



PUUSTODYNAMIIKKA ENNALLISTETUILLA AIDOILLA PUUSTOISILLA SOILLA

Otto Liutu, Helsingin yliopisto



SISÄLTÖ

- Luonnontilaisen suon puustorakenne
 - Ojituksen vaikutus puustorakenteeseen
- Ennallistettujen soiden puusto
 - Katsaus tutkimustuloksiini
 - Elävän ja kuolleen puun määrä
 - Puiden kuolemiseen vaikuttavat seikat
 - Laholuokkien jakautuminen
- Yhteenveto

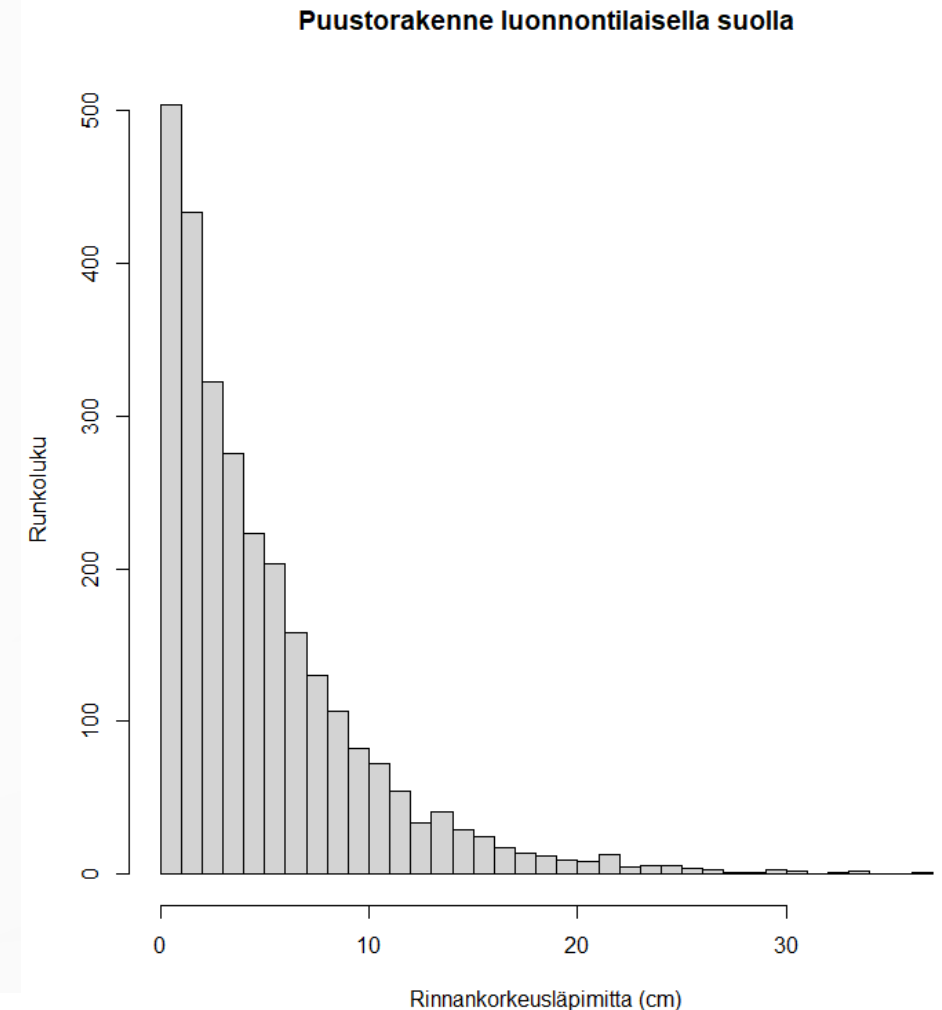


Kuva: Otto Liutu



LUONNONTILAISEN SUON PUUSTORAKENNE

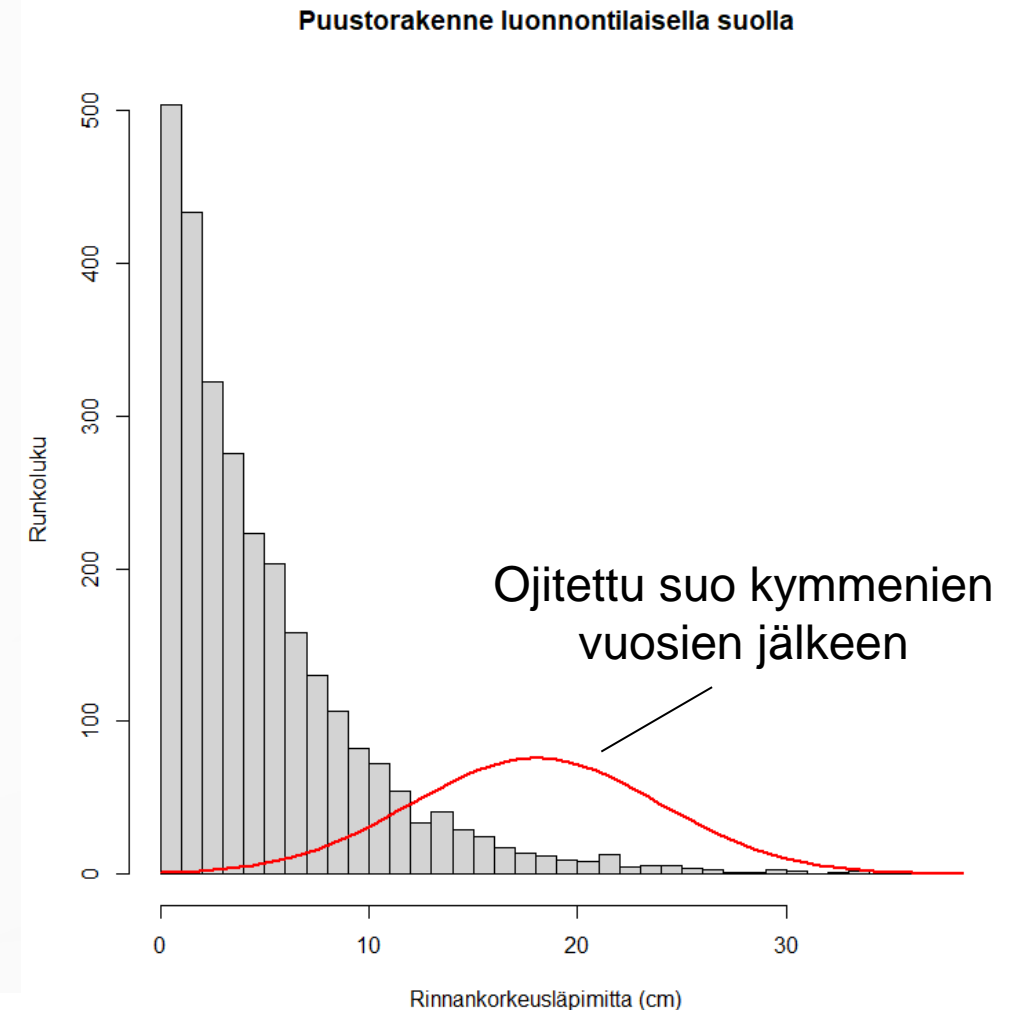
- Puiden kasvumahdollisuudet riippuvat paljon suon mikrotopografiasta (Päivänen 2007)
 - Mätäs ja välipintavaihtelu
- Soilla on hyvät olosuhteet puiden taimettumiselle (Päivänen 2007)
 - Kosteä rahkasammalpohja
 - Taimet saavat valoa aukkoisessa latvustossa
- Seurauksena paljon pieniä taimia, joista vain osa kasvaa isoksi
- Läpimittajakauma muistuttaa käänteistä J-käyrää





