



Taimikoiden tiedonkeruun kehittäminen (TaimikkoTieto2020)

ISY, HY, Paikkatietokeskus, LUKE, VTT

Seminaari 22.1.2019

Timo Tokola & Markus Holopainen & Jouni Siipilehto & Tuomas Häme

UEF // University of Eastern Finland

Tavoitteet ja osat

- Hankkeen päätavoite on kehittää menetelmiä taimikon hoidon tarpeen ennustamiseen:
 1. Biometriset mallit vesakon määrän arviointiin
 2. Vaihtoehtoisten kk-materiaalien käyttökelpoisuus
 3. Satelliitti vesakkoestimaatit taimikoille
 4. Operatiiviset ALS mallit ja paikallinen kalibrointi





Biometriset mallit vesakon määrän arviointiin

Jouni Siipilehto

Biometrinen mallinnus - Taimikoiden kehitys

- VMI11 koealat ennustemallien laadinnassa
- Alustava malli kivennäismaille koko Suomeen
- Taimikoiden kehitys **hoito vs hoitamaton**:
 - Lehtipuiden keskipituus ja runkoluku
 - Havupuiden keskipituus ja runkoluku
 - Kosteusindeksi lisäinformaationa vmi11 maastotunnuksiin
 - Topographic wetness index (TWI)
 - GTK:n karttapalvelun maaperäluokitus lisäinformaationa
 - GTK luokitus vs vmi11 luokitus

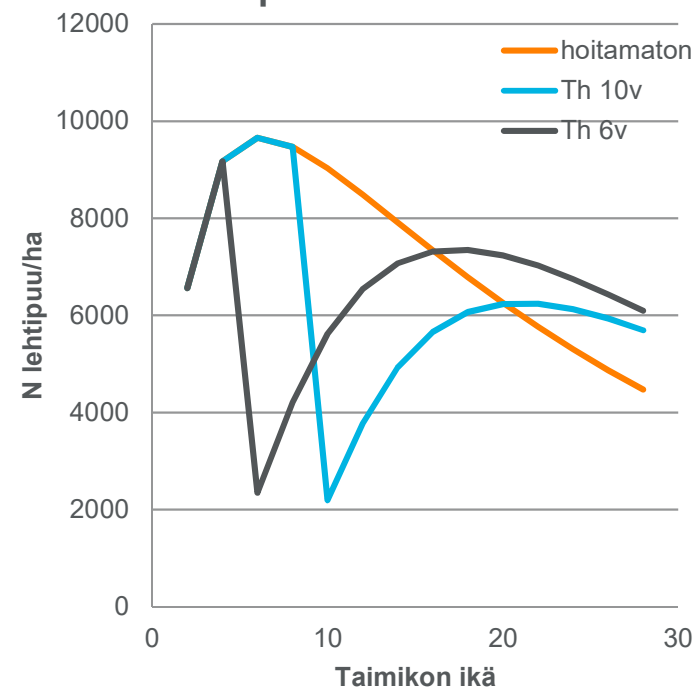
Malli lehtipuuston runkoluvuksi

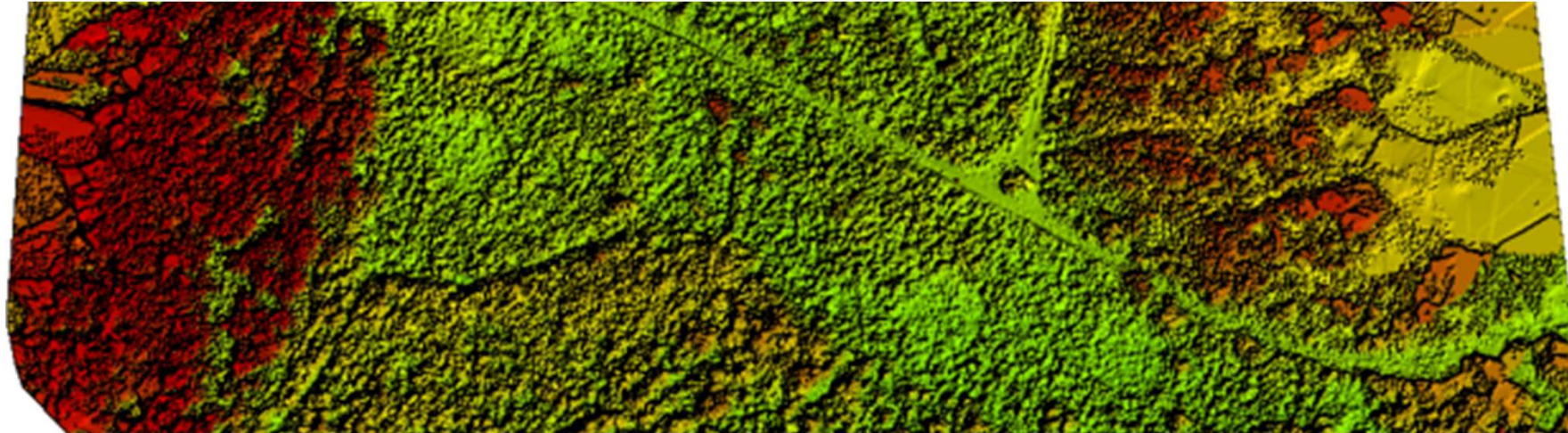
Askeltava regressio

$\ln(N_{\text{lehtipuu}}+1) R^2 = 0.21$

Variable	Parameter	Standard	Pr > F
	Estimate	Error	
Intercept	-32.8801	7.9654	<.0001
DDY	-0.0053	0.0013	<.0001
lnDDY	6.7488	1.3352	<.0001
mpy	-0.0014	0.0005	0.0038
meriet	0.0013	0.0003	<.0001
Ikä (T)	-0.0451	0.0041	<.0001
1/T	-1.7002	0.1755	<.0001
TWI_MEAN	0.0585	0.0181	0.0013
TWI_MIN	0.0516	0.0245	0.0354
Thoito	0.7072	0.1212	<.0001
Thoito/(Thaika+5)	-10.6245	0.9104	<.0001
ReikaPerkaus	0.5609	0.1181	<.0001
VT	-0.3961	0.0387	<.0001
CT	-0.9045	0.1169	<.0001
GTK_savi	-0.1372	0.0814	0.0921
GTK_sora	-0.6747	0.3049	0.0269

