

# Uudet teknologiat alemman tieverkon rakentamisen ja ylläpidon apuna

Tomi Kaakkurivaara

## Hankkeen rahoitus



Euroopan maaseudun kehittämisen maatalousrahasto:  
Eurooppa investoi maaseutualueisiin

■ Hankkeen kesto  
2010-2014



metsänomistajien liitto

**RUUKKI**

**Finsilva**



**TORNATOR**



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO



METSÄHALLITUS

# Esityksen sisältö

- Hankkeessa tutkittu kolmen mittauslaitteen soveltuvuutta metsäteillä ja niiden keskinäistä vertailtavuutta
  - Mittaamisen hyödyt
    - Kelirikon määrittäminen
    - Kunnostustarve
- Kokeilu normaalista käytännöstä poikkeavilla kunnostusmenetelmillä

METLA

## Kantavuuslaitteiden esittelyä

DCP (Dynamic Cone Penetrometer)

- kehittänyt U.S. Army
- paino nostetaan ja pudotetaan alasimelle

helppo käyttää:

- roudan sulamisen seuraamiseen
- Rakennekerrosten paksuudet ja lujuudet
- yksinkertainen rakenne ja nopea siirreltävä
- hidas kun mitataan paljon, laskentatyö

Pohjamaan ja tierakenteen leikkauslujuudesta saadaan laskettua kantavuusarvoja

- Tunkeuma mm/isku
- CBR-luku (California Bearing Ratio), %
- Kimmomoduuli (E), MPa



METLA

# Kantavuuslaitteiden esittelyä

## Loadman

- Suomalainen, kannettava pudotuspainolaite (AL-Engineering Oy)
- Putken sisällä pudotettava paino ja laitteisto
- nopea käyttöä myös tulokset heti nähtävissä
- Keveydestä hyöty mitattaessa, haitta tulosten tarkastelussa

Mittaustuloksina saadaan laitteen itsensä laskemana:

- taipuma (mm) kiihtyvyyttä integroimalla
- kantavuus Elastinen-moduuli (MPa)
- tiivistymissuhde  $E_2/E_1$  l. E-moduulin suhde ensimmäiseen mittaukseen



METLA

# Kantavuuslaitteiden esittelyä

## Pudotuspainolaite, FWD

- Kuab, Ruotsi
- yleisillä teillä yleinen
- mittaa taipumasuppilon
- tehdään tilauksesta, tulokset valmiiksi pureskeltuja
- koko tienrakenne ja pohjamaa 120 cm syvyydelle saakka

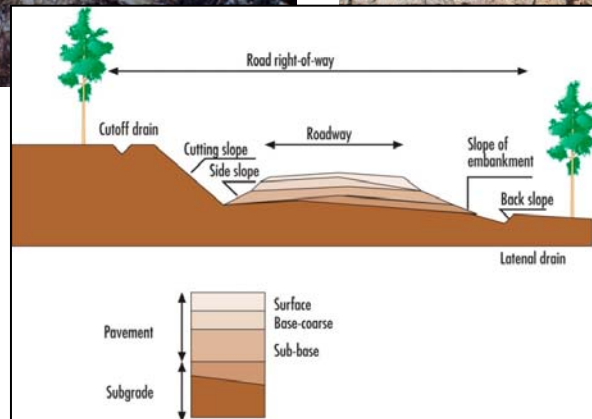
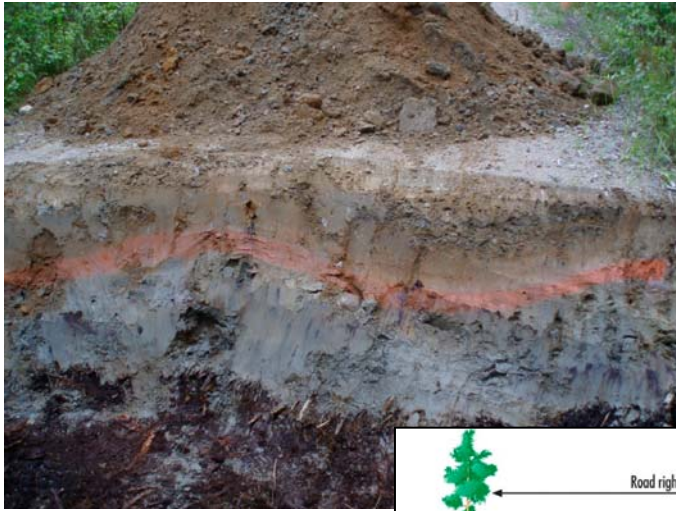
Suuri kuormitus vastaa hyvin todellista tilannetta.