OJITUKSEN VAIKUTUS PUUSTOON

- Ojitus vähentää mikrotopografian merkitystä
 - Kasvumahdollisuudet tasaantuvat
 - Useampi puu voi kasvaa isoksi
- Latvuston umpeutuu ja rahkasammalpeite pienenee
 - Taimettuminen vähenee
- Ojituksesta hyötyvät eniten pienemmät, nuoremmat ja elinvoimaisemmat puut (Seppälä 1969; Sarkkola ym. 2003)
- Läpimittajakauma alkaa lähestyä normaalijakaumaa
 - Muistuttaa luonnontilaisen kivennäismaan metsän puustorakennetta (Päivänen 2007)



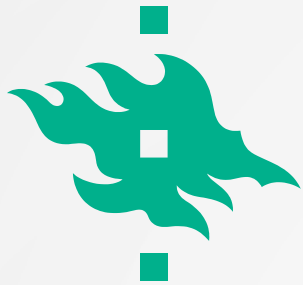


ENNALLISTETTUJEN SOIDEN PUUSTO

- Tein puustomittauksia ennallistetuilla soilla vuosina 2022-2023
- Tarkoitus selvittää ennallistamisen vaikutuksia puustoon ja puuston hiilivarastoon
 - Osa RESPEAT-projektia (PI Kari Minkkinen)
- Gradu valmistui keväällä 2023
 - Lisämittauksia syksyllä karummista suotyypeistä
- Tutkimuskysymyksiä:
 1. Kuinka suuri osa puustosta on kuollut ennallistamisalueilla?
 2. Mikä vaikuttaa puiden kuolleisuuteen (kasvupaikka, puulaji...)?



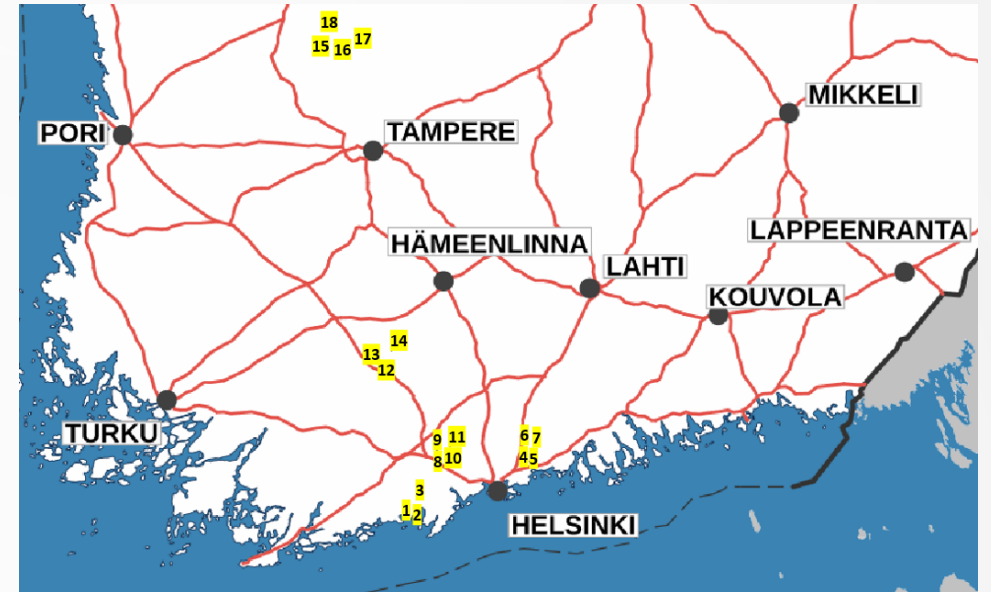
Kuva: Otto Liutu



MITATTAVAT SUOT

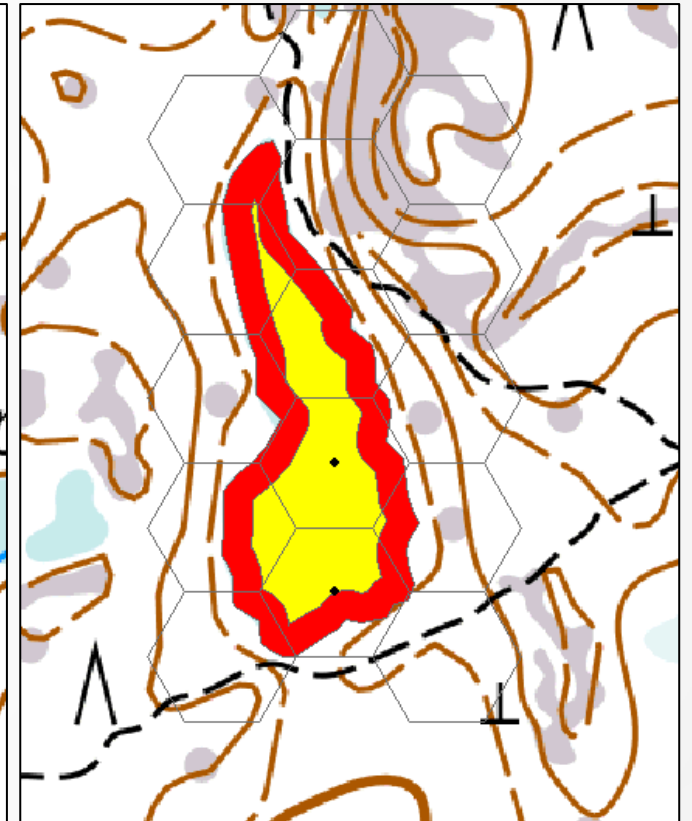
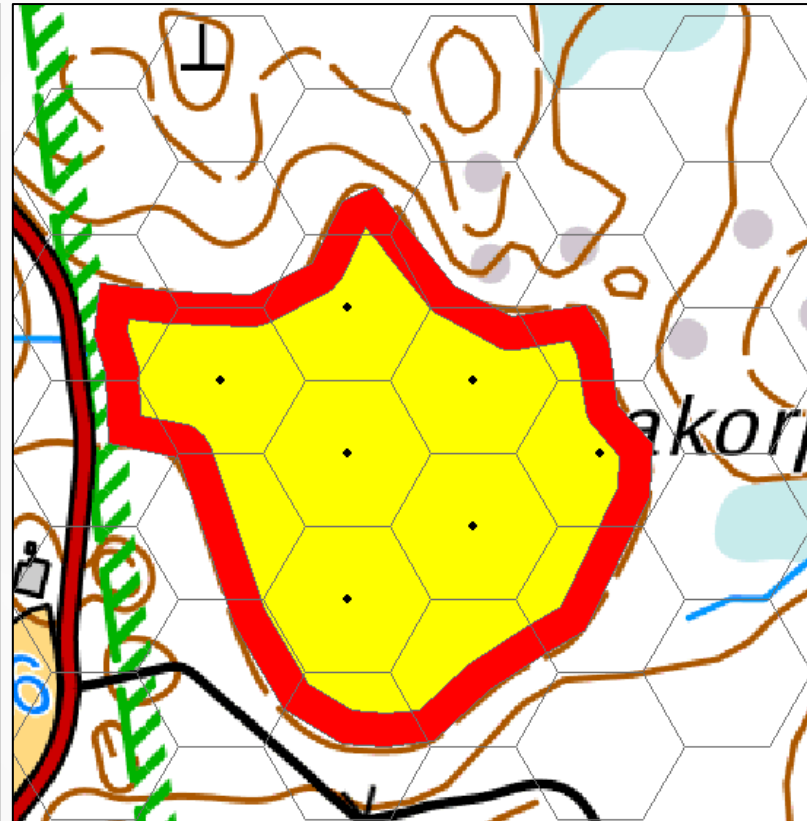
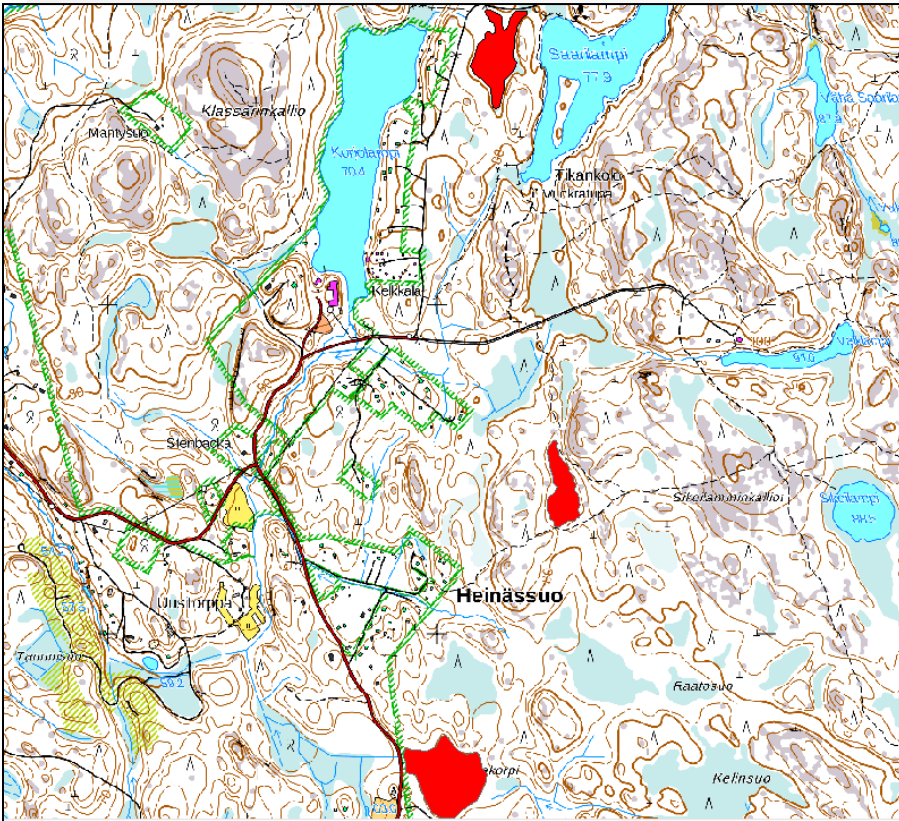
- 76 koealaa, 18 eri suolla
- Suot pääasiassa Etelä-Suomessa

