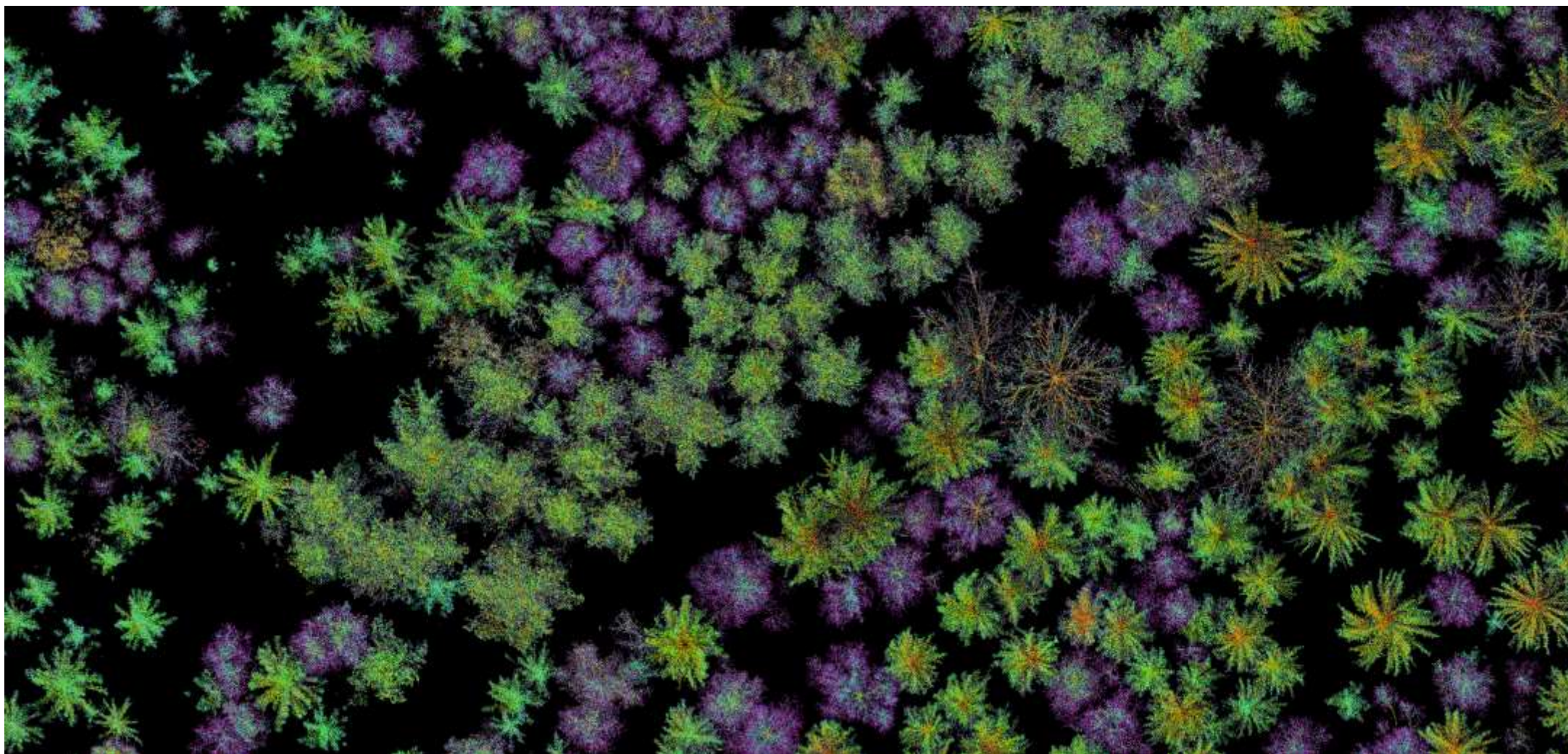
Yu, Xiaowei, Juha Hyypä, Paula Litkey, Harri Kaartinen, Mikko Vastaranta, and Markus Holopainen. 2017. "Single-Sensor Solution to Tree Species Classification Using Multispectral Airborne Laser Scanning" *Remote Sensing* 9, no. 2: 108. <https://doi.org/10.3390/rs9020108>