- E-moduuli (Mpa), SCI (pintakerros), BCI (pohjamaa), myös muita kerroksia



METLA

# Tienrakenne



Tienrakenne ei aina vastaa suosituksia.

## Metsätien kantavuuden mittaaminen

Tien vaurioituminen riippuvuus pinnan kantavuudesta

Soratien kevätkantavuus	Vaurioituminen
$E_2 < 50$ MPa	Voimakas kelirikko
$E_2 50 \dots 70$ MPa	Merkittävää urautumista
$E_2 > 80$ MPa	Ei merkittävää vaurioitumista

Ehrola, Esko (1991)

Taulukko suuntaa-antava, ei huomioi kuormituksen määrää eikä kesto

- Uudempi ja laajempi tekeillä yhdessä TTY kanssa

Kuinka arvioida tien käyttökelpoisuus?

- Kantavuusmittalaitteita

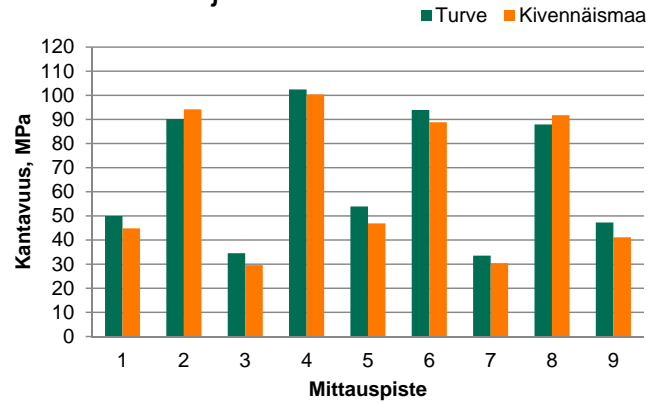
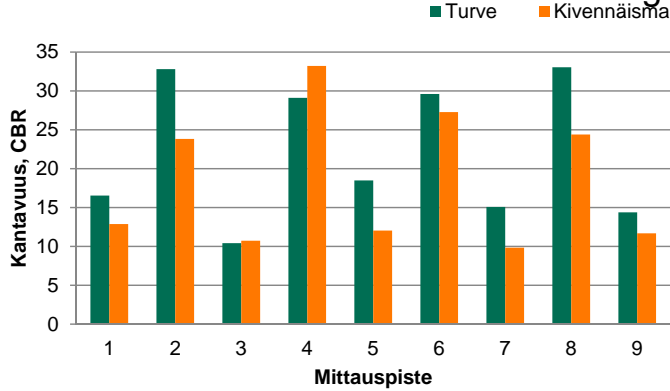
DCP

Loadman

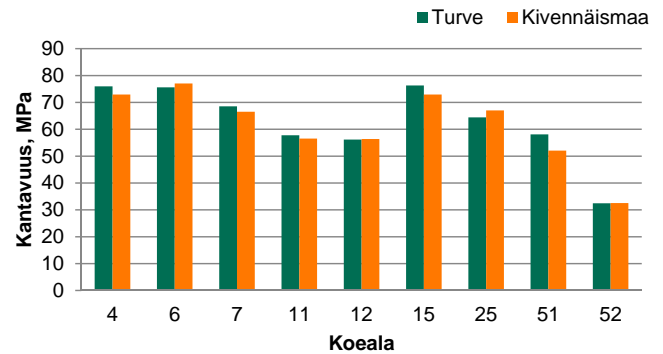
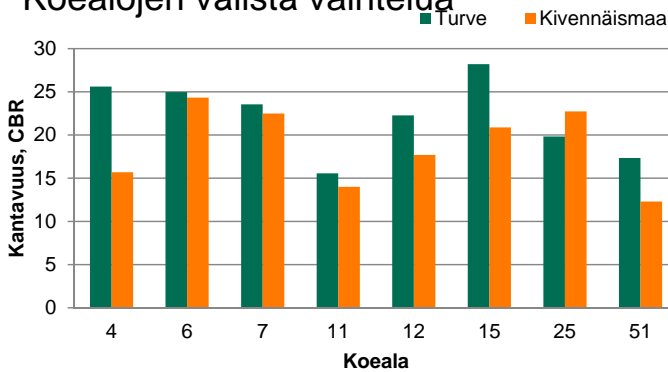
Pudotuspainolaite FWD

