

Eetu Kotivuori, Petteri Packalen, Lauri Korhonen
Geoinformatiikan tutkimuspäivät 2015

Valtakunnalliset laserkeilauspohjaiset puuston tilavuus- ja pituusmallit

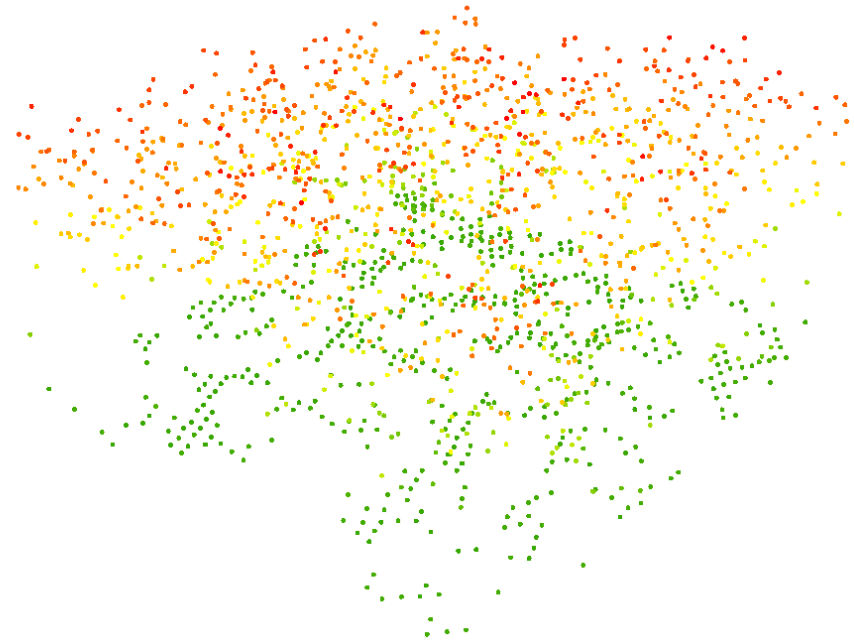


UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

Yhteystiedot: eetuk@student.uef.fi, lauri.z.korhonen@helsinki.fi

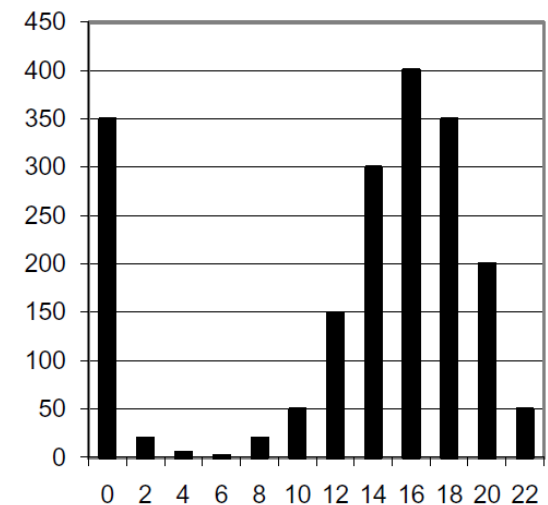
Laserkeilausaineistot

- Ilmasta tehtävää laserkeilausta käytetään yleisesti maanpinnan korkeusmallien laadintaan ja metsänarviointiin
- Laserkeilain mittaa suoraan metsän latvuskerroksen tiheyttä ja korkeutta suhteessa maanpintaan
 - Lasertunnuksilla on voimakas korrelaatio maastossa mitatun puuston pituuden, tilavuuden ja monien muiden metsämuuttujien suhteen



