



TARTU OBSERVATOORIUM
eesti kosmosekeskus



Kaugseire praktilised
metsanduslikud rakendused

Mait Lang
Tauri Arumäe

Mihkel Kaha, Diana Laarmann, Allan Sims

Mets 2018

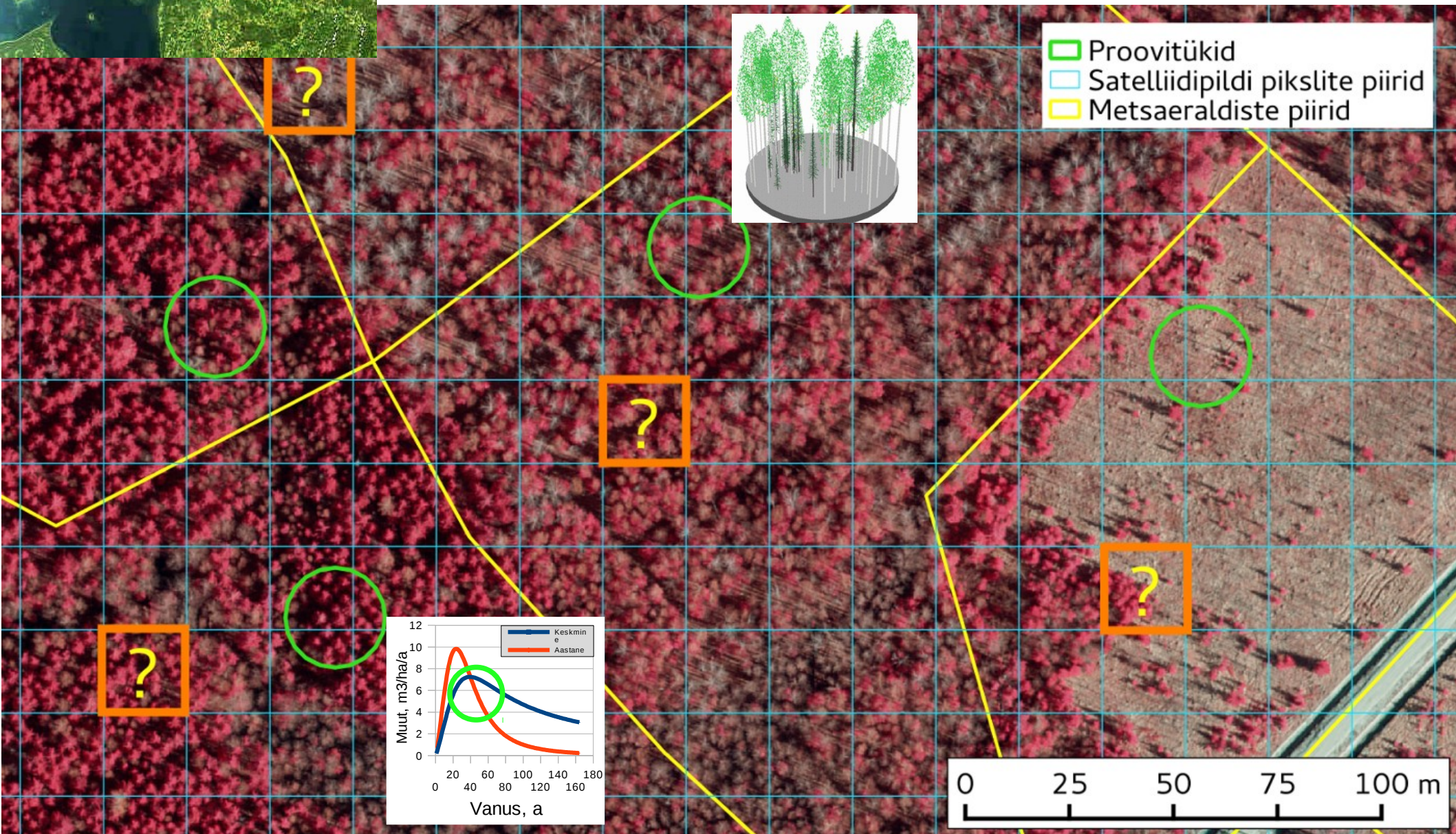


<http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/subsets/>

Kosmosepilt Eestist
Satelliidi kõrgus ~ 800 km
Terra MODIS, 19. september 2018



Järjest rohkem on vaja kavandamise ja modelleerimise jaoks kogu ala katvat mõistliku ruumilahutusega metsade struktuuri kirjeldavat takseerandmestikku (Korjus jt. 2017).



Mets 2016

- Definiitsioon: maatükk pindalaga vähemalt 0,1 ha (1000 m²), millel kasvavad puittaimed kõrgusega vähemalt 1,3 meetrit ja puuvõrade liitusega vähemalt 30%. SMI andmetel on meil
- umbes 483 miljonit m³ puitu 2,3 miljonil hektaril, millest:
 - 11,7% on range katse all (lisandub)
 - 24,6% on mitmesuguste piirangutega (lisandub)
 - >50% majandatakse säilikmetsana (Gustafsson jt. 2012)
 - 83% on metsaregistri andmebaasis
 - 100% riigimetsi ja 20–30% erametsi on sertifitseeritud FSC ja/või PEFC säästva metsanduse standardite järgi.
- Maakasutuse ajaloost tingituna on Eesti puistute vanuselised jaotused (ARM, 2017) kaugel optimaalsetest.
- Segametsad.
- Mänd, kuusk, kask, hall-lepp, sanglepp, haab, saar, tamm, ...

- SMI - statistiline metsainventuur

Andmed Eestis (metsade kohta)

- SMI
 - Punktvaatlused
- Metsaregister
 - Puistute takseerandmed
 - Andmete uuendamine, kaetus
- Ortofotod
- Laserskanneerimise andmed alates 2008
- Multispektraalsed satelidipildid (10...30 m piksel)
- Lisaks on olemas digitaalne 1:10000 mõõtkavas mullakaart ja põhikaart

Kuidas kirjeldada puistu liigilist
koosseisu?



