



Aalto University
School of Engineering

TIIVEYS-Projekti

*Prof. Terhi Pellinen, Ph.D., Eur. Ing.
Rakennustekniikan laitos*

**LiVi, Elinkaaritehokas tiepäällyste, Loppuseminaari
21.11.2017, Pasila, Helsinki**

Sisältö

Tyhjätilan merkitys asfaltissa

Perinteiset mittausmenetelmät & Onteloresonaattori

Permittiivisyyden korrelaatio asfaltin tyhjätilaan

Maatutkamenetelmä ja PANK- 4122 menetelmän arviointi

2016-2017 mittaukset



Aalto University
School of Engineering

Tutkimuksen vaiheet

ASFALTTIPÄÄLLYSTEIDEN TUTKIMUSOHJELMA: ELINKAARITEHOKAS TIEPÄÄLLYSTE

	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Alustavat ja rinnakkaiset tutkimukset:						
Kekä II vauriotutkimus						
Lämpökameratutkimus 2013, Nevalainen, N. DT						
Lämpökameratutkimus 2014, Nevalainen, N. ET						
Bitumin diffuusiotutkimus, Fawad A. DT						
Bitumin vanh. ja elvyttäminen, Aroma, K. DT						
REMIX-projekti:						
Laboratoriotutkimukset						
Kenttätutkimukset, koetiet						
TYHJÄTILA-projekti:						
Laboratoriotutkimukset ja datan analyysi						
Kenttätutkimukset, koetiementaukset						
Tulosseminaari LIVI		x	x	x	x	x
Väylät & liikenne 2014, 2016			x			x
SIB 2015, Ancona, Italy				x		
TRFi Tampere, 2016						x
TRA2016, Warsova, Puola					x	
EATA 2017, Zurich ,Sveitsi						x
Baltic Road Conference 2017, Tallinna, Viro						x



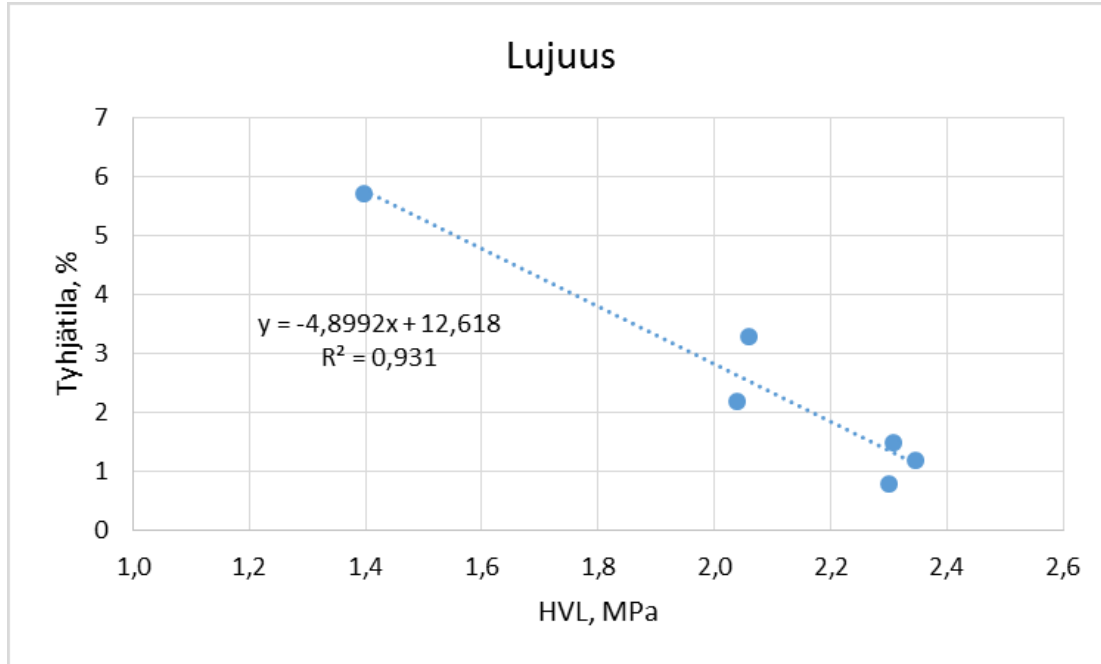
Aalto University
School of Engineering

Tyhjätilan merkitys asfaltissa

A photograph of a road with significant potholes and water damage, illustrating the effects of a large empty space. The road surface is dark and wet, with numerous large, irregular potholes and areas of water pooling. The road curves to the right in the distance. A yellow double line is visible on the left side of the road, and a white dashed line is on the right. The background shows a grassy embankment and some trees.

**Suuri tyhjätila aiheuttaa
reikiintymistä ja liiallista
nastarengaskumista**

Suuri heikentävä vaikutus mekaanisiin ominaisuuksiin



- **Lujuus (HVL)**
- **Jäykkyys (HVJ)**
- **Kulutuskestävyys (Prall)**

Tapoja mitata tyhjätilaa laboratoriossa

Päällysteen tiheyden mittaamenetelmät:

Kuivamenetelmä (DRY)

Pintakuiva menetelmä (SSD)

Parafilmi ja parafiini (PARAF)

Ulkomitat (DIM)

CoreLok



ICT –kiertotiivistin

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



Tapoja mitata **päällysteen tiheyttä tiellä**

Kuivamenetelmä (DRY)

Pintakuiva menetelmä (SSD)

Parafilmi ja parafiini (PARAF)

Ulkomitat (DIM)

CoreLok



Tyhjätila lasketaan päällysteen tiheyden ρ_p ja massan maksimitiheyden ρ_m perusteella.

