



TARTU OBSERVATOORIUM
eesti kosmosekeskus

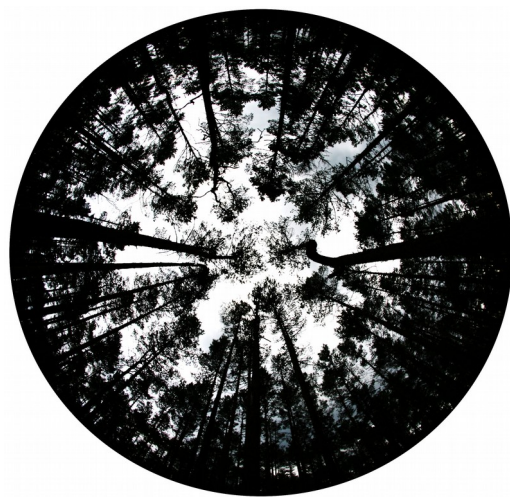
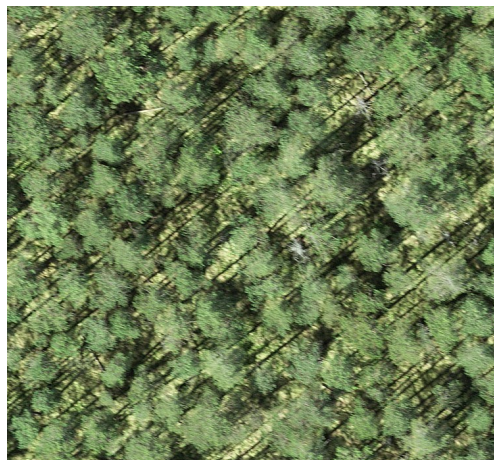


Metsa võrastiku läbipaistvus

Andres Kuusk, Mait Lang, Silja Märdla, Jan Pisek

Eesti Kaugseirepäev
25.10.2018 Tõravere

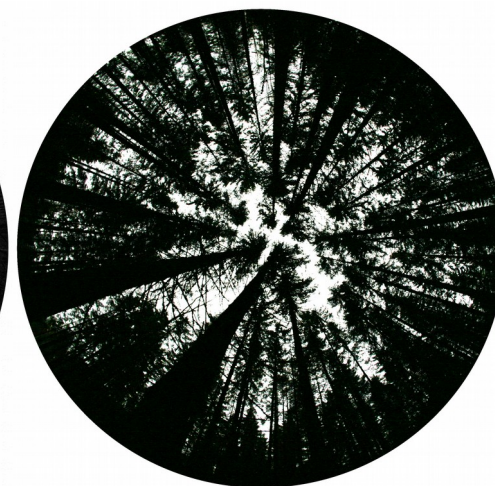
Järvelja RAMI puistute
ortofotod ja poolsfäärifotod