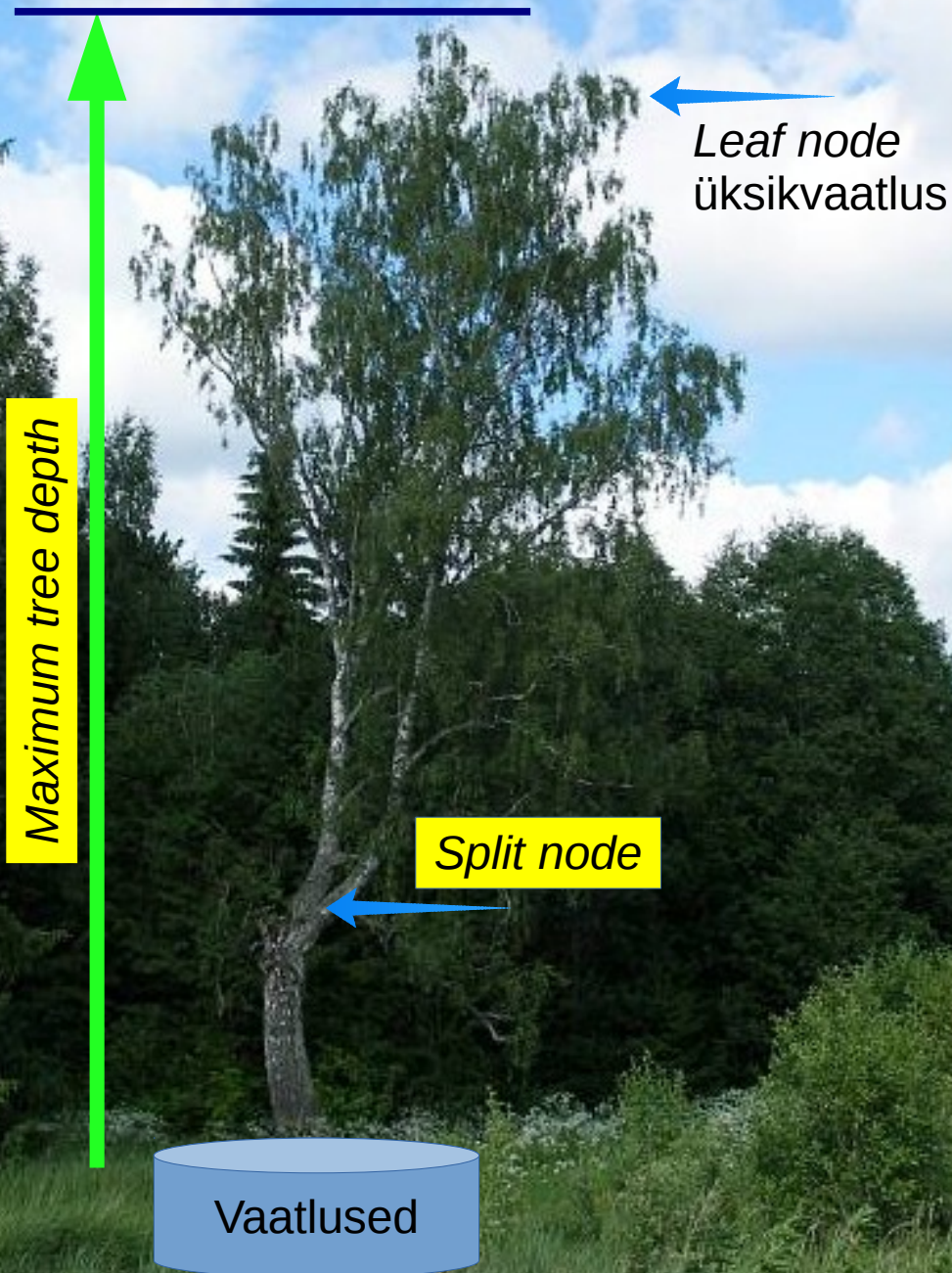
Puistu liigiline koosseis

- 40KS 32KU 28HB

Osakaalud w_i arvutatakse tüvemahu M järgi rinnete kaupa. Noorendikes puude arvu järgi Põõsastikes ja vähetootlikul metsamaal liituse järgi.

$$w_i = 100 M_i / \sum_{i=1}^n M_i$$

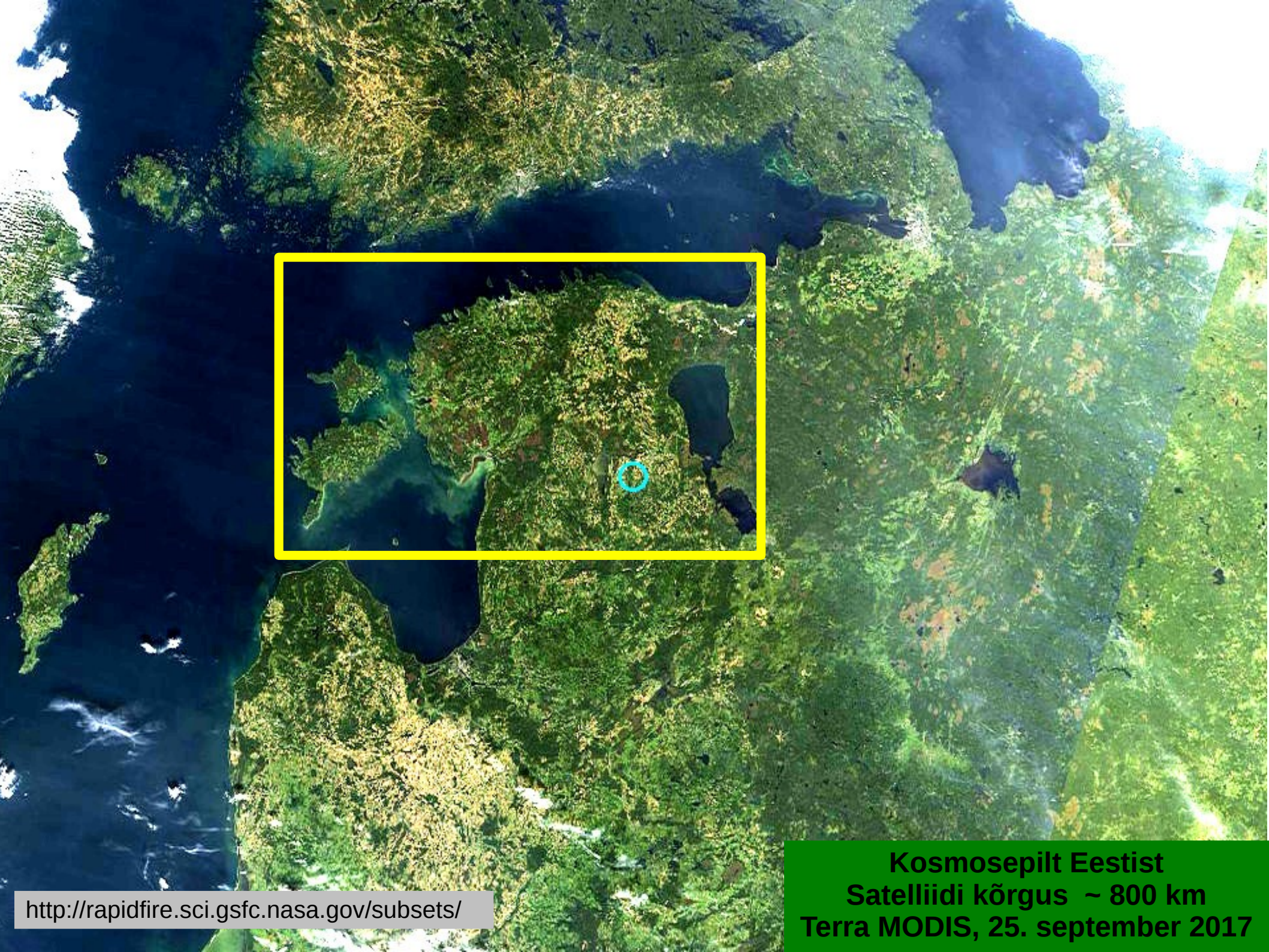
Otsustuspuu (*decision tree*)



- Puu sügavus (harude arv).
- Suurim tunnuste arv harunemisel.
- Vähim näidiste arv haru loomiseks.
- Vähim näidiste arv lehel.

Puudest võib koostada metsa, et saada stabiilsemaid hinnanguid.

Määrata tuleb puude arv metsas.