Taimikonhoidon ajoitus ja lehtipuuston määrä





Vaihtoehtoisten kk-materiaalien käyttökelpoisuus

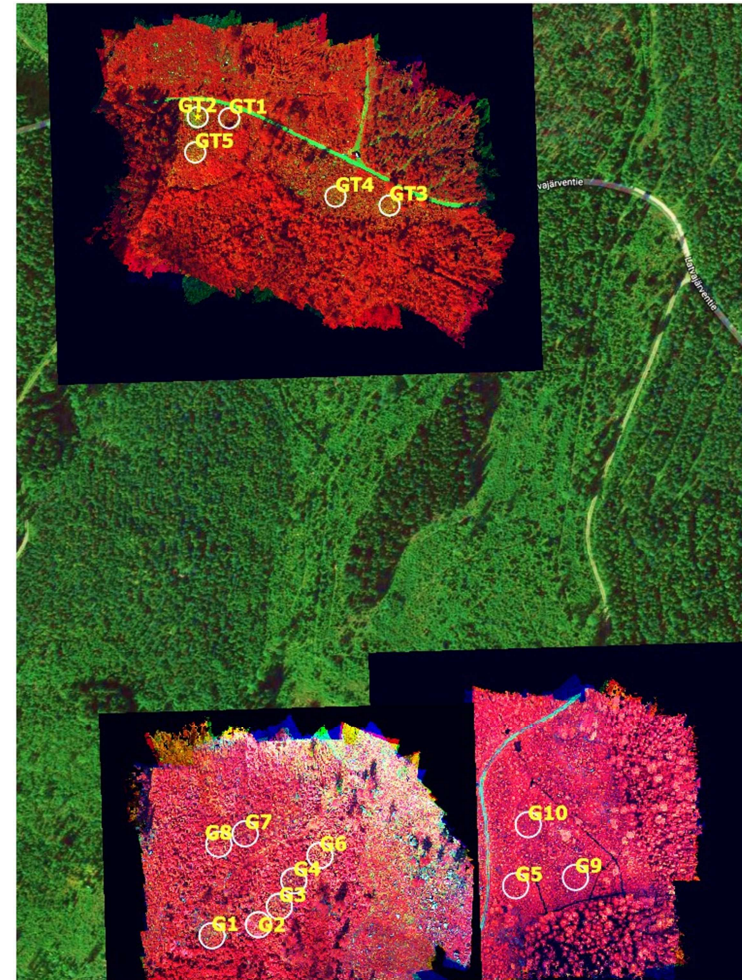
Kahden ajankohdan aineistot: kevät ja kesä



Spring (from ground)

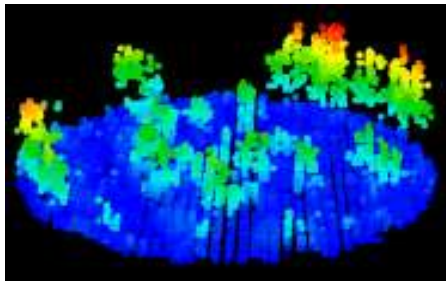


Summer
(oblique from UAV)

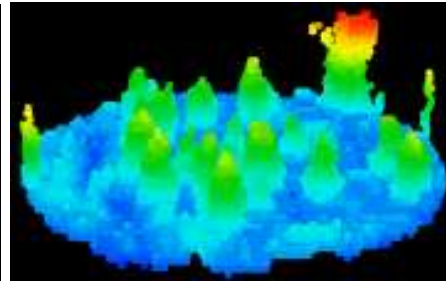


Materials

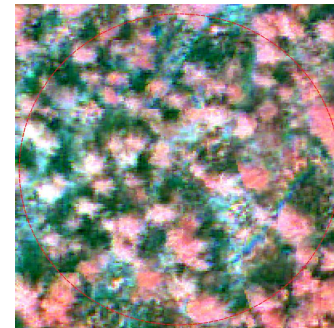
	Titan ALS	Photogrammetric point clouds	Hyperspectral imaging	RGB ortho-mosaics
Captured data	spring and summer 2016	9 May & 29 June 2016	9 May & 29 June 2016	9 May & 29 June 2016
Resolution	~50 points/m ²	1300-1800 points/m ²	10 cm in 36 bands (500-900nm)	2 cm (red, green, blue)
Platform	Helicopter	UAV	UAV	UAV
Sensor	OptechTitan	Samsung Camera	FPI camera	Samsung camera



ALS all returns
22484 points per plot (radius:10.7m)



T2G10 summer **Photogrammetric**
1982086 points per plot



T2G10 summer **hyperspectral** image
Resolution: 10 cm



T2G10 summer **RGB ortho-mosaic**
Resolution: 2cm

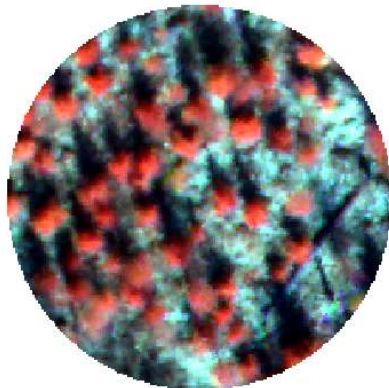
T2G7 (trees inside plot: 70 ~ TPH:
2,228)