männik

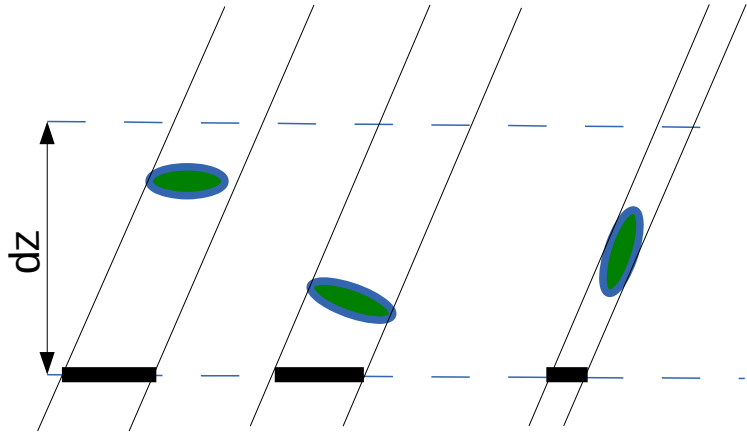


kaasik



kuusik

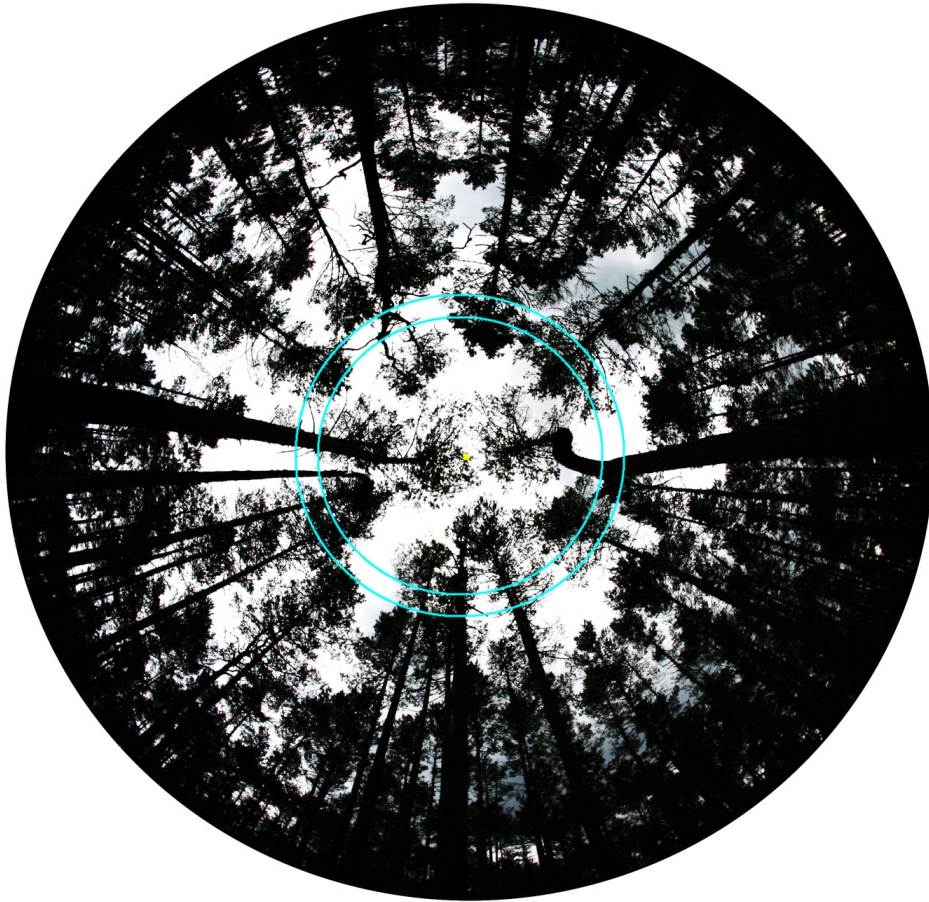
Kaldnõela meetod taimkatte läbipaistvuse mõõtmiseks



$$t_{dz}(\theta) = 1 - p_{shade}(\theta) \quad \text{- läbipaistvus}$$

Levy, E.B. & Madden, E.A. (1933)
The point method of pasture analysis.
N.Z. J. Agric. 46, 267-279.

Läbipaistvuse mõõtmine poolsfäärifotolt



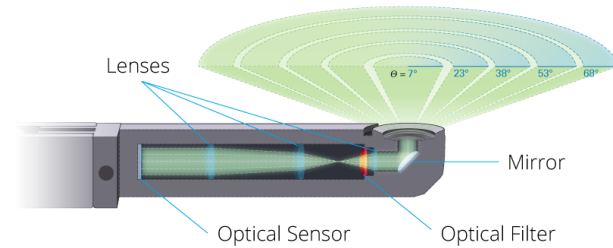
$$t_{dz}(\theta) = 1 - p_{shade}(\theta) \quad \text{- läbipaistvus}$$

Võrastiku läbipaistvuse (katteväärtuse) mõõtmise puistus

- Cajanuse vaatetoru
- taimkatte analüsaator LAI-2000
- poolsfäärifotod
- TRAC-instrument
- maapealne laserskanner (TLS)
- lennuki laserskanner (ALS)
- allomeetrilised seosed (?)

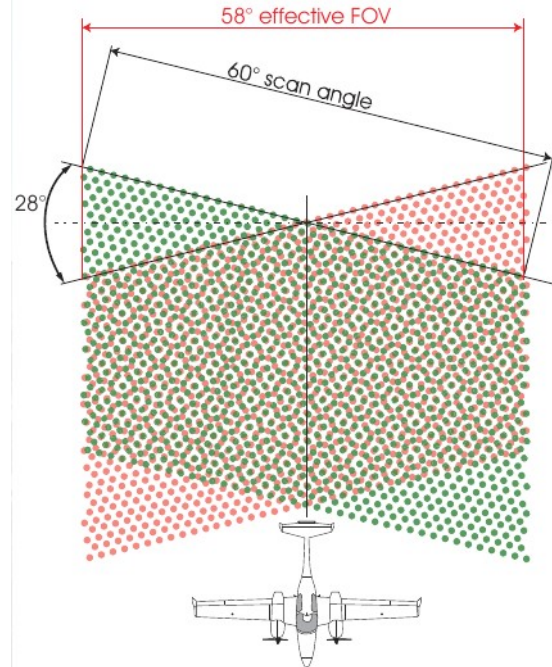
Võrastiku läbipaistvuse mõõtmine

- Cajanuse vaatetoru
- LAI-2000
- poolsfäärifotod
- TRAC-seade
- maapealne laserskanner
- lennuki laserskanner