<http://rapidfire.sci.gsfc.nasa.gov/subsets/>

Kosmosepilt Eestist
Satelliidi kõrgus ~ 800 km
Terra MODIS, 25. september 2017

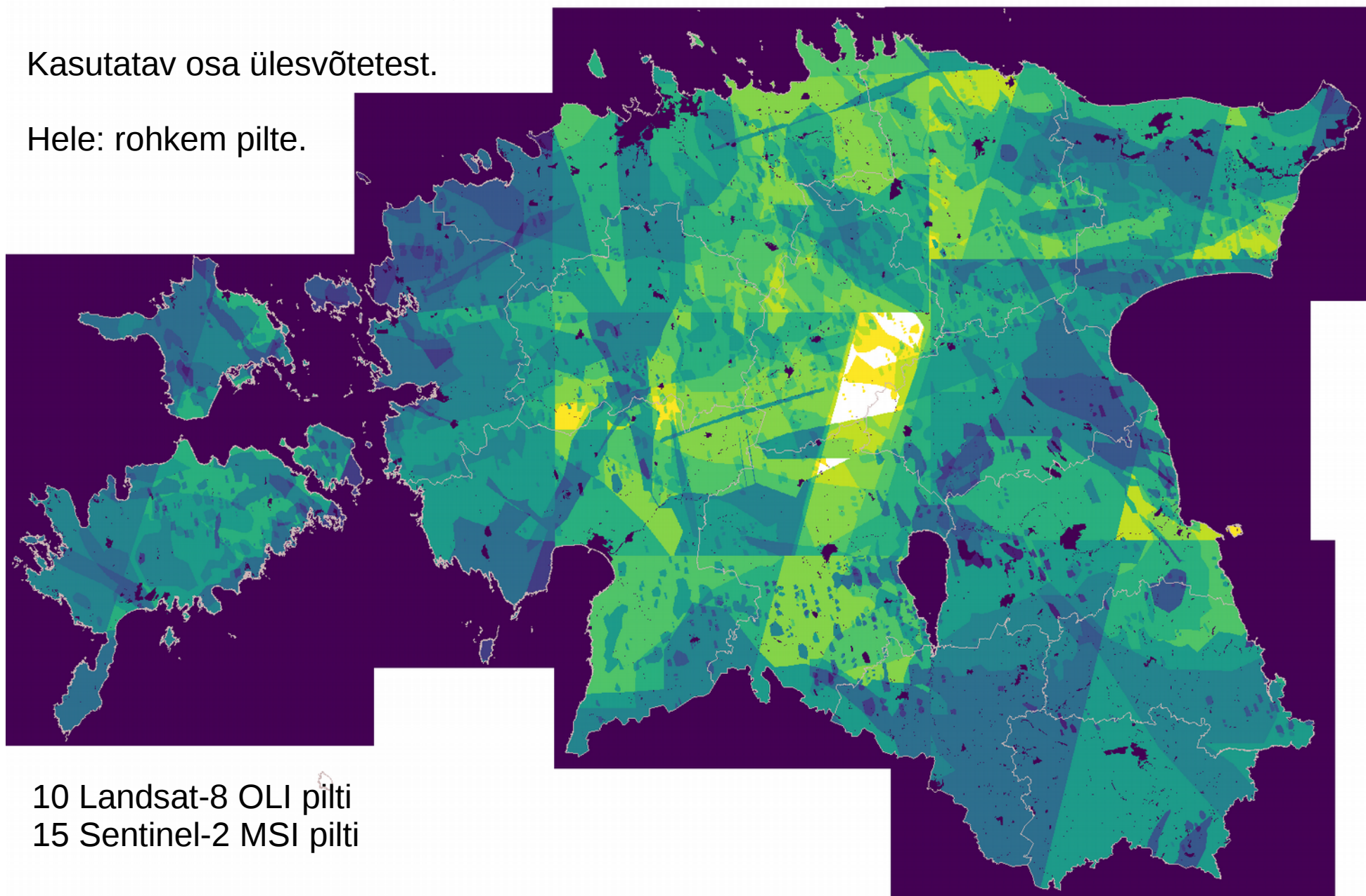
Sentinel-2 MSI, 17. august 2015



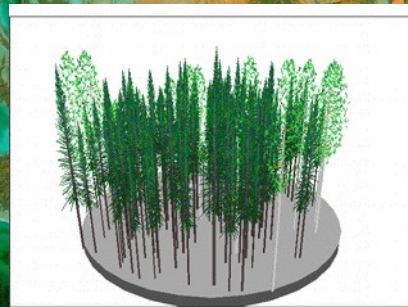
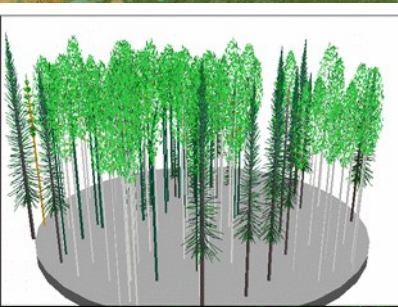
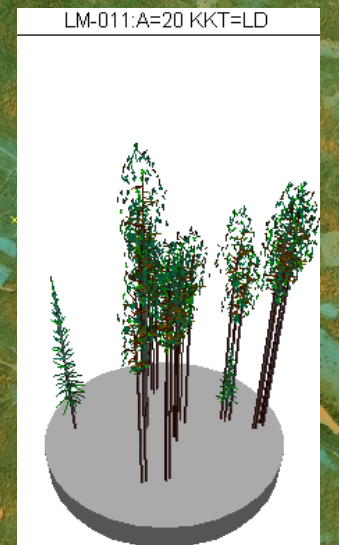
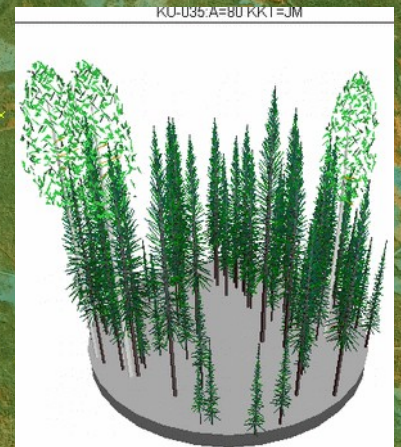
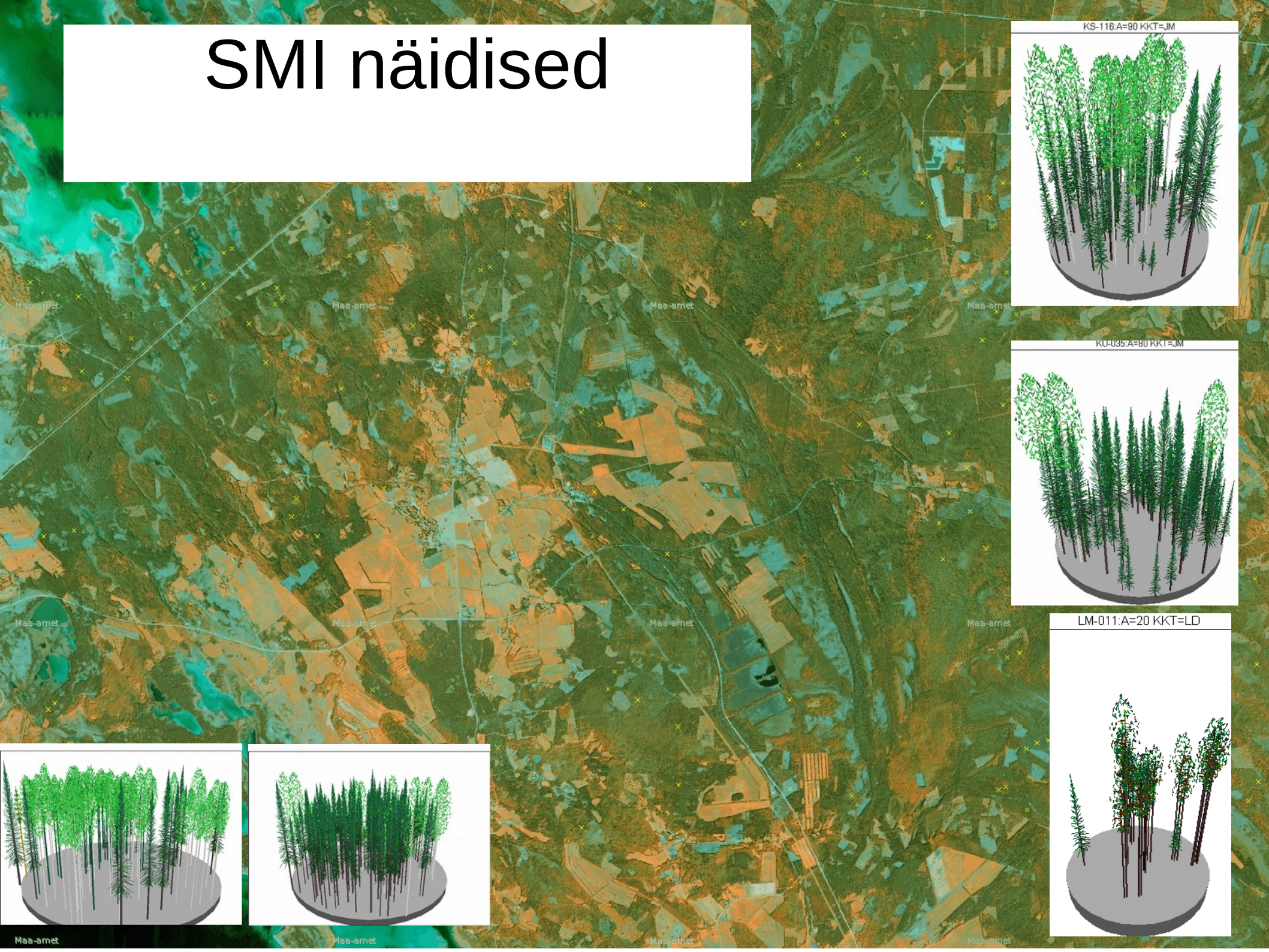
Sentinel-2 ja Landsat-8 2015-2016

Kasutatav osa ülesvõtetest.

Hele: rohkem pilte.