# Esimerkkejä DCP ja Loadman tuloksista

Koealan sisäinen vaihtelu - Parilliset rengasuralta mitattuja



Koealojen välistä vaihtelua



31.10.2013

METLA

9

## Laitteiden välisiä korrelaatioita

Peat		WP		CL		
		E <sub>DCP</sub>	E <sub>FWD</sub>	E <sub>DCP</sub>	E <sub>FWD</sub>	VWC
WP	E <sub>LFWD</sub>	<b>0.591</b> <b>0.00</b> <b>199</b>	<b>0.441</b> <b>0.010</b> <b>33</b>			
	E <sub>DCP</sub>		0.307 0.082 33			
CL	E <sub>LFWD</sub>			<b>0.462</b> <b>0.000</b> <b>274</b>	<b>0.912</b> <b>0.000</b> <b>12</b>	-0.267 0.000 191
	E <sub>DCP</sub>				0,349 0.266 12	-0.399 0.063 180

Mineral		WP		CL		
		E <sub>DCP</sub>	E <sub>FWD</sub>	E <sub>DCP</sub>	E <sub>FWD</sub>	VWC
WP	E <sub>LFWD</sub>	<b>0.707</b> <b>0.000</b> <b>169</b>	<b>0.572</b> <b>0.002</b> <b>26</b>			
	E <sub>DCP</sub>		<b>0.559</b> <b>0.003</b> <b>26</b>			
CL	E <sub>LFWD</sub>			<b>0.458</b> <b>0.000</b> <b>123</b>	0.635 0.049 10	<b>-0.412</b> <b>0.000</b> <b>90</b>
	E <sub>DCP</sub>				0.599 0.067 10	-0.291 0.007 84

- WP=rengasura ja CL=keskilinja ja VWC=kosteus%
- Vahvoja korrelaatioita mittaustulosten välillä

METLA

# Laitteiden välisiä korrelaatioita

Mineral		WP				CL			
		SCI 200	SCI 300	D 300- 450	D 450- 600	SCI 200	SCI 300	D 300- 450	D 450- 600
WP	E <sub>LFWD</sub>	<b>-0.574</b>	<b>-0.636</b>	-0.371	-0.179				
		<b>0.002</b>	<b>0.000</b>	0.062	0.381				
		26	26	26	26				
E <sub>DCP</sub>	<b>-0.624</b>	<b>-0.670</b>	-0.337	-0.222					
	<b>0.001</b>	<b>0.000</b>	0.093	0.276					
		26	26	26	26				
CL	E <sub>LFWD</sub>	0.046	-0.324	-0.402	-0.592				
		0.900	0.361	0.250	0.072				
	10	10	10	10					
	E <sub>DCP</sub>	-0.121	<b>-0.755</b>	-0.341	<b>-0.633</b>				
0.739		<b>0.012</b>	0.335	<b>0.049</b>					
		10	10	10	10				
E <sub>DCP 0-300</sub>	0.048	<b>-0.755</b>	-0.481	<b>-0.640</b>					
	0.896	<b>0.012</b>	0.159	<b>0.046</b>					
		10	10	10	10				
E <sub>DCP 300-</sub>	-0.188	<b>-0.734</b>	-0.245	-0.260					
	0.603	<b>0.016</b>	0.495	0.469					
		10	10	10	10				