Maa-ameti lennuki-laserskanneriga (ALS) mõõtmised Järveljal 16. juunil 2017.
RAMI puistuil ~ 220 impulssi / m^2 , "jalajälg" $d = 9$ cm

ALS Riegl VQ-1560i



Lainepikkus: 1064 nm
Impulsi kestus: 3 ns
Kiire hajumine: < 0.18 mrad @ $1/e$,
 < 0.25 mrad @ $1/e^2$

Max. mõõtmiskaugus:
looduslikud objektid $r \sim 20\%$: 1700 m
Tabamusi impulsi kohta:
piiramatu (20)

Lennukõrgus:
kaasik: 366 m, 329 m
männik: 361 m, 382 m
kuusik: 316 m, 367 m

Maa-ameti lennuki-laserskanneriga (ALS)
mõõtmised Järveljal 30. augustil 2009

RAMI puistud kaasik, kuusik, männik
2 x 10 impulssi / m²,
lennukõrgus 500 m

Leica ALS50-II lennuki-laserskanner



Lainepikkus	1064 nm
Kiire hajumine "Jalajälg"	0.22 mr @ 1/e ² d = 10 cm

Kuni 4 tabamust impulsi kohta.
Vertikaalne lahutus umbes 3.5 m.
Vertikaalne tabamistäpsus 8 - 24 cm.

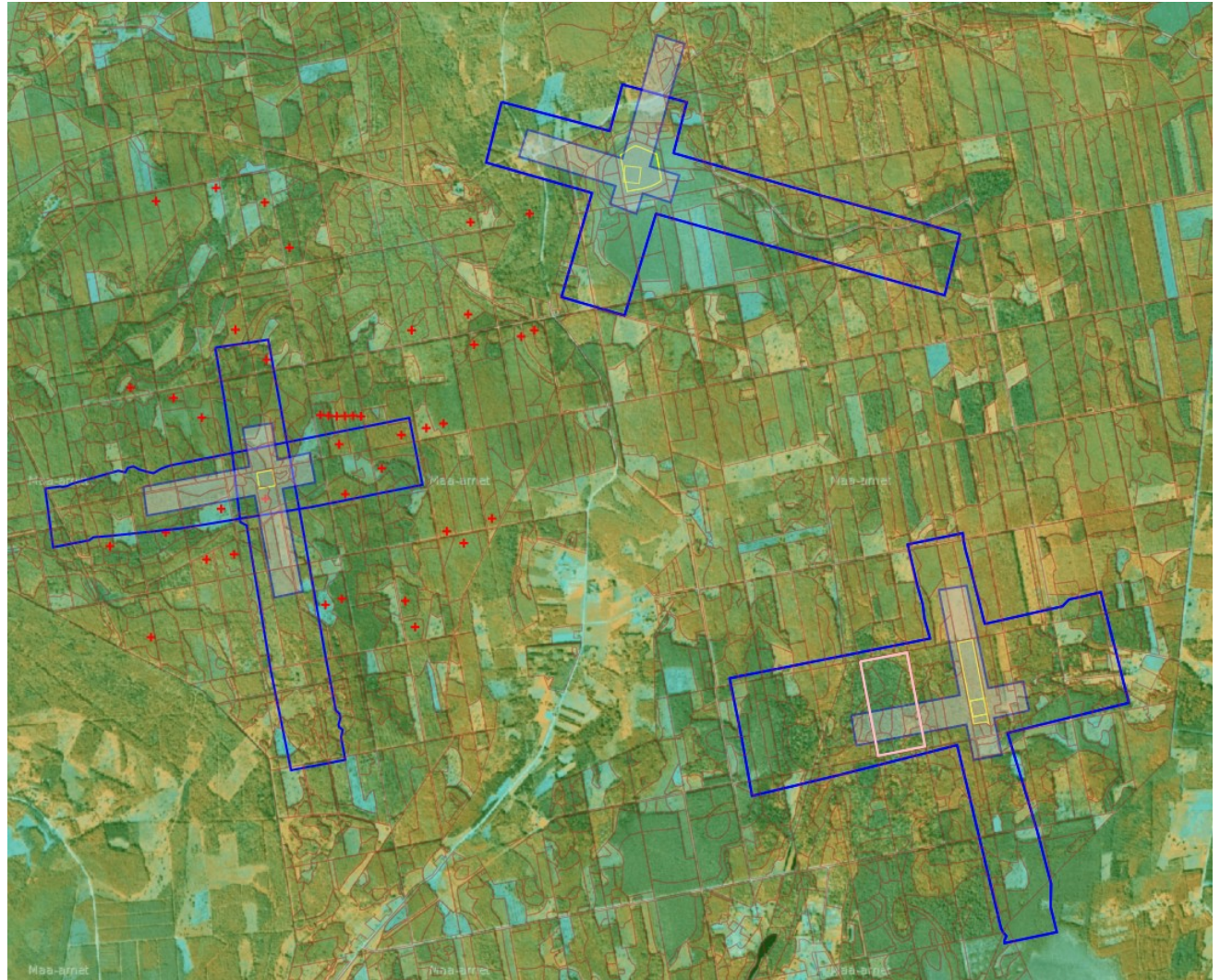
Mõõtmised lennuki laserskanneritega:

16. juuni 2017

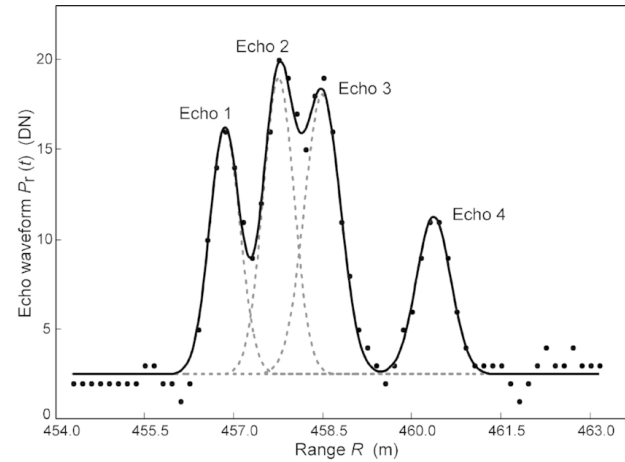
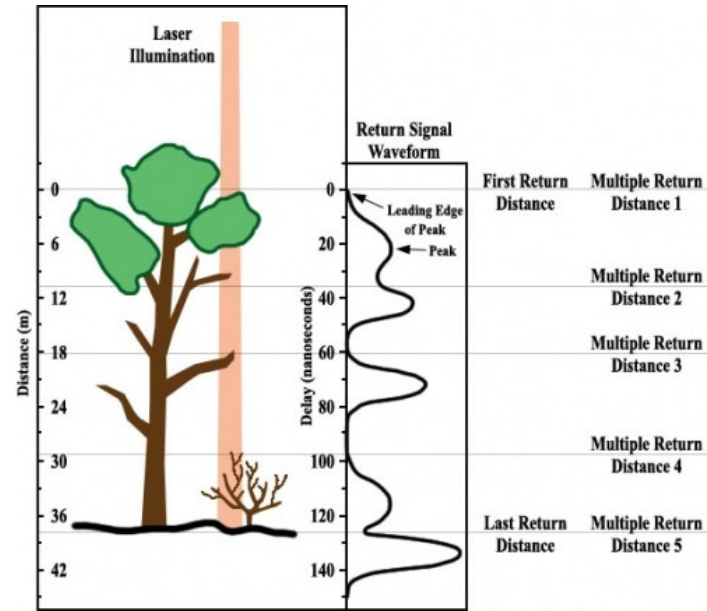
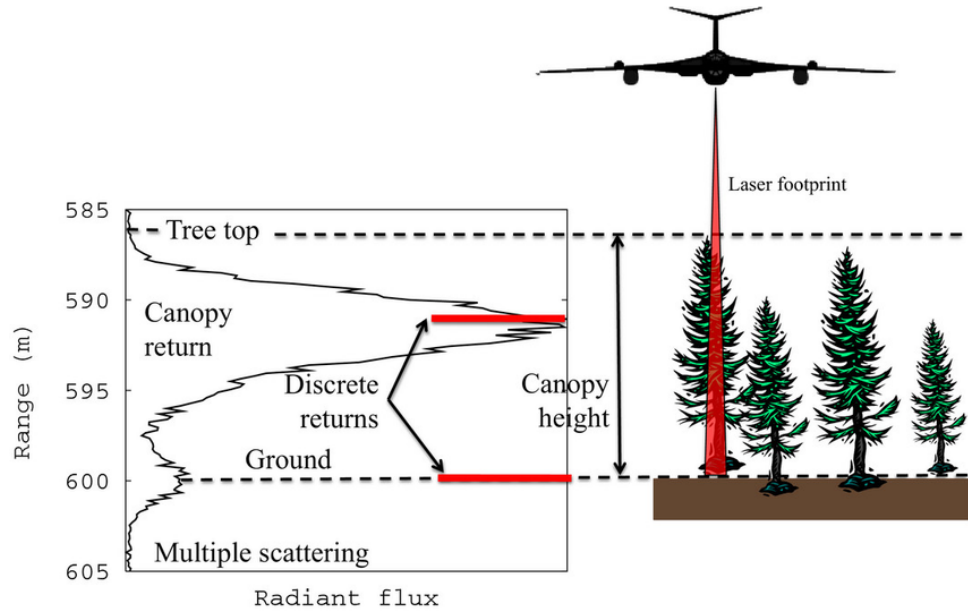
- suured polügoonid,
~220 impulssi / m²,
umbes 200 puistut

30. august 2009

- väikesed polügoonid,
~20 impulssi / m²

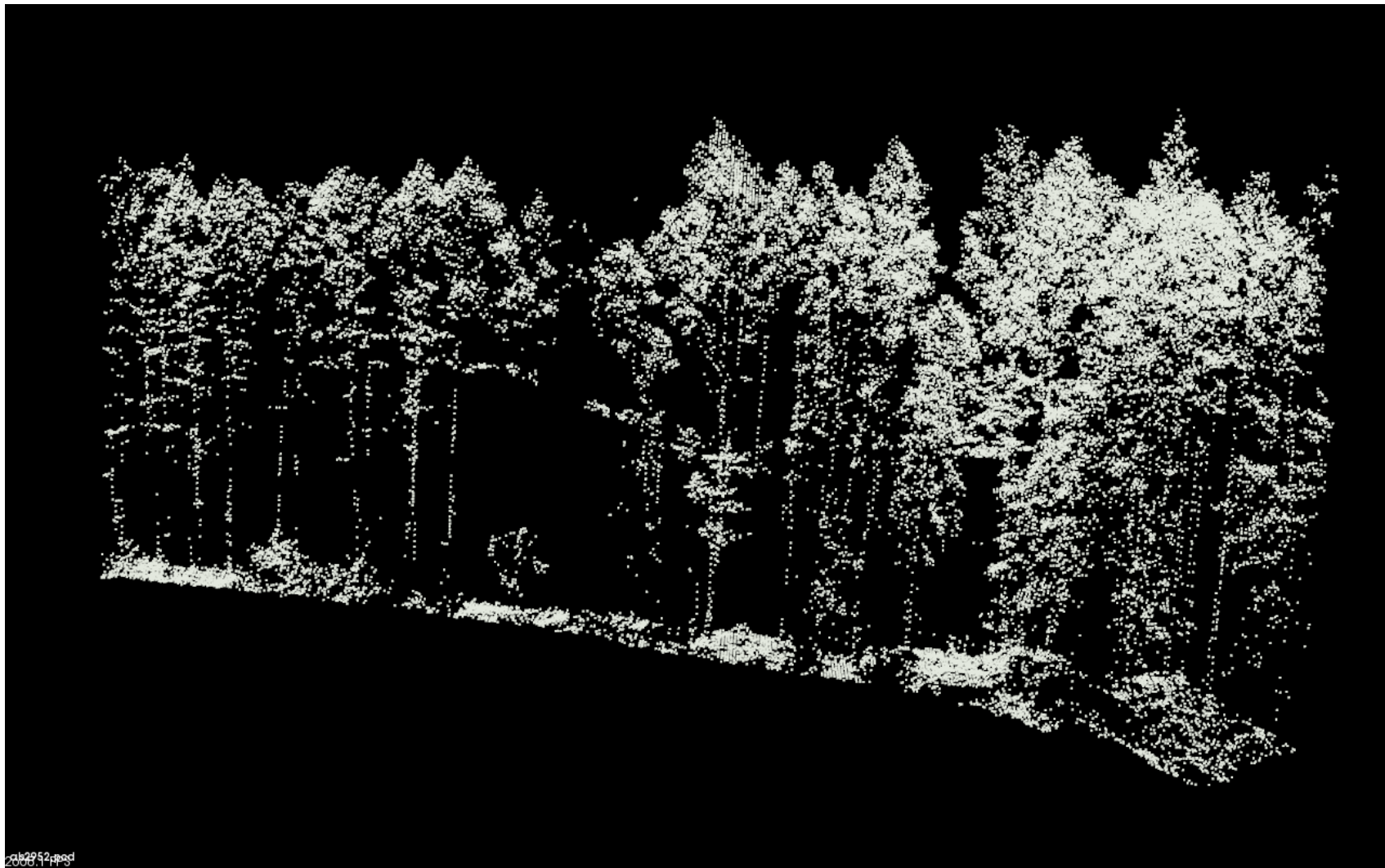


Laineprofiile registreeriv laserskanner



(Wagner et al.,
IJRS v. 29, 2008)

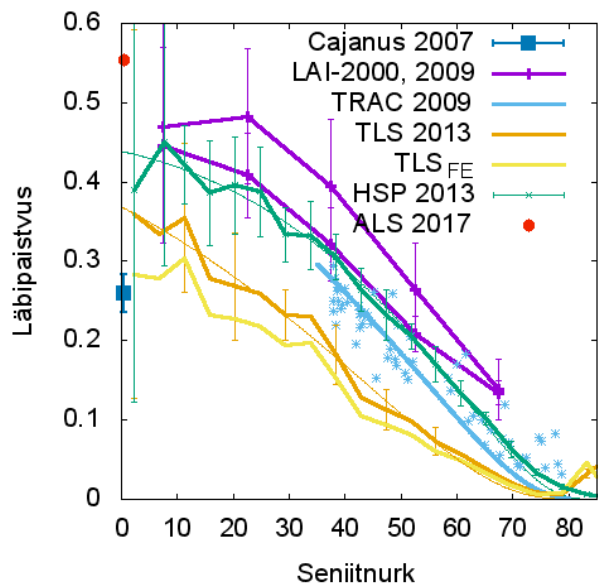
Lennuki laser-
skanneri
tabamuste
punkt pilve näide



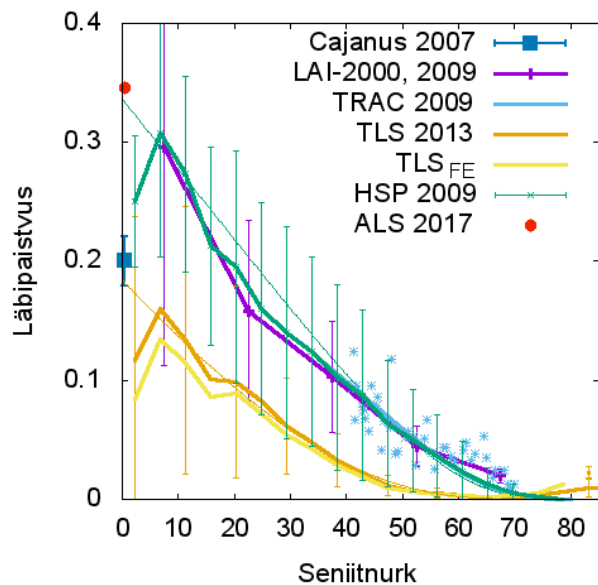
200952.pptd

RAMI puistute võrastiku läbipaistvus

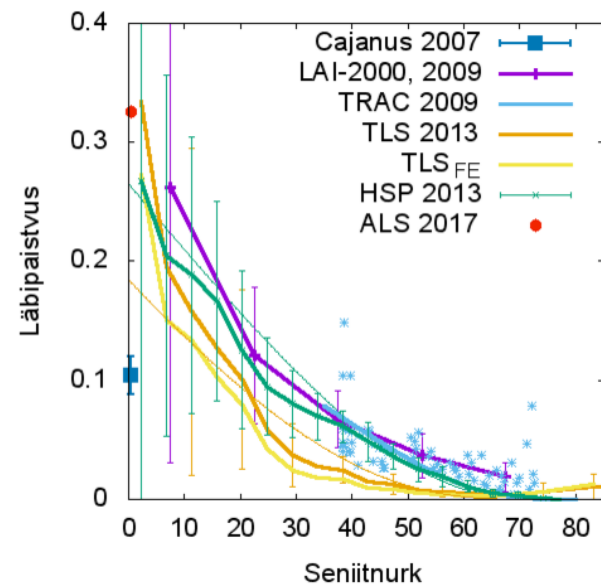
- Cajanuse vaateoru 2008
- TRAC 2009
- poolsfäärifotod (HSP) 2008, 2013
- TLS august 2013
- ALS juuni 2017



männik

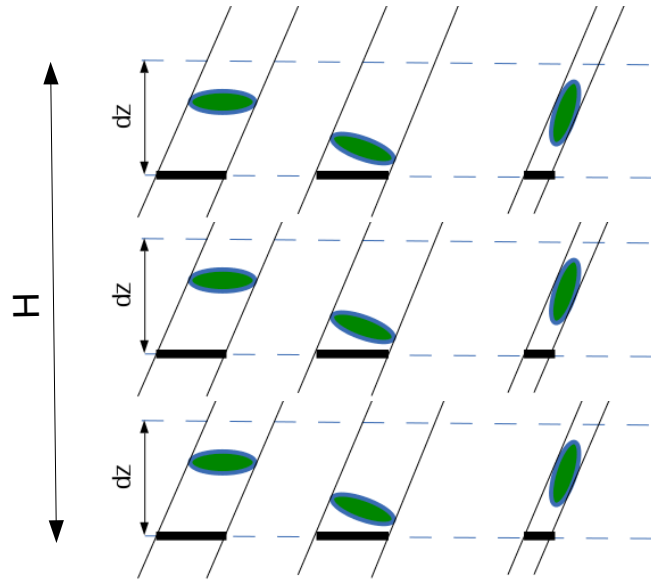


kaasik



kuusik

Võrastiku läbipaistvus lennukilidari mõõtmistest, 2017 ja taimkatte mudelist (Nilson, 1971)