SMI näidised



Maa-arnet

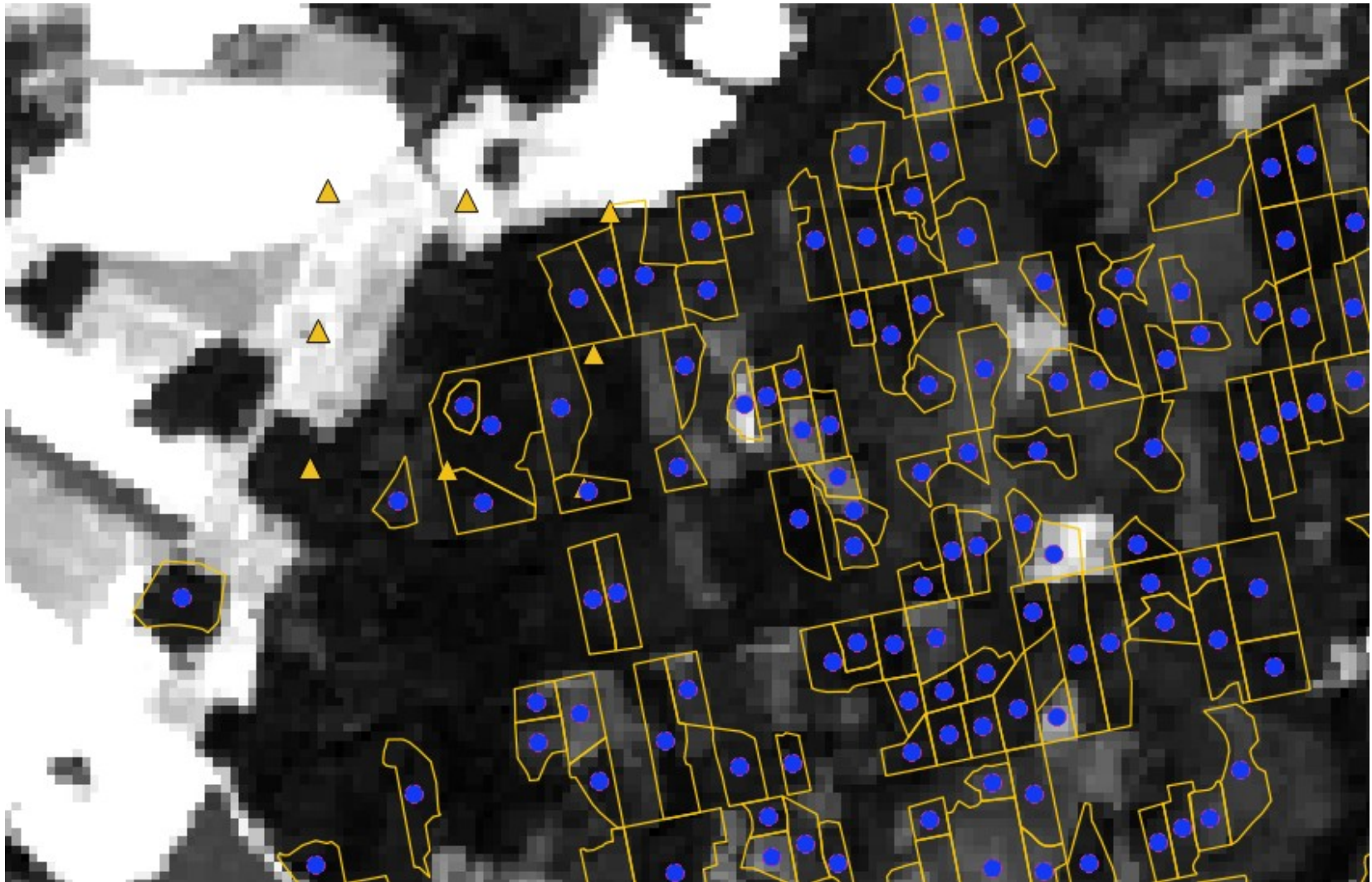
Maa-arnet

Maa-arnet

Maa-arnet

Näidised metsaregistrist

Puistute keskmised takseertunnused puistuelementide kaupa. Võrreldes 7-10m raadiusega SMI proovitükkidega on takseerikirjelduste vead suuremad, aga asukohavead väiksemad. Parem keskmistamine. Suur valim.



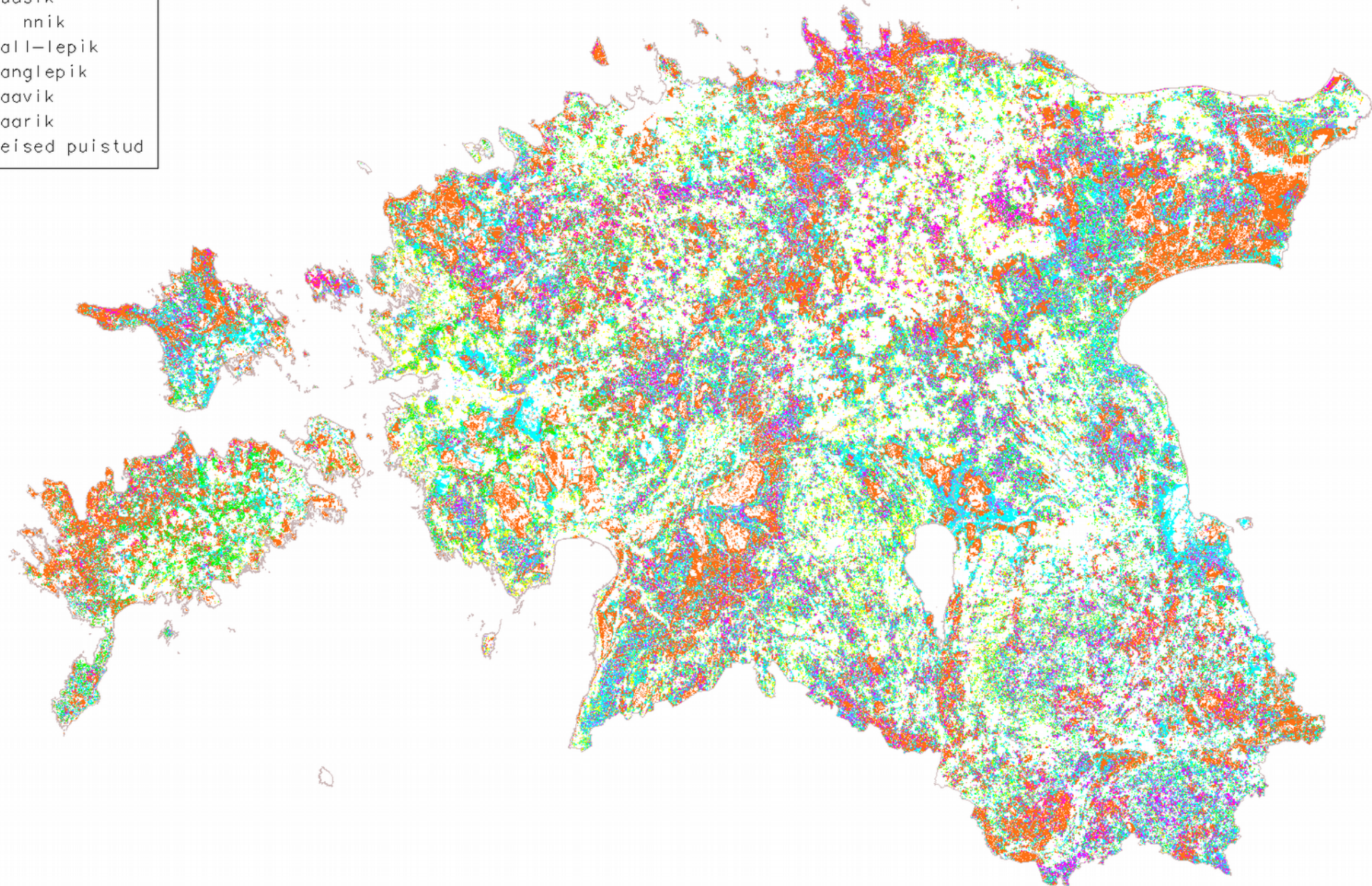
Klassid

Random forest algoritmi realisatsioon, mida GRASS kasutab, ennustab klassi koodi ja teiste klasside esinemise tõenäosuse pikslil.

