

Taustaa tutkimukseen

Prof. Terhi Pellinen

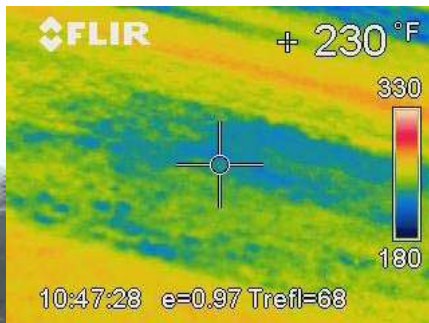
Tutkimustiimi

- Jatko-opiskelija Michalina Makowska
 - Jatko-opiskelija Pablo Olmos Martinez
 - Maisteri-opiskelija Olli-Ville Laukkanen
 - Kandidaatti-opiskelija Héctor Vicente Agost
 - DI Antti Kuosmanen
 - Lab. mestari Heli Nikiforow
 - Lab. mestari Petri Peltonen
-
- Prof. Pekka Eskelinen, Aalto-yliopiston Sähkötekniikan korkeakoulun, Elektroniikan laitos

Sisältö

- Lämpökameratutkimukset
 - Asfalttimassan lajittuminen ja epähomogeenisuus
- Päällysteen tiiveyden todentaminen
 - Tyhjätilamittausten virhelähteet
 - Hajonta, poikkeama ja tarkkuus
 - Vuoden 2009 tyhjätilamittausten analysointia
 - Maatutkan kalibroinnista

Päällysteen lajittuminen (segregation)



- Lämpötilalajittuminen (thermal segregation)
- Fysikaalinen lajittuminen (physical segregation)
 - Kiviaineksen lajittuminen massassa (aggregate segregation in the mix)
 - Sideaineen valuminen (binder drain-down) tai pintaan nousu



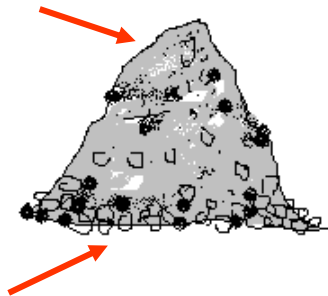
Mitä on lajittuminen?



Homogeeninen massa

Hieno
kiviaines

Karkea
kiviaines



Lajittunut massa

Lajittunut massa on alun pitäen *hyvin sekoitettua homogeenista massaa*, jossa sopimattoman käsittelyn takia hienot ja karkeat kiviainesrakeet ovat erottuneet toisistaan. Massan sideainepitoisuuden ja rakeisuuden välillä on siten lineaarinen yhteys.

Epähomogeeninen massa on *huonosti sekoitettua* massa, jolloin sideainepitoisuuden ja rakeisuuden välillä ei ole lineaarista yhteyttä.

Sjöblom, S: Skador hos vägbeläggningar av asfaltbetong, SBEF Nr 33, Huvudbilaga III. Stockholm, 1982.

Sideainepitoisuuden ja rakeisuuden vaihtelu – lineaarinen korrelaatio

Segregated Samples from the Same Mix



Coarse Portion
3.79% Asphalt Binder



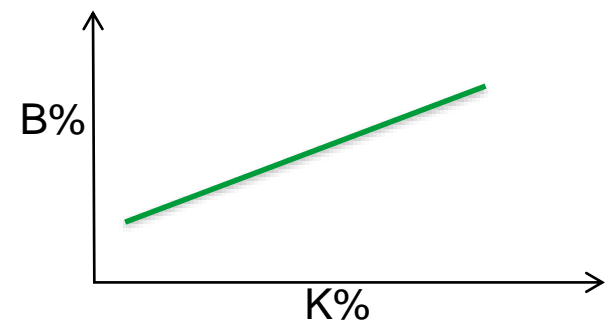
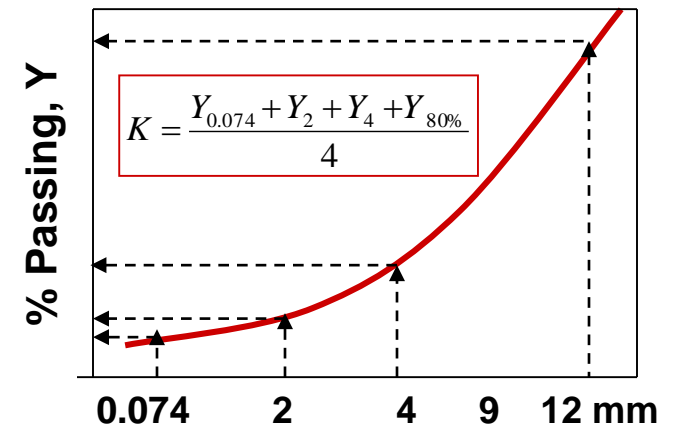
Fine Portion
5.21% Asphalt Binder

Construction

QC/QA Representative Samples

31

Aggregate Gradation



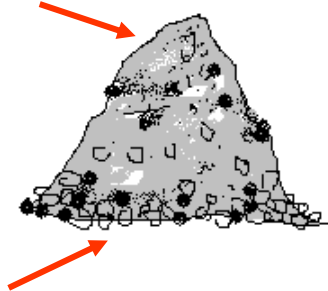
Sideainepitoisuuden ja rakeisuuden vaihtelu Lajittumista vai epähomogeenisuutta?



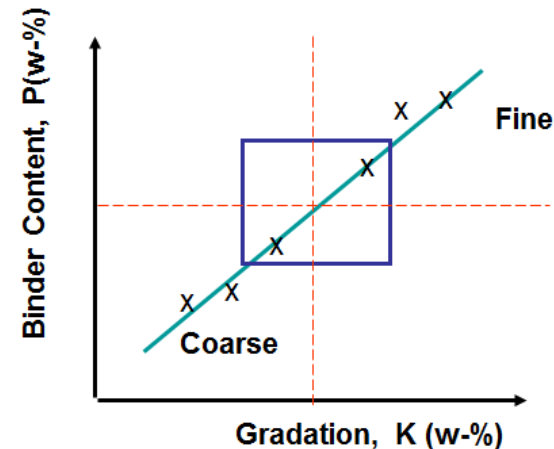
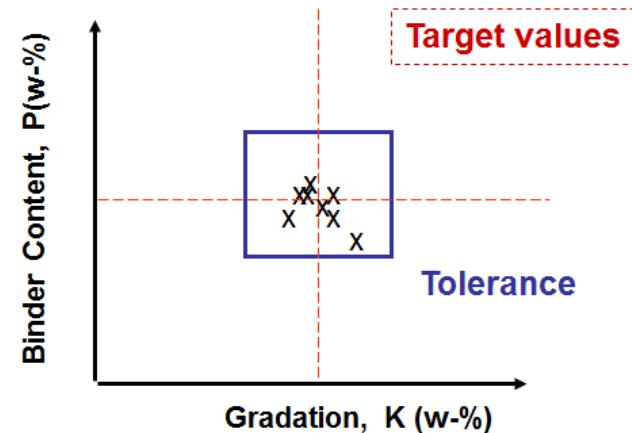
Homogeeninen massa