ID	Alue	Suojelualue	Kuvion nimi	ETRS-TM35FIN	Ravinteisuus	Pinta-ala (ha)	Koealat	Koealat/ha	Ennallistettu
1	ES	Sipoonkorpi	Rikärr1	400328, 6684946	Mtkg-Rhtkg	2,10	3	1,43	2011
2	ES	Sipoonkorpi	Rikärr2	400093, 6684763	Mtkg-Rhtkg	0,67	2	2,97	2011
3	ES	Sipoonkorpi	Grankulla	399008, 6685736	Ptkg	2,02	4	1,98	2020
4	ES	Sipoonkorpi	Byträsk	402822, 6686416	Vatkg	1,10	2	1,82	2020
5	ES	Nuukio	Mustakorpi12	359037, 6687491	Mtkg-Rhtkg	3,92	7	1,79	2001
6	ES	Nuukio	Heinässuo	359399, 6688414	Mtkg-Rhtkg	1,57	2	1,27	2001
7	ES	Nuukio	Saarilaminsuo123	359149, 6689766	Ptkg-Mtkg	2,34	4	1,71	2005
8	ES	Nuukio	Suolikas	364981, 6691374	Ptkg	1,50	3	2,00	2020
9	ES	Metso	Pickala1	349498, 6661740	Rhtkg	1,88	3	1,60	2017
10	ES	Metso	Pickala23	349046, 6661696	Mtkg-Rhtkg	1,76	3	1,70	2017
11	ES	Meiko	Talimossen	352603, 6671896	Vatkg-Ptkg	3,64	6	1,65	2009
12	ES	Liesjärvi	Tervalaminsuo123	334601, 6726291	Mtkg-Rhtkg	2,80	5	1,78	2002
13	ES	Liesjärvi	Tervalaminsuo4	334646, 6727814	Ptkg-Mtkg	1,61	3	1,86	2016
14	ES	Natura	Purinsuo	339180, 6733771	Vatkg-Mtkg	7,92	14	1,77	2007
15	KS	Seitseminen	Kortosalo2	311013, 6869002	Mtkg	1,97	3	1,52	1996
16	KS	Seitseminen	Soljanen1	314747, 6868896	Vatkg-Mtkg	4,93	8	1,62	1993
17	KS	Seitseminen	Soljanen2	315810, 6868960	Vatkg-Ptkg	1,07	2	1,87	1993
18	KS	Seitseminen	Isoneva	312590, 6874782	Vatkg-Ptkg	0,91	2	2,19	2002





KOEALOJEN SIJOITUS



- Soiden puustoinen osuus rajattiin kartalle ArcMapissa

- Suon reunoille asetettiin 15 m puskuri
- Päälle luotiin 3800 m² hexagoniruudukko
- Koealat sijoitettiin ruutujen keskelle

- Suon koko ja muoto vaikuttavat koealojen määrään



MITTAUKSET - PYSTYPUUT

- Koealat ympyräkoealoja ($r = 9 \text{ m}$)
 - Määritettiin koealan suotyypin
- Koealalta luettiin kaikki elävät ja kuolleet pystypuut
 - $H \geq 1.3 \text{ m}$ ja $d_{13} \geq 7 \text{ cm}$
 - Joka puulta määritettiin puulaji, terveydentila ja d_{13}
- Kaikilta kuolleilta puilta määritettiin pituus ja laholuokka (VM11)
- Joka toiselta elävältä puulta mitattiin pituus
- Lisäksi määritettiin 5 metrin ympyräkoealalta elävän alikasvoksen runkoluku (puut joiden $d_{13} \leq 7 \text{ cm}$)
 - Alikasvokselle arvioitiin keskimääräinen rinnankorkeusläpimitta ja pituus keskipuun avulla



Kuva: Oona Keskisaari



MITTAUKSET - MAAPUUT

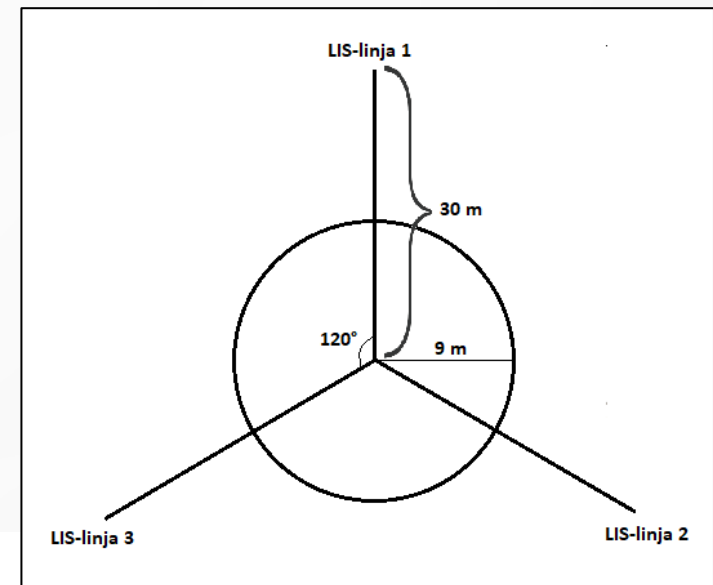
- Koealan keskipisteestä vedettiin kolme 30 m linjaa
 - 120° asteen välit
 - 1. suunta arvottiin
- Linjan leikkaavilta maapuilta määritettiin:
 - Puulaji
 - Laholuokka (VMI11)
 - Läpimitta leikkauskohdassa ($d \geq 7$ cm)
- Jos linja ylitti suon rajat, käännyttiin takaisin ja luettiin samat puut kunnes 30 m täyttyi
- Maapuiden hehtaarikohtainen tilavuus yhtälöllä (van Wagner 1968):