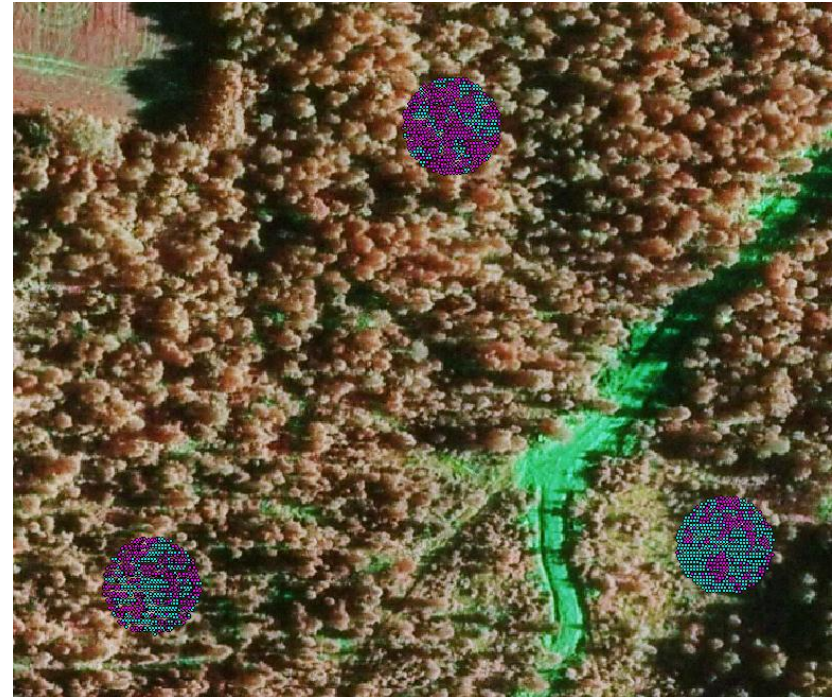
Aluepohjainen metsän laserinventointi

- Perustuu maastossa mitattujen koealatietojen linkittämiseen laserpiirteisiin tilastollisten mallien avulla
 - Metsikön kaikujen korkeusjakauma riippuu puuston rakenteesta
- Esim. puuston tilavuus, pituus ja biomassa
- Alhainen pulssitiheys riittää
- Myös ns. "kevätlaser" käyttökelpoista, mutta ei saa sekoittaa "kesälaserin" kanssa