- FWD pintakerroksia kuvaavat arvot korreloivat selkeästi kivennäispohjamaalla

METLA

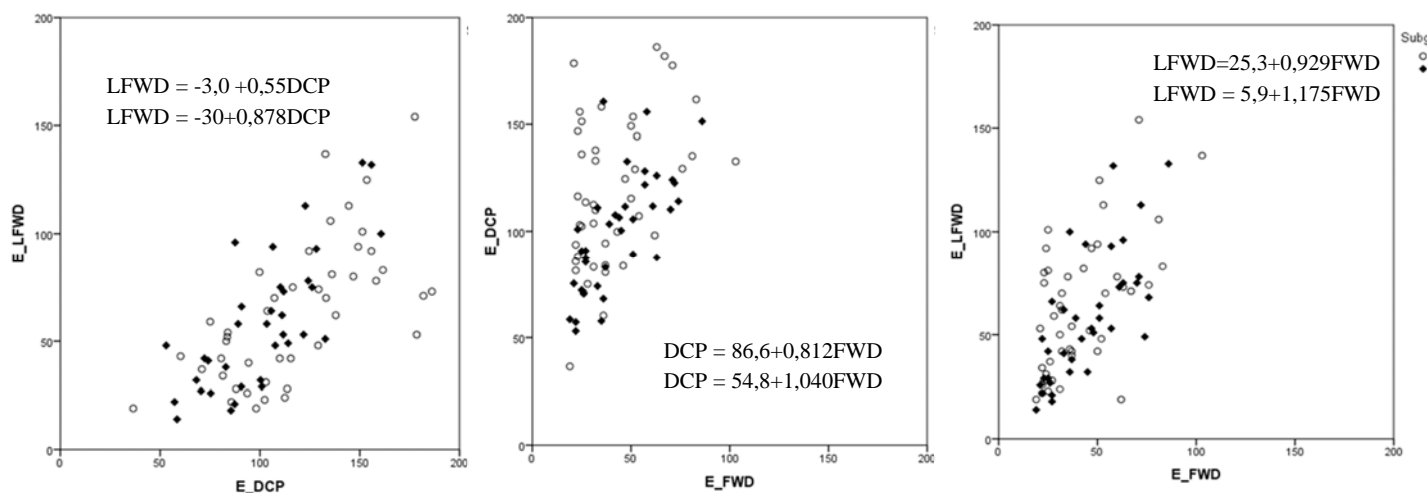
# Laitteiden välisiä korrelaatioita

Peat		WP				CL			
		SCI 200	SCI 300	D 300- 450	D 450- 600	SCI 200	SCI 300	D 300- 450	D 450- 600
WP	E <sub>LFWD</sub>	<b>-0.503</b>	<b>-0.470</b>	-0.183	-0.095				
		<b>0.003</b>	<b>0.006</b>	0.307	0.599				
		32	33	33	33				
E <sub>DCP</sub>	<b>-0.410</b>	<b>-0.515</b>	0.006	-0.023					
	<b>0.020</b>	<b>0.002</b>	0.975	0.897					
		32	33	33	33				
CL	E <sub>LFWD</sub>	-0.173	<b>-0.636</b>	-0.554	-0.375				
		0.590	<b>0.026</b>	0.062	0.230				
	12	12	12	12					
	E <sub>DCP</sub>	0.366	-0.391	-0.564	-0.230				
0.242		0.209	0.056	0.471					
		12	12	12	12				
E <sub>DCP 0-300</sub>	0.042	<b>-0.590</b>	-0.114	-0.163					
	0.896	<b>0.043</b>	0.725	0.612					
		12	12	12	12				
E <sub>DCP 300-</sub>	0.200	-0.030	0.019	0.070					
	0.534	0.926	0.829	0.829					
		11	12	12	12				

- FWD pintakerroksia kuvaavat arvot korreloivat selkeästi turvepohjamaalla

METLA

# Laitteiden vertailtavuus



- Valkoiset turvepohjamaalla ja mustat kivennäispohjamaalla mitattuja
- DCP ja Loadman paikoitellen vahva yliarvio kun verrataan FWD
- FWD mittaa myös pohjamaan kantavuutta, joka on heikko turvemaalla