$$V = \frac{\pi^2 \sum d^2}{8L}$$

d = läpimitta
 L = linjan pituus



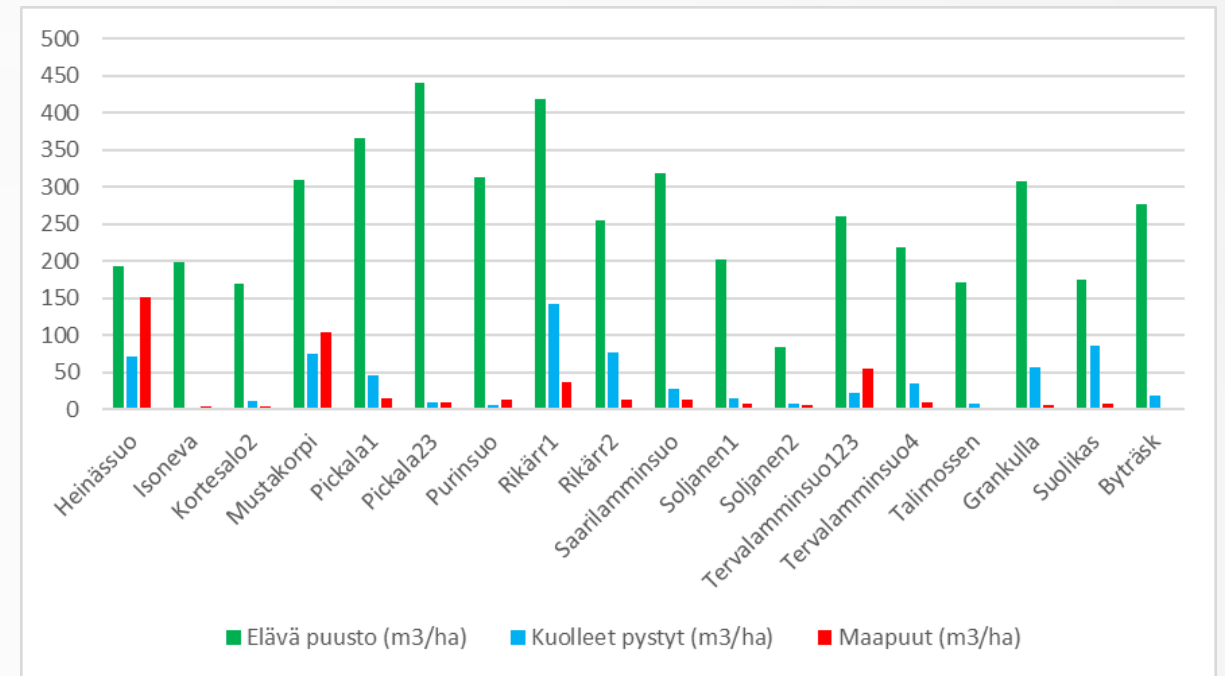
Kuva: Oona Keskisaari





TULOKSET

- Suokuvioiden välillä paljon vaihtelua
- Elävää puustoa kuollutta enemmän

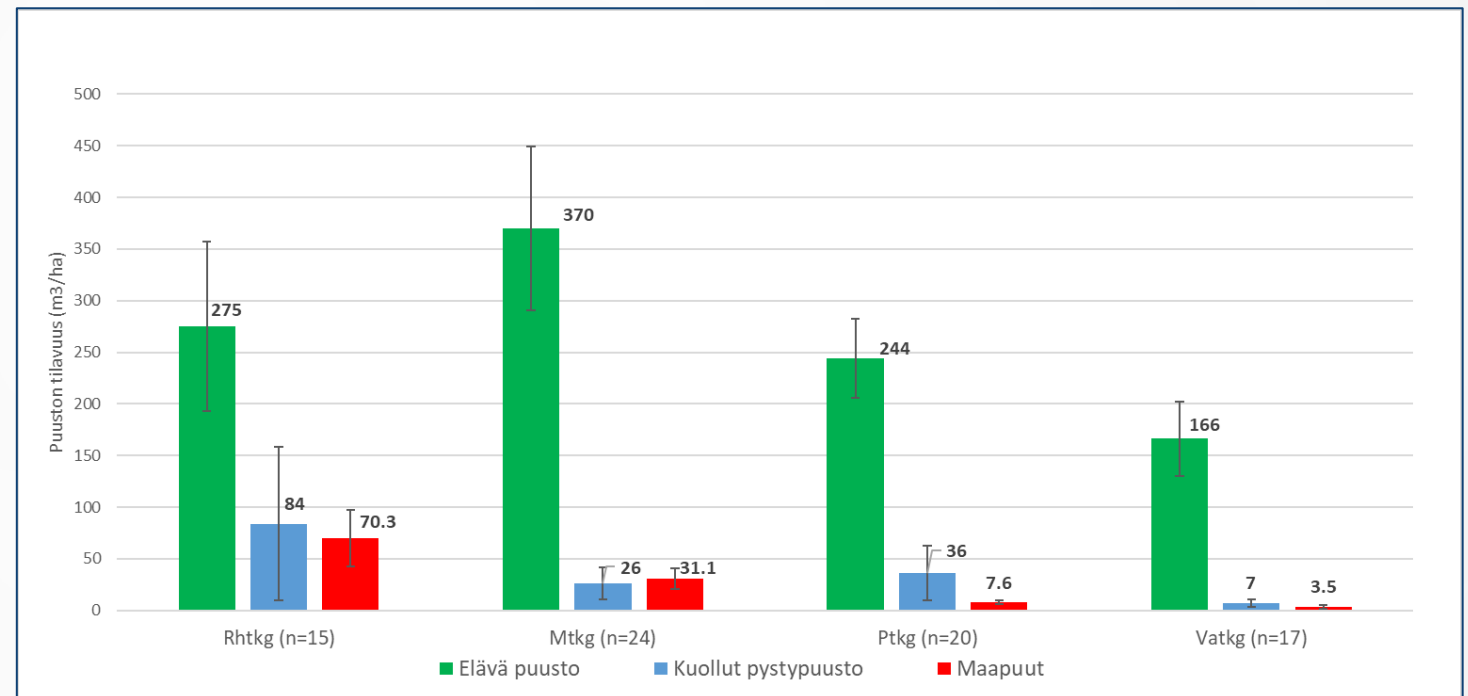


	Puulaji	Yhteensä	Elävä	Kuollut	Lahoaste 1	Lahoaste 2	Lahoaste 3	Lahoaste 4	Lahoaste 5
Pystypuut (kpl)	Mänty	707	569	138	95	25	13	3	-
	Kuusi	782	643	139	106	18	7	5	-
	Koivu	314	362	52	31	8	7	4	-
	Tervaleppä	75	65	10	6	2	1	1	-
	Muu	2	1	1	1	-	-	-	-
	Yhteensä	1980	1640	340	239	53	28	13	-
Maapuut (kpl)	Mänty	119	0	80	25	33	46	12	3
	Kuusi	340	0	329	62	80	101	50	47
	Koivu	70	0	57	18	12	15	12	13
	Tervaleppä	22	0	22	0	12	4	5	1
	Yhteensä	488	0	488	105	137	166	79	64



TULOKSET - KASVUPAIKAT

- Koealojen suotyypit → turvekankaiksi:
 - Rhtkg: 15 kpl
 - Mtkg: 24 kpl
 - Ptkg: 20 kpl
 - Vatkg: 17 kpl
- Kuolleilla pystypuilla isot vaihteluvälit
 - Puiden kuoleminen paikallisesti vaihtelevaa