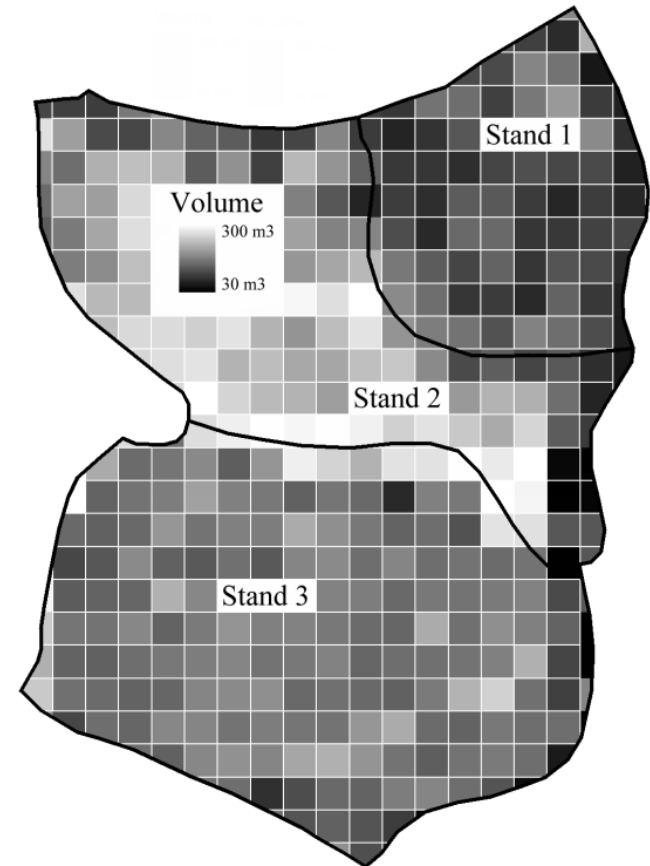
Aluepohjainen metsän laserinventointi

- Inventointialueelta mitataan 500-700 GNSS-paikannettua puustokoealaa
 - Mallinnuksen y-muuttujat
- Leikataan koealan säteen sisälle jäävät kaiut ja lasketaan niille
 - Korkeuden keskiarvo, keskihajonta, latvuskaikujen osuus
 - Latvuston korkeuskvantiilit: 0-100%
 - Latvuston tiheyskvantiilit: 0-100%
 - Intensiteettitunnuksia
- Mallinnus: regressioanalyysi tai epäparametriset menetelmät (mm. k-NN)
 - Tärkeä osa mallinnusta on muuttujavalinta: mitkä monista lasertunnuksista ennustavat vastetta parhaiten



Aluepohjaiset laserinventoinnit

- Valitut laserselittäjät lasketaan inventointialueen kattavalle hilalle
- Mallilla ennustetaan puustotunnukset erikseen hilan jokaiselle solulle
- Keskiarvoistus halutuille metsikkökuvioille
- Käytännön inventoinneissa tulokset halutaan puulajeittain
 - Harva (0.1-1 pulssia/m²) laserdata ei juuri sisällä puulajiin liittyvää tietoa, joten lasertunnusten lisäksi mallinnuksessa käytetään spektri- ja tekstuurimuuttujia ilmakuvilta



Valtakunnalliset laserkeilauspohjaiset pituus- ja tilavuusmallit?

- Jos inventointi halutaan suorittaa harhattomasti, regressiomallit on laadittava uudelleen jokaiselle keilausalueelle ja kerättävä alueelta satojen koealojen maastoaineisto
 - Erot puuston rakenteessa ja eri sensorien tavassa mitata sitä aiheuttavat harhaa jos malleja siirretään inventointialueelta toiselle
- Tavoitteena oli selvittää kuinka hyviä puuston kokonaistilavuus- ja valtapituusennusteita voidaan saavuttaa käyttämällä aluekohtaisten regressiomallien sijasta koko Suomen kattavia yleisiä malleja
 - Yleisen mallin vertailu joka alueelle erikseen laadittuihin malleihin
 - Mistä erot alueiden välisessä tarkkuudessa johtuvat?

Aineistot

- Yhdeksän eri käytännön inventointiprojektin laser- ja koeala-aineistot
- Laserkeilausaineistot ovat vapaasti saatavilla MML:n kautta
 - Vain kesäkeilauksia
- Koeala-aineistot toimitti Suomen metsäkeskus, useita mittaajia

Inventointialue	Keilausajankohta	Keilaaja	Koealoja
Kolari	7.6-6.8.2013	TerraTec	534
Tornio	13.6-4.8.2013	Blom Kartta	596
Ranua	4.7-24.8.2012	Blom Kartta	613
Siikalatva	12.6-20.6.2013	Blom Kartta	657
Toholampi	28.6-3.7.2012	Blom Kartta	587
Ähtäri	28.6-27.8.2013	TerraTec	1233
Sulkava	31.7-4.9.2011	Blom Kartta	570
Virolahti	25.6-3.7.2013	TerraTec	724
Turku	13.6-22.6.2012	Blom Kartta	716

Lasertunnusten laskenta

- Laserkeilausaineistosta laskettiin korkeus- ja tiheystunnuksia erikseen ensimmäisille (F) ja viimeisille (L) kaiuille
 - Kaikujen keskiarvot ($havg_F$) ja $havg_L$)
 - Keskihajonnat ($hstd_F$ ja $hstd_L$)
 - Viisi eri korkeuskvartiilia ($h20/40/60/80/95_F$ ja $h20/40/60/80/95_L$)
 - Viideltä eri korkeudelta lasketut prosentuaaliset tiheystunnukset ($veg1/5/10/15/20_F$ ja $veg1/5/10/15/20_L$)
 - Kaikki paitsi veg-tunnukset laskettiin ilman kaiun korkeuteen liittyvää kynnysarvoa