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

-Maatutka (GPR), Troxler, Dorr

Virheet tiheyden mittaamisessa vaikuttavat lasketun tyhjätilan oikeellisuuteen!

Laskennallinen tyhjätila



Porakappaleesta voidaan mitata sekä ρ_p että ρ_m .

Saadaan selville todellinen tyhjätila ja materiaalivaihtelu ei vaikuta tulokseen.

Tyhjätila lasketaan päällysteen tiheyden ρ_p ja massan maksimitiheyden ρ_m perusteella.

$$TT = \left(1 - \frac{\rho_p}{\rho_m}\right) \times 100$$

Päällysteestä voidaan mitata vain ε_r' , joka on ρ_p estimaatti.



ρ_p sekä ε_r'
 ρ_m ei estimaattia

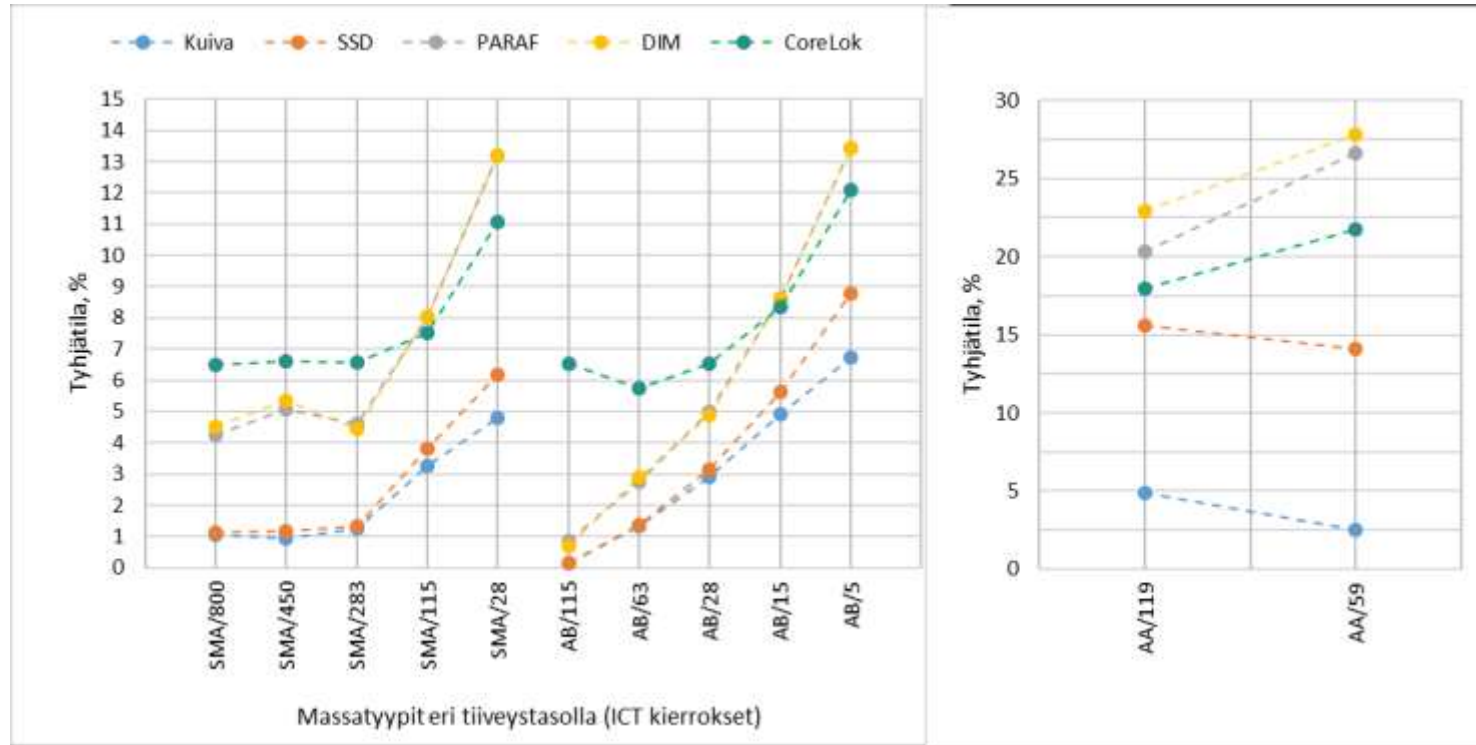
Vesi huokosissa nostaa mitattua ε_r' arvoa tiellä