# Metsäkeilausdataa 1550 nm ja 905 nm

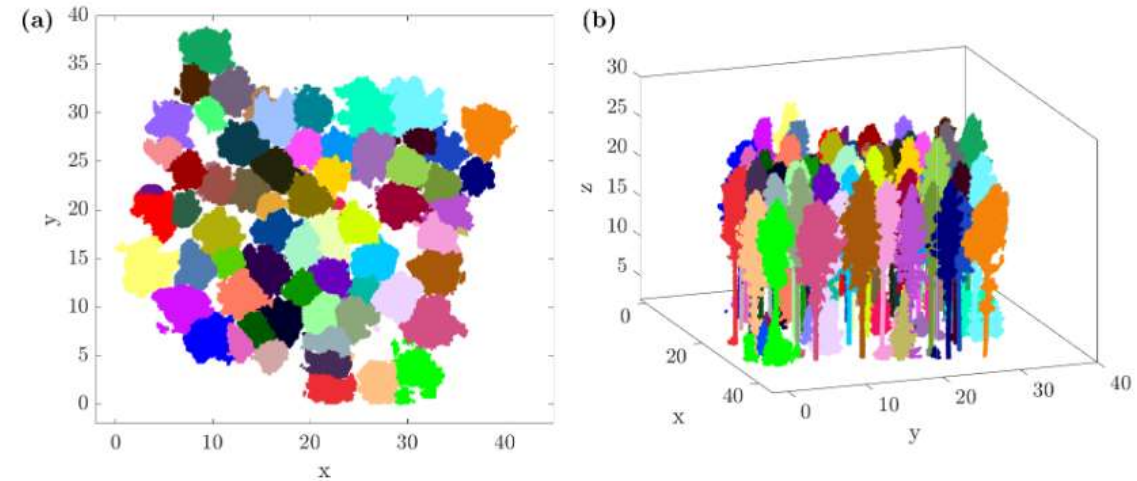






# Tuoreita tuloksia

- Tiheä FGI:n 3-aallonpituuden data
- Puiden tunnistustarkkuus
  - Valtapuut 90%
  - Lisävaltapuut 78%
  - Aluspuut 15%–42%
- Puulajiluokituksen tarkkuus (mänty, kuusi, lehtipuu)
  - Geometrian perusteella 73%
  - Geometria + reflektanssi (1550 nm) 87%
  - Geometria + 3 reflektanssia 91%
    - Valta- ja lisävaltapuustolle 93%



Aada Hakula, Lassi Ruoppa, Matti Lehtomäki, Xiaowei Yu, Antero Kukko, Harri Kaartinen, Josef Taher, Leena Matikainen, Eric Hyyppä, Ville Luoma, Markus Holopainen, Ville Kankare, Juha Hyyppä, tulossa 2023. Individual tree segmentation and species classification using high-density close-range multispectral laser scanning data. ISPRS Open Journal of Photogrammetry and Remote Sensing.