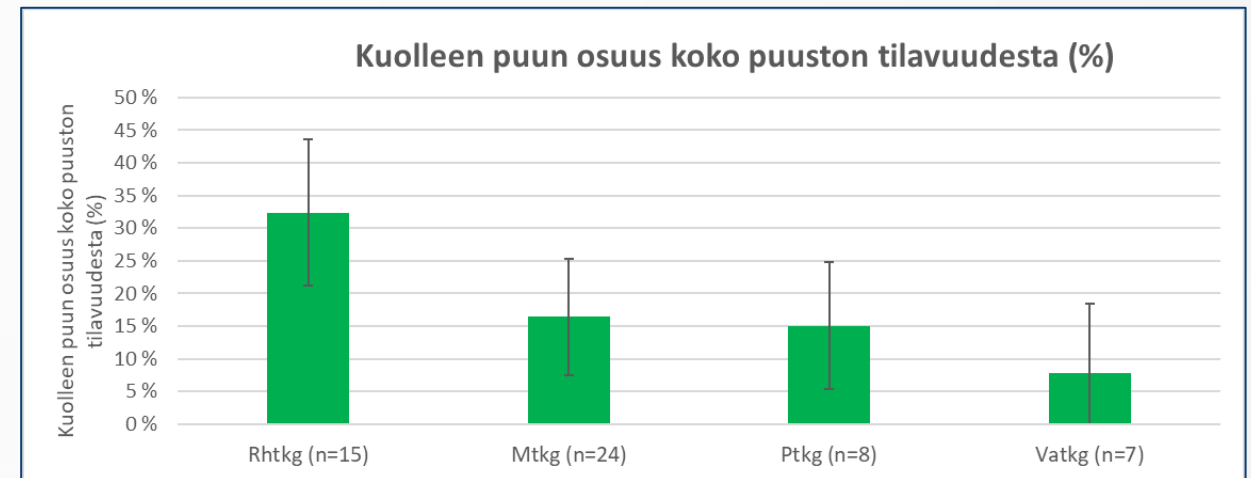
Puuston keskitilavuus ja 95 % luottamusvälit turvepaikkatyypeittäin.



KUOLLEEN PUUN OSUUS TURVEKANGASTYYPEITTÄIN

- Kuolleen puun osuutta mallinnettiin lineaarisella sekamallilla:
 - Vastemuuttujana koealan kuolleen puun osuus tilavuudesta
 - Kiinteänä faktorina koealan turvekangastyyppi
 - Satunnaismuuttujana ennallistamiskuvio
- Ruohoturvekankaat ja varputurvekankaat erottuivat selvästi
- Iso hajonta
- Ajalla ennallistamisesta ei vaikuttanut olevan vaikutusta malliin

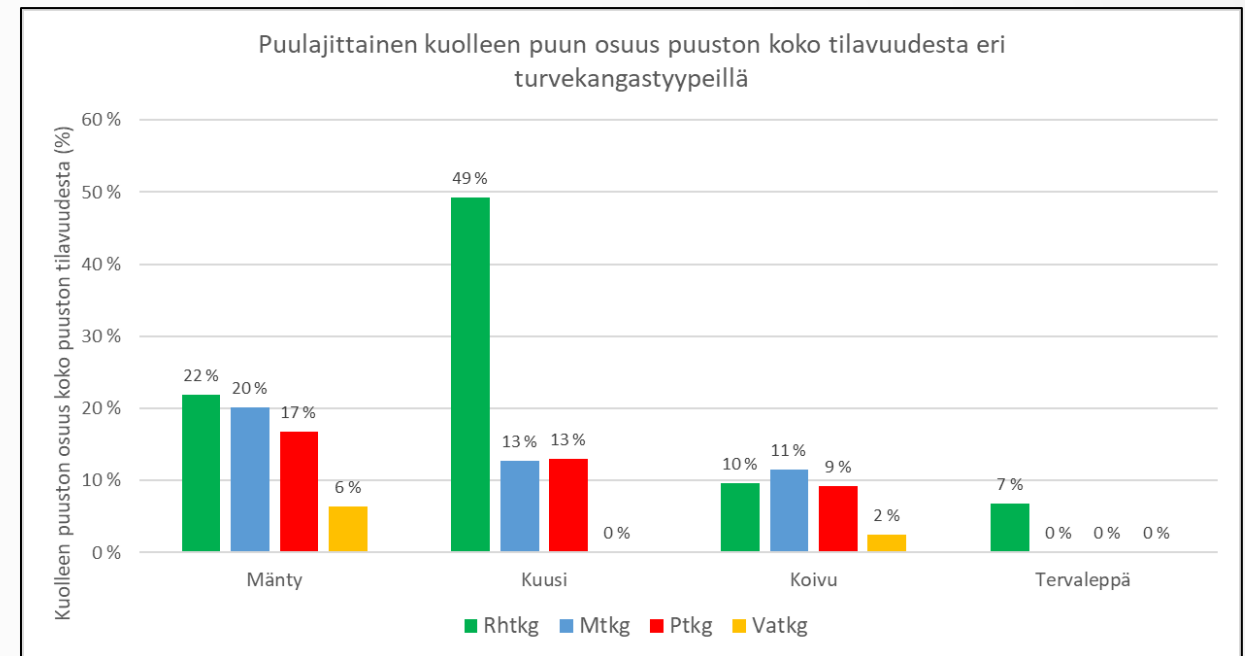
Parametri	Estimaatti	Keskivirhe	p-arvo	95 % luottamusväli	
				Alaraja	Yläraja
Rhtkg	0,323	0,055	<,001	0,211	0,435
Mtkg	0,164	0,044	<,001	0,075	0,253
Ptkg	0,151	0,048	0,04	0,053	0,248
Vatkg	0,078	0,052	0,148	-0,029	0,185

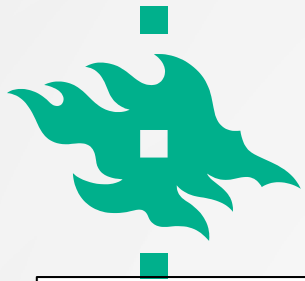




PUULAJIT TURVEKANGASTYYPEILLÄ

- Kuusen tilavuudesta kuollutta lähes puolet ruohoturvekankailla
- Männyllä kuolleen puun osuus kasvaa ravinteisuuden mukaan
 - Karuilla soilla tosin huomattavasti enemmän mäntyä ylipäätään
- Koivulla kuolleen puun osuus tasainen





TULOKSET – PYSTYPUUSTON KOKO

		Rhtkg (n=15)	Mtkg (n=24)	Ptkg (n=20)	Vatkg (n=17)	Kaikki (n=76)
Mänty	Elävät D13 (cm)	26,0 (n=19)	26,7 (n=42)	22,9 (n=208)	17,8 (n=299)	20,6 (n=568)
	Pystyynkuolleet D13 (cm)	22,2 (n=7)	18,3 (n=19)	16,3 (n=70)	11,8 (n=42)	15,5 (n=138)
	D13 keskiarvo (cm)	25,0 (n=26)	24,1 (n=61)	21,2 (n=278)	17,0 (n=342)	19,6 (n=707)
Kuusi	Elävät D13 (cm)	18,0 (n=149)	20,4 (n=333)	13,2 (n=155)	21,9 (n=8)	18,1 (n=643)
	Pystyynkuolleet D13 (cm)	21,8 (n=63)	15,4 (n=49)	12,0 (n=27)	-	17,6 (n=139)
	D13 keskiarvo (cm)	19,1 (n=212)	19,7 (n=382)	13,0 (n=180)	21,9 (n=8)	18,0 (n=782)
Koivu	Elävät D13 (cm)	18,1 (n=77)	16,2 (n=120)	12,0 (n=151)	11,5 (n=14)	14,6 (n=362)
	Pystyynkuolleet D13 (cm)	13,0 (n=15)	14,3 (n=19)	10,6 (n=17)	7,9 (n=1)	12,6 (n=52)
	D13 keskiarvo (cm)	17,3 (n=92)	15,9 (n=139)	11,9 (n=168)	11,2 (n=15)	14,4 (n=414)
Tervaleppä	Elävät D13 (cm)	16,0 (n=64)	30,4 (n=1)	-	-	16,3 (n=65)
	Pystyynkuolleet D13 (cm)	8,54 (n=10)	-	-	-	8,5 (n=10)
	D13 keskiarvo (cm)	15,0 (n=74)	30,4 (n=1)	-	-	15,2 (n=75)
Kaikki puut	Elävät D13 (cm)	18,1 (n=309)	19,9 (n=496)	16,8 (n=512)	17,6 (n=321)	18,4 (n=1639)
	Pystyynkuolleet D13 (cm)	19,0 (n=95)	15,7 (n=87)	14,4 (n=114)	11,7 (n=43)	16,4 (n=340)
	D13 keskiarvo (cm)	18,3 (n=404)	19,3 (n=585)	16,4 (n=626)	16,8 (n=365)	18,1 (n=1979)