Hieno
kiviaines

Karkea
kiviaines



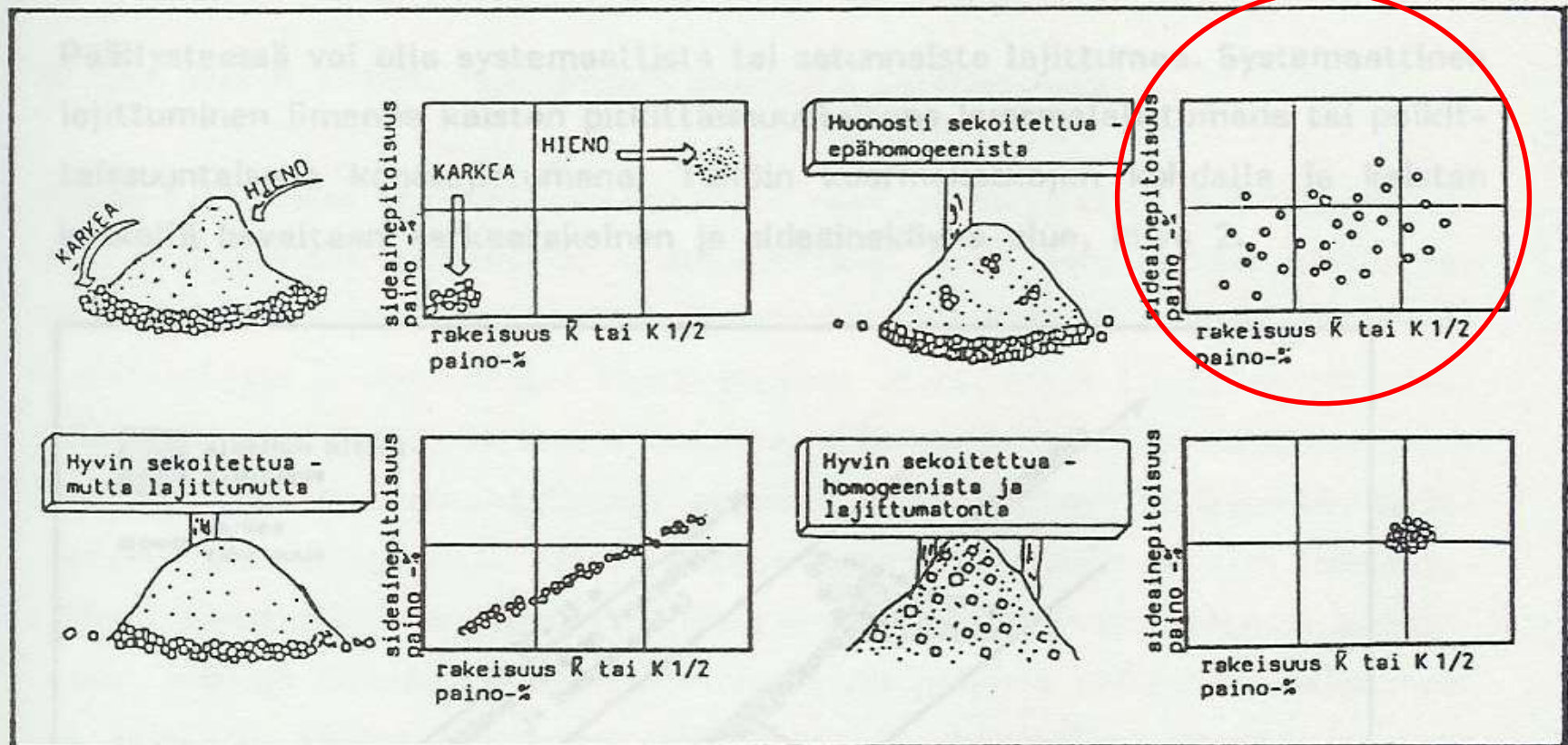
Lajittunut massa



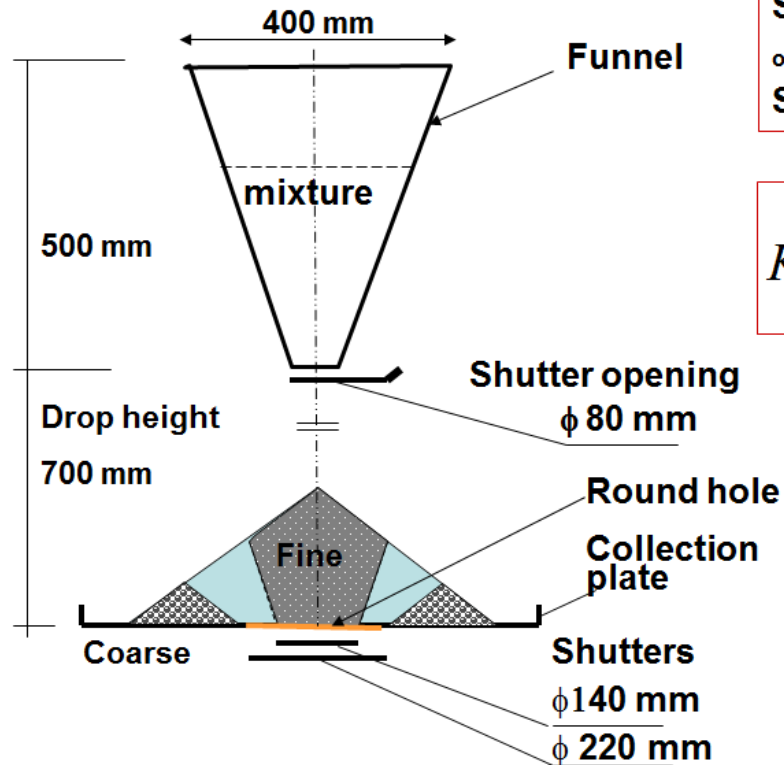
Epähomogeenista massaa?

Tarvitaanko prosessin säätöä?

Pellinen (1985): Asfalttimassan epähomogeenisuuden ja lajittumisen vaikutuksesta asfalttipäällysteen.



SH-laite (Sjöblom-Hillgren, Stockholm 1979)

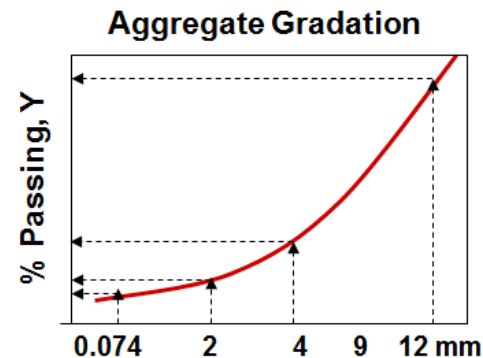


$$\text{SH value} = P_{\text{Fine}} - P_{\text{Coarse}}$$

or

$$\text{SH value} = K_{\text{Fine}} - K_{\text{Coarse}}$$

$$K = \frac{Y_{0.074} + Y_2 + Y_4 + Y_{80\%}}{4}$$



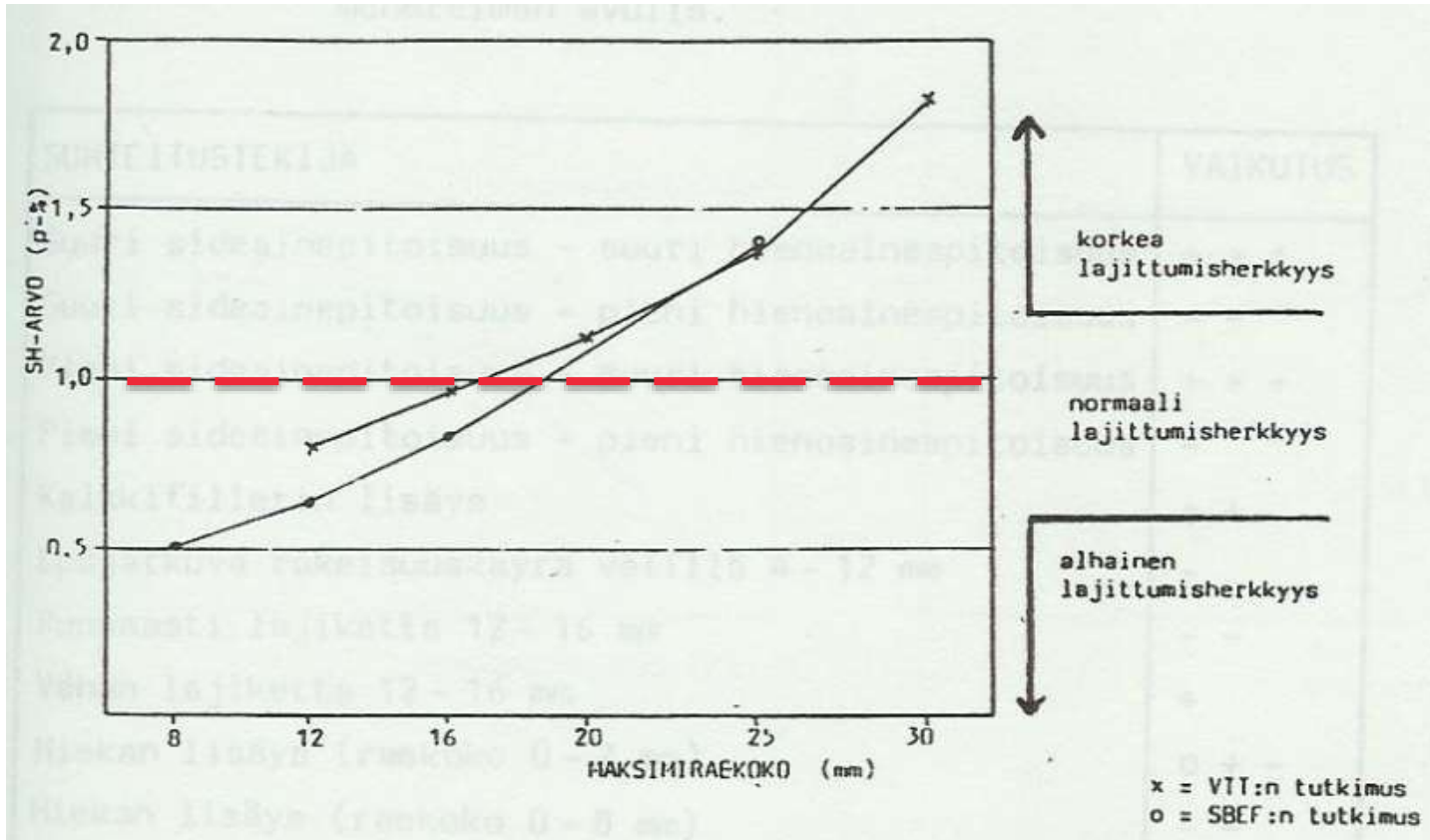
Massan lajittumisherkkyys

PANK-normit 2011

Sideaine: OA $\pm 0,4-0,5\%$

Kiviaines OA $\pm 2-7\%$

Pellinen (1985): Asfalttimassan epähomogeenisuuden ja lajittumisen vaikutuksesta asfalttipäällysteen.



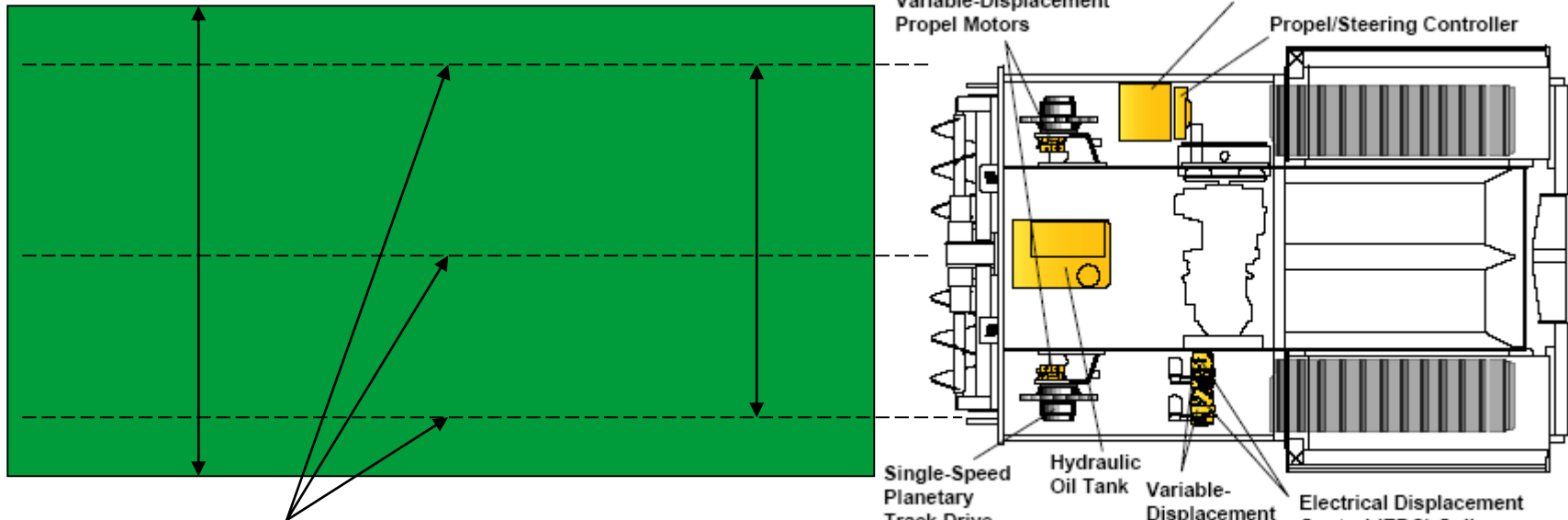
Lajittumisen estäminen: asfalttiasema



**Pyrittävä mahdollisimman
pieneen pudotuskorkeuteen**

Kuormalajittuminen alkaa täältä!

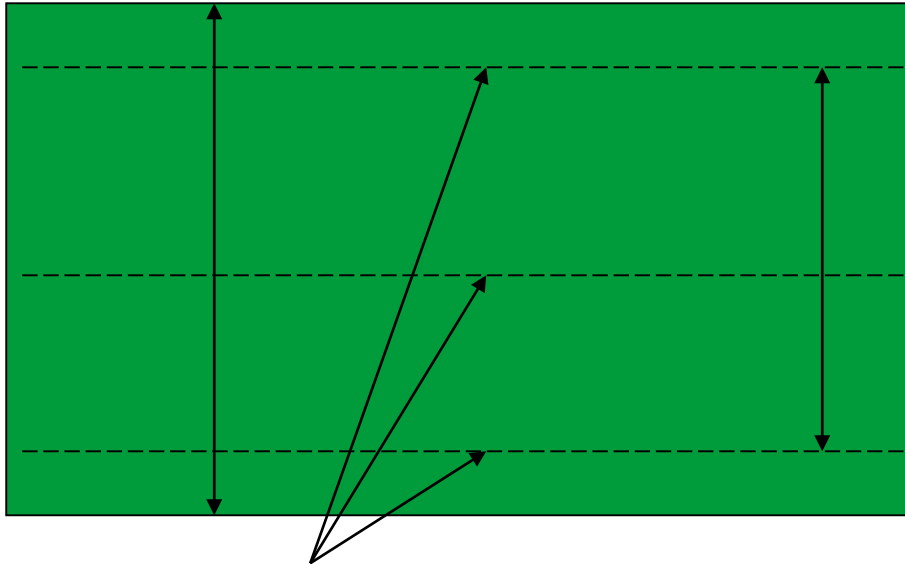
Lajittumisen estäminen: Levitystyö



**Kierukoiden aiheuttama lajittuminen
(korkeus maasta ja kiinnitystapa)**

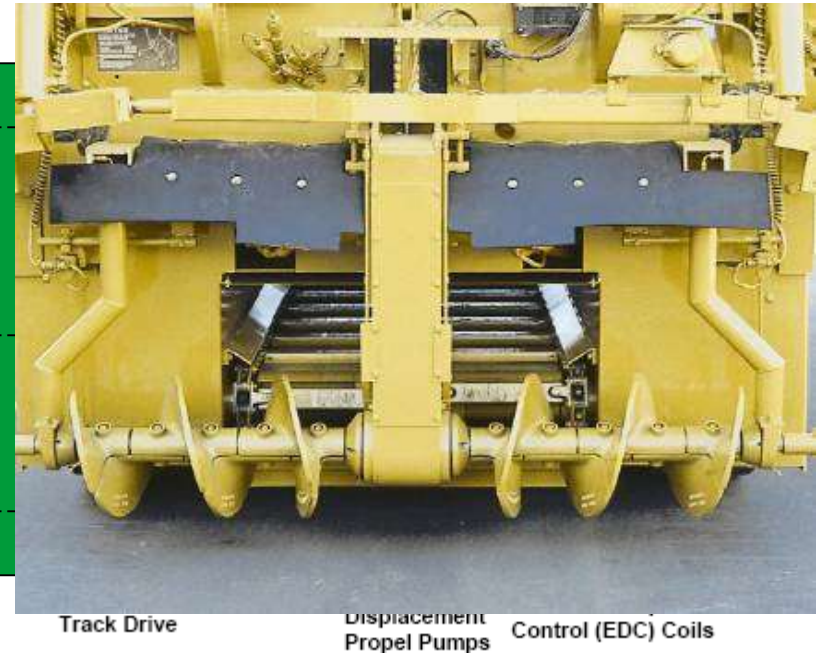
**Kuormalajittumista vähennetään kun levittäjän kaukaloa EI ajeta
tyhjäksi ja laitoja nostetaan niin vähän kuin mahdollista**

Lajittumisen estäminen: Levitystyö



**Kierukoiden aiheuttama lajittuminen
(korkeus maasta ja kiinnitystapa)**

**Kuormalajittumista vähennetään kun levittäjän kaukaloa EI ajeta
tyhjäksi ja laitoja nostetaan niin vähän kuin mahdollista**



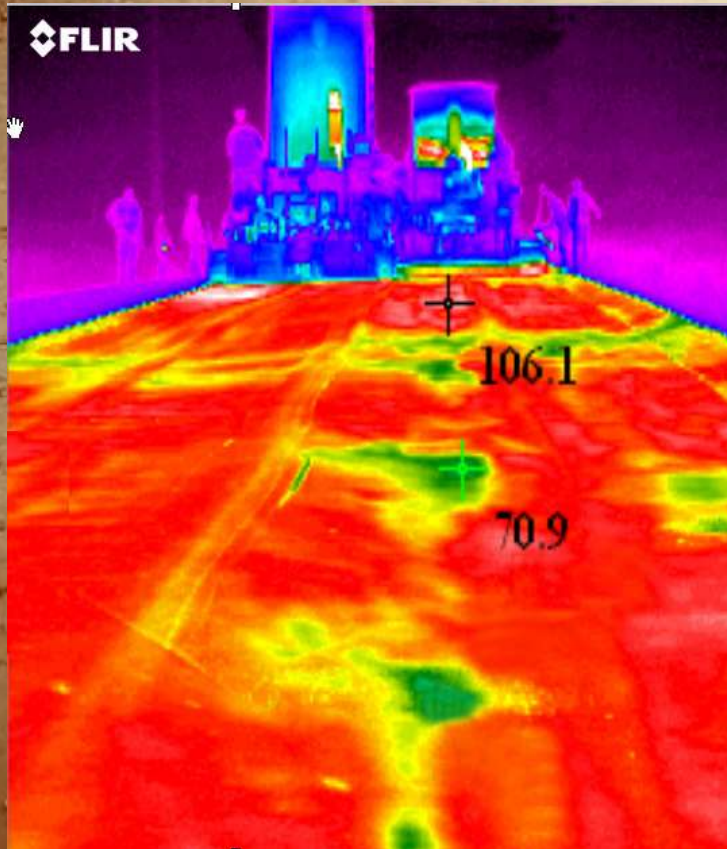
Lajittuman todentaminen



Lajittuman todentaminen



Lajittuman todentaminen



Thermal conductivity – property of material to conduct heat – determines the speed of heating /heat loss

Granite

3,5 W/mK

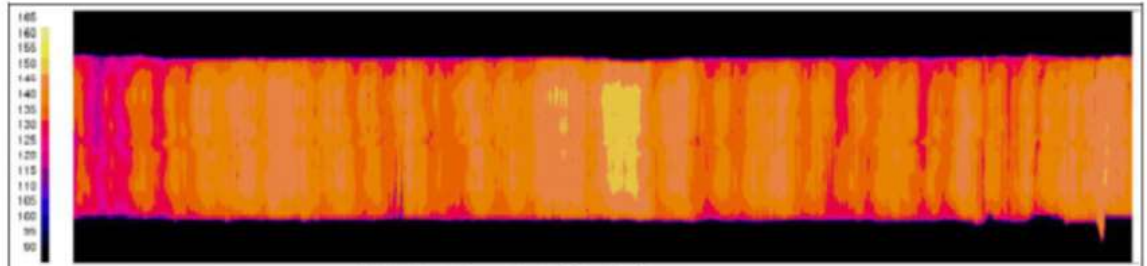
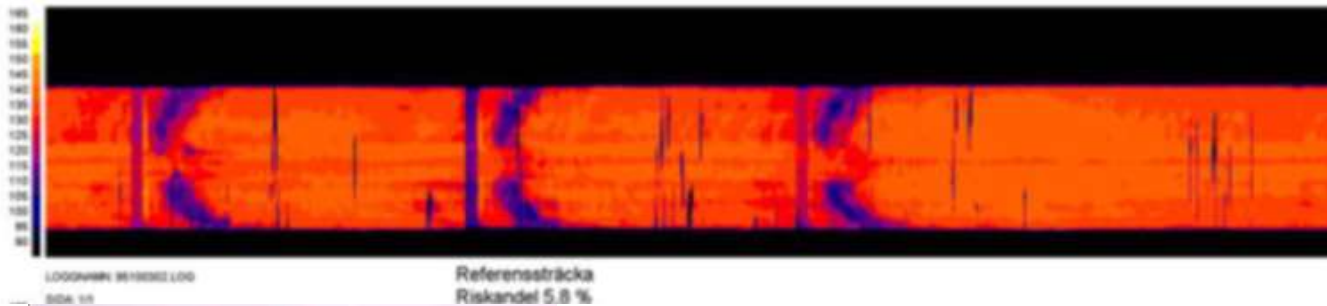
Bitumen

0,2 W/mK (insulator)

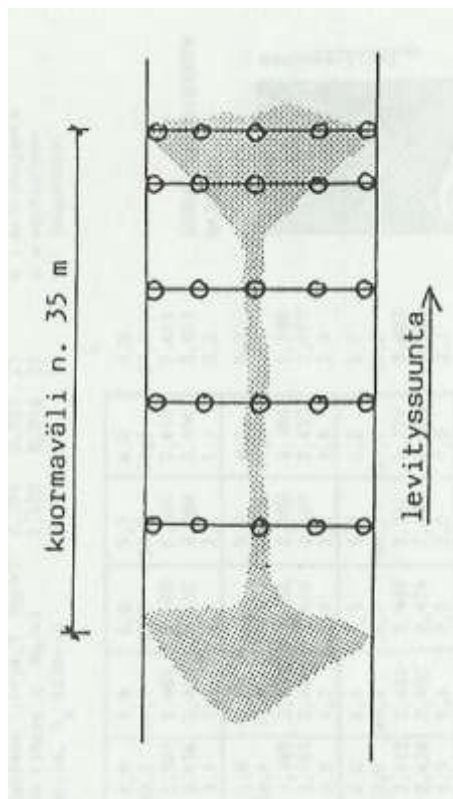
Material Transfer Vehicle (MTV) tai Shuttle Buggy



Material Transfer Vehicle (MTV) tai Shuttle Buggy



Lajittuman suuruus tieltä mitattuna

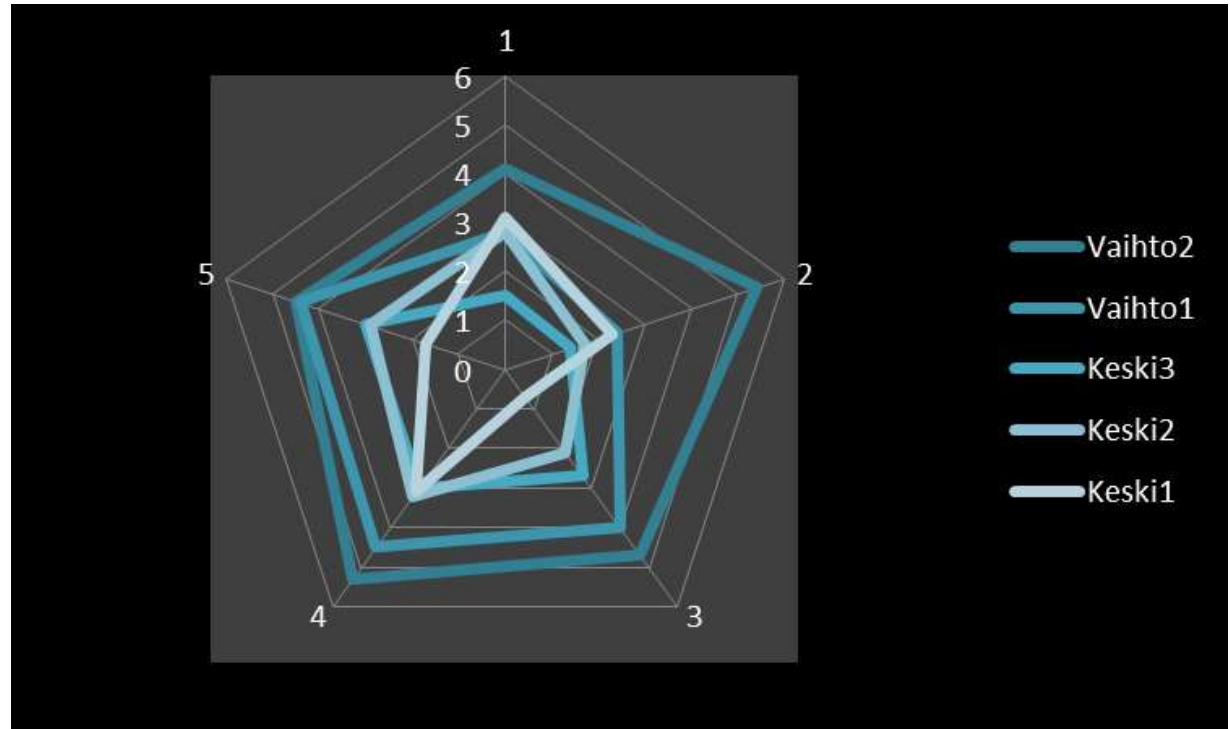
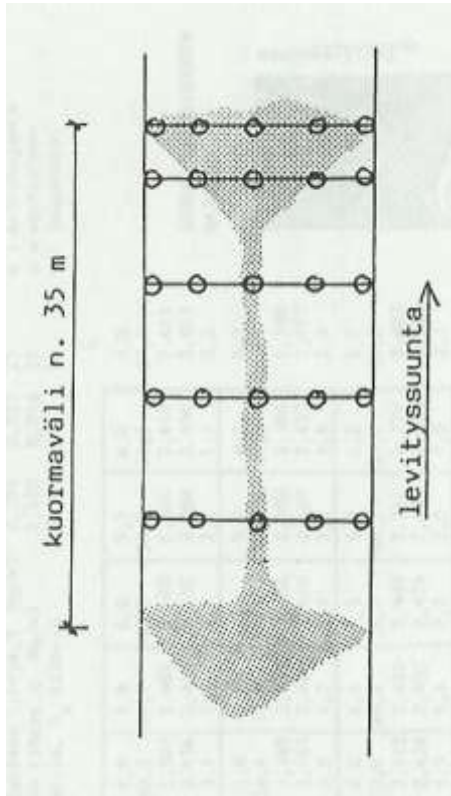


							maks-min		
		1	2	3	4	5	0,9	5,4	2,6
Vaihto2							5,0	34,5	4,8
Vaihto1							5,6	37,3	3,6
Keski3							5,9	38,8	2,3
Keski2							5,9	39,9	2,5
Keski1							5,8	39,9	2,2
	maks-min								
Bitumi %	0,3	5,8	5,7	5,5	5,5	5,8			
K-arvo %	1,7	38	38,2	37,4	37,6	39,1			
Tyhjätila %	1,2	2,9	2,6	2,8	3,8	3,3			

Pellinen (1985): Asfalttimassan epähomogeenisuuden ja lajittumisen vaikutuksesta asfalttipäällysteen, tiedot koottu lähteestä Wågberg L-G, Separation i asfaltmassor, VTI Meddelande nr 160, Lindköping 1979.

Lajittuman suuruus tieltä mitattuna

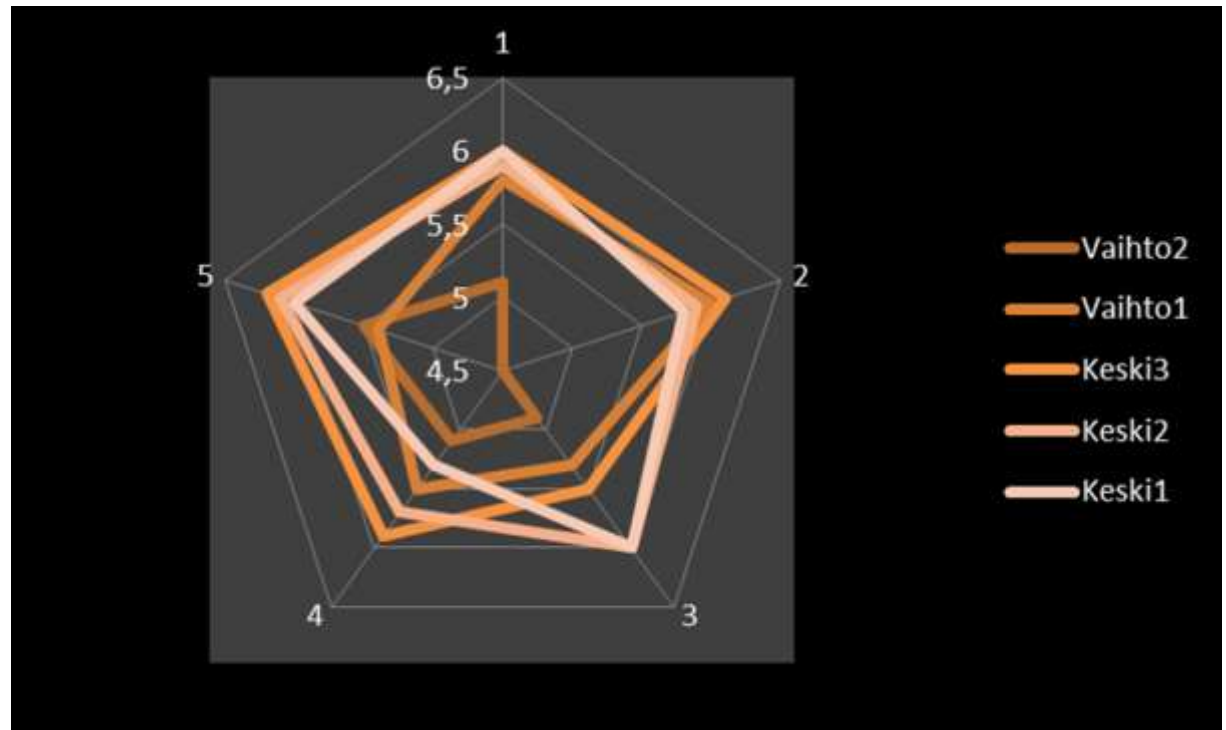
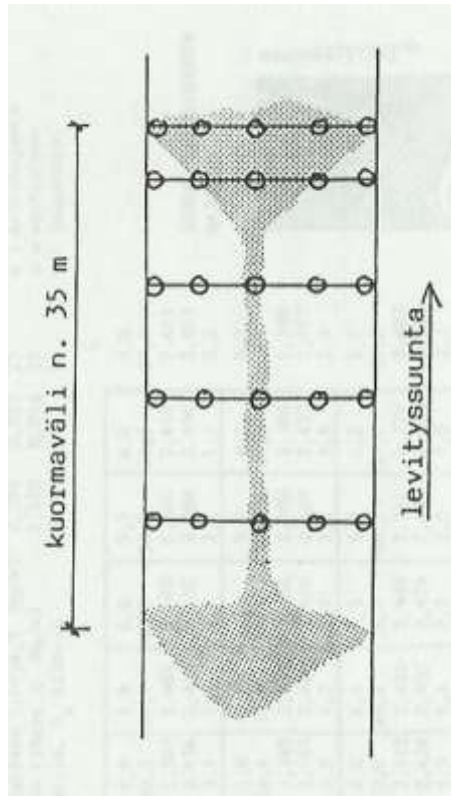
Tyhjätila (%)



Pellinen (1985): Asfalttimassan epähomogeenisuuden ja lajittumisen vaikutuksesta asfalttipäällysteen, tiedot koottu lähteestä Wågberg L-G, Separation i asfaltmassor, VTI Meddelande nr 160, Lindköping 1979.

Lajittuman suuruus tieltä mitattuna

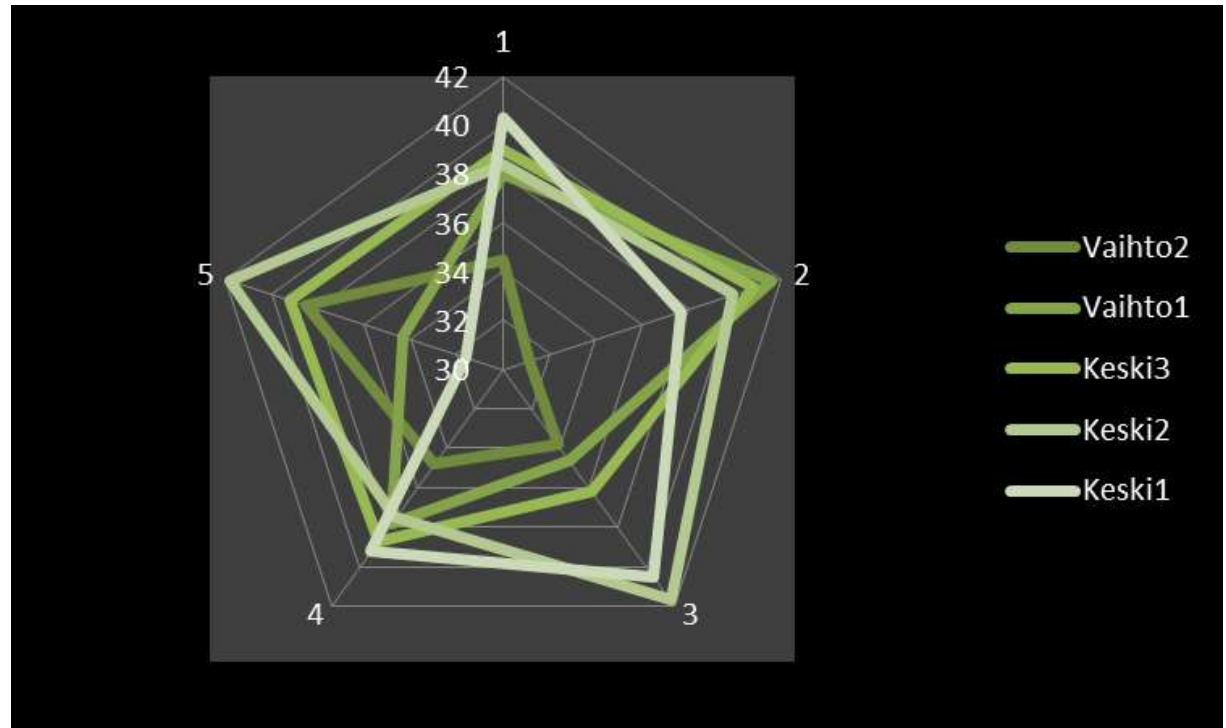
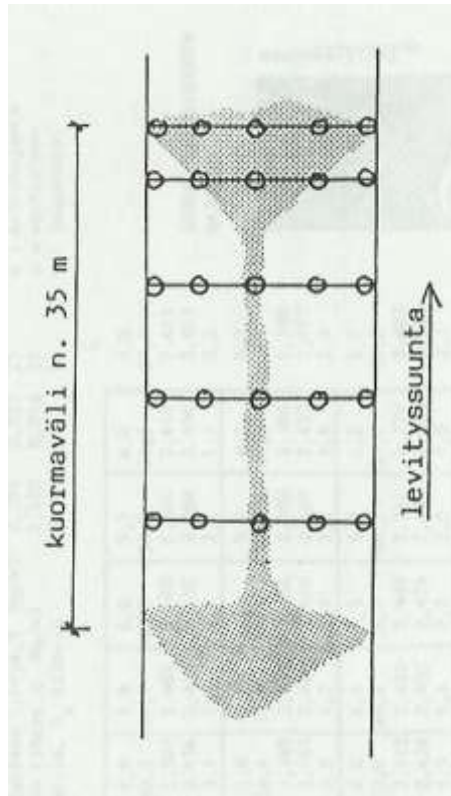
Bitumipitoisuus (%)



Pellinen (1985): Asfalttimassan epähomogeenisuuden ja lajittumisen vaikutuksesta asfalttipäällysteen, tiedot koottu lähteestä Wågberg L-G, Separation i asfaltmassor, VTI Meddelande nr 160, Lindköping 1979.

Lajittuman suuruus tieltä mitattuna

Rakeisuus, K-arvo (%)



Pellinen (1985): Asfalttimassan epähomogeenisuuden ja lajittumisen vaikutuksesta asfalttipäällysteen, tiedot koottu lähteestä Wågberg L-G, Separation i asfaltmassor, VTI Meddelande nr 160, Lindköping 1979.

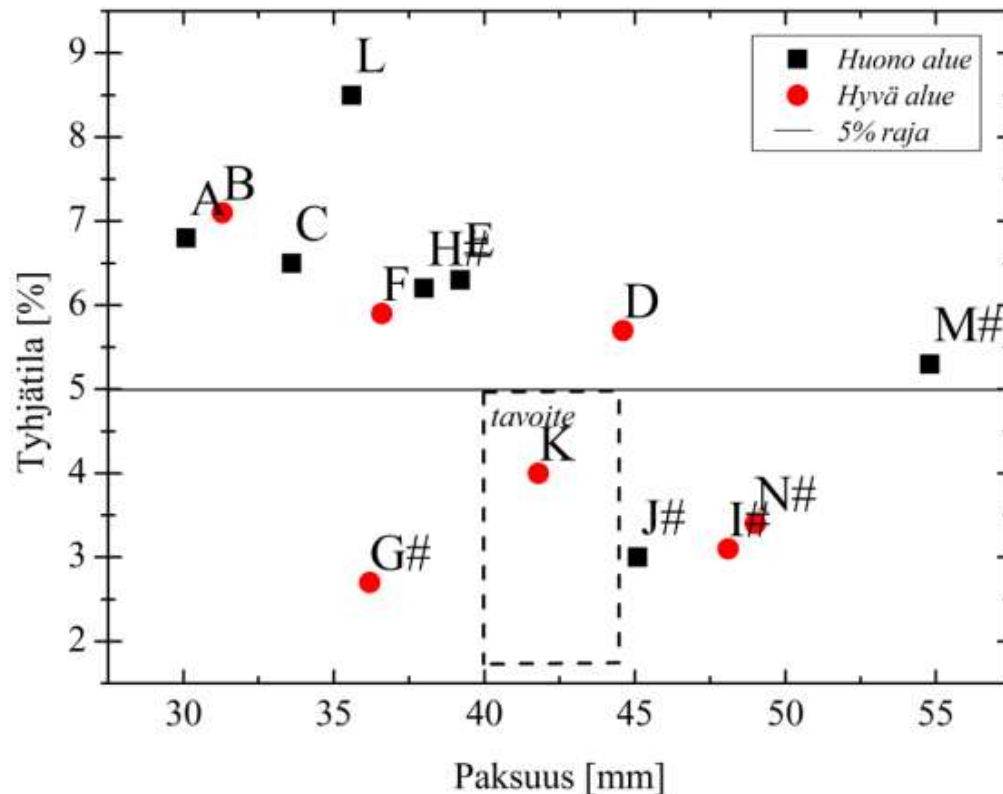
Päällystevauriot

Tapaus Kehä II

- *Vaurioituneilla alueilla poranäytteet hajosivat ja/tai kerrokset erottuivat toisistaan.*
- *Joillain alueilla kaikki kerrokset olivat irti ja liima tuntui puuttuvan välistä*

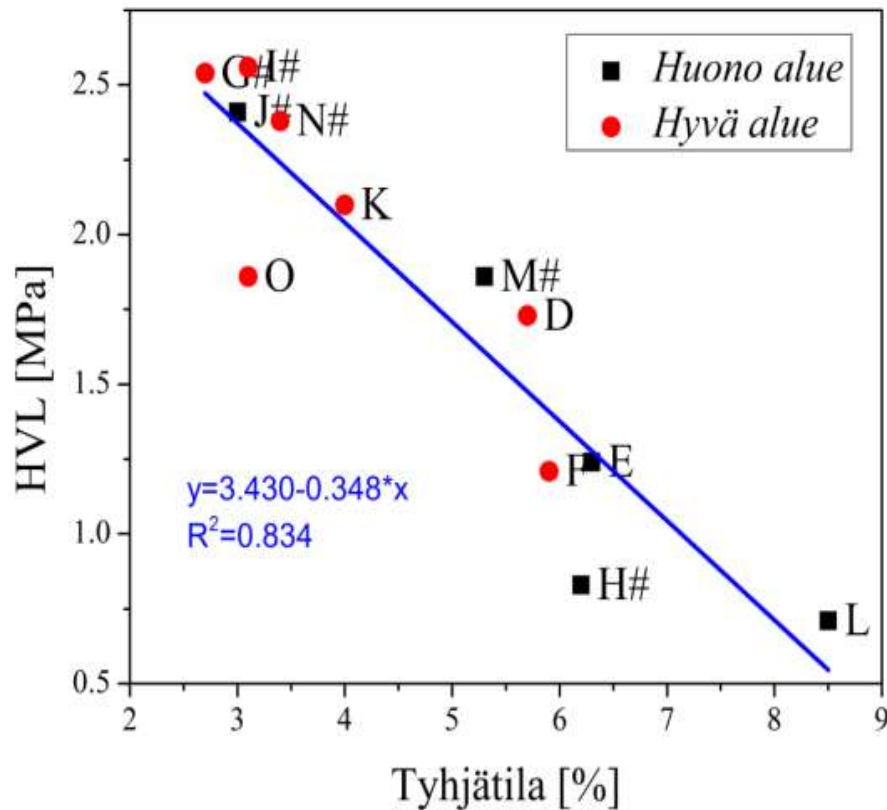


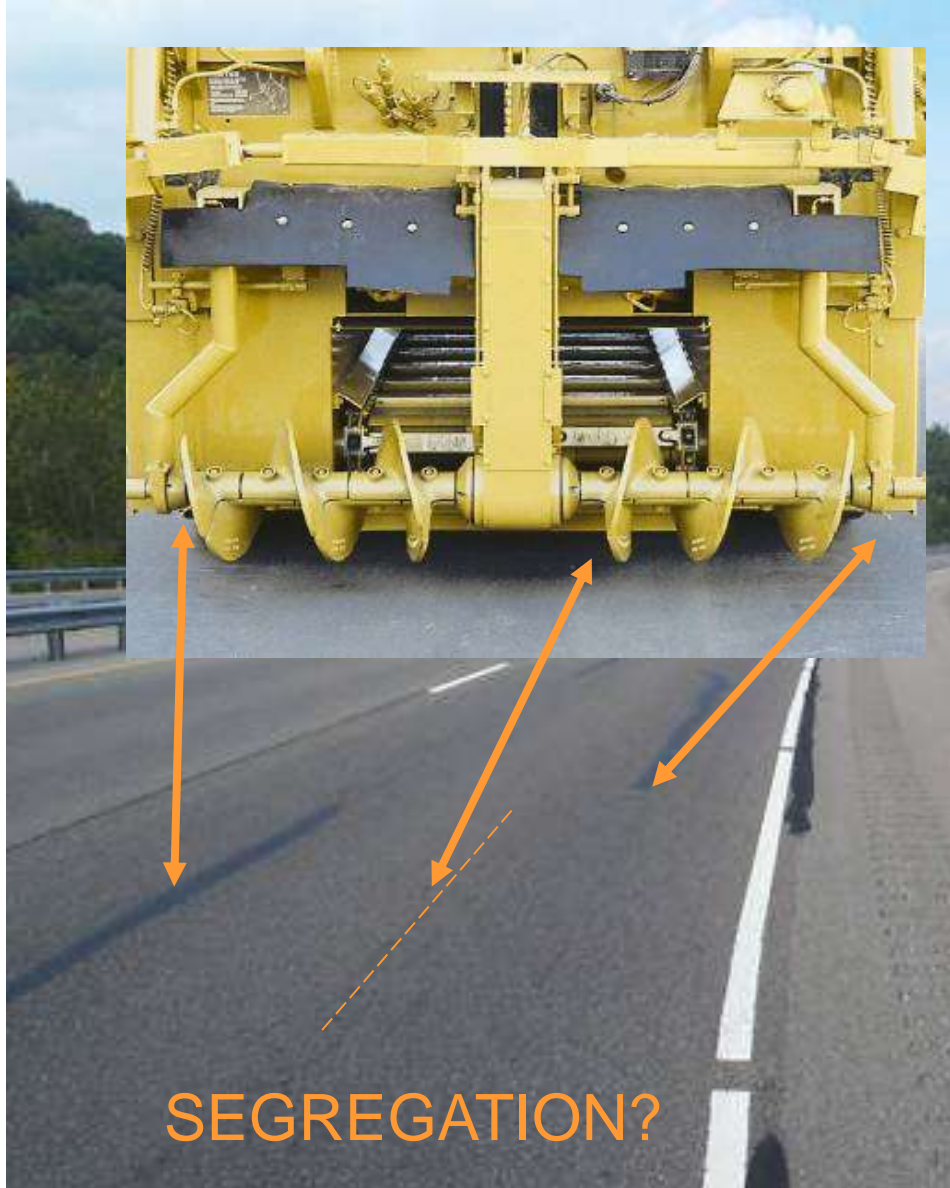
Suuri tyhjätila, ohut päällyste: vesi pääsi rakenteisiin



X-ray CT Scan (KTH)

Alhainen mekaaninen lujuus





Super single tire damage?



Sisältö

- Lämpökameratutkimukset
 - Asfalttimassan lajittuminen ja epähomogeenisuus
- **Päällysteen tiiveyden todentaminen**
 - Tyhjätilamittausten virhelähteet
 - Hajonta, poikkeama ja tarkkuus
 - Vuoden 2009 tyhjätilamittausten analysointia
 - Maatutkan kalibroinnista

Tyhjätila – laskettu suure, EI MITATTU

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

ρ_p = päällysteen tiheys

ρ_m = massan tiheys

$$\rho = \frac{m}{V}$$



Päällysteen tiheys

- Ainetta rikkovat menetelmät
 - Poranäytteet
 - Ulkomitat
 - Ilma-vesipunnitus
 - SSD menetelmä
- Ainetta rikkomattomat menetelmät
 - radiometriset (esim. Troxler)
 - Maatutka GPR
- Näytteenotto
 - Satunnainen diskreetti –tilastolliset menetelmät
 - Jatkuva mittaus



ASTM E456: “Standard Terminology for Relating to Quality and Statistics” and ASTM E177.

- Precision (hajonta tai sisäinen tarkkuus)
 - The closeness of agreement between independent test results obtained under stipulated conditions.
- Bias (poikkeama)
 - The difference between the expectation of the test results and an accepted reference value.
- Accuracy (ulkoinen tarkkuus)
 - The closeness of agreement between a test result and an accepted reference value. The term accuracy, when applied to a set of test results, involves a combination of a random component and of a common systematic error or bias component.

Precision, bias and accuracy

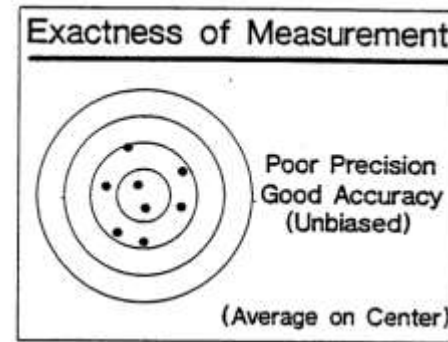
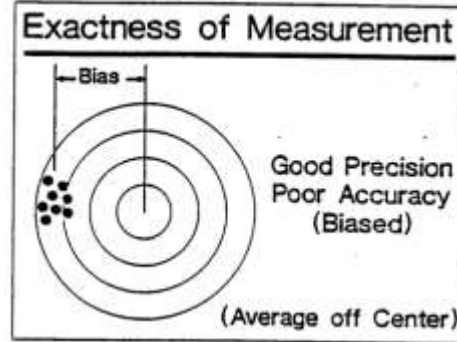
(hajonta tai sisäinen tarkkuus, poikkeama, ulkoinen tarkkuus)