Mastiksissa oleva sekä koko kappaleen tyhjätila – eri mittausmenetelmät

			
SMA/800, $V_{SSD} = 1,1\%$	AC/115, $V_{DRY} = 0,2\%$	AC/5, $V_{DRY} = 6,7\%$	PA/119, $V_{DIM} = 22,9\%$
			
SMA/450, $V_{SSD} = 1,2\%$	AC/115, $V_{DRY} = 0,2\%$	AC/15, $V_{DRY} = 4,9\%$	PA/59, $V_{DIM} = 27,9\%$

Mastiksi: Kuiva (DRY) ja SSD menetelmä

Koko kappale: Parafilmi, DIM ja CoreLok

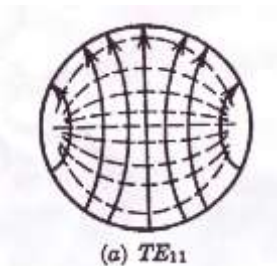


Permittiivisyyden mittaaminen EM onteloresonaattori menetelmällä



**CR = kokonaan täytetty
onteloresonaattori**

Useita aaltumuotoja



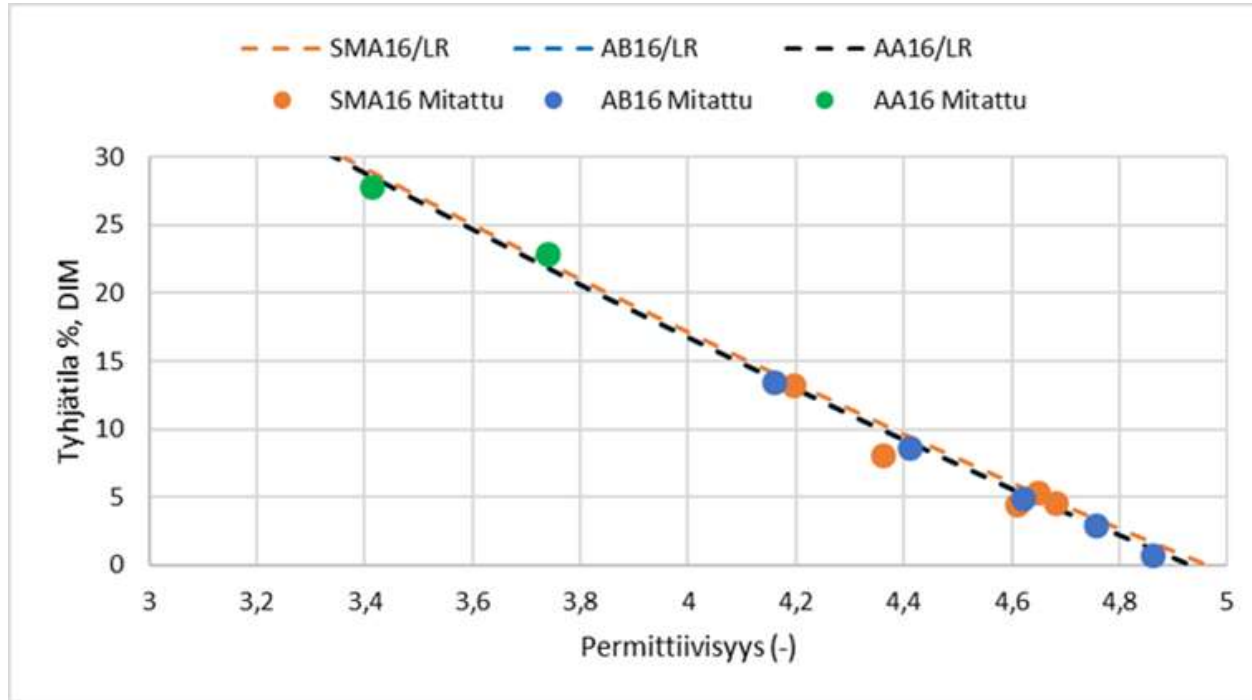
**PFGR = osittain täytetty
onteloresonaattori**