Eeldates puistute liigilise koosseisu ja spektraalse signatuuri kujunemise lineaarseost võiks need tõenäosused olla puistu koosseisu hinnanguks.

Tree species code / <i>Puuliigi kood</i>	Species name / <i>Puuliik</i>
HB (16)	European aspen (<i>Populus tremula</i> L.)
KS (11)	Silver birch, downy birch (<i>Betula pendula</i> Roth, <i>Betula pubescens</i> Ehrh.)
KU (12)	Norway spruce (<i>Picea abies</i> (L.) Karst.)
LM (15)	Black alder (<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gaertn.)
LV (14)	Gray alder (<i>Alnus incana</i> (L.) Moench)
MA (13)	Scots pine (<i>Pinus sylvestris</i> L.)
SA (17)	Common ash (<i>Fracinius exelsior</i> L.)
KX (25)	Class for other tree species.
Selguseta ja lage (10)	Forest land, but tree layer cover not corresponding to forest definition.

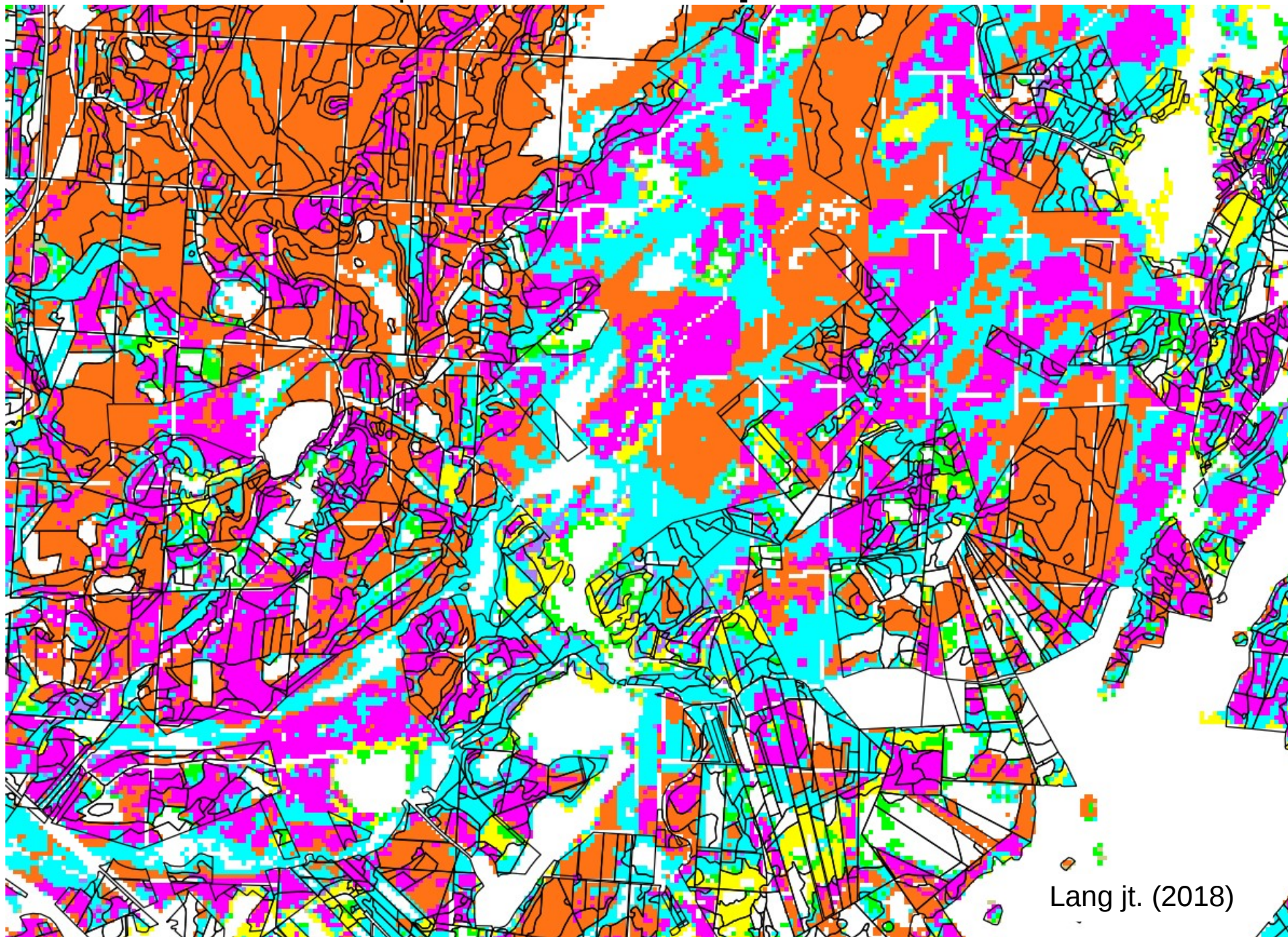
Puistuplaan



Lang jt. (2018)

Suurendus Aegviidu testalalt.
Lisatud on metsaeraldiste piirid.

Puistuplaan



Lang jt. (2018)

Suurendus Aegviidu testalalt.
Lisatud on metsaeraldiste piirid.

Puistuplaan

Kokkuvõte

Aga läheks korraks ka pildi sisse!

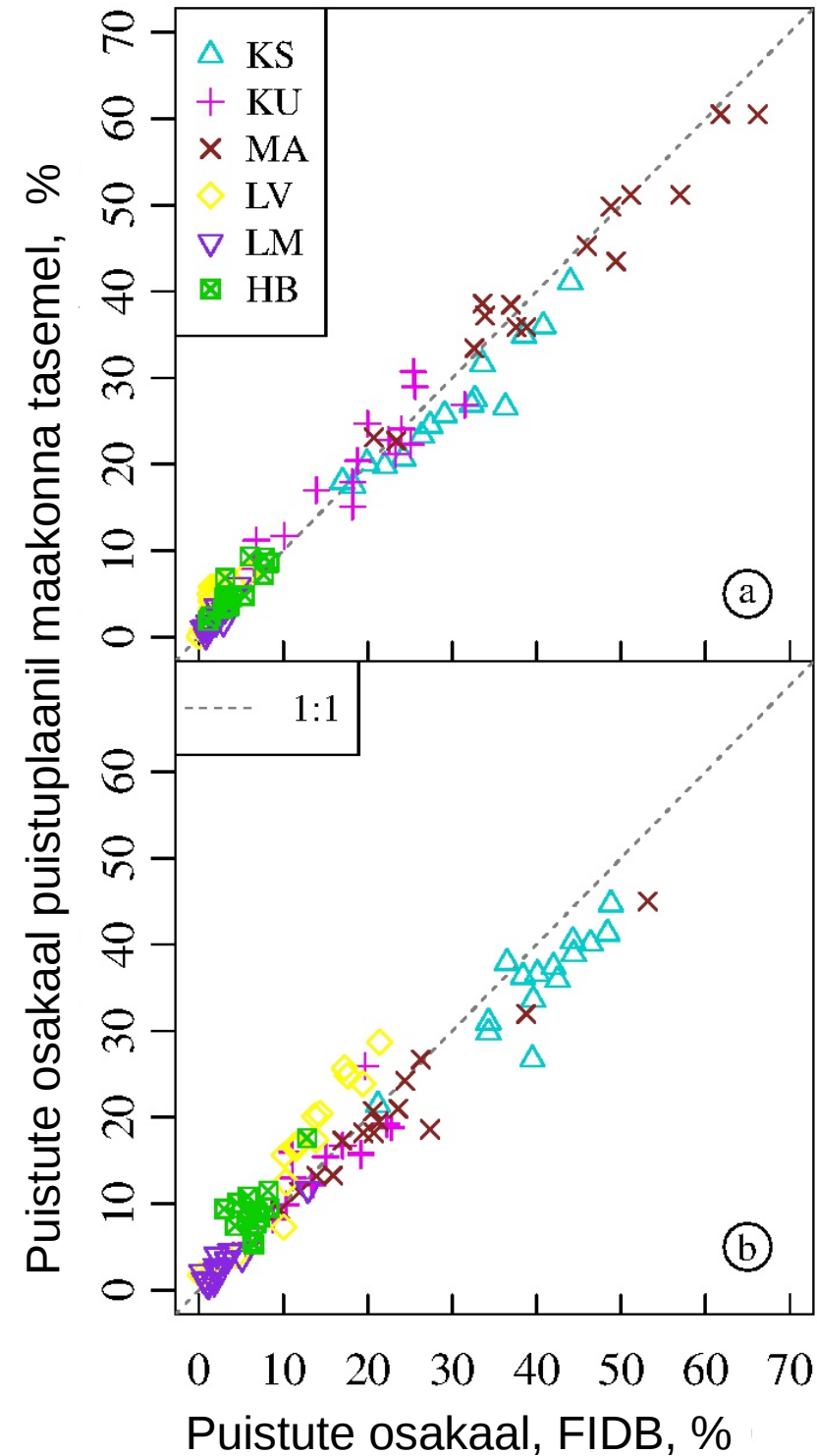


Korraldatud puistute pindala enamuspuliigi järgi maakonniti

Võrdlusandmed aastaraamatust Mets (Raudsaar jt., 2017) - FIDB. Pikslite selekteerimine toimus metsaregistri andmebaasi järgi.