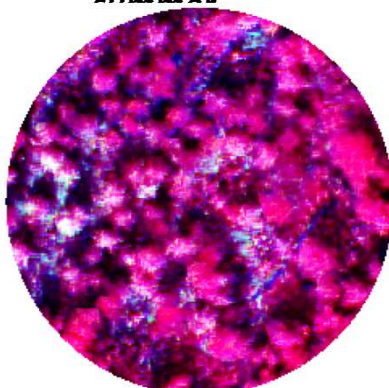
Ortho-mosaic spring



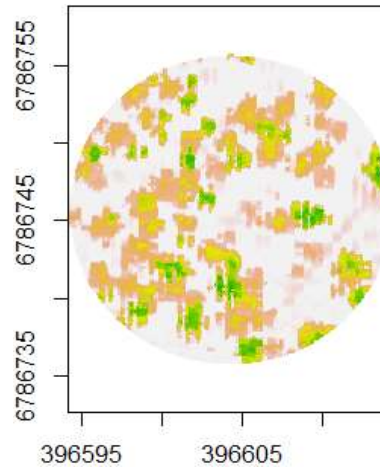
Ortho-mosaic summer



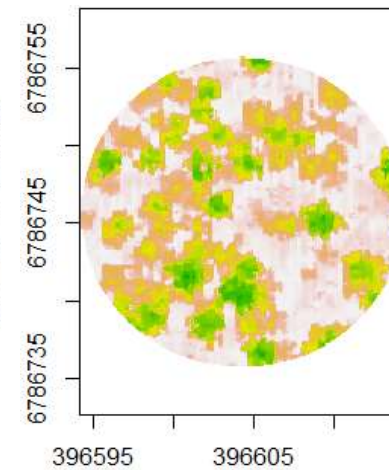
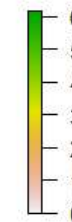
hyperspectral spring



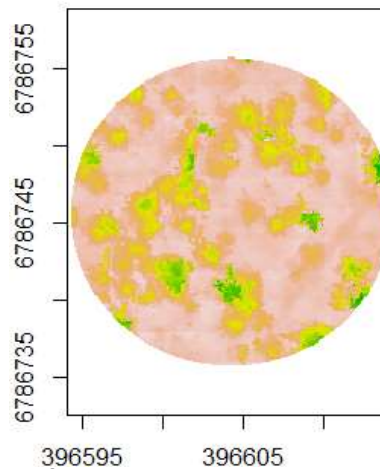
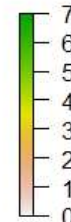
hyperspectral summer



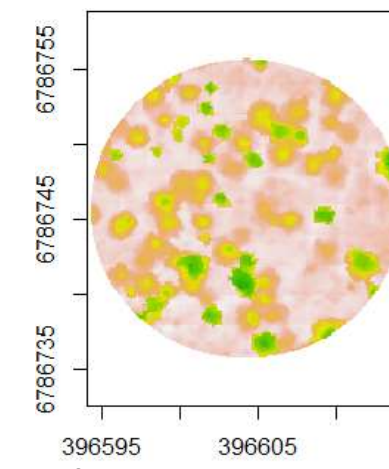
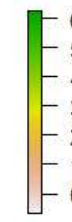
ALS spring



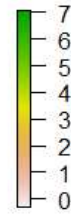
ALS summer



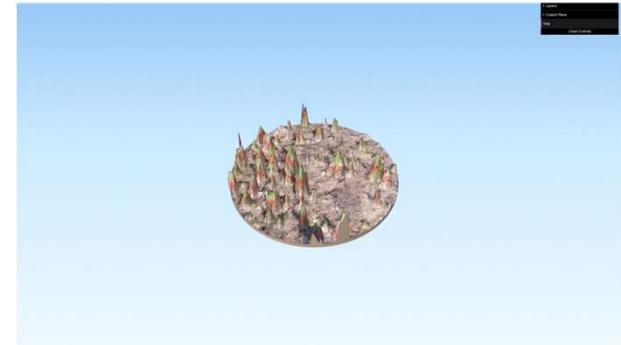
Photogrammetry spring



Photogrammetry summer



Esimerkkikoeala, T2- taimikko, ALS Titan vs UAV RGB- pistepilvet ja hyperspekridata



T2G9 spring ALS watershed, 3D with 1.5 vertical exaggeration

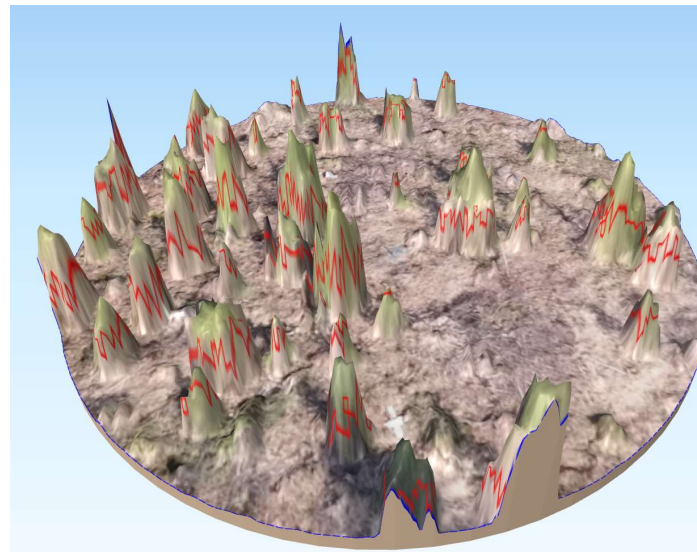
3D plot **Vertical exaggeration: 1.5**
CHM and RGB+orthophoto
watershed segments spring ALS

Only plot T2G9	Number of total trees (spruce)*	Spruce Height (m)
Field data	38	2.45
ALS spring	31	1.91
ALS summer	35	2.25
UAV spring	33	1.95
UAV summer	28	2.33

*This plot has only spruce trees

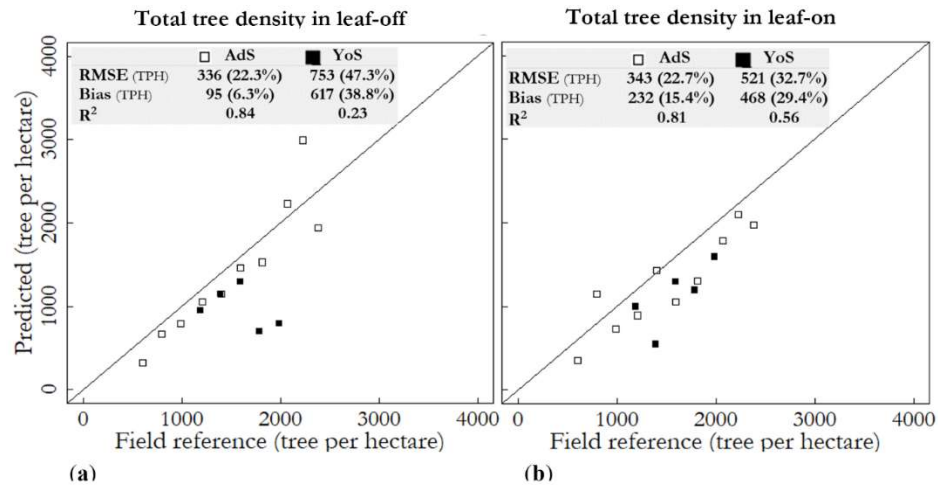
ALS: Optech Titan multispectral Airborne Laser Scanning

UAV: UAV-RGB point clouds and hyperspectral imaging



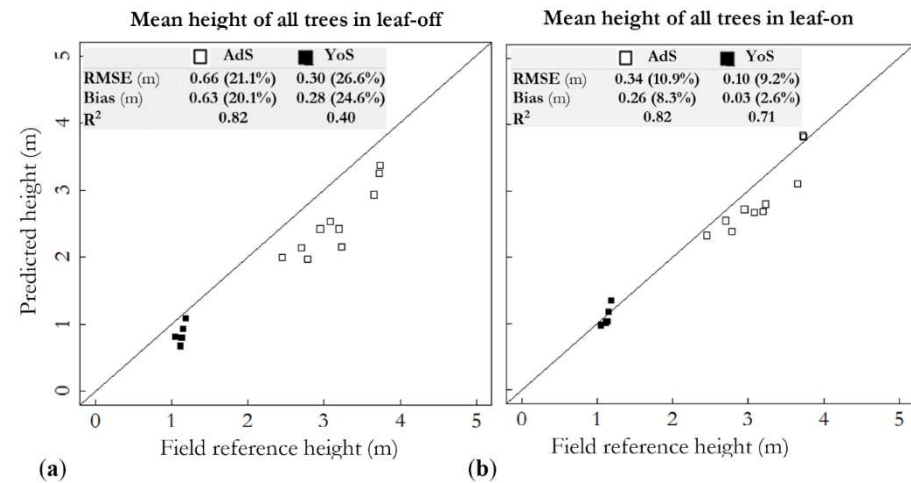
Tuloksia: UAV/RGG-pistepilvet ja hyperspektridata – pientä aliarviota sekä tiheys- että pituusmittaukseen

Total-trees density estimations



Total tree density (unit: TPH) in leaf-off (a) and leaf-on (b) conditions, separating plots in advanced seedling stand (AdS) and plots in young seedling stand (YoS).

Total-trees height estimations



Mean tree height (unit: meter) of all trees in leaf-off (a) and leaf-on (b) conditions, separating plots in advanced seedling stand (AdS) and plots in young seedling stand (YoS).

Sensorien vertailua Evon datalla

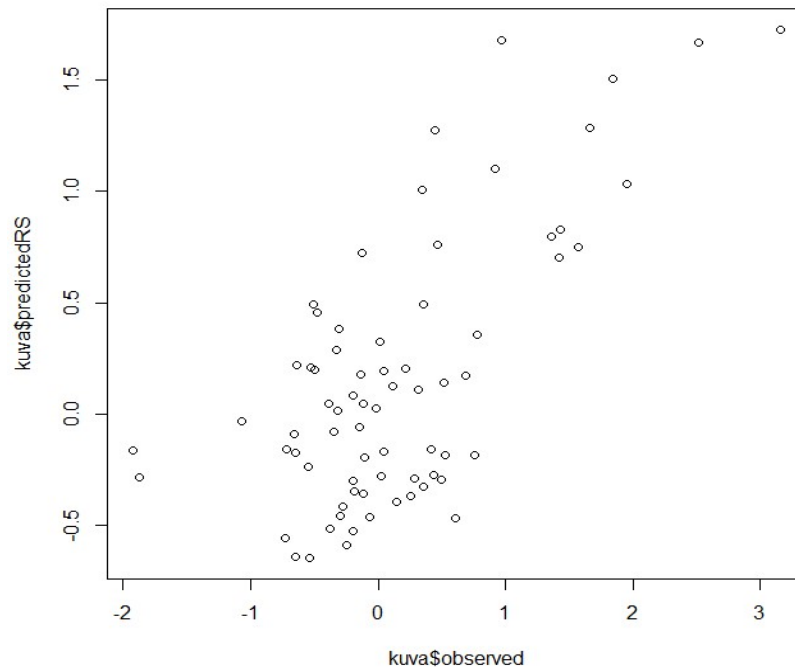
- UAV:sta kuvattu RGB-pistepilvien ja hyperspektridatan yhdistelmä sekä helikopterista kuvattu ALS Titan –aineisto tuottivat melko tarkkoja estimaatteja taimikoiden tiheydelle ja pituudelle (RMSE tiheydelle n. 20% ja pituudelle n. 10%).
- RGB-pistepilvien ja hyperspektridatan yhdistelmä ja pelkkä ALS-Titan –data tuottivat suurinpiirtein yhtä hyviä tuloksia tiheyden ja pituuden osalta
- Sekä RGB-pistepilvien että ALS –aineiston avulla on mahdollista mitata melko hyvällä tarkkuudella lehtipuiden ja havupuiden (istutettavien / kasvatettavien) puiden pituuseroa
- UAV- pistepilvien ja hyperspektridatan osalta lehdelliseen aikaan tehty kuvaus kuvaus toimi paremmin sekä tiheys. (RMSE% 20%) että pituusmittauksissa (RMSE%= 11.5%)