METLA

## Kantavuuden mittaus

- DCP
  - Mittaustavan erilaisuus, voidaan havaita eri kerroksia mikäli mitataan syvemmälle, kivet nostavat arvoja kohtuuttomasti, yliarviota muihin verrattuna
- Loadman
  - Keveys verrattuna FWD, jolloin korkeampia arvoja, vaikutusalueen syvyys ja laajuus pienempi, joten epäluotettavampi
- Pudotuspainolaite FWD
  - Poikkeaa paljon DCP:stä, loadmanin kanssa saman suuntainen
- Metsätien rakennekerrosten puutteellisuus?
  - Pintakerroksen (0-20cm) suurempi vaikutus Loadman ja DCP tuloksiin

# Metsäteiden kunnostuksen uusia keinoja

- Peruskunnostusmenetelmät
  - Taloudellisia ja tarpeeksi hyviä
- Täsmäkorjaus-ajatusmalli
  - Priorisointi tieverkon heikompisiin kohtiin
- Kunnostetaan erityiskohteita joihin normaalit menetelmät eivät takaa kestäväää rakennetta



METLA

## Metsätien kantavuuden parantaminen

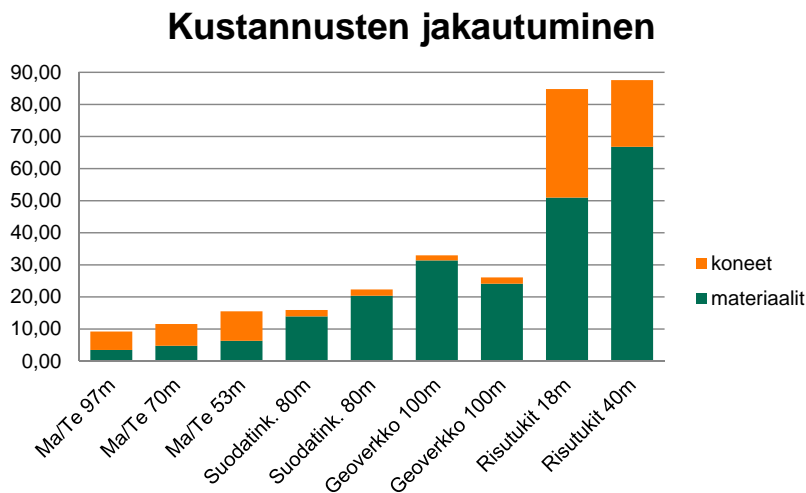
### Uusien kunnostusmenetelmien vertailu

- Rakenteelliset ratkaisut
  - Geoverkot
  - Risutukit
  - Masuunihiekka/teräskuona
  - Suodatinkankaat





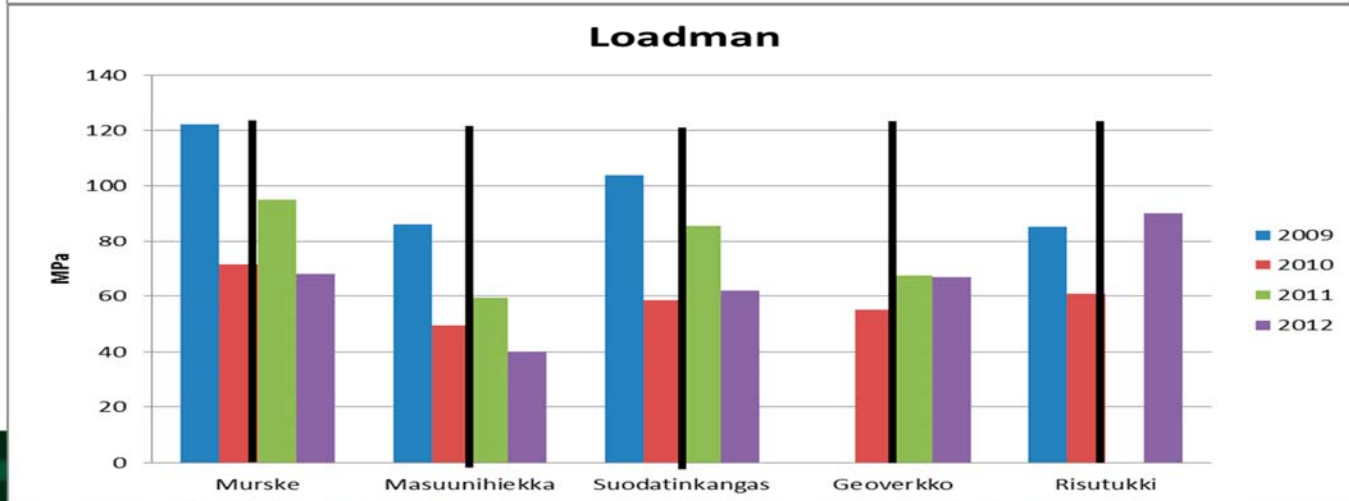
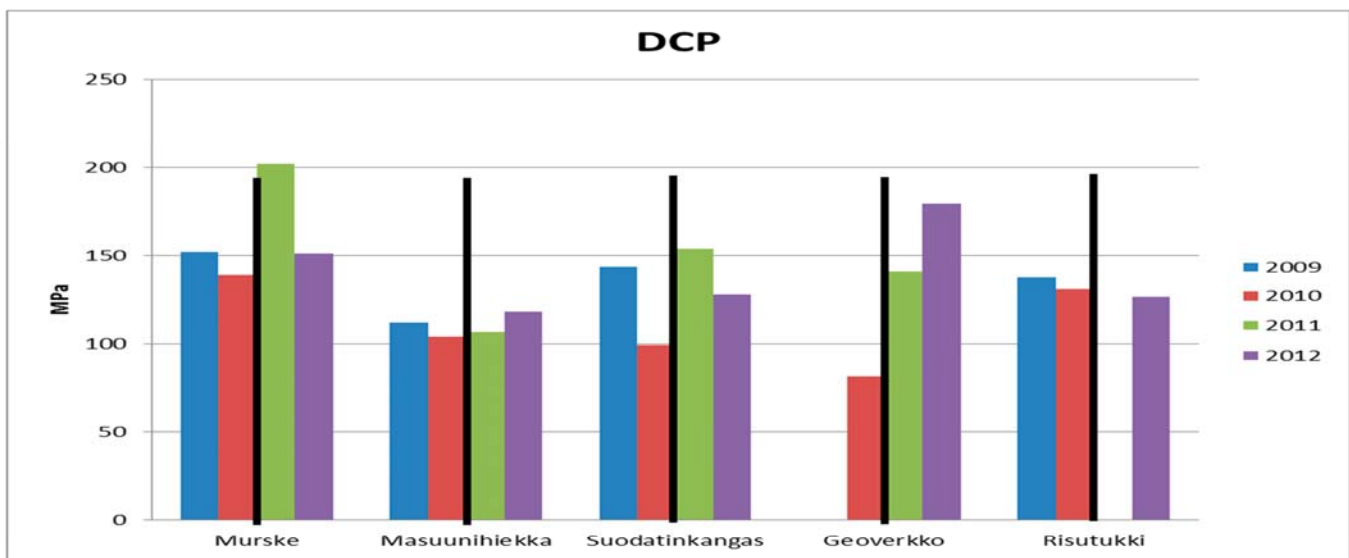
# Uusien kunnostusmenetelmien vertailu euroa/tiemetriä kohden



Kuljetuskustannukset on otettu huomioon sekä tuotteille että murskeelle  
Materiaalikustannus olisivat halvemmat murskeen säästeliäämmällä käytöllä  
(varmuuskerroin)  
Geoverkon ylileveys

## Kunnostuskoealojen seuranta

- Loadman ja DCP
- Kantavuudet mitattu kahtena vuotena ennen ja kahtena vuotena jälkeen kunnostuksen
- Mittausajankohta kevät, ei huomioitu kevään etenemistä



## Kantavuuden paraneminen kunnostuskoealoilla

- Ei tapahtunut masuunihiekka/teräskuona seoksella
- Hieman parempi suodatinkangas+murske ja pelkällä murskeella, riittävä taso
- Selkeästi parantamista geoverkko+murske
- Risutukki+murske parantunut hieman, tärkeämpi tieprofiilin nousu pohjaveden suhteen