Mallinnus

- Mallinnusmenetelmänä lineaarinen regressio
- X- ja Y-muuttujille kokeiltiin myös erilaisia muunnoksia: logaritmi, neliöjuuri, toisen asteen polynomi
- Tarkkuusarviot sovitusaineistossa ja perustuen ristiinvalidointiin:
 - Valtakunnalliset mallit: jätä-alue-ulos
 - Aluekohtaiset mallit: jätä-koeala-ulos
- Mallien arviointikriteerit
 - Mallin absoluuttinen ja suhteellinen keskineliövirhe (RMSE)
 - Mallin absoluuttinen ja suhteellinen harha

$$RMSE = \sqrt{\sum_{i=1}^n \frac{(\hat{y}_i - y_i)^2}{n}}$$

$$Harha = \sum_{i=1}^n \frac{(\hat{y}_i - y_i)}{n}$$

Yleinen tilavuusmalli

$$\sqrt{V} = 0,75957 + 3,35837 * \sqrt{havg_F} + 0,01002 * h95_L^2$$

- Absoluuttinen RMSE sovitusaineistossa 37,5 m³/ha
- Suhteellinen RMSE sovitusaineistossa 27,7 %

Neliöjuurimuunnoksen vuoksi ennusteisiin on lisättävä harhattomuuskorjaus (eli σ^2 -arvo) 2,09721

Aluekohtaisten tilavuusmallien tulokset sovitusaineistossa

Vrt. yleisen mallin
RMSE=27.7%

Inventointialue	Mallin muoto	RMSE (m ³ /ha)	RMSE (%)
Kolari	$\sqrt{V} = \beta_0 + \beta_1 * \sqrt{havg_F} + \beta_2 * hstd_L^2$	21,7	21,5
Tornio	$V = \beta_0 + \beta_1 * havg_F + \beta_2 * hstd_L^2$	23,4	24,1
Ranua	$\sqrt{V} = \beta_0 + \beta_1 * h95_F + \beta_2 * \sqrt{havg_L}$	22,7	23,1
Siikalatva	$\sqrt{V} = \beta_0 + \beta_1 * h80_F^2 + \beta_2 * veg1_F^2$	29,4	24,9
Toholampi	$\sqrt{V} = \beta_0 + \beta_1 * \sqrt{havg_F} + \beta_2 * \sqrt{veg20_L}$	24,8	24,1
Ähtäri	$\sqrt{V} = \beta_0 + \beta_1 * havg_F + \beta_2 * \sqrt{hstd_F}$	34,5	24,7
Sulkava	$\sqrt{V} = \beta_0 + \beta_1 * hstd_L + \beta_2 * \sqrt{havg_F}$	46,4	26,8
Virolahti	$\sqrt{V} = \beta_0 + \beta_1 * havg_F + \beta_2 * h95_F$	45,0	25,1
Turku	$\sqrt{V} = \beta_0 + \beta_1 * \sqrt{havg_L} + \beta_2 * h95_L^2$	39,4	21,8

Yleisten tilavuusmallien tarkkuus ristiinvalidoinnissa

	Yleisen mallin RMSE %	Aluekohtaisen mallin RMSE %	Yleisen mallin harha %	Aluekohtaisen mallin harha %
Kolari	31,0	21,7	16,8	0,01
Tornio	28,9	24,3	-8,8	0,01
Ranua	32,9	23,2	18,2	0,00
Siikalatva	25,9	25,1	-4,2	-0,01
Toholampi	25,0	24,4	-6,1	0,00
Ähtäri	28,0	24,8	10,8	-0,01
Sulkava	31,6	26,9	-13,2	0,00
Virolahti	27,1	25,3	-7,5	0,00
Turku	23,0	22,0	-2,0	-0,01

- Yleinen malli: kukin alue ennustettu muilla alueilla sovitetulla mallilla
- Alueiden sisällä kukin koeala ennustettu muilla koealoilla