$$t(\theta) = \exp(-c G_L(\theta) L / \cos\theta) \quad (2)$$

L - lehepindala index (LAI)

$G_L(\theta)$ - Ross-Nilsoni G-funktsioon

θ - seniitnurk

c - grupeerumisparameeter,

$c > 1$ - regulaarne paigutus

$c = 1$ - juhuslik

$c < 1$ - rühmitatud

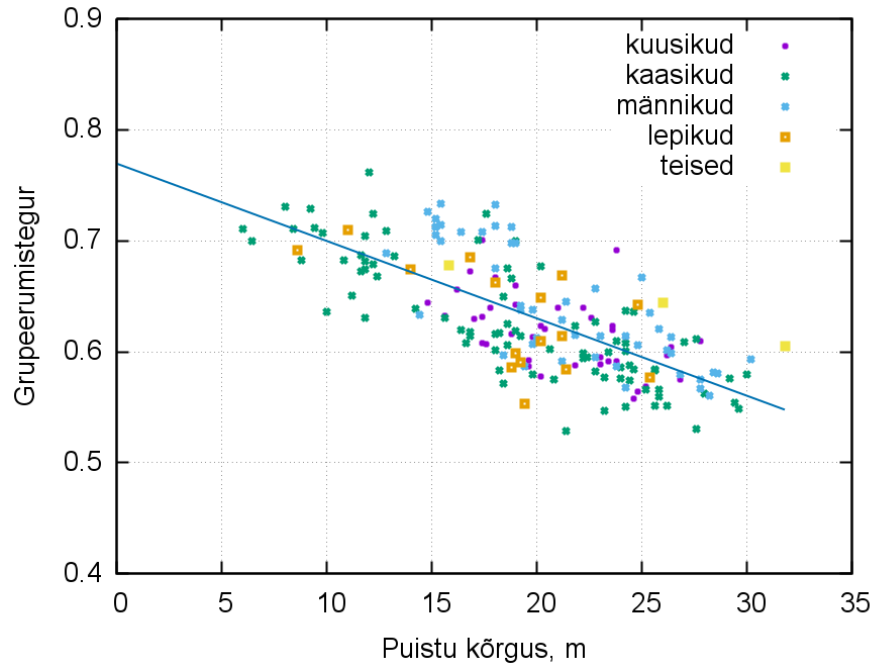
$$t_0(H) = \prod_z t_{dz}(z) \quad (1)$$

$$t_H = \exp(-c G_L(0) L), \quad \theta = 0 \quad (2')$$

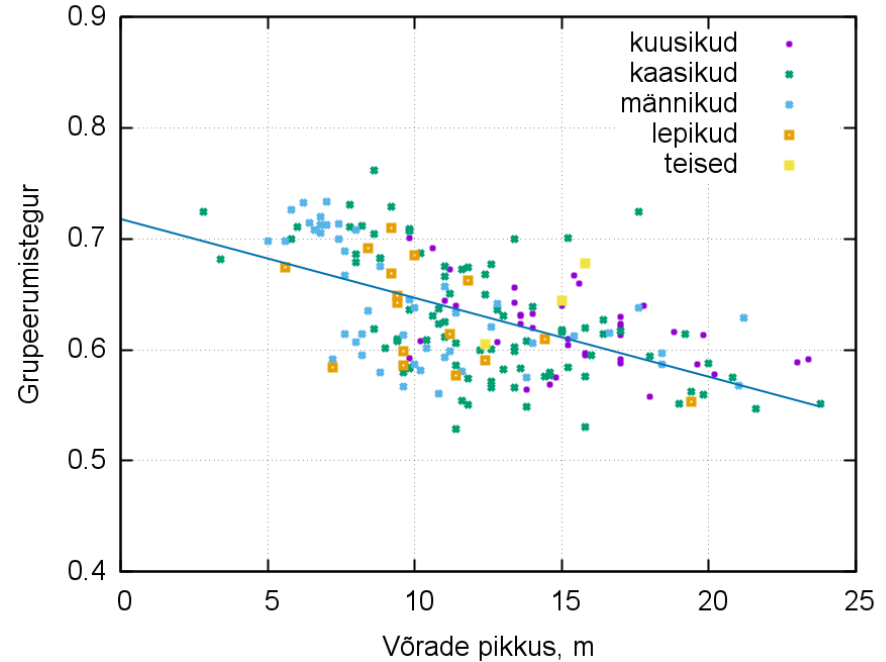
$$c = \frac{\ln(t_H)}{\ln(t_0)} \quad (3)$$