UEF; Monikanavalaser-materiaalin tulokset

- Residuaalikuvien perusteella lineaarinen malli toimi hyvin kaikkien muiden vastemuuttujien paitsi lehtipuiden pituuden selittämiseen.
- Lehtipuiden pituuden kuvaamiseen lineaarinen malli ei ollut tällä tavoin arvioituna aivan yhtä käyttökelpoinen, sillä pituuden kasvaessa jäännösvirhe alkaa selvästi kasvaa.

	n_kok	n_havupuu	n_lehtipuu	h_kok	h_havupuu	h_lehtipuu
Mallin selitysaste	19,7	32,7	11,7	77,2	64,1	52,9
RMSE	1734	770	1713	0.91	1.16	1.38
RMSE-%	33,7	32,4	62,0	26,2	33,9	50,1
Harhan keskihajonta	1743	774	1722	0,91	1,16	1,39
Mallin Harha	0	0	0	0	0	0
2 suuntainen t-testi	-5E-14	8E-15	-2E-14	0E+00	1E-14	-2E-14
df	130	150	116	185	179	172
p-arvo	1	1	1	1	1	1

Pituuseron ennustus, havu-lehti, Monikanava laser: kasvatettavan ja raivattavan ero



Mallin selitysaste: 0.4721,

Adjusted R²: 0.4484

Luokittelu 2 luokkaan: ero
yli tai alle metri -> Kappa
0,77

Pituusero	alle 1 m	yli 1 m	Yhteensä
alle 1m	51	0	51
yli 1 m	5	11	16
Yhteensä	56	11	67



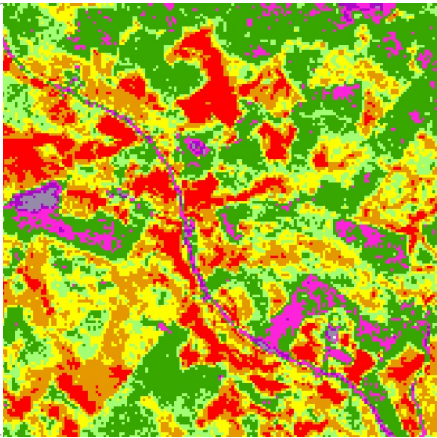
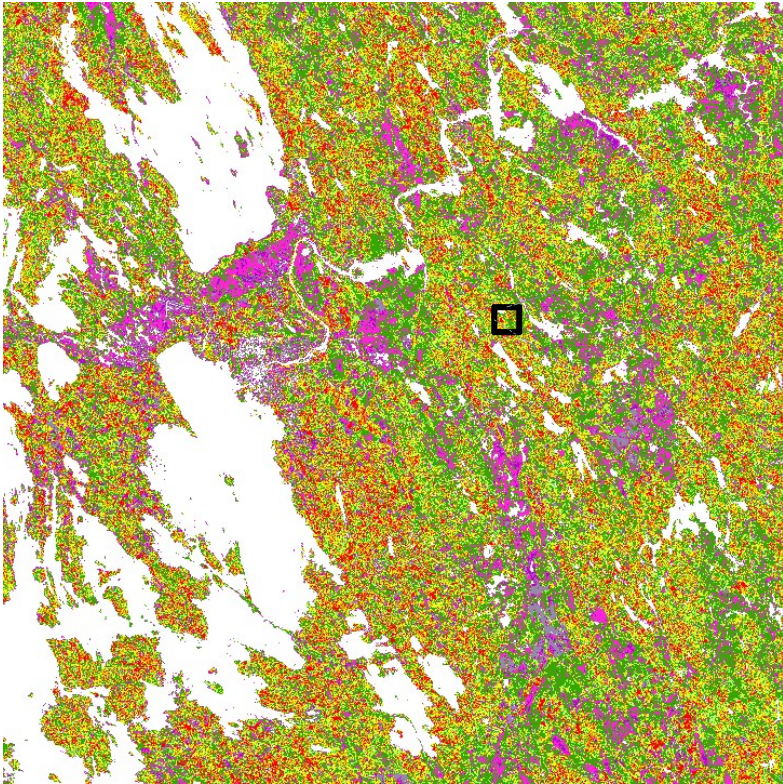
Satelliittipohjaiset vesakkoestimaatit taimikoille (VTT + UEF)

Taimikoiden vesoittuneisuuden satelliittivalvonta

- Ilmaisesti saatavista Sentinel-2 satelliittikuvista, joiden erotuskyky on 10 metriä, voidaan havaita taimikoiden lehtipuustoisuutta
- Yleisesti käytetyllä NDVI-kasvillisuusindeksillä hyvä riippuvuus lehtipuuvesakon runsauden kanssa
- NDVI-indeksistä tehtiin sovellus Forestry Thematic Exploitation Platform <https://f-tep.com/> – pilvipalveluun, joka tuottaa vaihtoehtoisesti kahdeksan- tai kolmiportaisen vesakkoluokituksen
- Rehevistä kuusentaimikoista ja osasta turvemaita virheellinen vesakkohälytys mahdollinen