Riigimetsades (a) (862136 ha) $R^2=0.98$
Erametsades (b) (803525 ha) $R^2=0.93$.

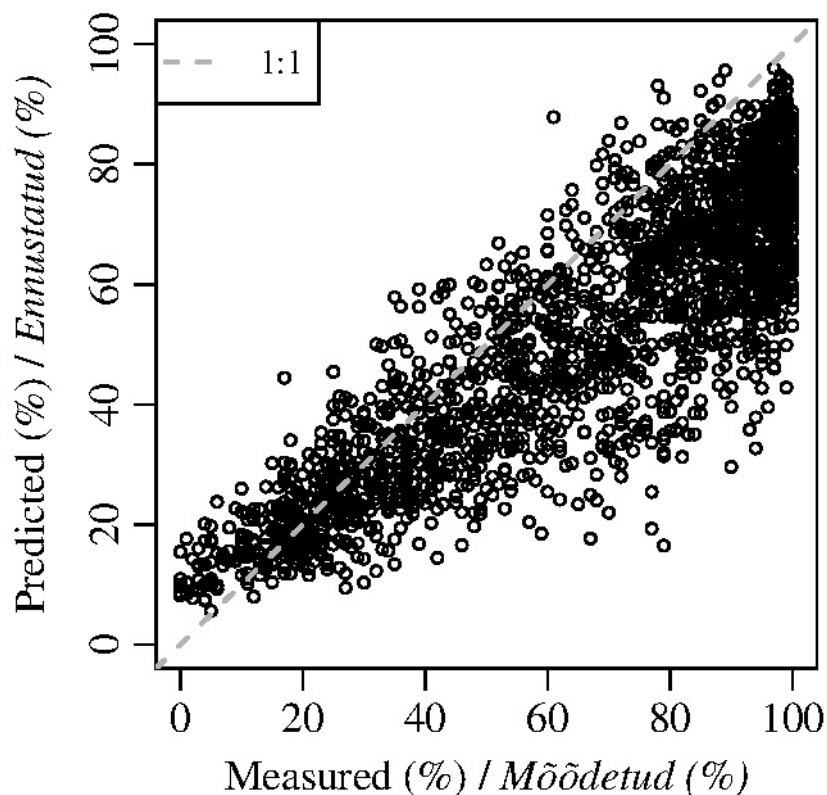
Puistuplaanil kajastub ka riigi- ja erametsade puistute liigilise koosseisu süstemaatiline erinevus.



Harvester mõõtmised puistutes

RMK andmebaasist

Okaspuude osakaal puistutes

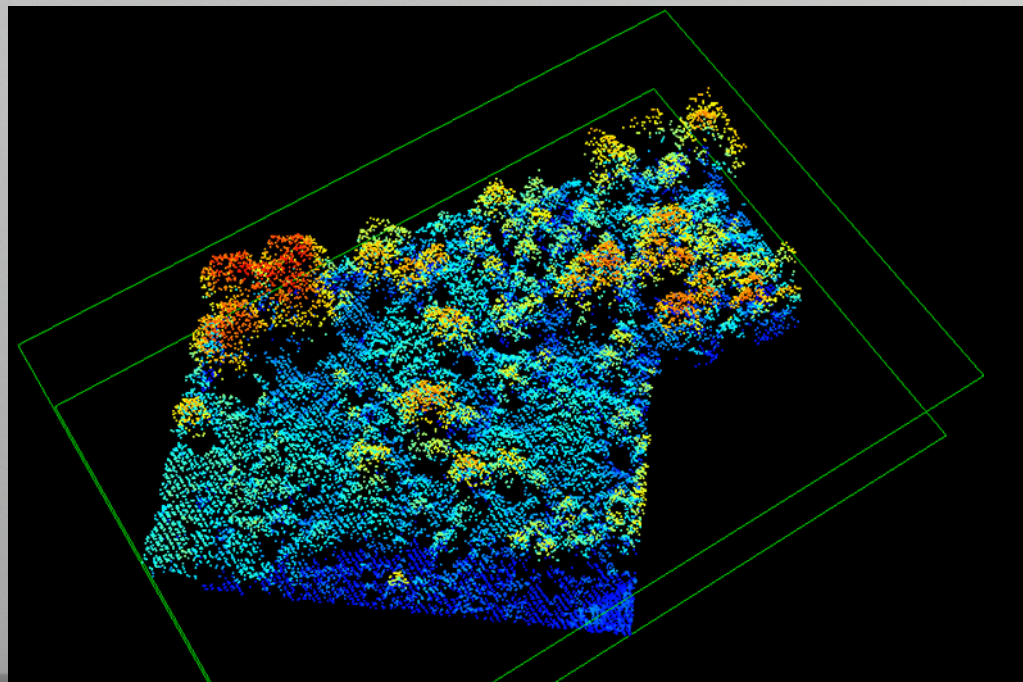
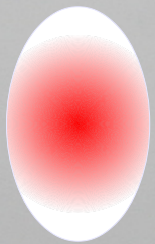