$$L = \frac{-\ln(t_H)}{c G_L(0)} \quad (4)$$

Grupeerumisteguri sõltuvus puistu parameetrist

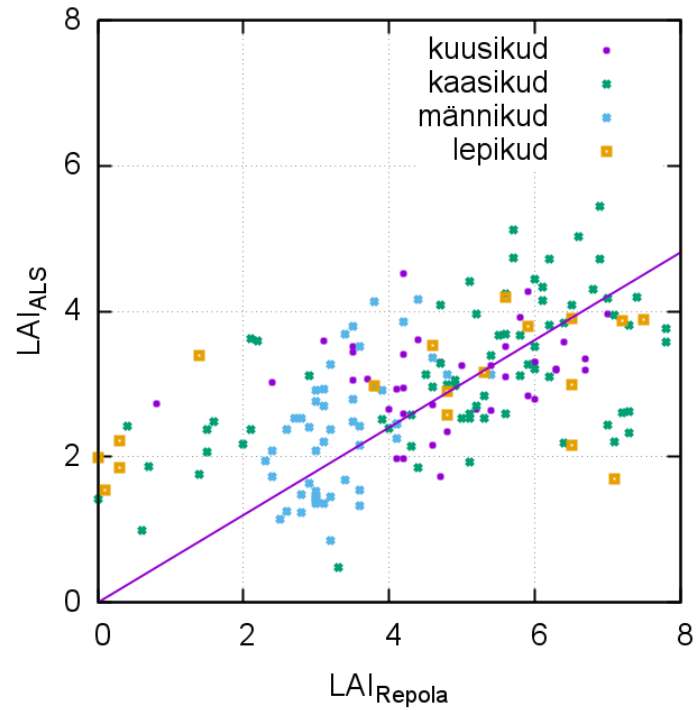
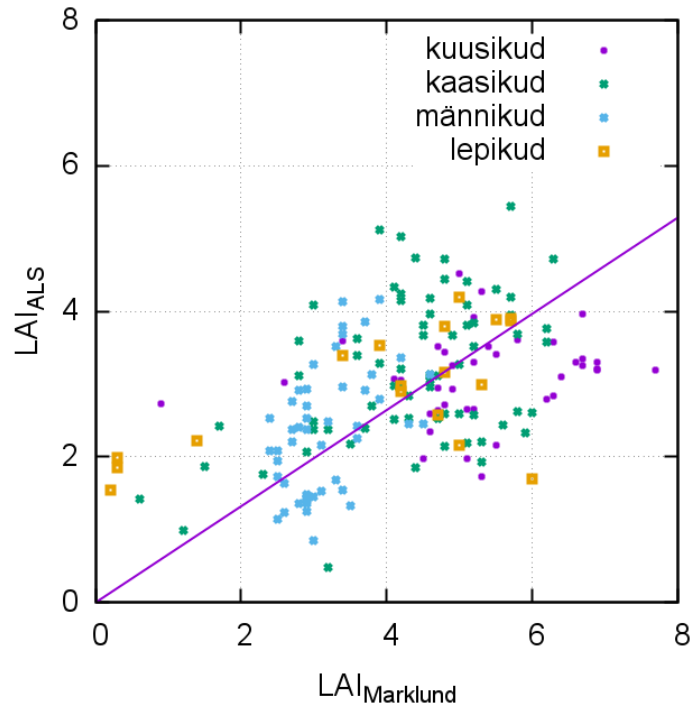


$$r_{x,y} = -0.74$$



$$r_{x,y} = -0.57$$

Lehepindala indeksi LAI hinnangud



Kokkuvõte:

- metsa võrastiku läbipaistvuse mõõtmistulemused on suure määramatusega
- ei ole ühtegi laitmatult töötavat moodust võrastiku läbipaistvuse mõõtmiseks
- lennuki laserskannerite kiire areng teeb neist tõhusa vahendi metsa võrastiku struktuuri detailsemaks uurimiseks

Lennukilidoriga mõõtis Eesti Maa-amet.
Uurimust on rahastanud Eesti Teadusagentuur ja Eesti Keskkonnatehnoloogia programm KESTA.
Täname!