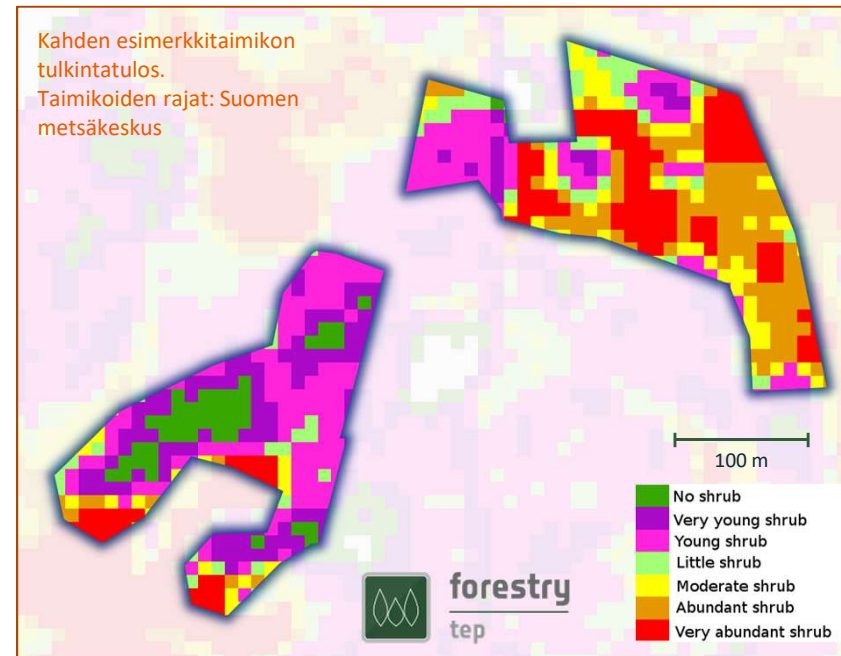
Sentinel-2 tulkintaesimerkki Joensuun ympäristöstä



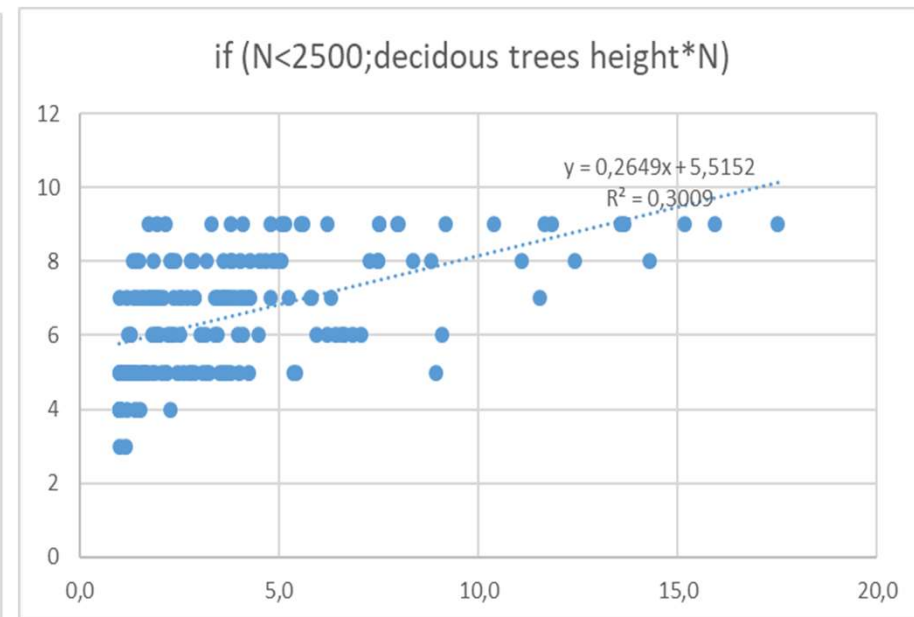
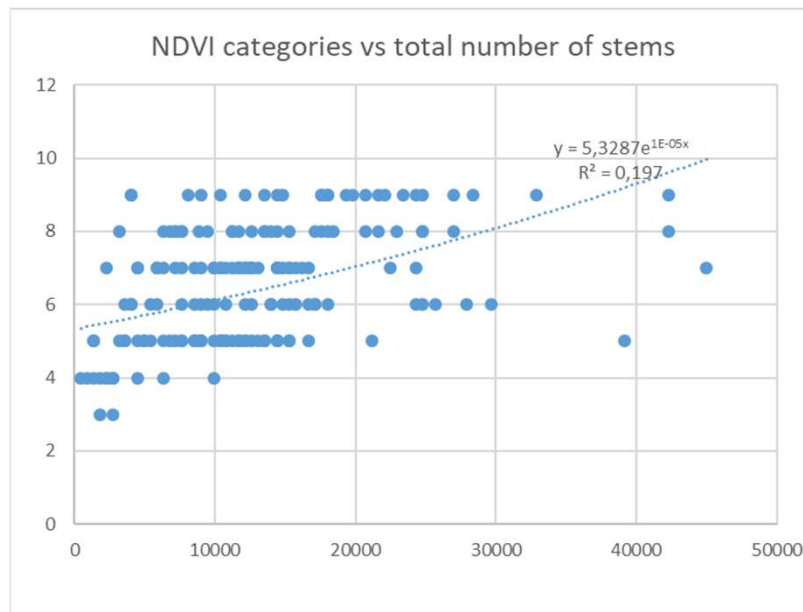
Alueen koko n 1.5 km x 1.5 km

Vesakkotulkintaesimerkki

- **Hyödyntäjä:**
Suomen Metsäkeskus
- **Pilvipalvelu:** Forestry TEP
- **Satelliittiaineisto:** Sentinel-2



NDVI luokkien ja koealojen runkoluku-tiedot



Aikasarjat - Uudistamisajankohta

- Landsat kuvista muodostettiin 14 vuoden aikasarja Liperin aineistolle, testissä 371 koealaa
- Taimikoiden uudistusajankohta on helppo identifoida automaattisesti
- Tutkimuksessa käytettiin NBR indeksiä

6.3 Normalized Burn Ratio (NBR)

NBR is calculated as a ratio between the NIR and SWIR values in traditional fashion.