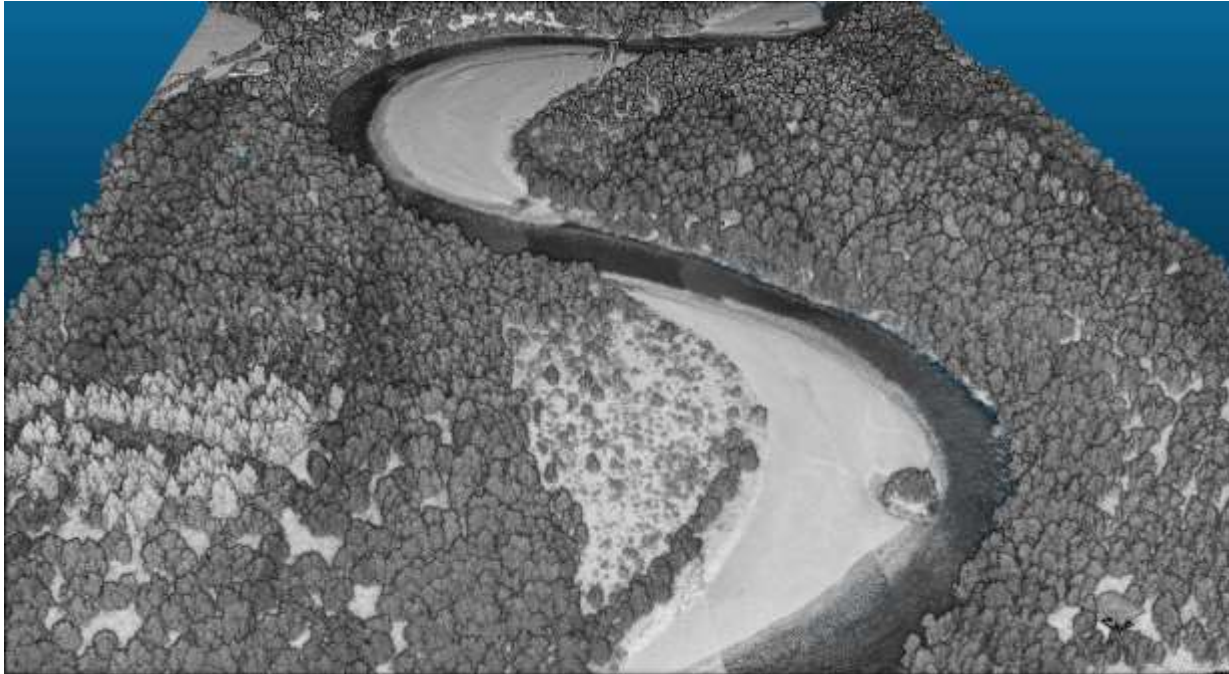
# Metsät ja monikanavakeilaus

- Käynnissä olevissa hankkeissa tutkitaan usean aallonpituuden laserdatan hyödyntämistä määrittämään
  - Puuaineksen laatu (puun sisäinen ja puiden välinen tiheysvaihtelu)
  - Terveys (kasvitaudit, tuhohyönteiset)
  - Paloriski (kosteus, metsän rakenne)
  - Kuolleiden puiden tunnistus