Kooseisu osakaalude (w) võrdlus

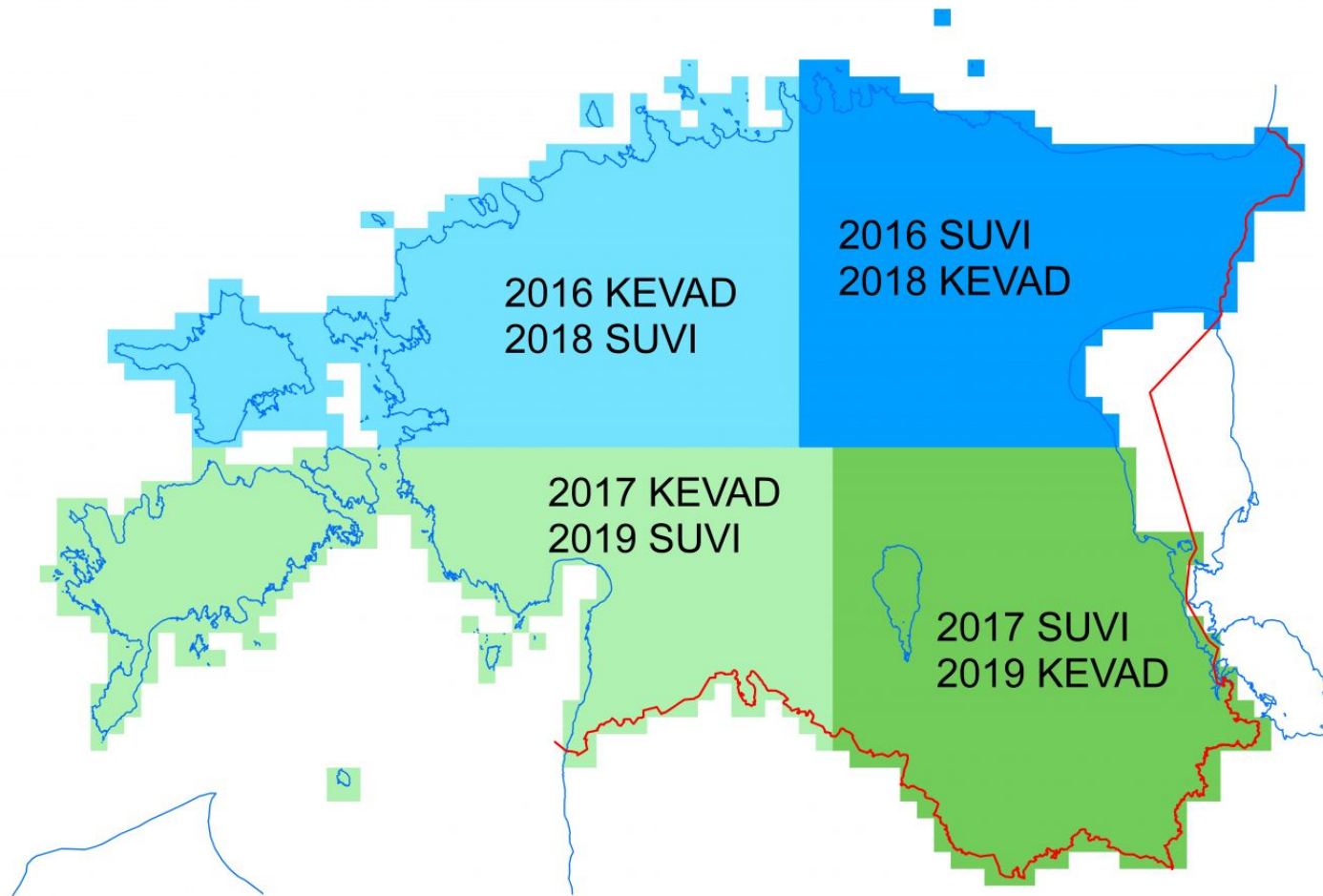
Species <i>Puuliik</i>	Harvester / <i>Harvester</i>		Stand map / <i>Puistuplaan</i>		Linear model / <i>Lineaarseose</i> <i>parameetrid</i>		
	Mean	S_e	Mean	S_e	a	b	R_2
KS	19.8	0.4	15.8	0.2	9.5	0.32	0.55
KU	37.7	0.5	24.7	0.3	12.0	0.34	0.44
MA	28.7	0.7	27.7	0.4	13.1	0.51	0.72
LV	0.0	0.0	5.6	0.1	5.6	2.72	0.01
LM	0.3	0.0	7.1	0.1	6.7	1.31	0.12
HB	8.9	0.3	10.3	0.1	8.2	0.24	0.42
SA	0.0	0.0	3.9	0.1	3.9	4.13	0.00
KX	4.6	0.1	4.8	0.1	3.8	0.21	0.20

$$w_{\text{puistuplaan}} = a + bw_{\text{harvester}}$$

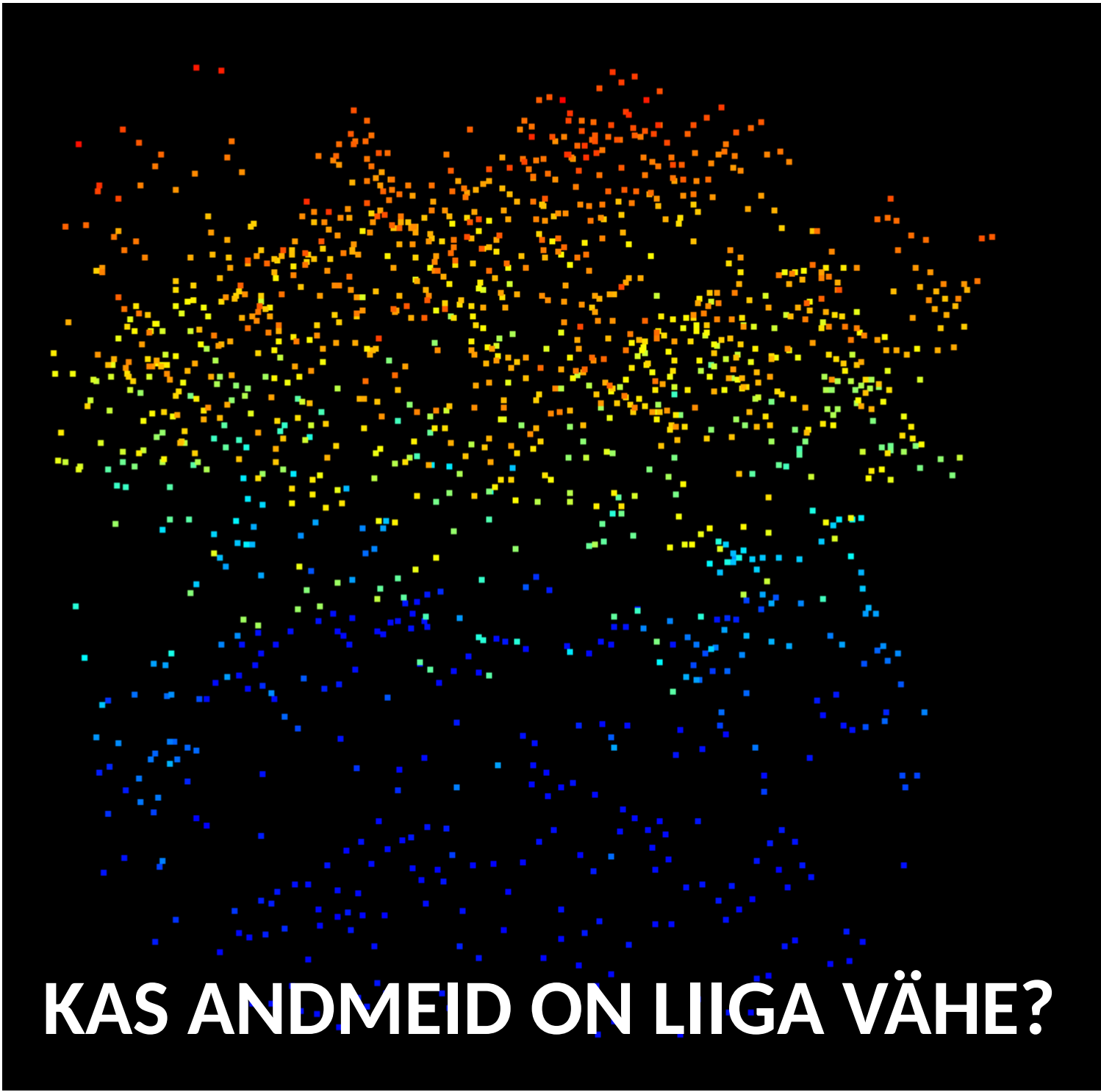
Muutuste tuvastamine metsade korduva laserskaneerimise andmetest