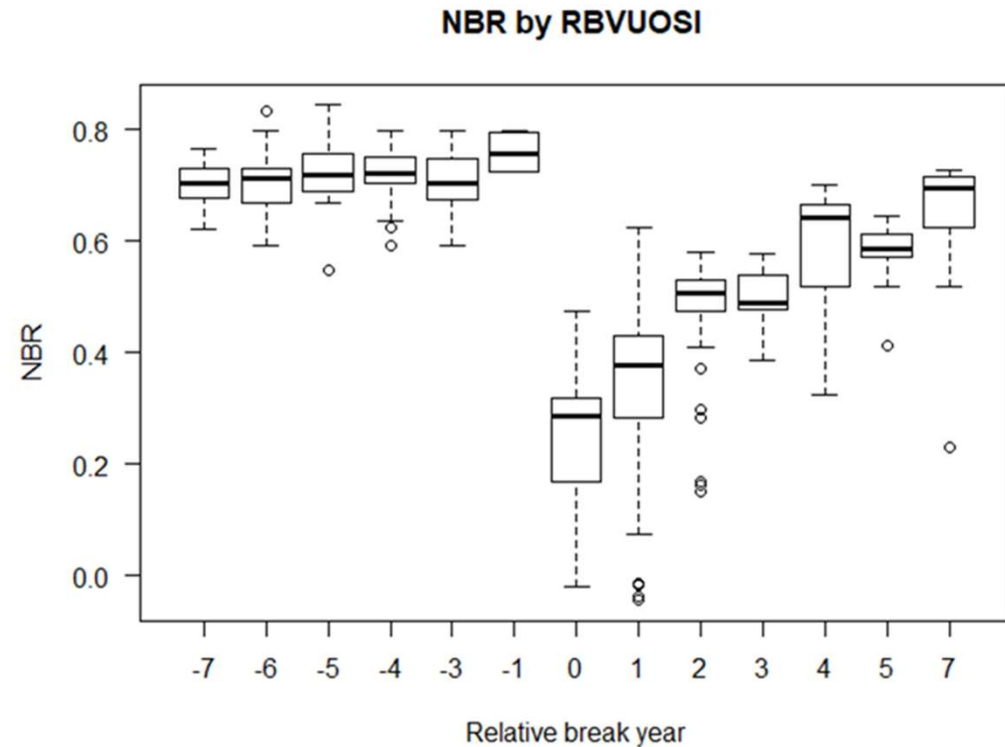
$$(NIR - SWIR) / (NIR + SWIR)$$

In Landsat 4-7,

$$NBR = (Band\ 4 - Band\ 7) / (Band\ 4 + Band\ 7).$$

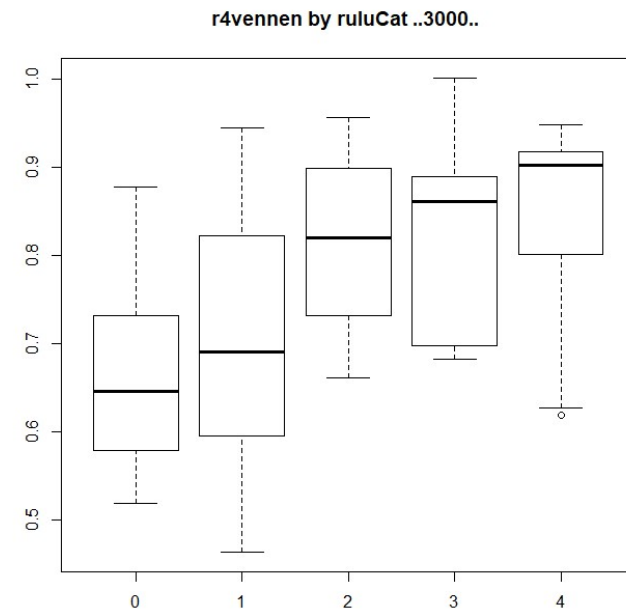
In Landsat 8,

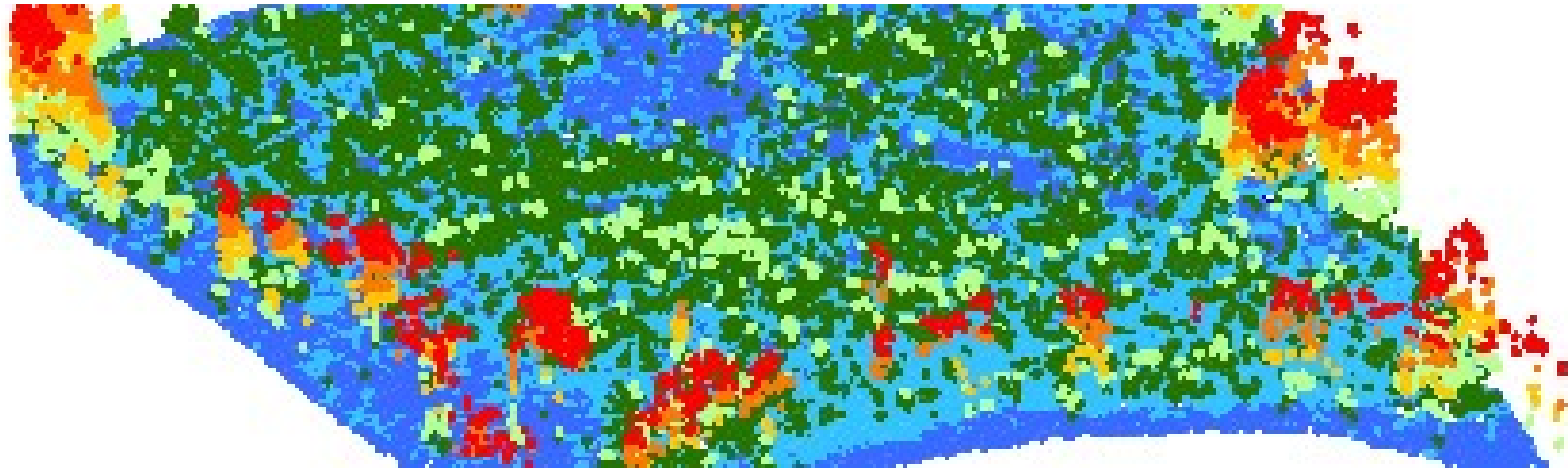
$$NBR = (Band\ 5 - Band\ 7) / (Band\ 5 + Band\ 7).$$



Aikasarjat: indeksi uudistamisen jälkeen

- ruluCat: Kokonaisrunkoluvun ja indeksi välinen yhteys uudistamisen jälkeen
- #0: 0.. <3000
- #1: $\geq 3000 < 6000$
- #2: $\geq 6000 .. < 9000$
- #3: $\geq 9000 .. < 12000$
- #4: ≥ 12000





Mallien paikallinen ennustus ja kalibrointi

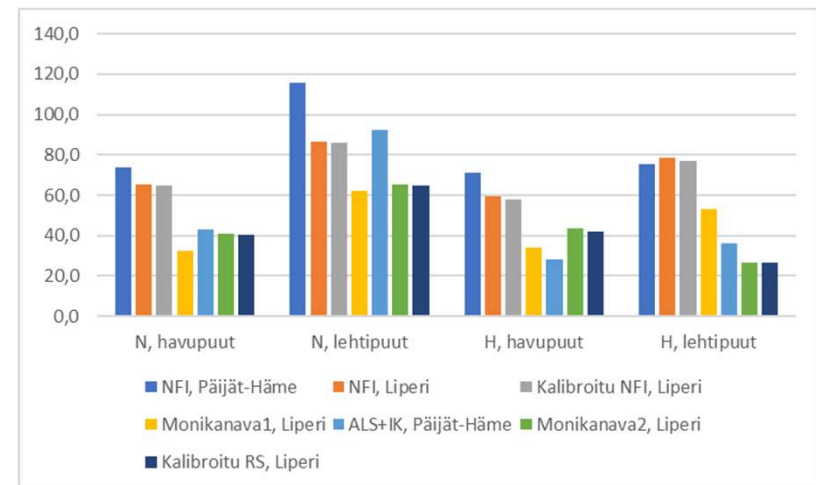
Timo Tokola

Tietolähteet yhdistävä kalibrointi-ennustus

- Taimikoiden runkoluvun ja puulajisuhteiden kalibrointi.
- Aineistolla testattiin kolmea eri tapausta:

1. VMI-perusteista mallia, jota voidaan soveltaa ilman ulkopuolisia kk-aineistoja (NFI)
2. Kaukokartoitusperusteista mallia (RS)
3. Mallien yhdistelmää (BLUP)

RMSE, %	N, havupuut	N, lehtipuut	H, havupuut	H, lehtipuut
NFI, Päijät-Häme	73,6	115,7	71,2	75,4
NFI, Liperi	65,4	86,6	59,5	78,8
Kalibroitu NFI, Liperi	64,7	86,1	58,1	77,0
ALS+IK, Päijät-Häme	42,9	92,5	28,0	36,4
Monikanava1, Liperi	32,4	62,0	33,9	52,9
Monikanava2, Liperi	41,1	65,3	43,6	26,6
Kalibroitu RS, Liperi	40,4	64,7	42,2	26,5



Synteesi

1. **Koko Suomen satelliittitulkinta ja biometrinen malli erillisenä ja yhdistettynä**
 - a) Uudistamisen ajankohta luotettava satelliittiaikasarjasta
 - b) Biometrinen malli epävarma (RMSE=60-100%)
 - c) Vesakkoisuus indeksi vs runkoluku ($R^2 = 0,2-0,3$), epävarmaa, mutta paikalliset suhteelliset erot selviä
 - d) Vesaikkoisuuden kehitys seurattavissa aikasarjasta
2. **Tarkemmat materiaalit mahdollisuuksien mukaan ja kontrolliin**
 - a) Kokonaisrunkoluku osittain erinomaisesti ($R^2=0,8$), ei puulajittaisia testejä
 - b) Kokonaisrunkoluku RMSE=20%, ja pituus =10%
3. **Normiresoluutio ALS & biometrinen mallinen erikseen ja yhdistettynä**
 - a) Havu ja lehtipuun eron mallinnus lupaava ($R^2=0,4$), luokitus Kappa =0,77
 - b) Puulajittaiset runkoluvut vaativat laserkeilauksen ($R^2(h)=0,5-0,8$, $R^2(n)=0,2$)
 - c) Kesquivirhe puulajittaisissa kohtuullinen (RMSE=30-60%)

*Eli käytä aina laserdataa jos se on olemassa. Muuten
ennustus on aika epävarmaa ja vaatii enemmän tarkistuksia
!*

Kiitos!



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

uef.fi