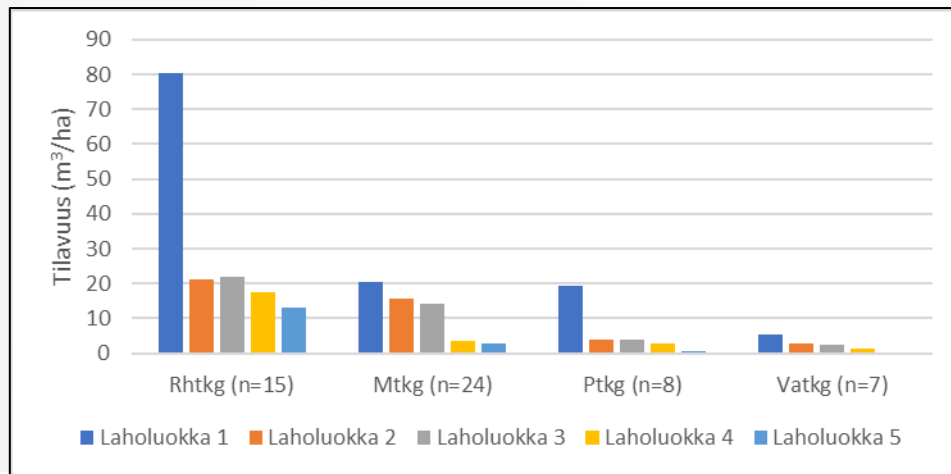
- Kuolleet pystypuut pääasiassa eläviä pienempiä
- Kuolleet kuuset ruohoturvekankailla huomattavasti eläviä suurempia



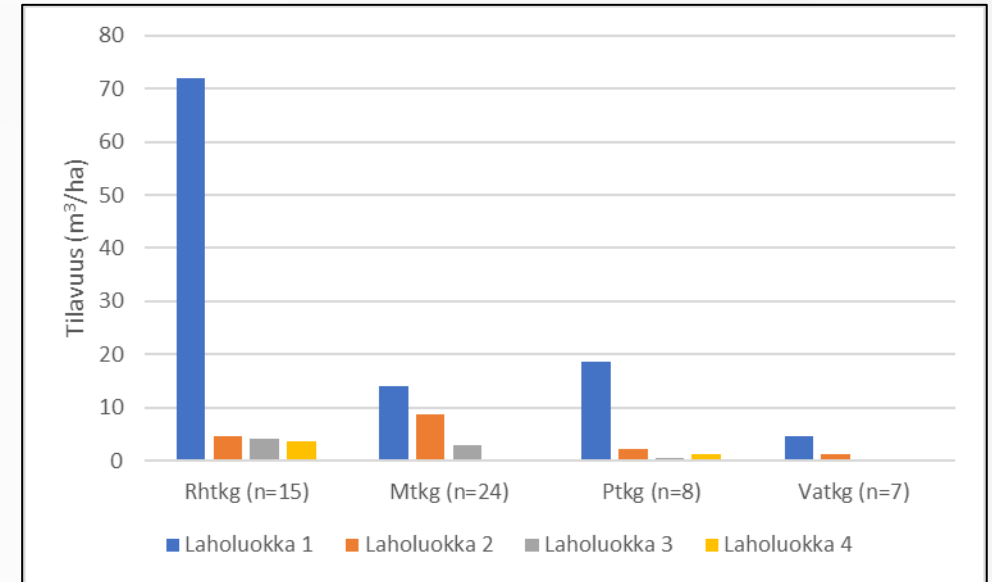
LAHOLUOKAT

- Pystypuiden laholuokat painottuneet luokkiin 1 ja 2
- Maapuiden laholuokat näyttävät muodostavan normaalijakauman

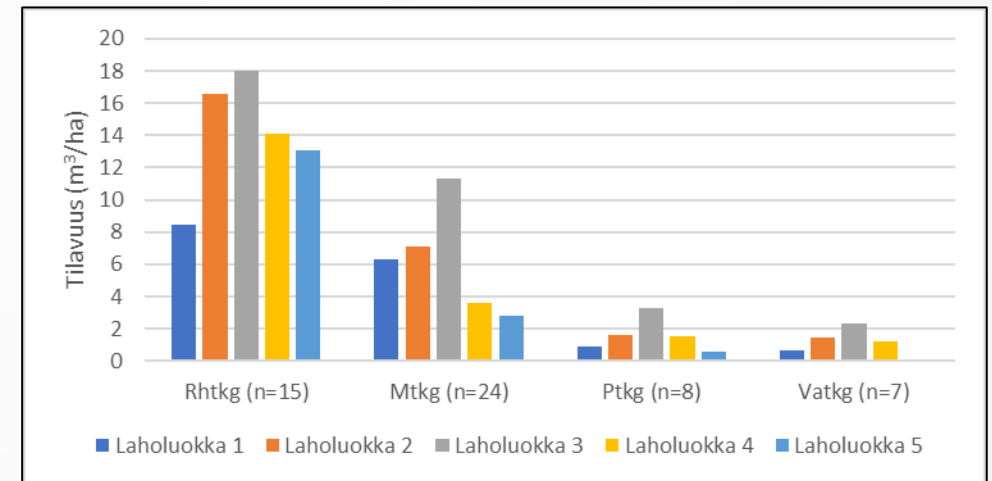
Yhteensä



Pystypuut



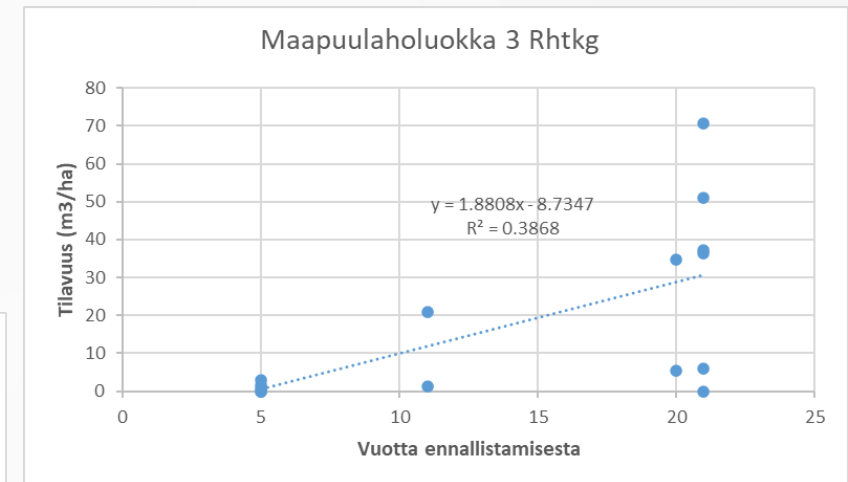
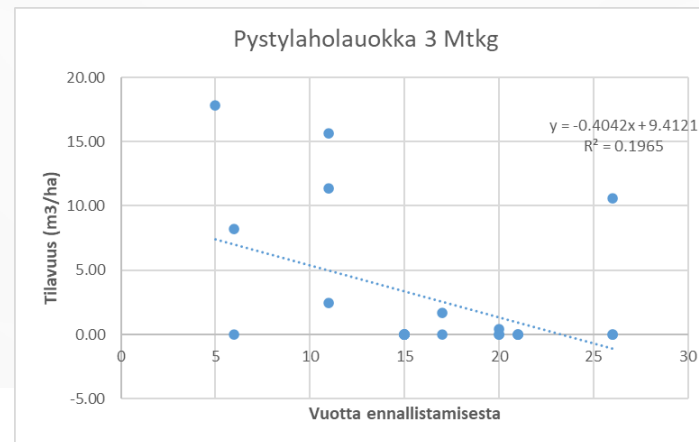
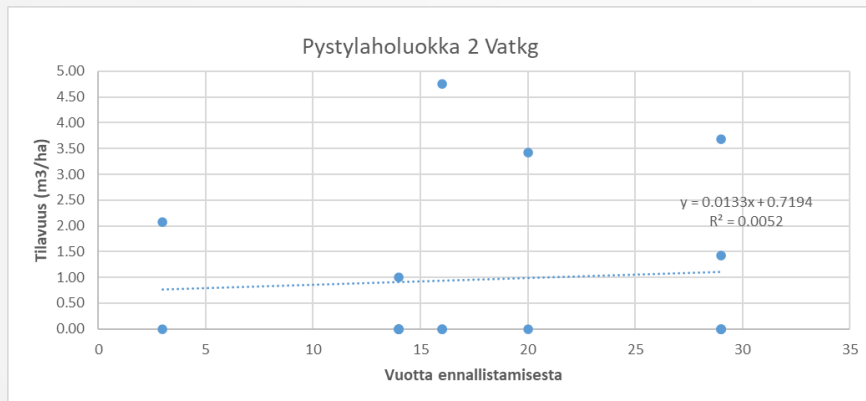
Maapuut