Yleinen puuston valtapituusmalli

$$HDOM = 3,13604 + 0,98620 * h95_F$$

- Absoluuttinen RMSE = 1,1 m
- Suhteellinen RMSE = 6,7 %

Aluekohtaiset valtapituusmallit

Vrt. yleisen mallin suhteellinen
RMSE = 6,7 %

Inventointialue		RMSE (m)	RMSE %
Kolari	$HDOM = \beta_0 + \beta_1 * h95_F$	1,00	7,2
Tornio	$HDOM = \beta_0 + \beta_1 * h95_F$	0,86	6,8
Ranua	$HDOM = \beta_0 + \beta_1 * h95_F$	0,96	7,4
Siikalatva	$HDOM = \beta_0 + \beta_1 * h95_F$	0,81	5,2
Toholampi	$\sqrt{HDOM} = \beta_0 + \beta_1 * \sqrt{h95_F}$	0,86	5,8
Ähtäri	$HDOM = \beta_0 + \beta_1 * h95_F$	1,05	6,3
Sulkava	$\sqrt{HDOM} = \beta_0 + \beta_1 * \sqrt{h95_F}$	1,27	6,8
Virolahti	$HDOM = \beta_0 + \beta_1 * h95_F$	0,97	5,5
Turku	$HDOM = \beta_0 + \beta_1 * h95_L$	1,02	5,4

Aluekohtaisten valtapituusmallien ristiinvalidointi

	Yleisen mallin RMSE %	Aluekohtaisen mallin RMSE %	Yleisen mallin harha %	Aluekohtaisen mallin harha %
Kolari	7,2	7,2	-0,4	0,00
Tornio	11,3	6,8	-9,1	0,00
Ranua	7,7	7,4	-1,9	0,00
Siikalatva	5,6	5,2	1,7	0,00
Toholampi	6,0	5,9	0,8	0,00
Ähtäri	6,6	6,3	1,7	0,00
Sulkava	7,0	6,8	-1,0	0,00
Virolahti	5,5	5,5	0,2	0,00
Turku	6,1	5,5	2,8	0,00

Johtopäätökset

- Yleinen tilavuusmalli on vaihtelevassa määrin harhainen riippuen sovellusalueesta, mutta tuottaa silti tyydyttäviä ennusteita
 - Yleisen mallin ristiinvalidoitu RMSE koealatasolla oli 23-32%; kuviotasolla virhe voi alentua huomattavasti koska satunnaisvaihtelun vaikutus vähenee
 - Vanhan maastomittauksiin perustuvan kuvioittaisen arvioinnin suhteellinen RMSE oli tilavuuden osalta 16.5-36.2 %, keskiarvo 25 % (Haara ja Korhonen 2004)
- Valtapituusmallin harha on huomattavasti pienempi kuin tilavuusmallin (ristiinvalidoitu RMSE 5-12%)
 - Pituuden mallinnus on tilavuuden mallinnusta helpompaa

Johtopäätökset

- Yleisen tilavuusmallin tarkkuus oli selvästi heikompi Pohjois- kuin Etelä-Suomessa (varsinkin Kolari ja Ranua)
- Yleinen valtapituusmalli toimi luotettavasti koko maassa
- Keilaimen merkillä, mallilla ja keilainyksilöllä voi olla huomattava vaikutus yleisen mallin tarkkuuteen
- Mallit soveltuvat puuston tilavuuden ja pituuden ennustamiseen kuviotasolla silloin kun saatavilla ei ole muuta tietoa kuin julkinen (kesä)laseraineisto
- Mallit eivät sovellu suuralueinventointeihin tai muihin sovelluksiin missä tulosten harhattomuus on tärkeää
 - Yleisen mallin uudelleensovitus melko pienelläkin koealamäärällä (150) tuottaa kuitenkin luotettavia tuloksia

Kiitos ajastanne!

Lähde: Kotivuori, Eetu 2015. Valtakunnalliset laserkeilauspohjaiset puuston tilavuus- ja pituusmallit. Metsätieteen pro gradu-tutkielma. Itä-Suomen yliopisto, luonnontieteiden ja metsätieteiden tiedekunta, Joensuu. 44 s.



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND