



Aalto University
School of Engineering

Tiiveyden mittauksen ja arvioinnin kehittäminen

Tyhjätilan merkitys ja mittaaminen

Terhi Pellinen, Pekka Eskelinen, Ari Hartikainen

22.11.2016

Tulosseminaari, 22.11.2016 Liikennevirasto

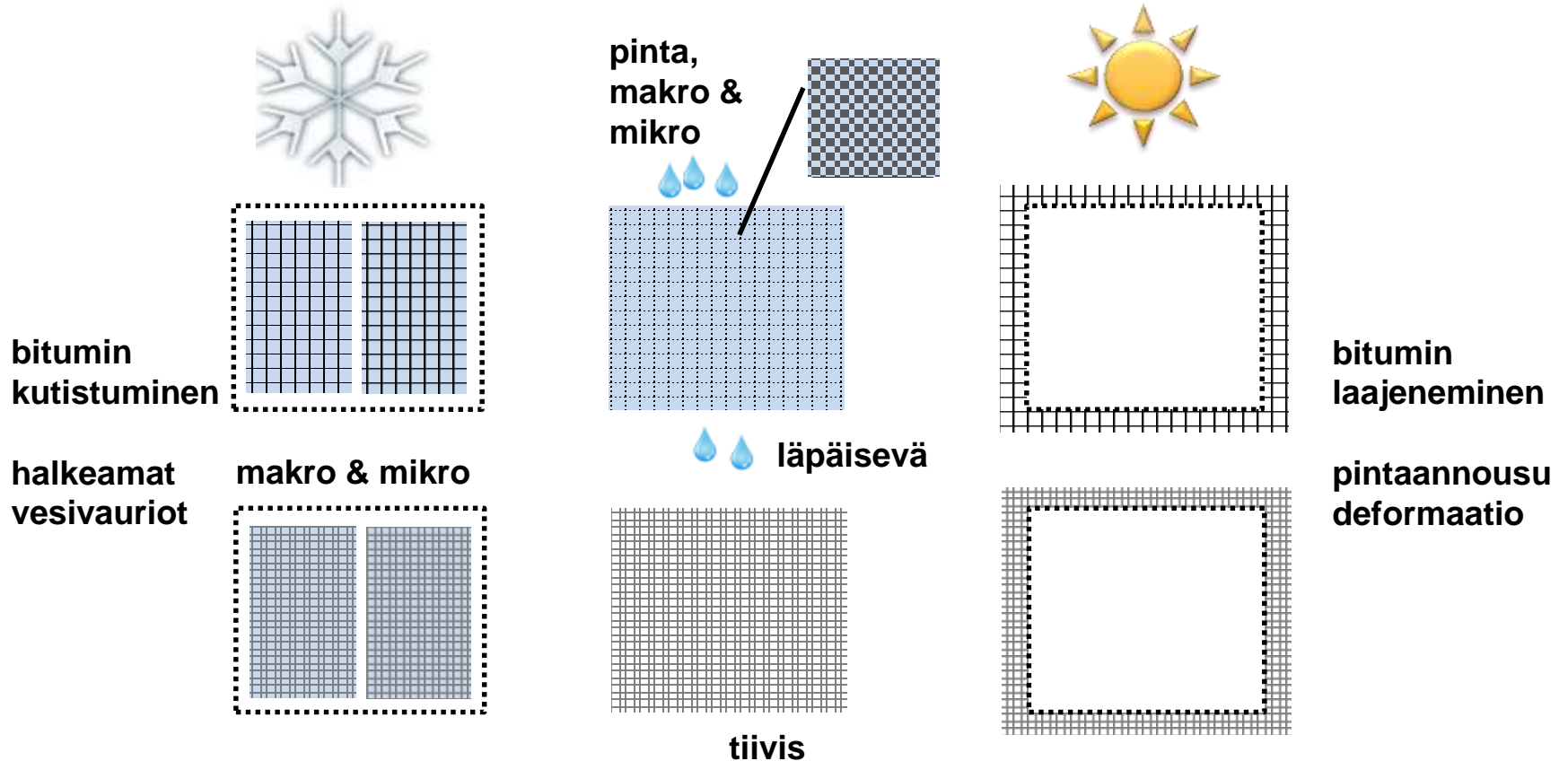
Sisältö

Tyhjätila ja sen mittaaminen
Kesän ja syksyn 2016 mittaukset
Laboratoriossa tehdyt erikoisnäytteet
Mallintaminen

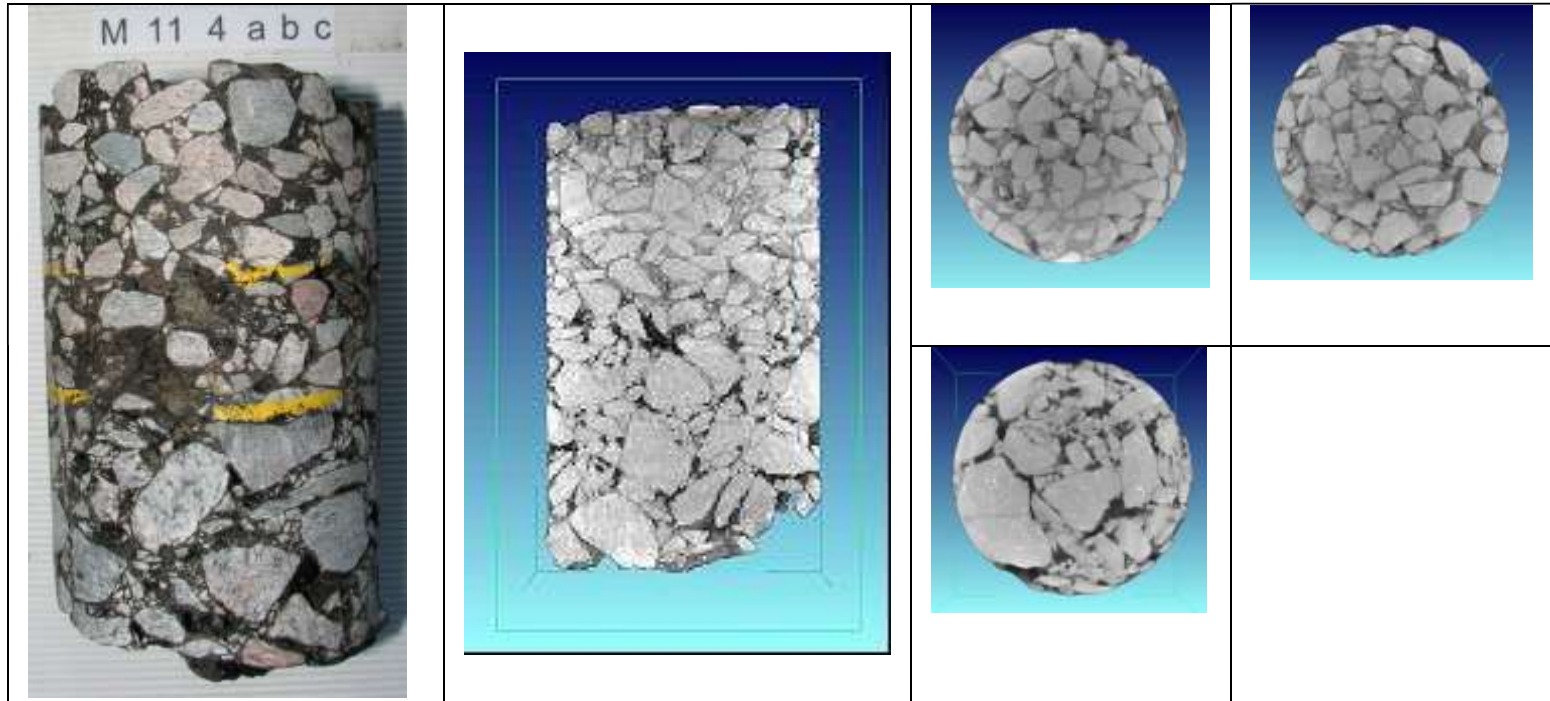
A photograph of a road with potholes and a 'void' (tyhjätila) in the asphalt. The road is paved with asphalt and has yellow dashed lines. There are several potholes and a large, irregularly shaped void in the asphalt. The road is surrounded by trees and a signpost is visible in the background.

Mikä on tyhjätila
asfaltissa ja
miksi se on
tärkeää?

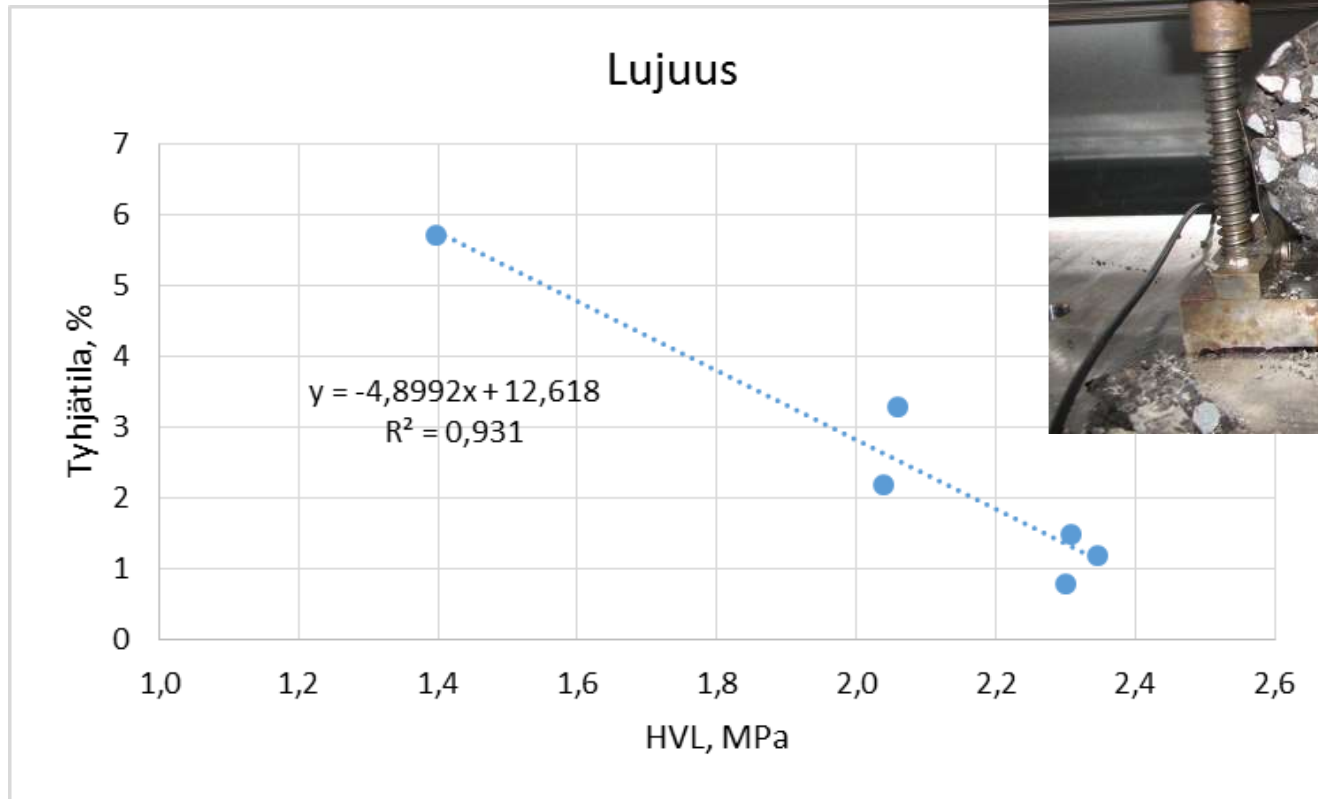
Mikä on tyhjätila asfaltissa ja miksi se on tärkeä?



X-Ray Tomografia



Mekaaniset ominaisuudet



Tapoja mitata tyhjätilaa laboratoriossa

Kuivamenetelmä

Pintakuiva menetelmä (SSD)

Parafilmi ja parafiini

Ulkomitat

CoreLok

ICT –kiertotiivistin

NDT menetelmät (gamma säteily, radioaktiiviset ja elektromagneettiset menetelmät (permittiivisyys))



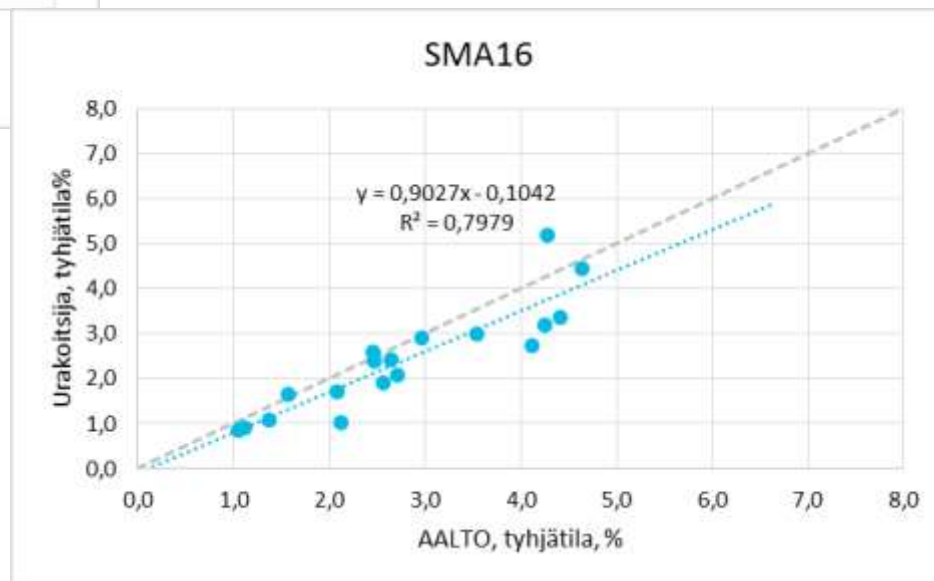
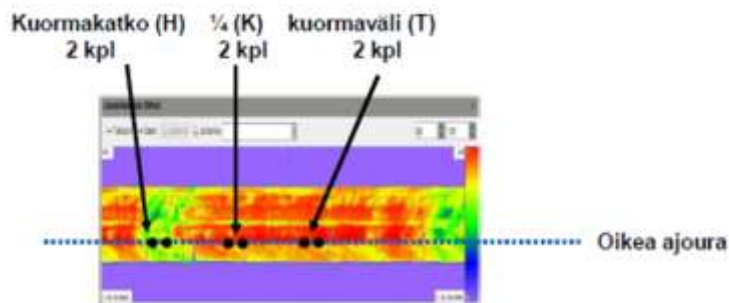
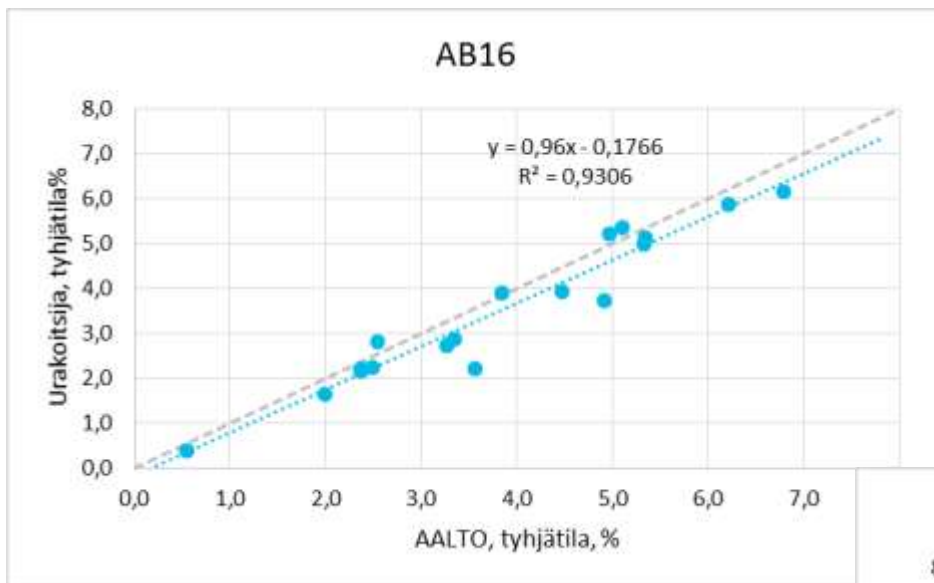
CoreLok



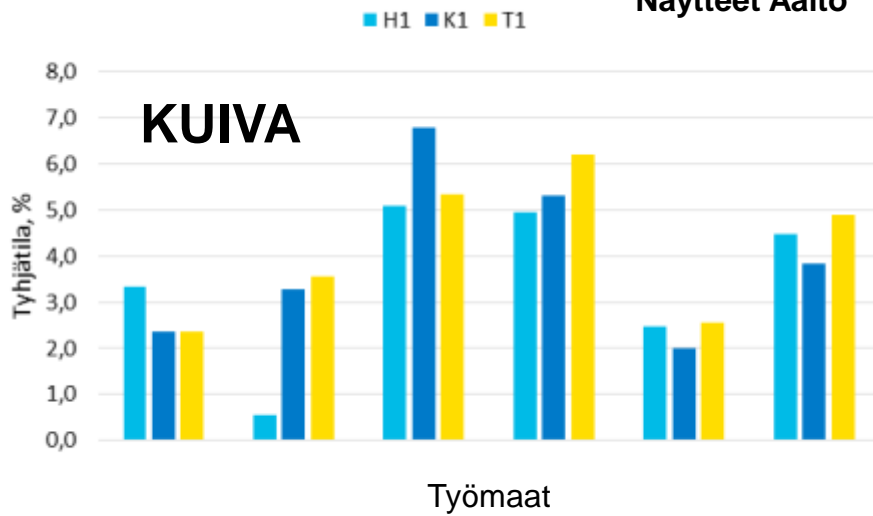
Kesän-syksyn 2016 Tutkimukset

Tie	Kohde	Massa	Toimenpide	Huom.
Kt44	203/2014	AB16	MP	Uudet näytteet – Ei S.
Kt53	1026	AB16	MPKJ 90	Uudet näytteet – Ei S.
Kt66	206	AB16	MP	
Kt77	9654/9655	AB16	MP100	
Vt5	8610/ 8612	SMA16	LJYR+LTA 100/ MPKJ 100	
Vt6	1034	SMA16	MP 100	Uudet näytteet – Ei S.
Vt7	3001A	SMA16	?	
Kt45	1012C	SMA16	LJYR+LTA 100	
kt50	1013	SMA16	LJYR+LTA 100	
Vt4	1001	AB16	?	Ei saatu vielä dataa

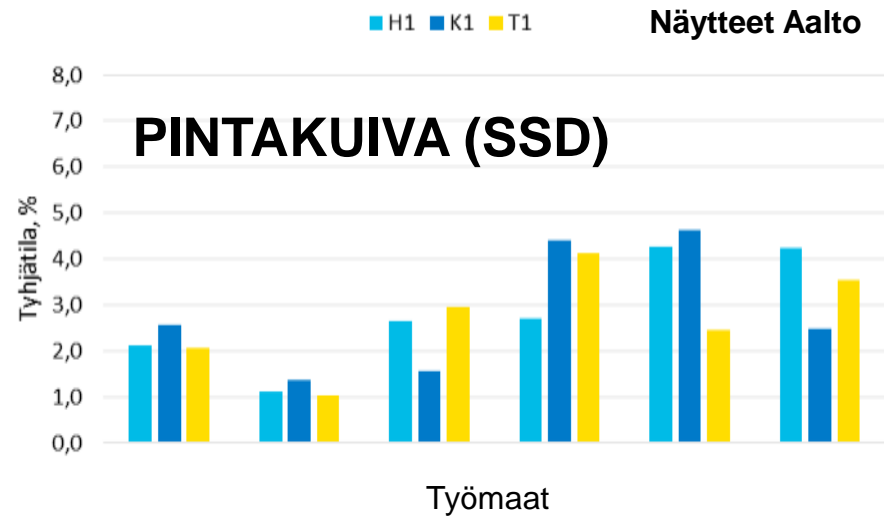
Rinnakkaisnäytteiden tulokset



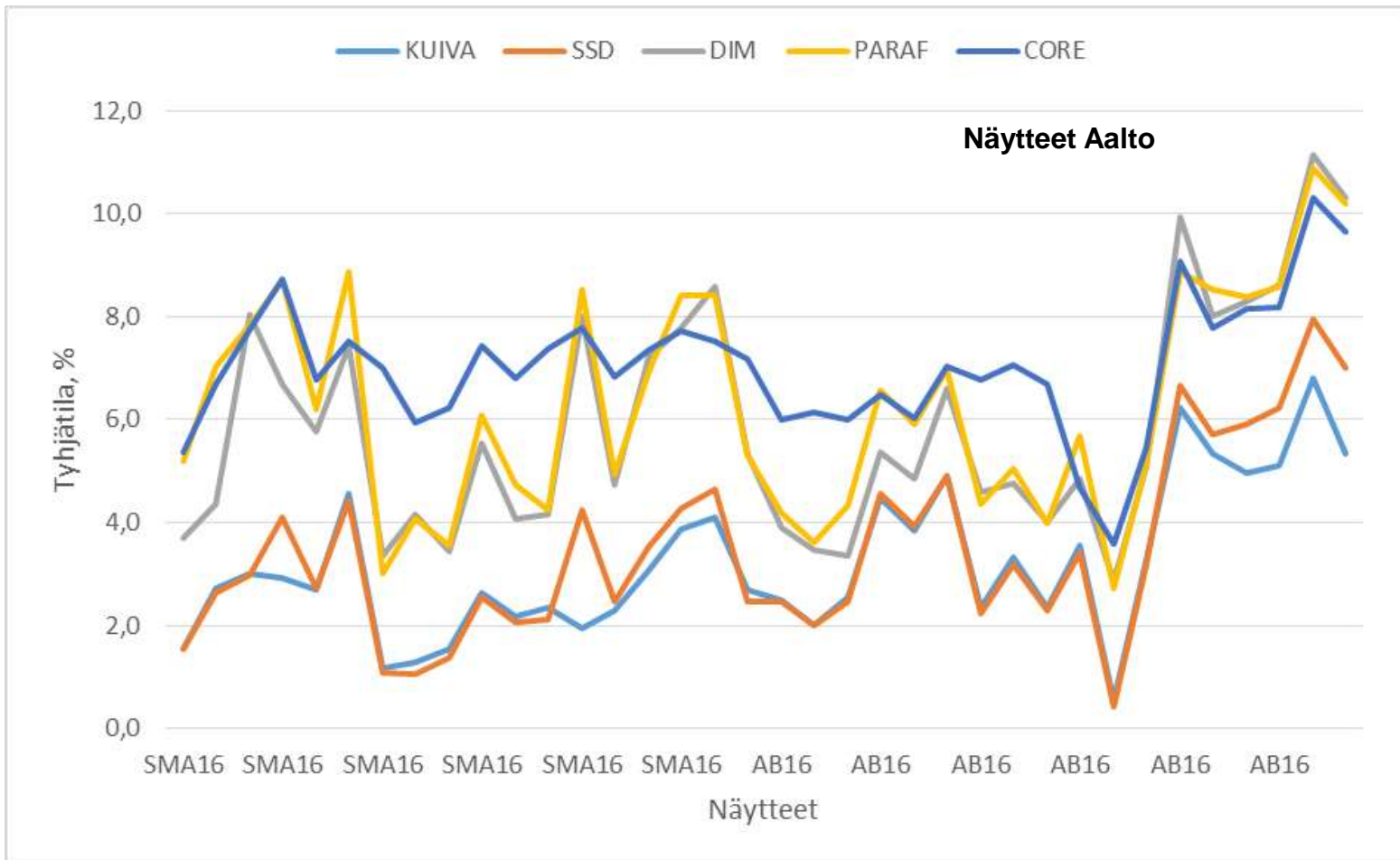
Näytteet Aalto



Näytteet Aalto



Eri menetelmät

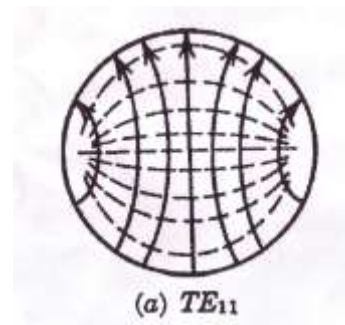
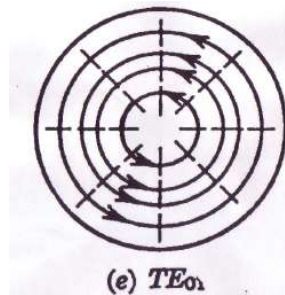


Permittiivisyyden mittaaminen ontelomittausmenetelmällä



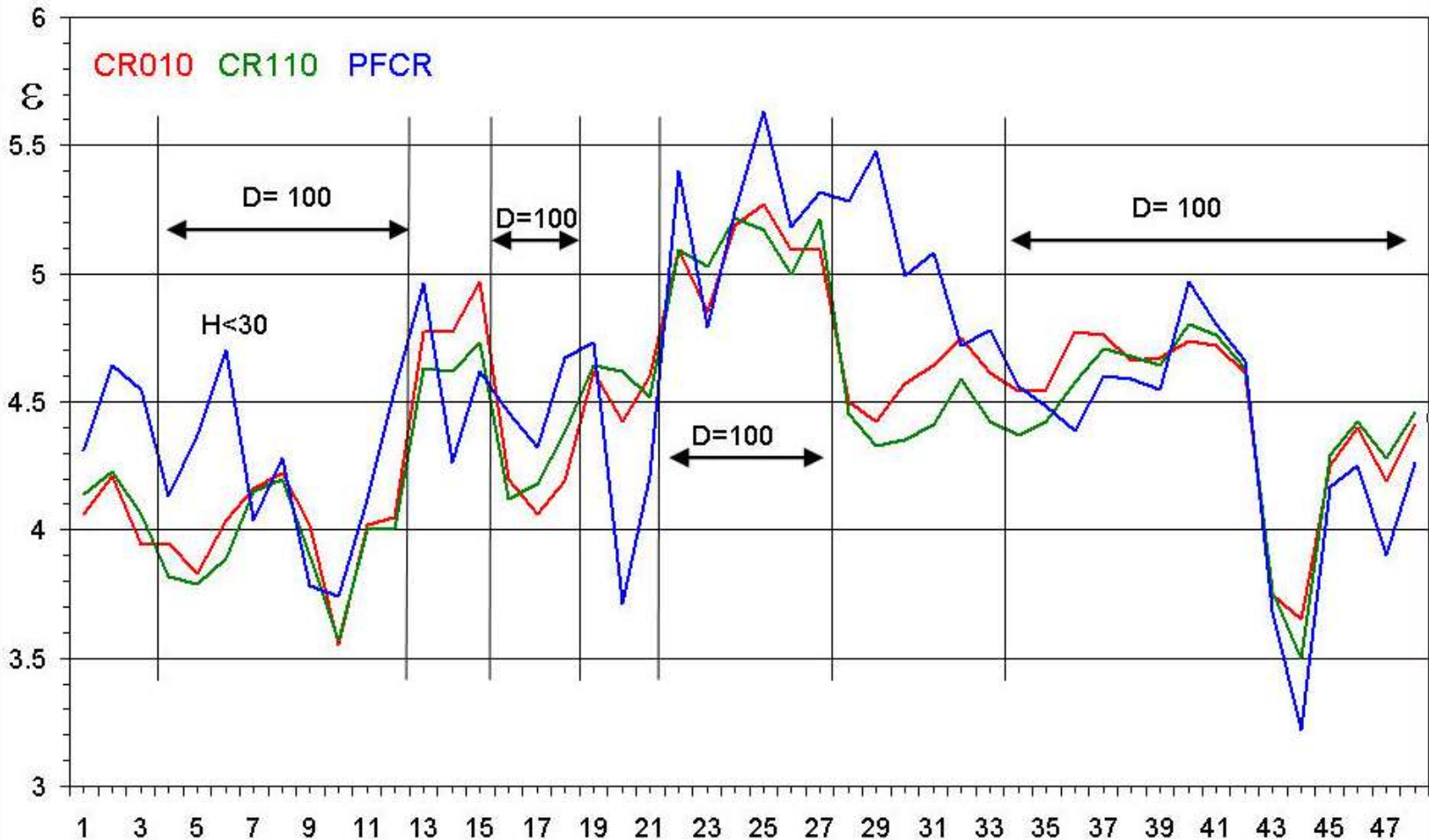
CR = Cavity resonance

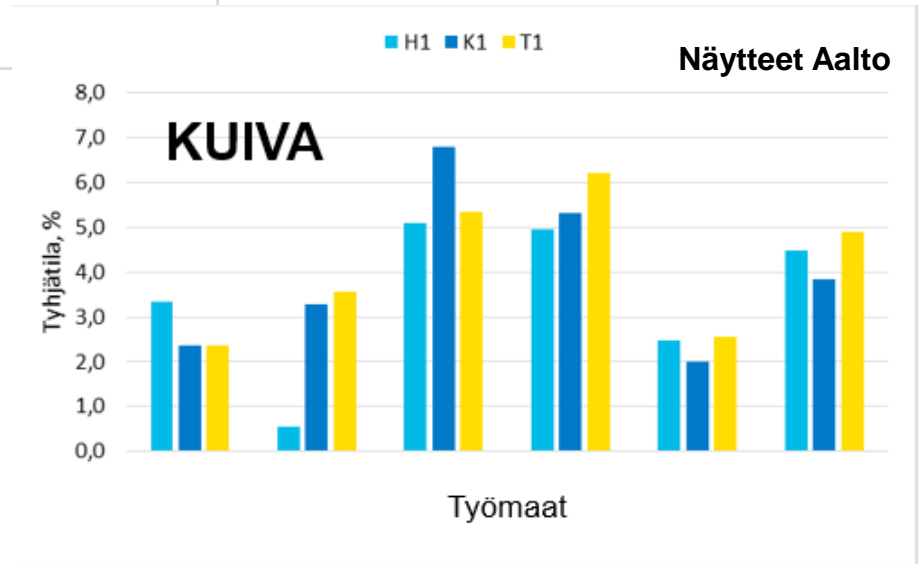
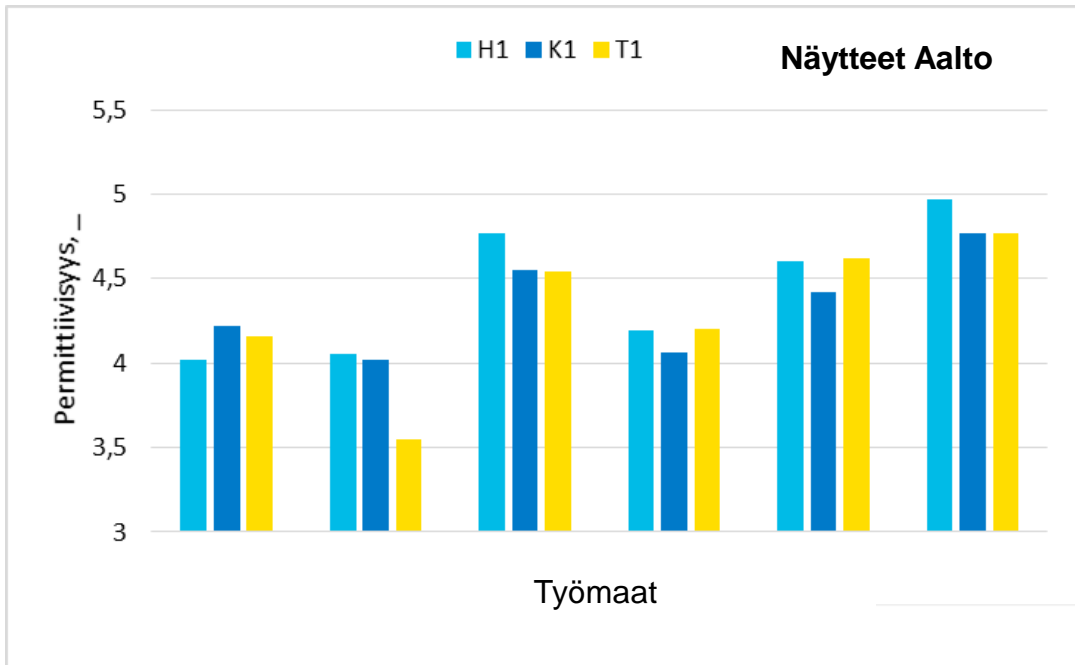
CR010 & CR110

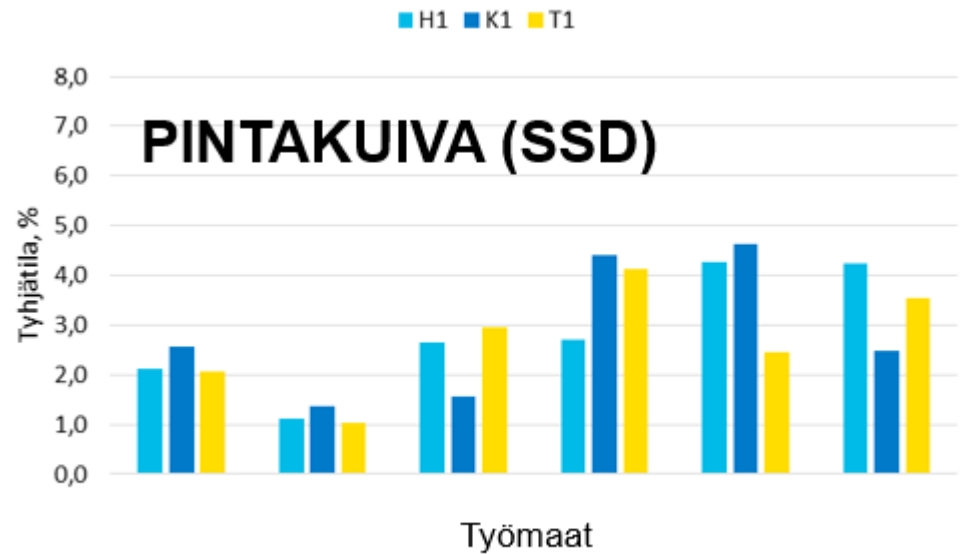
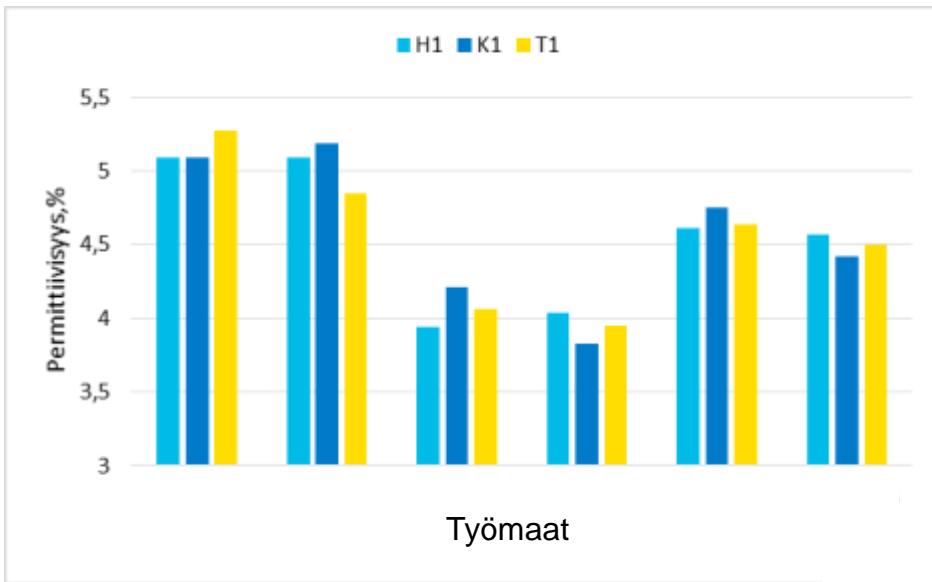


PFCR = Partially filled cavity resonance

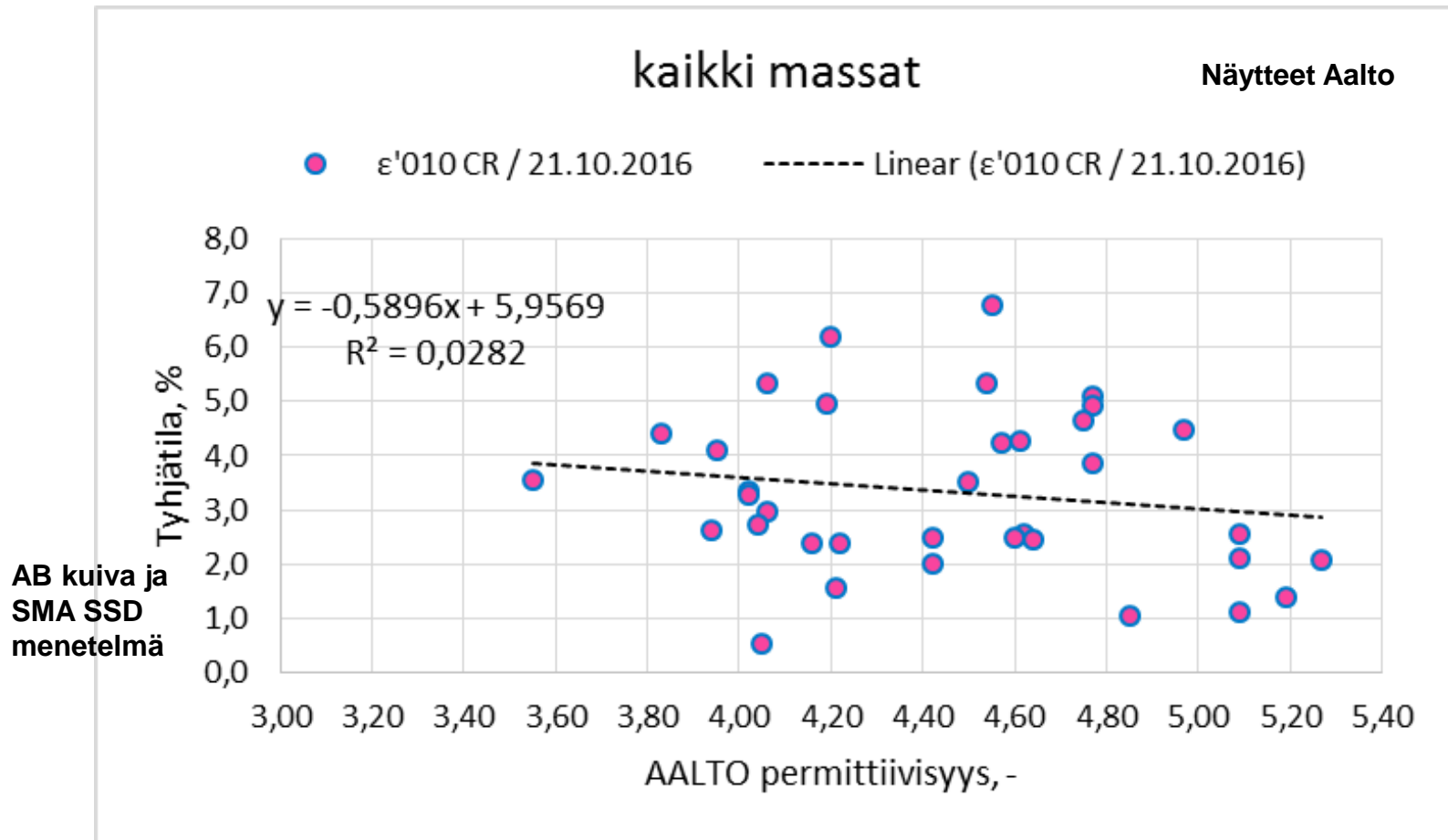
Eri mittausmenetelmät



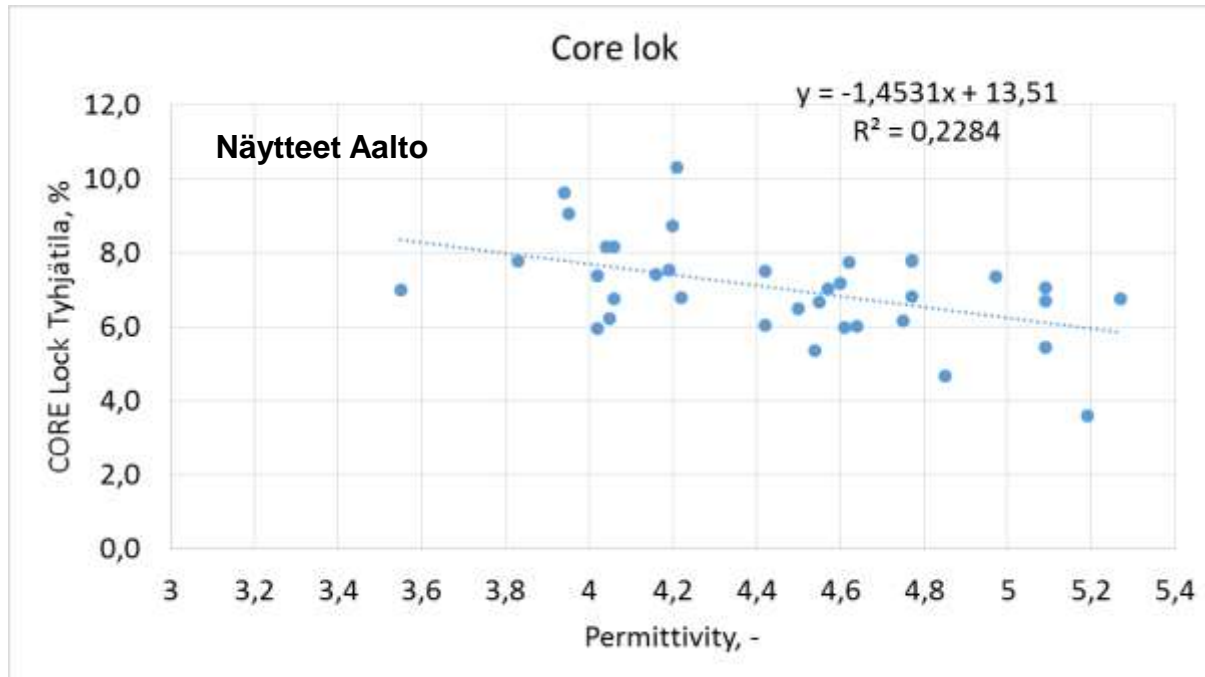




Tyhjätila vs. permittiivisyys



Core lok



Erikoisnäytteet (sama kiviaines kaikissa massoissa)

ID	N	B%	KF%	TAVOITE	ICT	SSD/DRY
SMA1	800	6,0	7,5	1	3,3	1,2
SMA2	450	6,0	7,5	3	5,4	1,3
SAM3	283	6,0	7,5	6	5,8	1,5
SMA11	115	6,0	7,5	7	10	3,2
SMA12	28	6,0	7,5	8	15,8	4,8
AB4	115	5,1	2,0	0	-0,2	0,2
AB5	63	5,1	2,0	3	2,8	1,4
AB6	28	5,1	2,0	6	5,9	2,9
AB9	15	5,1	2,0	7,5	10	4,9
AB10	5	5,1	2,0	8,5	14,2	6,7
AAB7	119	4,5	0	20	19,6	21,9
AAB8	59	4,5	0	25	24,6	26,7

SMA16



N=800
TT SSD = 1,2%

N=450
TT SSD = 1,3%

N=283
TT SSD = 1,5%

SMA16



N=800
TT SSD = 1,2%

N=450
TT SSD = 1,3%

N=283
TT SSD = 1,5%

AB16



N=115
TT DRY = 0,2%

N=63
TT DRY = 1,4%

N=28
TT DRY = 2,9%

AB16



N= 5
TT DIM = 6,7%



N=115
TT DIM =0,2%

AB16



N= 5
TT DIM = 6,7%



N=115
TT DIM =0,2%

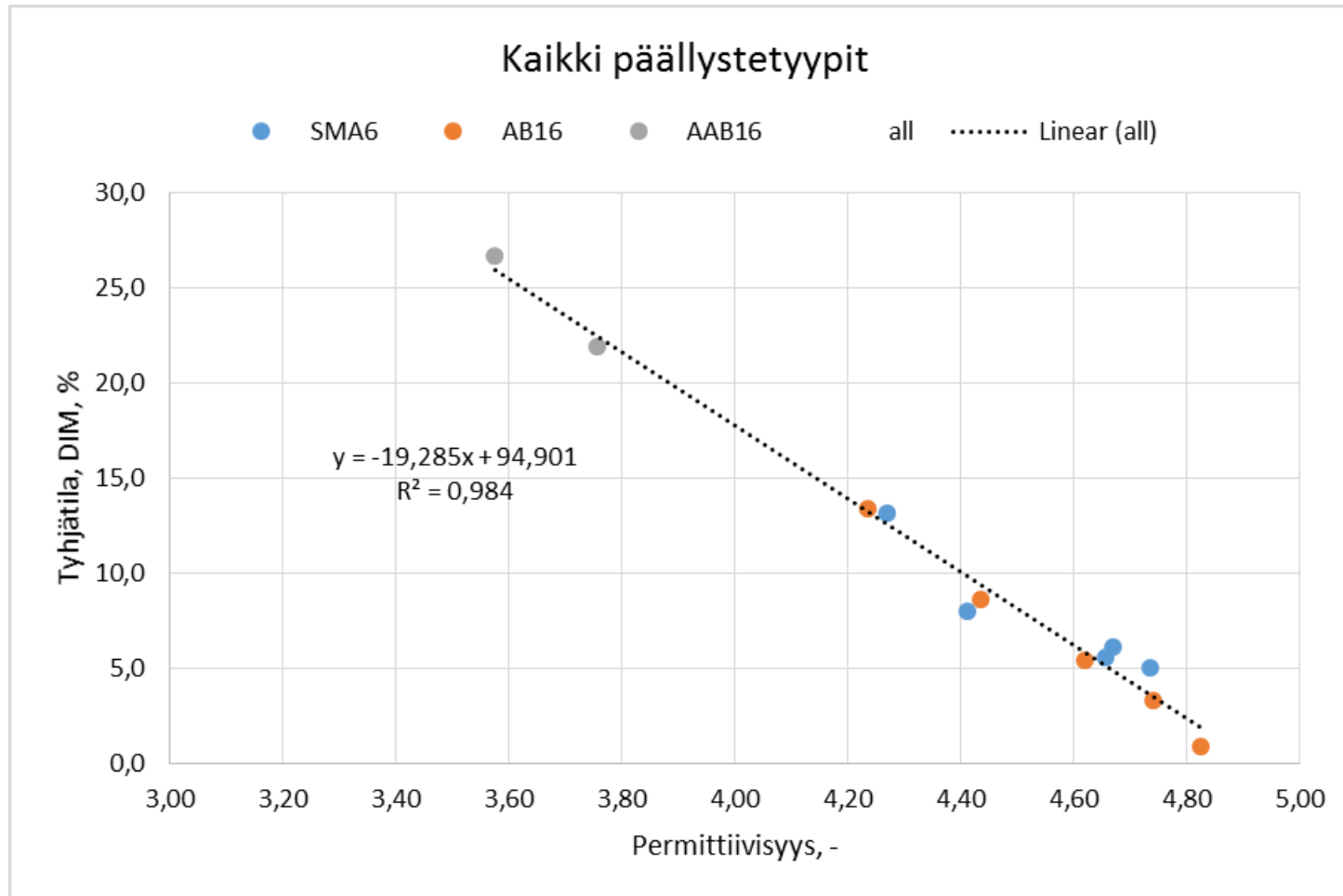
AAB16



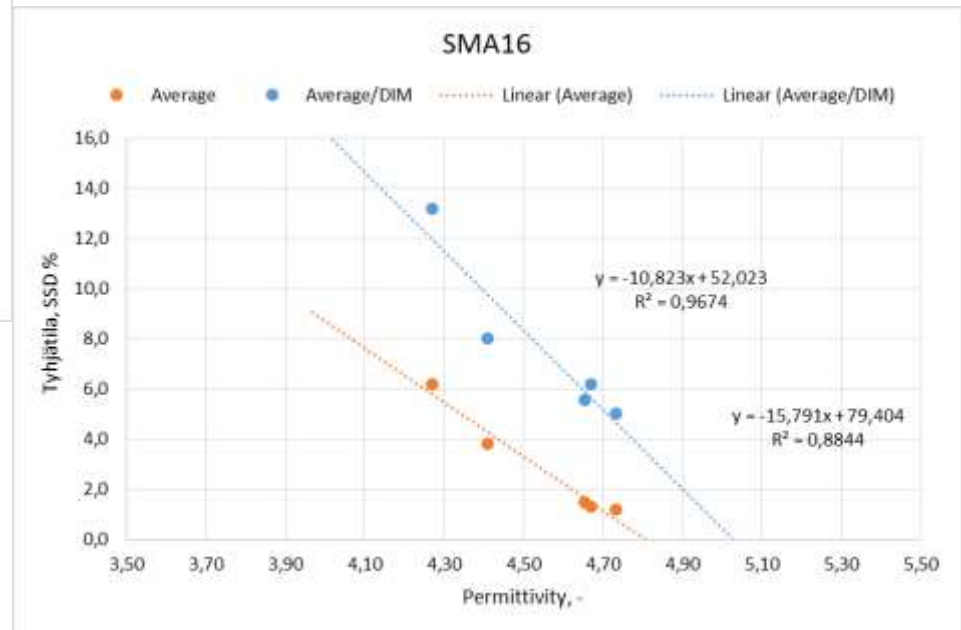
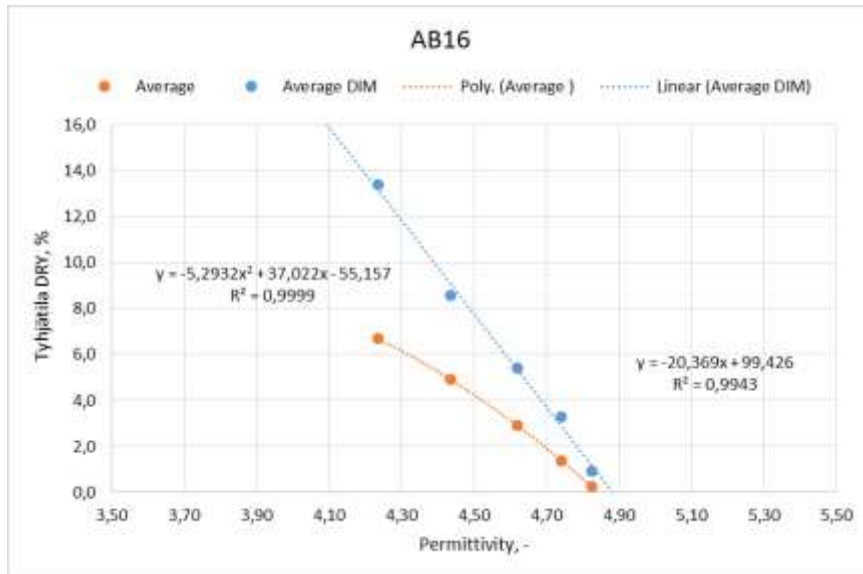
N=119
TT DIM = 21,9%

N=59
TT DIM =26,7%

Permittiivisyys vs. dimensiot



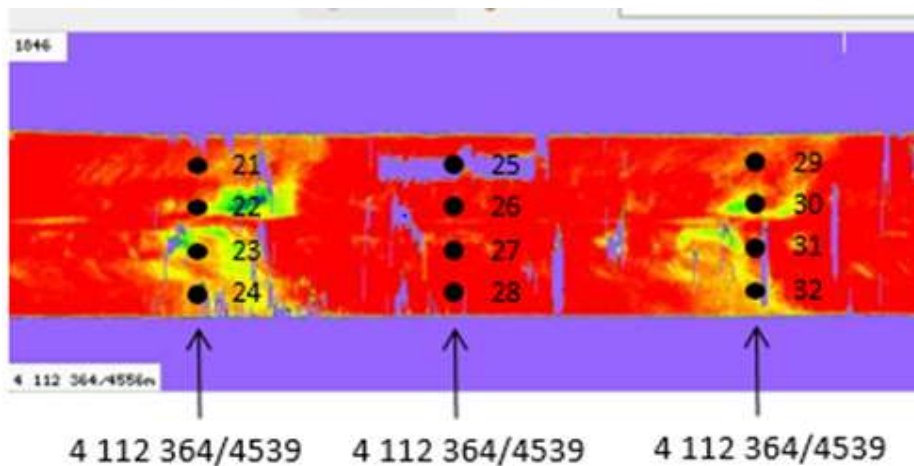
Permittiivisyys vs. SSD ja KUIIVA menetelmä



Miten asfaltin tiiveyttä pitäisi mitata ja mallintaa tutkalla?

- Menetelmän kyettävä erottamaan materiaalin vaihtelu mittauskohinasta
- Menetelmän on kyettävä erottamaan tyhjätilan vaihtelu muista massan muuttujista
 - Bitumin ja kiviaineksen tilavuussuhteiden vaihtelu lisää hajontaa (lajittuminen)
 - Kiviaineksen dielektrisyysominaisuuksien vaihtelu lisää hajontaa

Tyhjätilan ja materiaalien komponenttien vaihtelu päällysteessä (lajittunut päällyste)