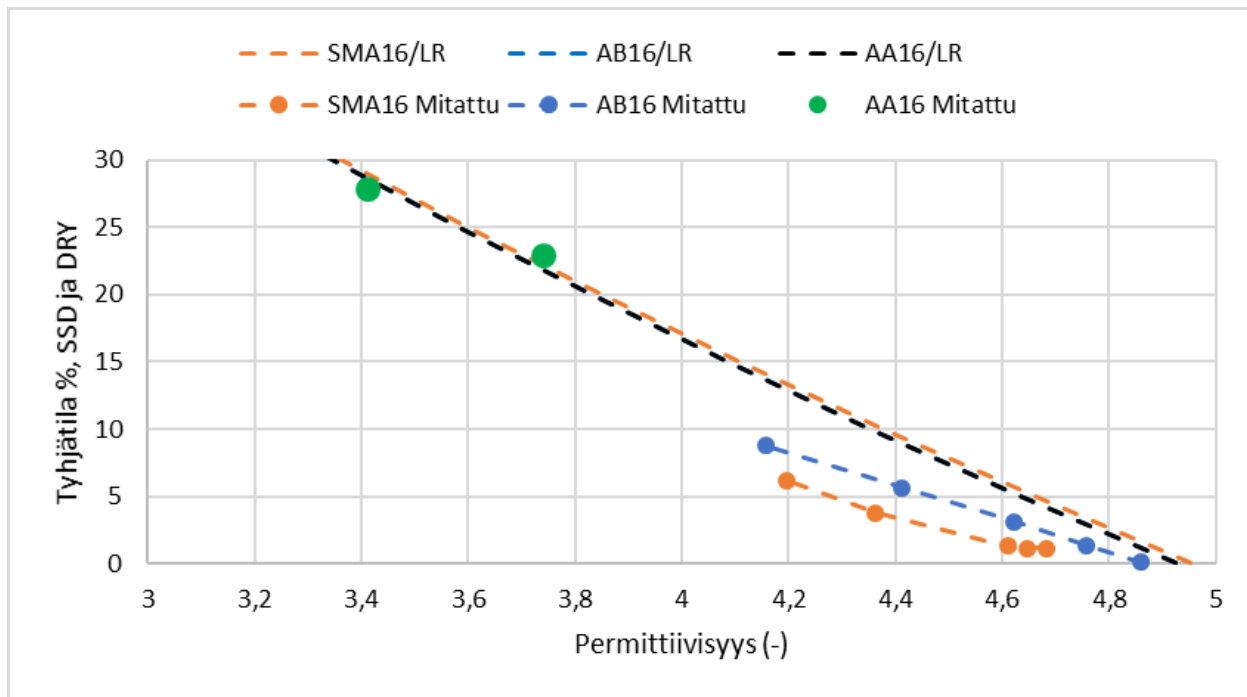
Aalto University
School of Engineering

Permittiivisyyden korrelaatio asfaltin tyhjätilaan

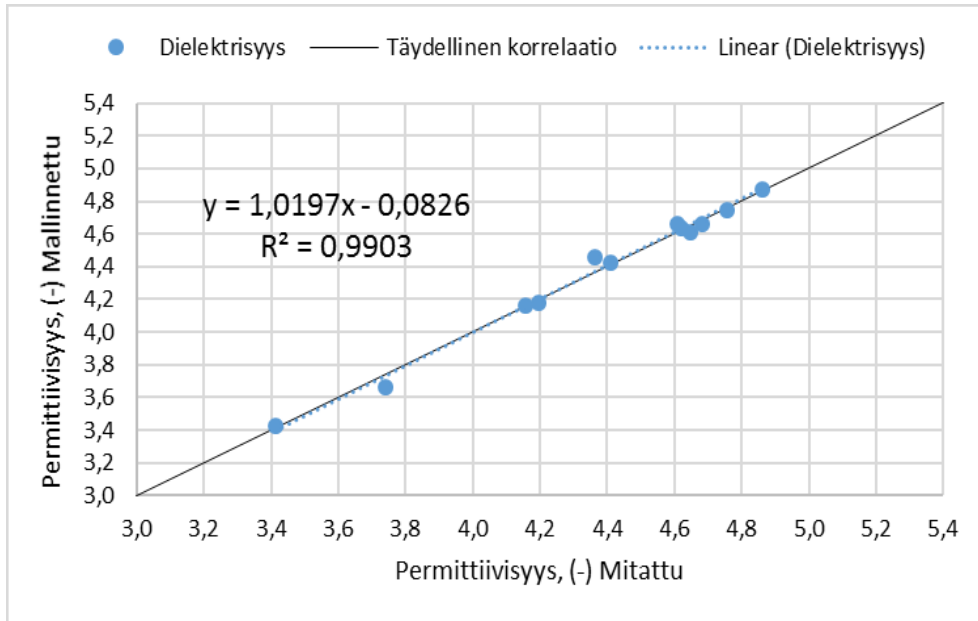
CR menetelmä mittaa kokonaistyhjätilan (Parafilmi tai DIM)



CR ei mittaa Kuiva ja SSD menetelmillä saatua suhteellista tyhjätilaa



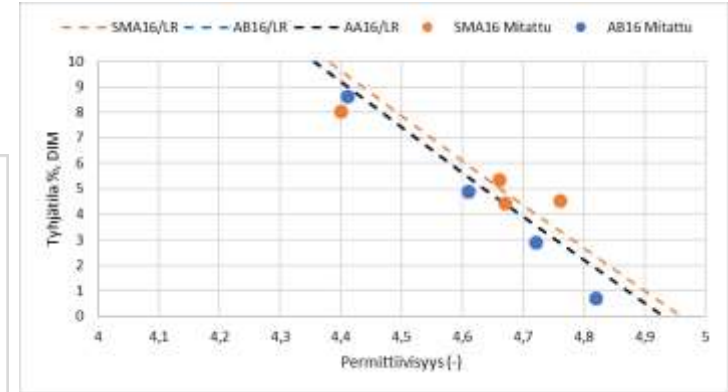
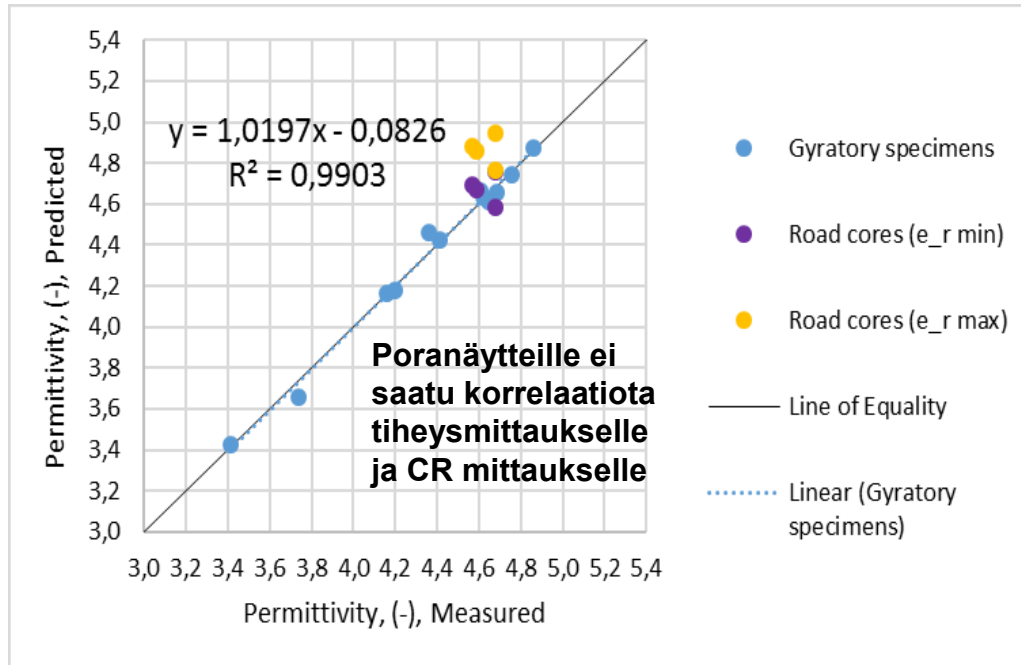
Hyvä korrelaatio seuraavin reunaehdoin:



- **Kiven ϵ_r' ei vaihtele**
- **Tyhjätila on mitattu kokonaistyhjätilana (DIM tai Parafilmi menetelmä)**
- **Sekä ϵ_r' että tiheys ρ_p mitataan samasta tilavuuselementistä (kiertotiivistetty koekappale)**
- **Asfaltissa ei ole vettä**

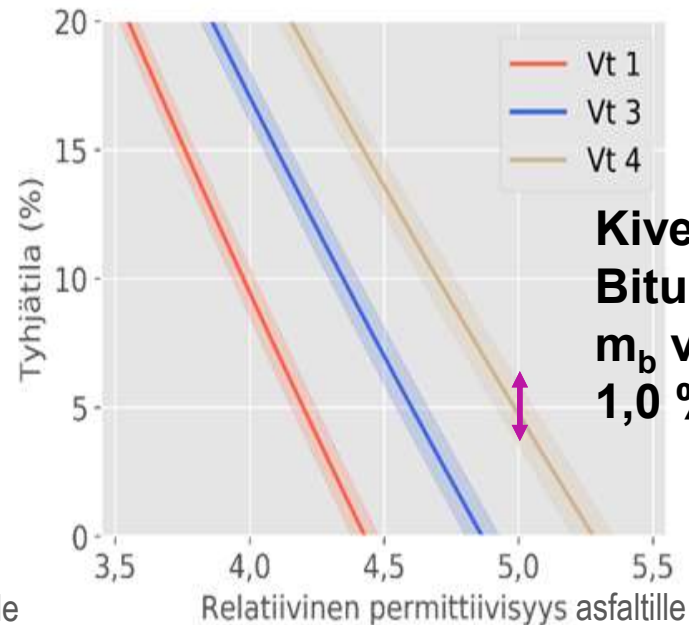
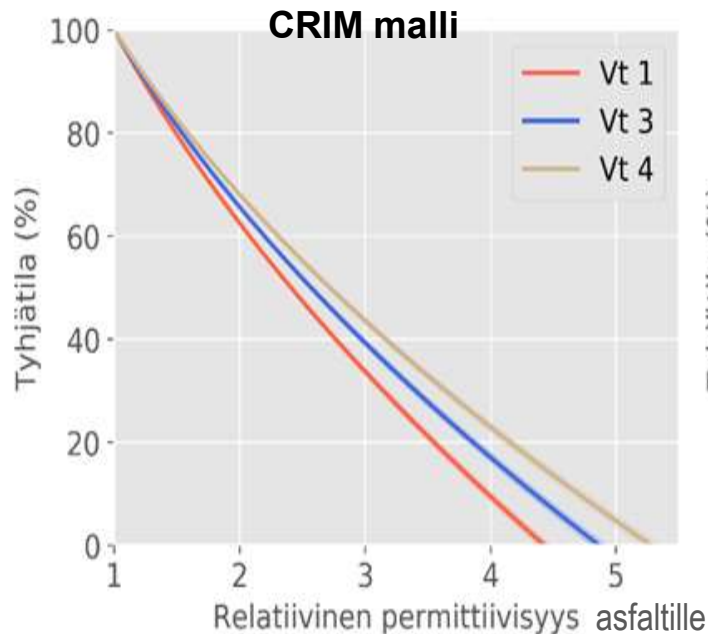
Korrelaatio tiemittauksessa

Kiviaineksen ε_r ' hajonta mukana poranäytteissä



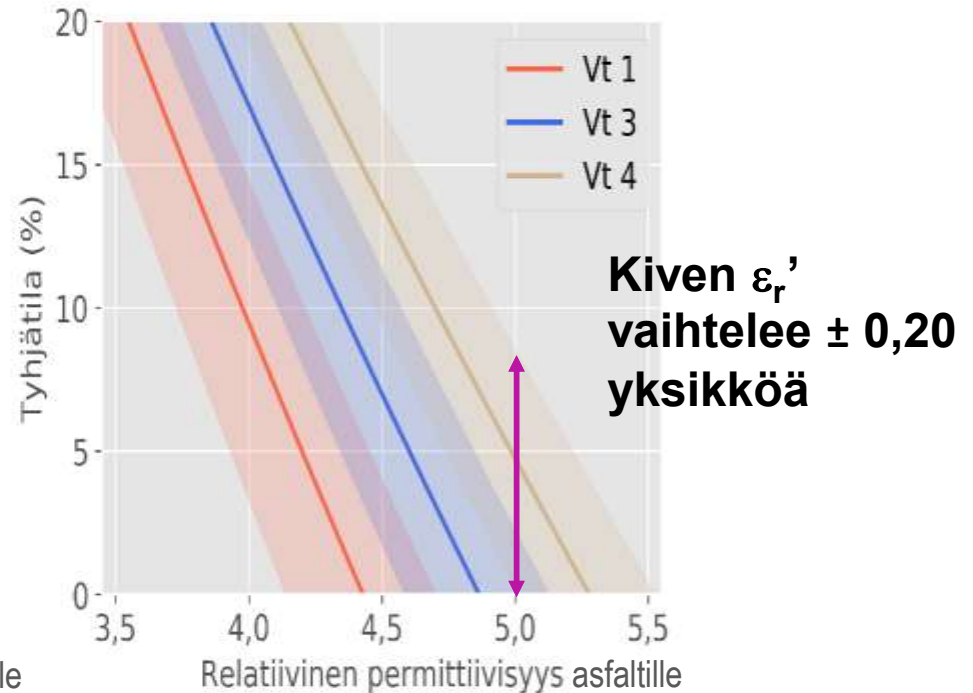
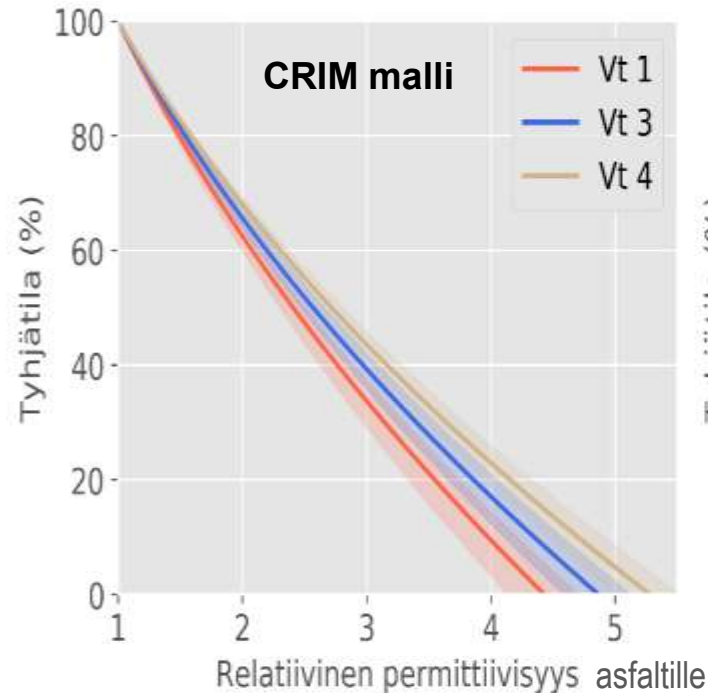
Jos kiven ε_r ' nousee 0,29, asfaltin ε_r ' nousee 0,19. Tämä vastaa noin 3,5%-yksikköä tyhjätilassa.

Asfaltin tyhjätila riippuu kiviaineksen tyhjätilasta (VMA) ja sen täyttöasteesta



**Kiven ϵ_r ' vakio
Bitumin massa
 m_b vaihtelee \pm
1,0 %-yksikköä**

Asfaltin permittiivisyys riippuu kiviaineksen permittiivisyydestä





Aalto University
School of Engineering

Maatutkamenetelmän puutteet

Maatutkamenetelmä ja PANK 4122

- **Mittaa vain päällysteen tiheyden ρ_p estimaatin, jolloin materiaalivaihteluita ei voida eliminoida tuloksista**
- **Mitattu tilavuuselementti vs. laadunvalvonnan kohde**
- **PANK 4122 kalibraatiomenetelmä poistaa tyhjätilan hajonnan**
- **Kun päällysteessä on vettä, suuret tyhjätilat mallintuvat virheellisesti pieniksi tyhjätiloiksi**
- **Tyhjätilan todellista keskimääräistä tasoa ei voi määrittää luotettavasti muutaman satunnaisen poranäytteen perusteella**

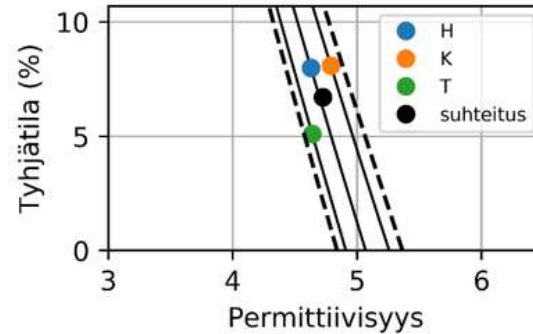
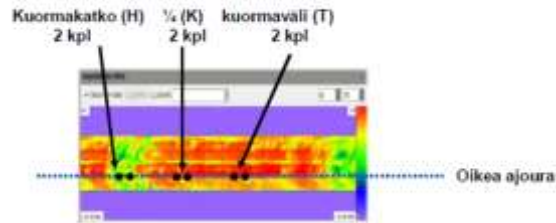


Aalto University
School of Engineering

Tutkimukset 2016 ja 2017

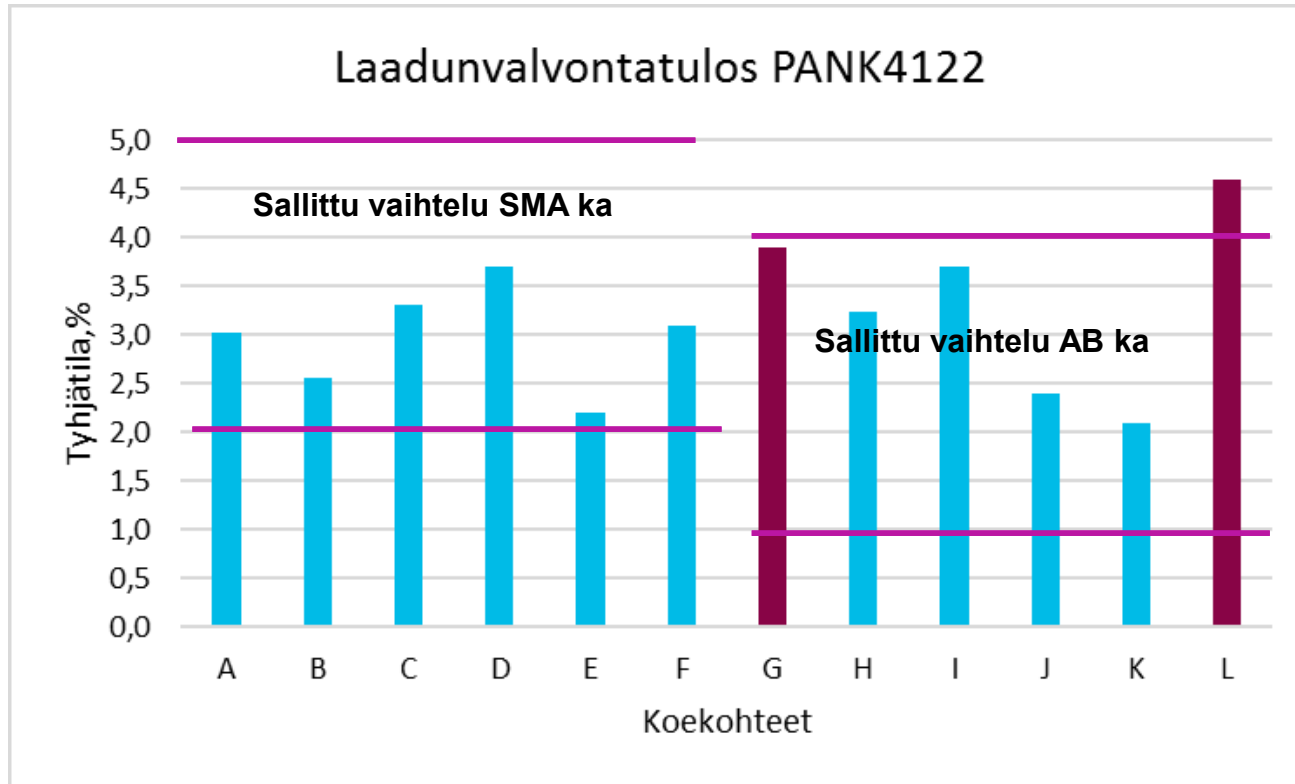
Kesän 2016 tiemittaukset

ID	KVL poikkil.	LV. luokka	Työmenetelmä	Massa	Asf. Urak.	Laatu-mittaaja	Lab.
A	46422	A	LJYR+LTA 100	SMA16	AU-1	LM-1	LAB-1
B	54363	A	LJYR+LTA 100	SMA16	AU-1	LM-1	LAB-1
C	7000	A	MP 100	SMA16	AU-1	LM-1	LAB-1
D	-	A	-	SMA16	AU-2	LM-2	LAB-2
E	12957	A	LJYR+LTA 100	SMA16	AU-3	LM-2	LAB-3
F	9076	A	MPKJ 100	SMA16	AU-3	LM-2	LAB-3
G	1500	C	MPKJ 90	AB16	AU-2	LM-2	LAB-4
H	789	D	MP 100	AB16	AU-4	LM-1	LAB-2
I	1284	D	MP 100	AB16	AU-4	LM-1	LAB-2
J	2308	C	MP	AB16	AU-2	LM-2	LAB-2
K	1526	C	MP	AB16	AU-2	LM-2	LAB-2
L	2630	C	MP	AB16	AU-2	LM-2	LAB-2