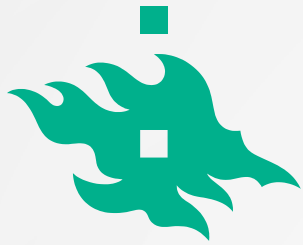




LAHOLUOKKIEN TARKASTELU AJASSA

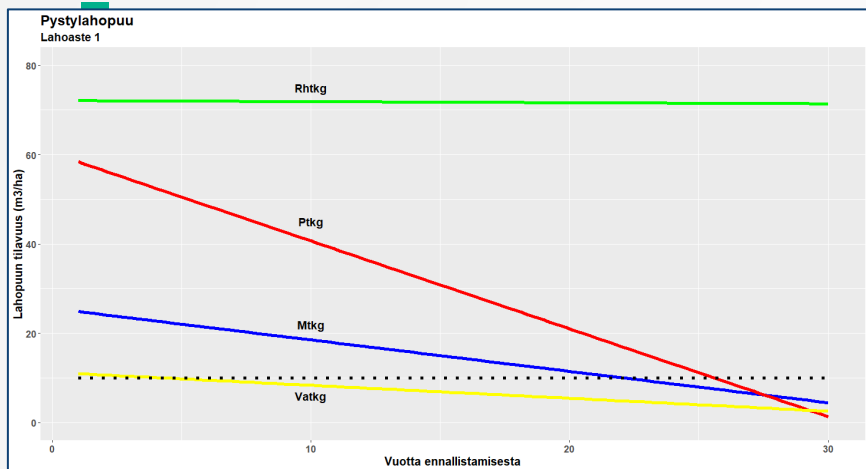
- Yleistyvätkö myöhemmät laholuokat ennallistuksen ikääntyessä?
- Lahopuusta on liian vähän dataa johtopäätösten vetämiseksi
 - Voimme kuitenkin tarkastella kerättyä dataa ja katsoa vastaako se odotuksia