Maa-ameti uuendatud lennuplaan



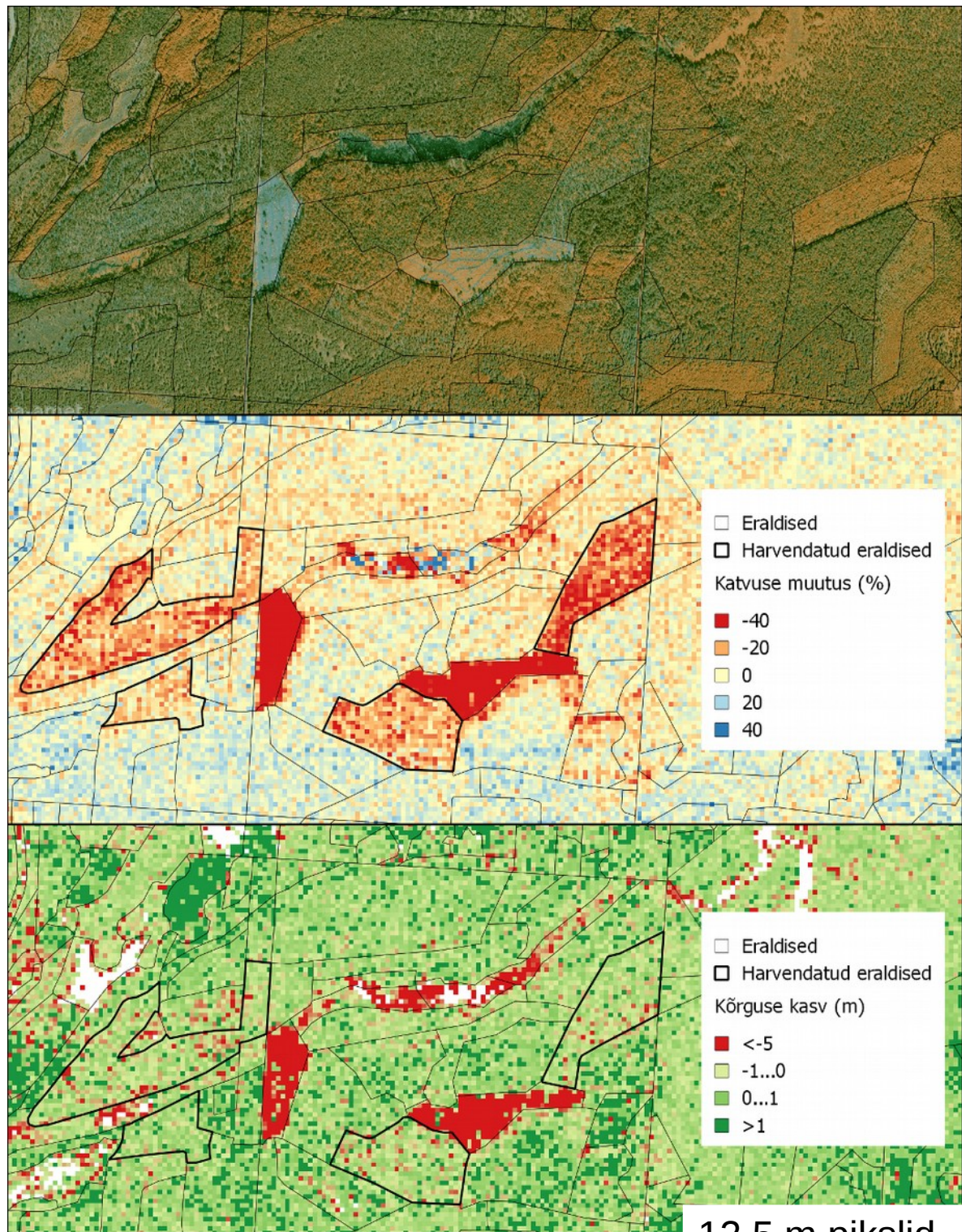
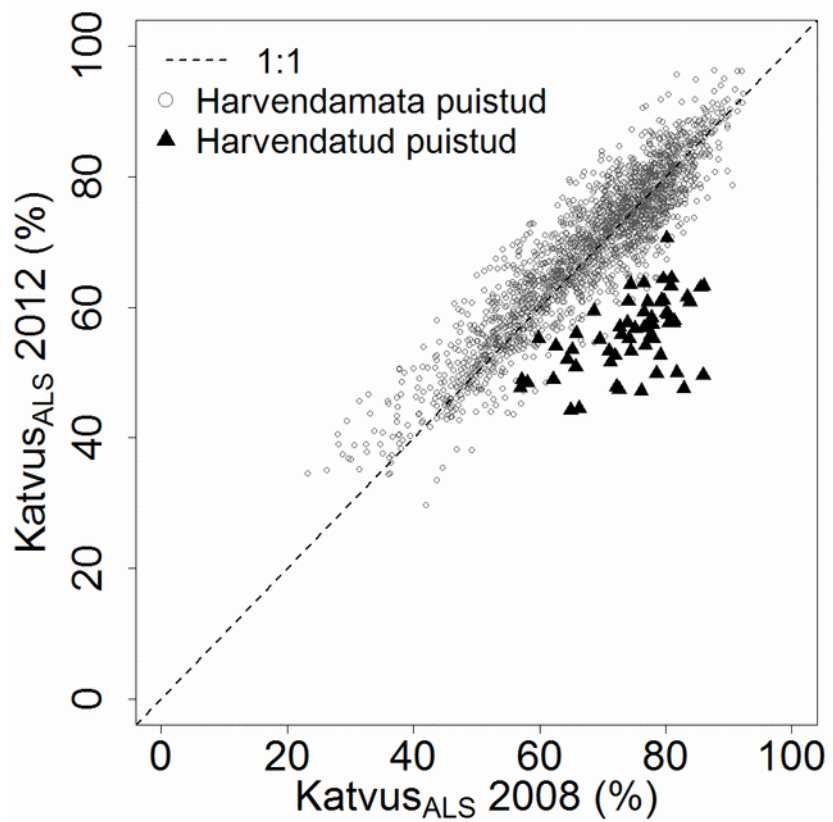
Kahe aastase vahega skaneeritakse sama ala, kuid ainult suviste andmete kasutamisel jääb andmete kogumise tsükkel nelja aasta peale.



KAS ANDMEID ON LIIGA VÄHE?



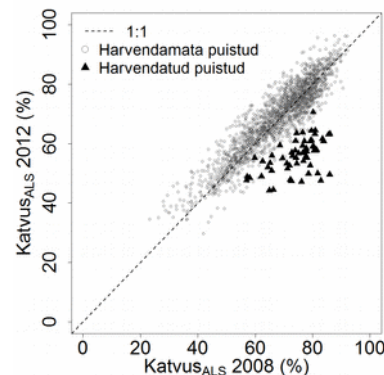
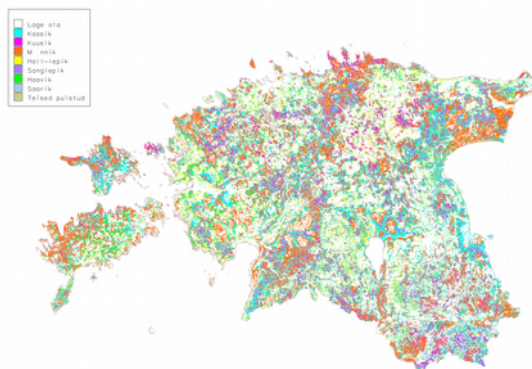
VÕI ANDMEID ON LIIGA PALJU?



12,5 m pikslid

Kokkuvõte

- Puistuplaan koosneb 25 m ruumilahutusega TIFF failidest suurusega (160 MB). Iga fail esitab ühe puuliigi osakaalu. Andmebaasis on lisakiht, mis annab kohe enamuspüüliigi.
- Harvendusraied on tuvastatavad hõreda laserskaneerimise andmetest.



Viited ja lisalugemist

ARM. 2017. Aastaraamat Mets 2016. Keskkonnaagentuur.

Gustafsson, L.; Baker, S.; Bauhus, J.; Beese, W.; Brodie, A.; Kouki, J.; Lindenmayer, D.B.; Lõhmus, A.; Martínez Pastur, G.; Messier, C.; Neyland, M.; Palik, B.; Sverdrup-Thygeson, A.; Volney, J.; Wayne, A.; Franklin, J.F. (2012). Retention forestry to maintain multifunctional forests: a world perspective. *BioScience*, 62 (7), 633–645, 10.1525/bio.2012.62.7.6.

Kiviste, A., Hordo, M., Kangur, A., Kardakov, A., Laarmann, D., Lilleleht, A., Metslaid, S., Sims, A., Korjus, H. 2015. Monitoring and modeling of forest ecosystems: the Estonian Network of Forest Research Plots. – *Forestry Studies | Metsanduslikud Uurimused* 62, 26–38.

Korjus, H., Põllumäe, P., Kiviste, A., Kangur, A., Laarmann, D., Sirgmets, R., Lang, M. 2017. Online streaming public participation in forest management planning. – *Forestry Studies | Metsanduslikud Uurimused* 66, 5–13.

Raudsaar, M., Sims, A., Timmusk, T., Pärt, E., Nikopensius, M. 2017. Forest resources. – M. Raudsaar, K-L. Siimon, M. Valgepea (eds.). *Yearbook forest 2016*. 18–81.

Lang, M., Kaha, M., Laarmann, D., Sims, A. 2018. Construction of tree species composition map of Estonia using multispectral satellite images, soil map and a random forest algorithm. Käsikiri saadetud avaldamiseks ajakirja *Metsanduslikud Uurimused*.

Tänuavaldused

Puistuplaani koostamist toetas Riigimetsa Majandamise Keskus.