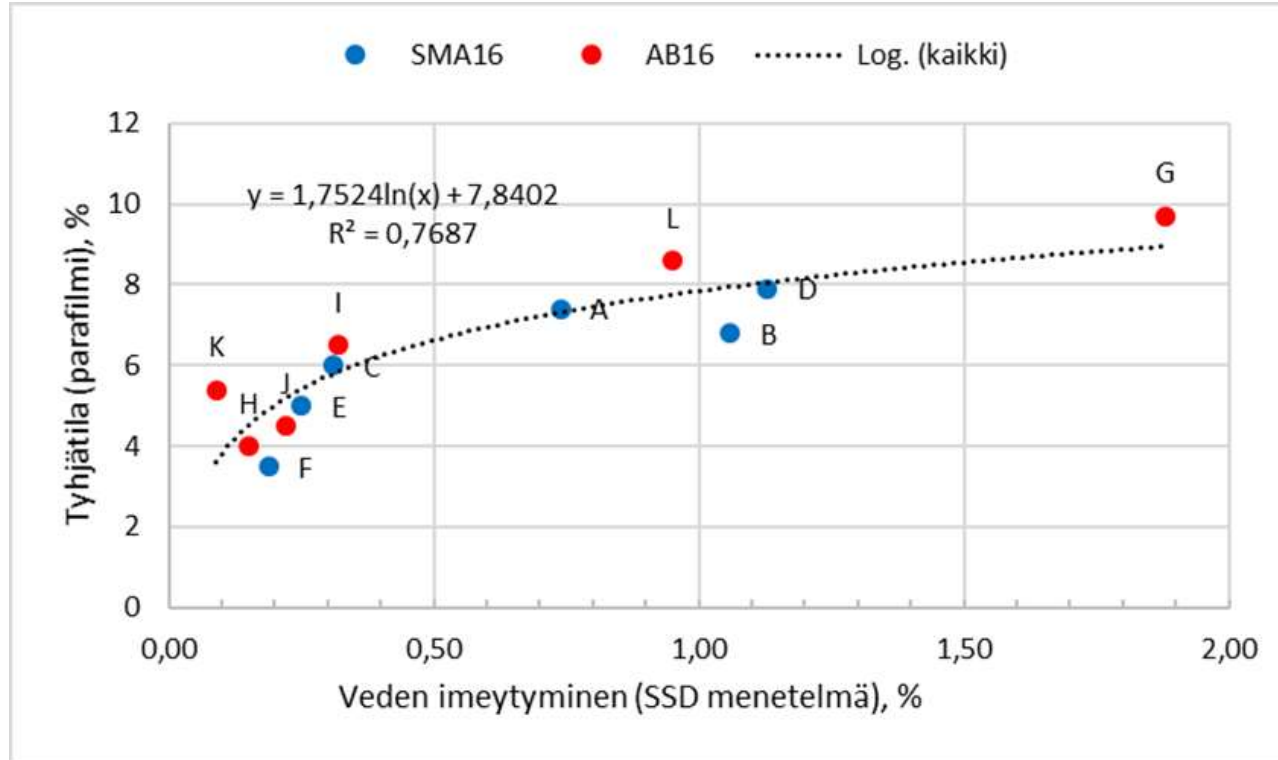


Tulosten perusteella ei ollut mahdollista saada luotettavaa lineaarista korrelaatiota.

Laadunvalvontatulos



Veden vaikutus tuloksiin

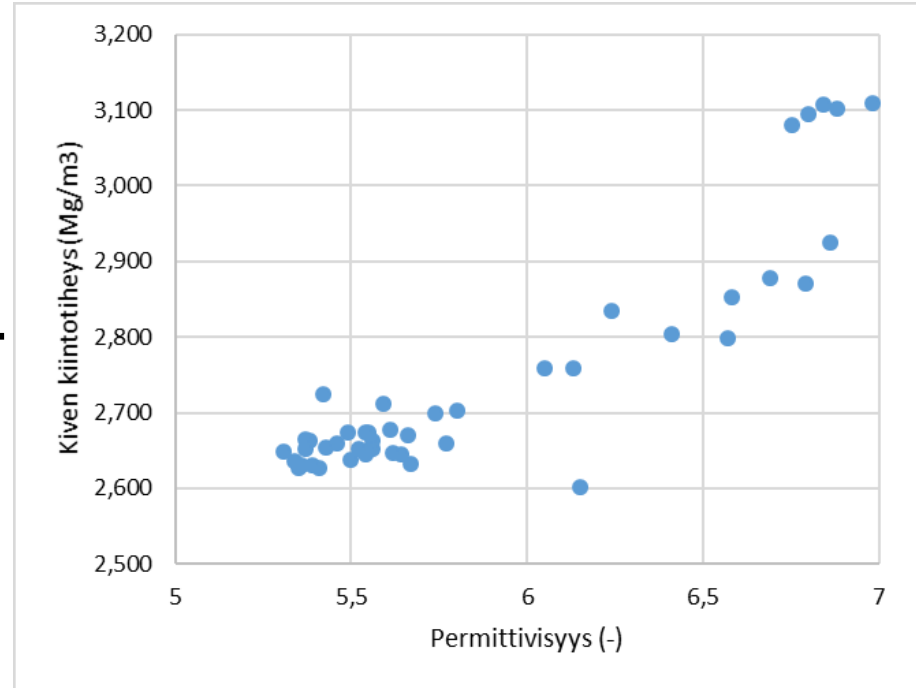


Kiviaineksen permittiivisyyden mittaus

Mitattiin permittiivisyys 5 kivioporakiekosta 9 eri kiviainesottamosta Etelä-Suomessa

Tulosten perusteella saatiin 4 eri tiheyksistä kivityyppiä.

Kivilaji	mitattu ka. tiheys Mg/m ³
Graniitti	2,655
Graniitti/Kiillegneissi	2,734
Sarvivälkegneissi	2,847
Gabro	3,099





Aalto University
School of Engineering

Kiitos