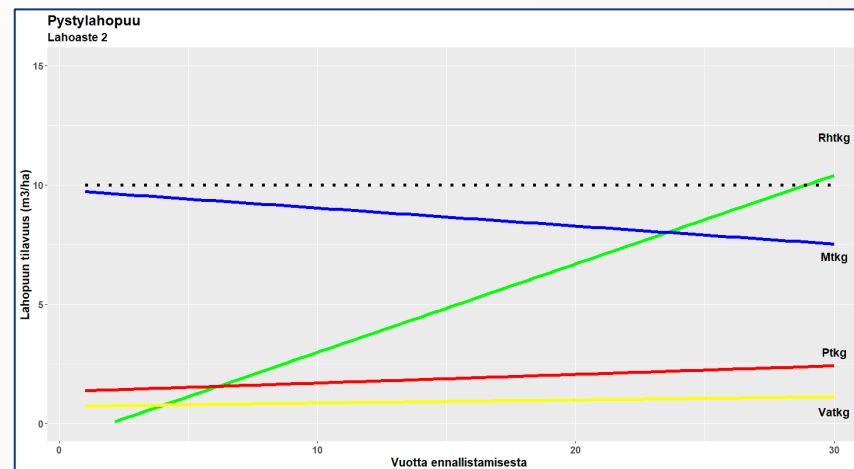


PYSTYLAHOPUU

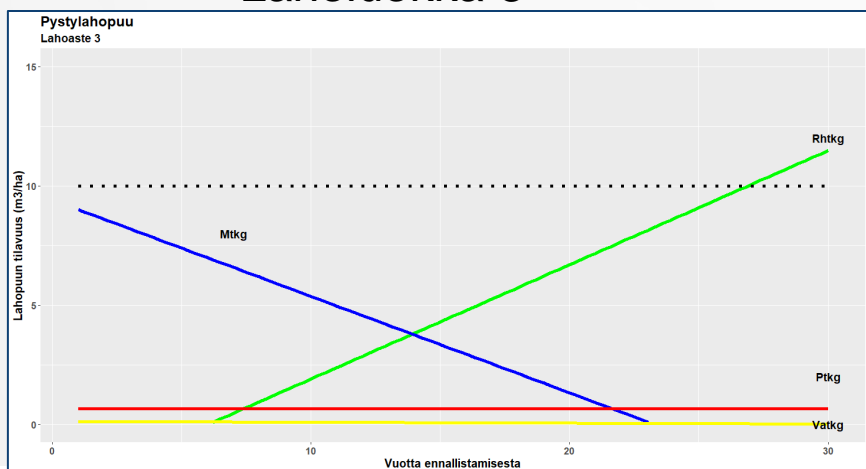
Laholuokka 1



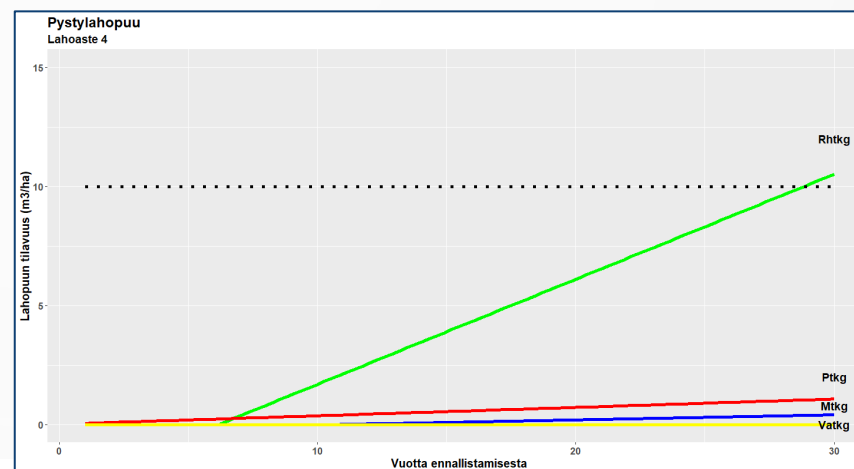
Laholuokka 2



Laholuokka 3



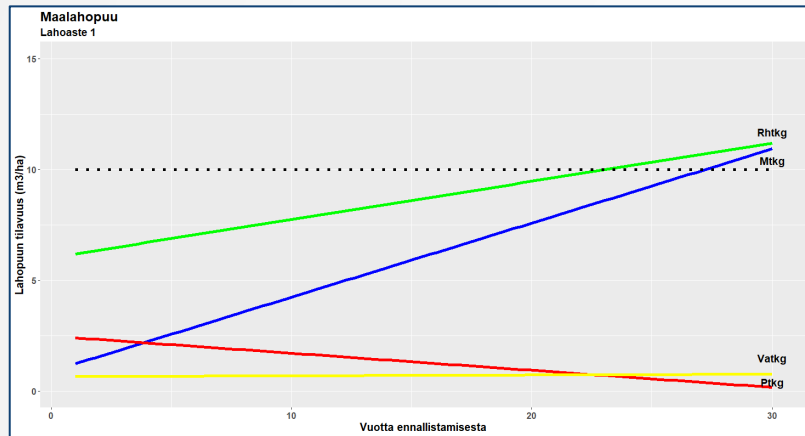
Laholuokka 4



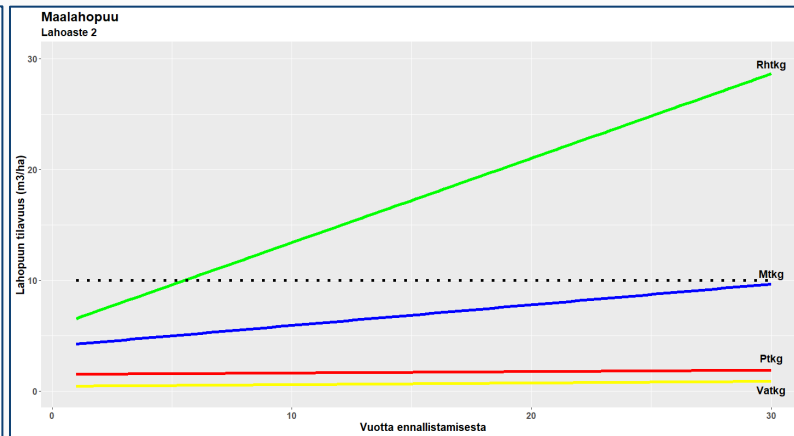


MAALAHOPUU

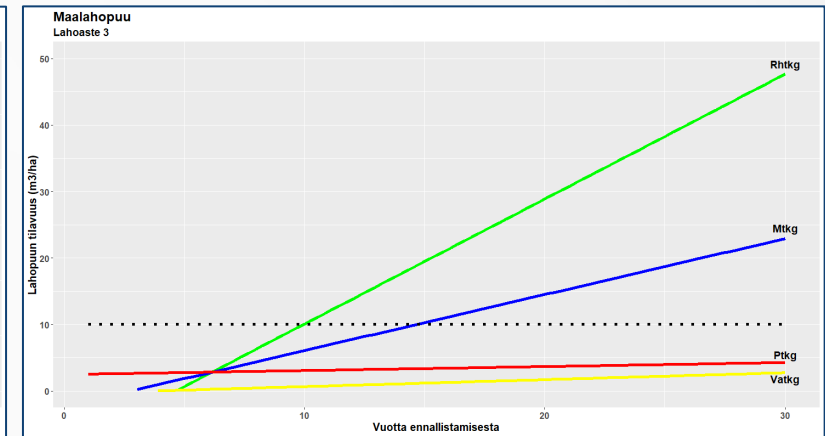
Laholuokka 1



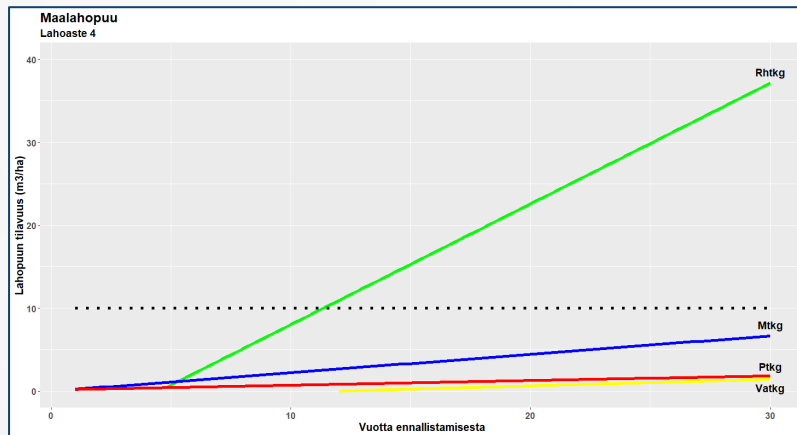
Laholuokka 2



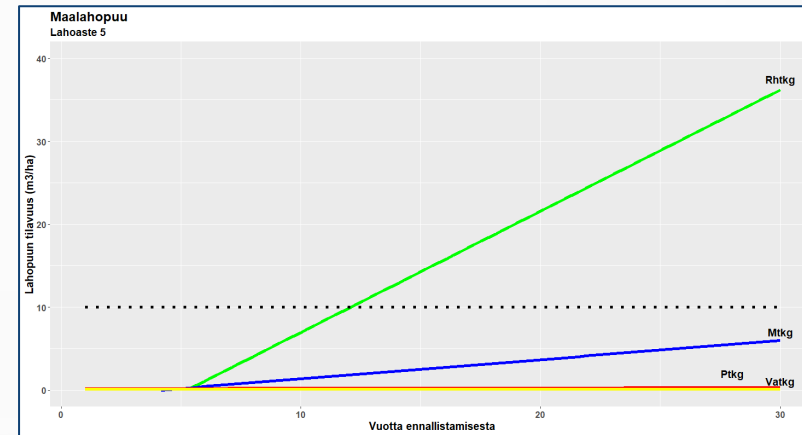
Laholuokka 3



Laholuokka 4



Laholuokka 5





HUOMIOITAVIA SEIKKOJA

- Koealarajauksesta huolimatta otantaan on voinut sisältyä sekatyypimäisiä suo-osuuksia
- Aineistossa isompi edustus pinta-alaltaan suurilla suokuvioilla
- Lahomääritys tehty puukolla yhdestä kohtaa runkoa – voi johtaa harhaan
- Laholuokkakuvaajat ovat lähinnä suuntaa antavia, data tarvittaisiin paljon enemmän
- Kaikkia maapuita ei välttämättä huomattu, jos ne olivat jo hautautuneet sammaleeseen → 8,3 % mitatuista maapuista oli sammaleen alla
 - Rhtkg 7,4 % → (16/217)
 - Mtkg 2,8 % → (6/215)
 - Ptkg 18,2 % → (16/88)
 - Vatkkg 2,6 % → (8/31)



Kuva: Oona Keskiäsaari



YHTEENVETO

- Kuolleisuus vaihtelee ennallistetuilla soilla suuresti, kuten puustokin
 - Kuolleen puuston määrä vaikuttaa vähenevän suon ravinteisuuden karuuntuessa
- Isot kuuset herkimpiä, varsinkin ruohoturvekankailla
- Maapuun myöhempien laholuokkien määrä vaikutti kasvavan vuosien myötä ennallistuksesta – varsinkin Rhtkg ja Mtkg
- Pystylaholuokka 1 väheni vuosien myötä ennallistuksesta
- Ruohoturvekankailla kaikkia laholuokkia selvästi eniten
- Datassa vielä paljon tutkittavaa (mm. alikasvos, valuma-alueen koko, ym.)



Kuva: Oona Keskisaari



LÄHTEET

- Päivänen, J. 2007. Suot ja suometsät: järkevän käytön perusteet. Metsäkustannus. 368 s.
- Sarkkola, S., V. Alenius, H. Hökkä, R. Laiho, J. Päivänen, and T. Penttilä. 2003. Changes in structural inequality in Norway spruce stands on peatland sites after water-level drawdown. *Can. J. For. Res.* 33(2):222–231. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2004.10.064>.
- Seppälä, K. 1969. Kuusen ja männyn kasvun kehitys ojitetuilla turvemailla. [Summary: Post-drainage growth rate of Norway spruce and Scots pine on peat.] *Acta For. Fenn.* 93: 1–89. <https://doi.org/10.14214/aff.7611>.
- van Wagner, C.E. 1968. The line-intersect method in forest fuel sampling. *Forest Science* 14(1): 20–26. <https://doi.org/10.1093/forestscience/14.1.20>.
- Valtakunnan metsien 11. inventointi (VMI11). 2009. VMI11 maastotyöohje 2009 Koko Suomi. Metsäntutkimuslaitos, Joensuu. 182 s. Saatavissa: <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe201603038534>.