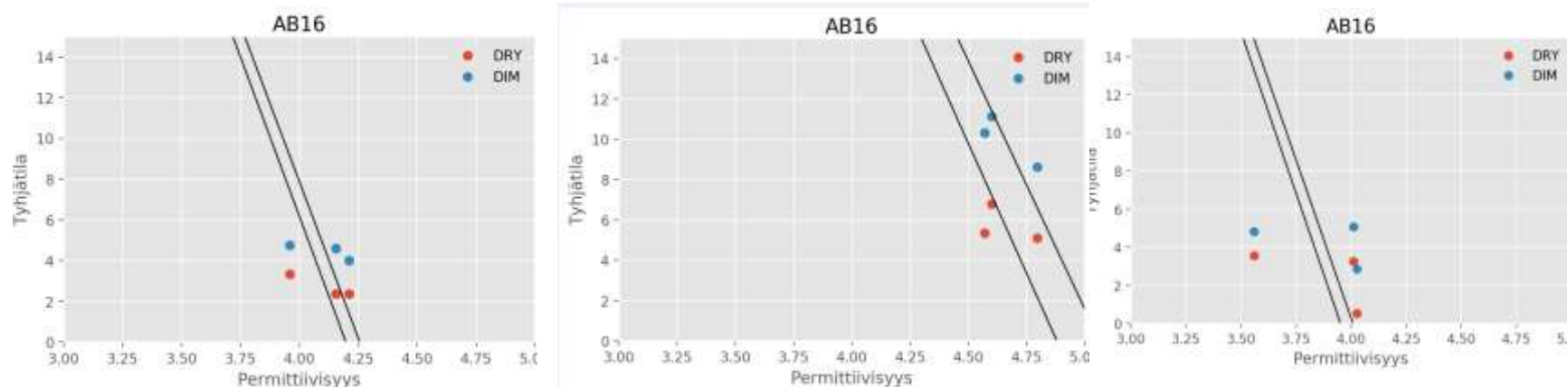


Core No	Pb%	Va%	VMA%	VFA%
21	5,5	3,3	15,15	78,46
22	5,4	3,6	15,03	76,13
23	5,5	0,6	12,87	95,48
24	4,7	2,7	13,65	80,04
25	5,5	1,0	13,47	92,74
26	5,3	0,0	12,44	100,00
27	6,4	2,7	14,61	81,36
28	5,2	2,0	13,30	85,21
29	6,0	5,7	15,60	63,23
30	5,1	6,8	14,78	53,83
31	5,4	3,1	14,34	78,28
32	5,1	2,4	12,87	81,54
Max	6,4	6,8	15,60	100,00
Min	4,7	0,0	12,44	53,83
Range	1,7	6,8	3,16	46,17

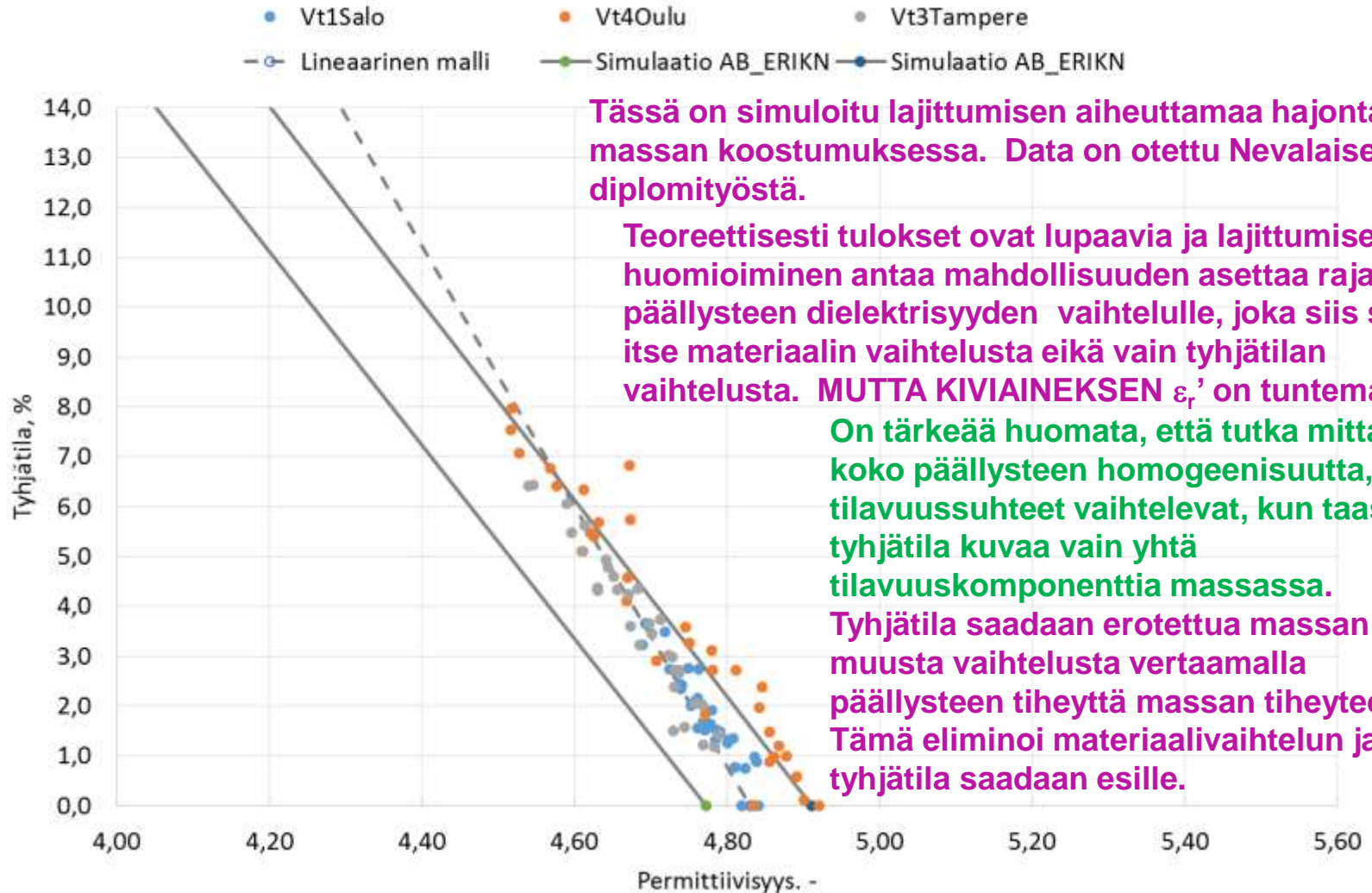
Nevalainen, N. 2014. *The use of thermal camera for quality assurance of asphalt pavement construction*, Master's thesis, Aalto University.

Kalibrointiyhtälön muodostaminen

Koska massa on lajittunutta tien päällä, se ei asetu yhdelle kalibrointisuoralle vaan muodostaa ns. verhokäyrän. Tätä verhokäyrän ”leveyttä” pyritään nyt mallintamaan työmaan toteumien ja suhteitustietojen avulla.



Simulaatio



Tässä on simuloitu lajittumisen aiheuttamaa hajontaa massan koostumuksessa. Data on otettu Nevalaisen diplomityöstä.

Teoreettisesti tulokset ovat lupaavia ja lajittumisen huomioiminen antaa mahdollisuuden asettaa raja-arvot päällysteen dielektrisyyden vaihtelulle, joka siis syntyy itse materiaalin vaihtelusta eikä vain tyhjätilan vaihtelusta. MUTTA KIVIAINEKSEN ϵ_r on tuntematon

On tärkeää huomata, että tutka mittaa koko päällysteen homogeenisuutta, jossa tilavuussuhteet vaihtelevat, kun taas tyhjätila kuvaa vain yhtä tilavuuskomponenttia massassa.

Tyhjätila saadaan erotettua massan muusta vaihtelusta vertaamalla päällysteen tiheyttä massan tiheyteen. Tämä eliminoi materiaalivaihtelun ja tyhjätila saadaan esille.

Alustavia tuloksia yhteenveto

-Alustava ϵ_r ' hajonnan raja-arvio (0,11) näyttäisi oikealta

- Materiaalista johtumattomat hajonnat on kyettävä eliminoimaan datasta ennen sen keskiarvoistamista, onnistuuko tämä?
- Tutka mittaa massan homogeenisuutta (ei yksin tyhjiätilaa), joten mallintaminen on tehtävä siten, että lajittuminen otetaan huomioon. Tässä tutkimittausten linkitys pinnan karkeusmittauksiin (lajittumaan) voisi olla hyödyllistä.
- Dielektrisyyden mittaushajonnan muutokset ajan suhteen ennakoivat tien vaurioitumista ja sen kehitystä (esim. veden jäätyminen vaikutukset huokostilassa)
- **Mahdollinen visio: Vuosittaiset kuntomittaukset ja veden imeytymisen kehityksen monitorointi, linkitys pinnan karkeuden mittaamiseen (lajittumat)**