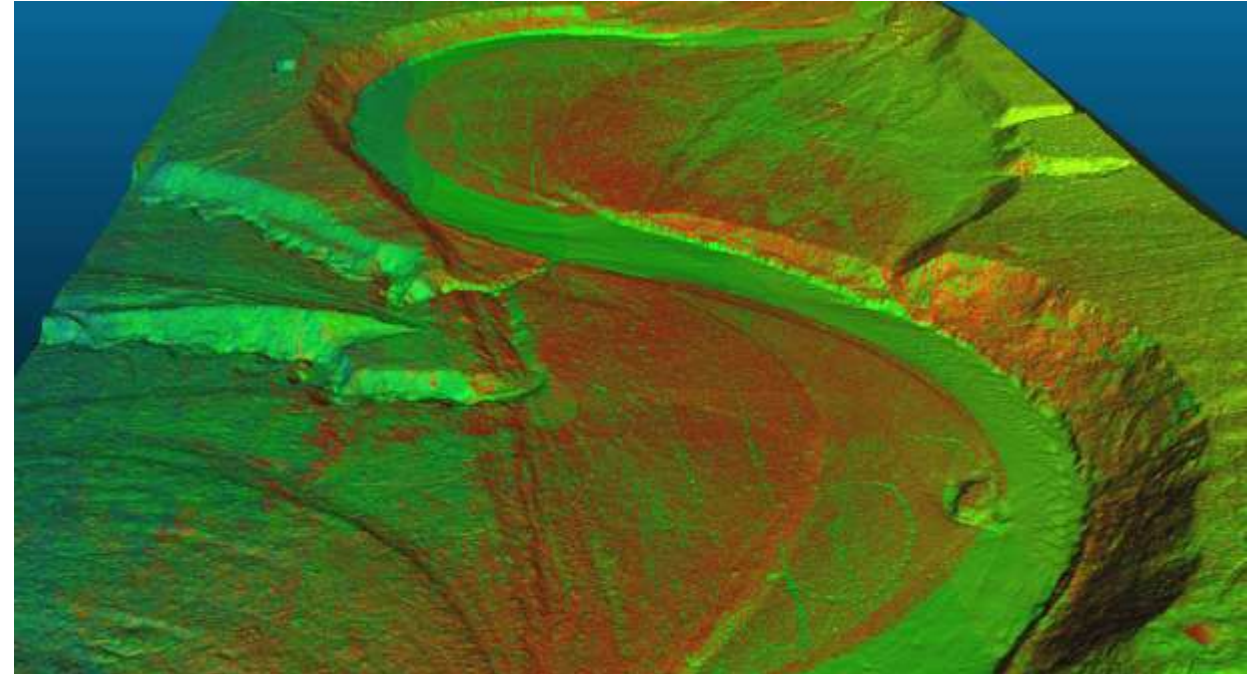


Kaarnakuoriaisen tuhoja Tšekissä

# 3-aallonpituuden keilaus jokiympäristössä



3D-pisteiden väritys palaavan signaalin voimakkuuden mukaan.

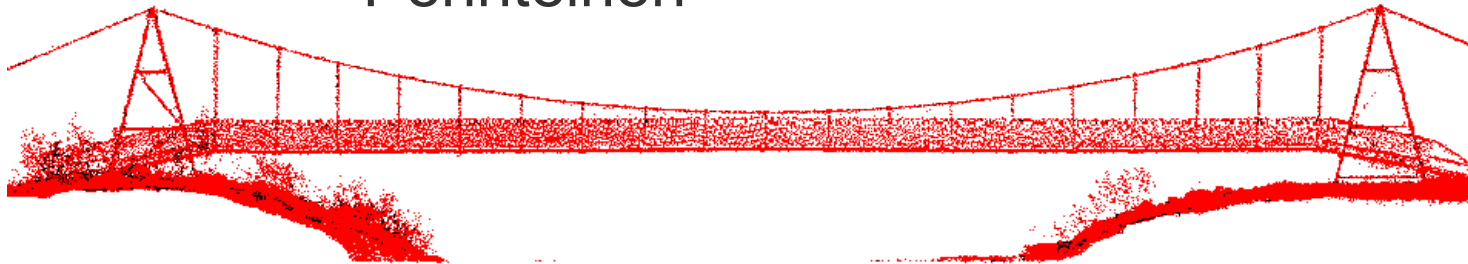


Korkeusmalli  
Vihreä aallonpituus-> joen pohja mukana mallissa.

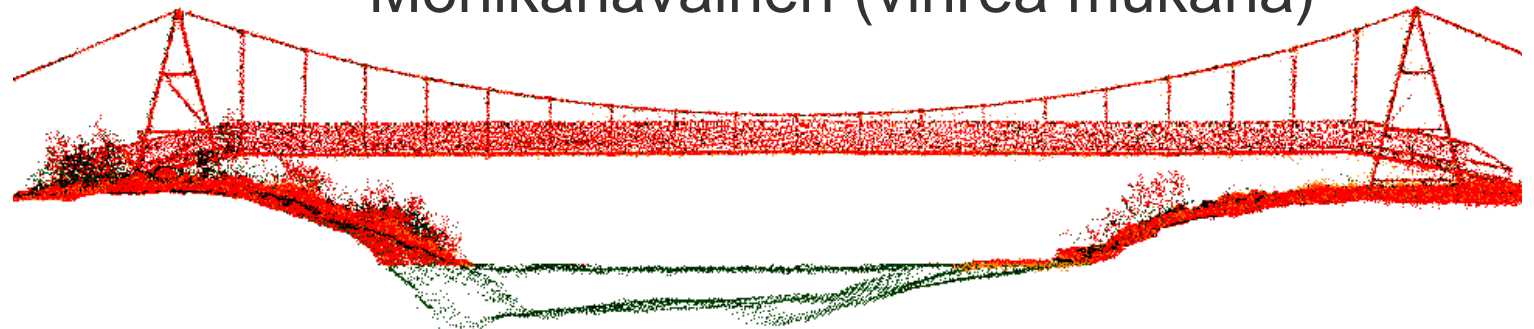


# Perinteinen vs. monikanavakeilaus

“Perinteinen”



Monikanavainen (vihreä mukana)

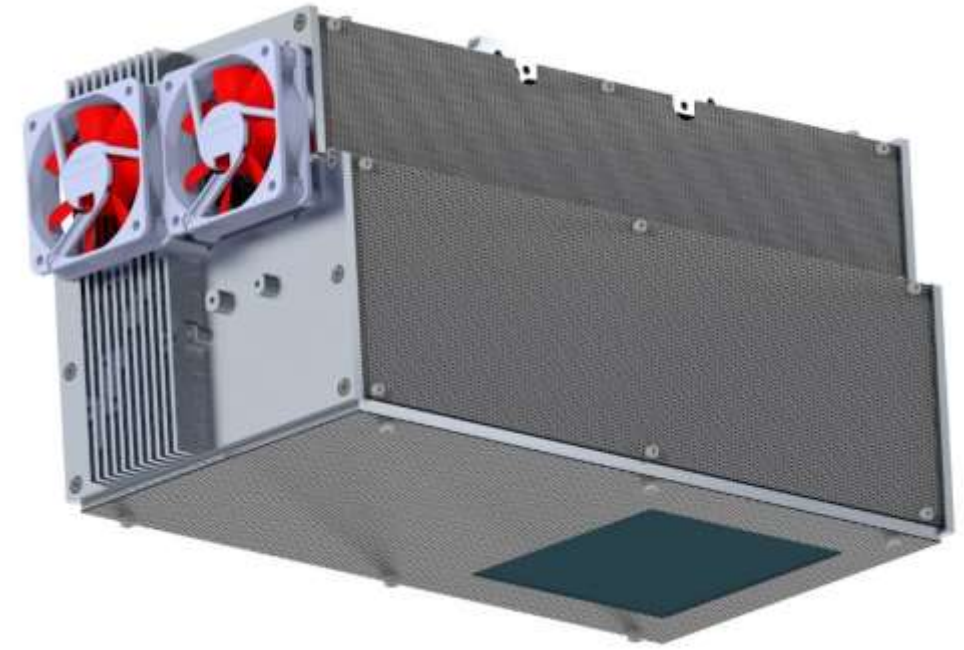


# Jokiympäristö ja monikanavakeilaus

- Käynnissä olevissa hankkeissa tutkitaan usean aallonpituuden laserdatan hyödyntämistä määrittämään
  - Saumaton topografiatieto
  - Valuma-alueiden maankäyttö
  - Tulva-alueiden sedimenttien karkeus/materiaali

# Tulossa: Kahden aallonpituuden batymetrinen keilain drone-käyttöön

- Samanaikainen mittaus 515 nm ja 1030 nm aallonpituudella
- Pulssintoistotaajuus 35 000 Hz
- Profiilimittaustaajuus max. 40 Hz
- Täyden aaltomuodon tallennus
- Usean kaiun tallennus
- 16 bit intensiteetin tallennus joka kaiulle
- Elliptinen keilauskuvio, 60° avauskulma
- Paino 3.3 kg
- Valmistaja Fraunhofer IPM (Saksa)





# Lisätietoja

- <https://www.maanmittauslaitos.fi/tutkimus>
- <https://www.youtube.com/user/FGIMobileMapping>
- <https://www.freshwatercompetencecentre.com/>