Externally accurate, internally inaccurate

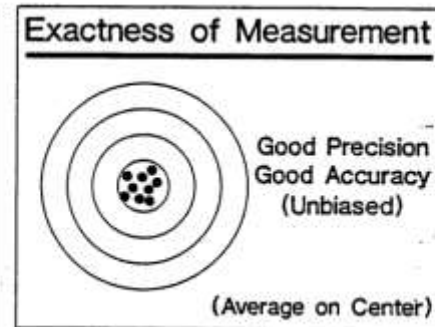
$$bias = \bar{\theta} - \theta_0$$

Internally accurate,
externally biased

- Systematic error in
 - testing and/or
 - sampling and/or
 - production



$$var = \frac{\sum (\theta^2 - \bar{\theta})^2}{(n-1)}$$



Tyhjätila – sallittu hajonta (precision limits)

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

ESIMERKKI:

$$\begin{aligned}\bar{x} \quad \rho_p &= 2,403, \text{ kh } 0,0124 \text{ (ASTM D 2726-2000)} \\ \bar{y} \quad \rho_m &= 2,485 \text{ kh } 0,008 \text{ (ASTM D2041)}\end{aligned}$$

Sallittu hajonta

$$\sigma_{x/y} = \sqrt{\frac{\bar{y}^2 \sigma_x^2 + \bar{x}^2 \sigma_y^2}{\bar{y}^4}}$$

$$\sigma_{x/y} = \sqrt{\frac{(2.485)^2 (0.0124)^2 + (2.403)^2 (0.008)^2}{(2.485)^2}}$$

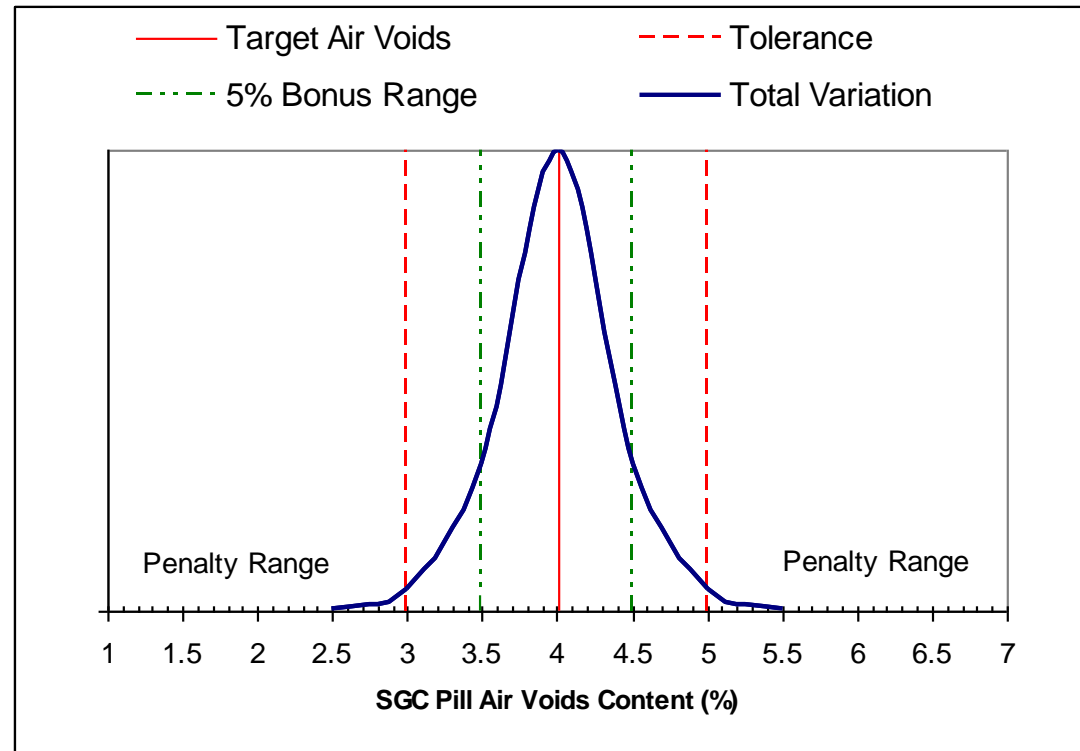
$$\sigma_{x/y} = 0.0059(100) = 0.59\%$$

ASTM D 4460 standard: “*Calculating Precision Limits Where Values are Calculated from Other Test Methods*”

Tilastollinen arvostelu – ohjearvot ja toleranssit

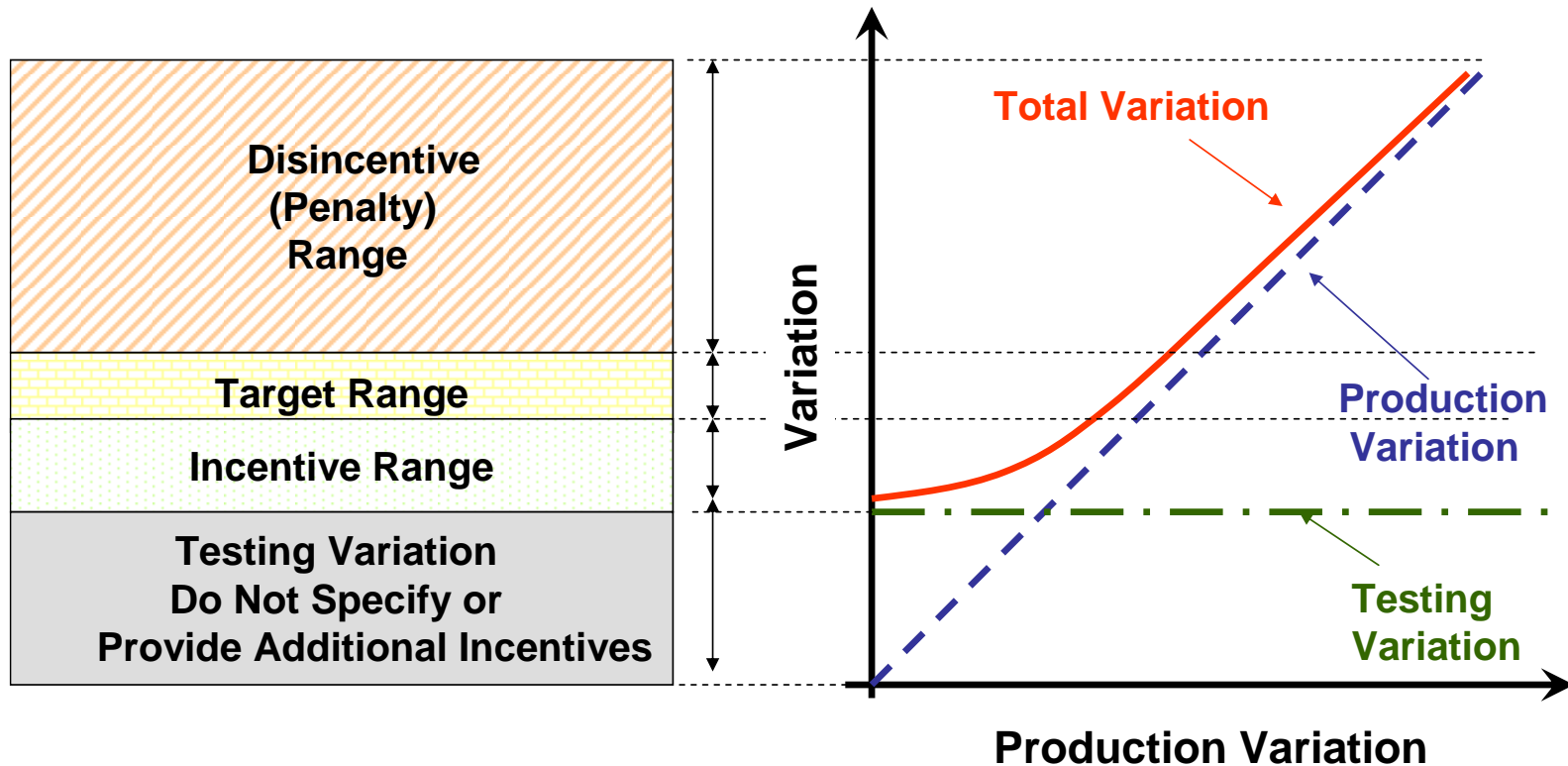
Sallittu hajonta

$$\sigma_{x/y} = \sqrt{\frac{\bar{y}^2 \sigma_x^2 + \bar{x}^2 \sigma_y^2}{\bar{y}^4}}$$

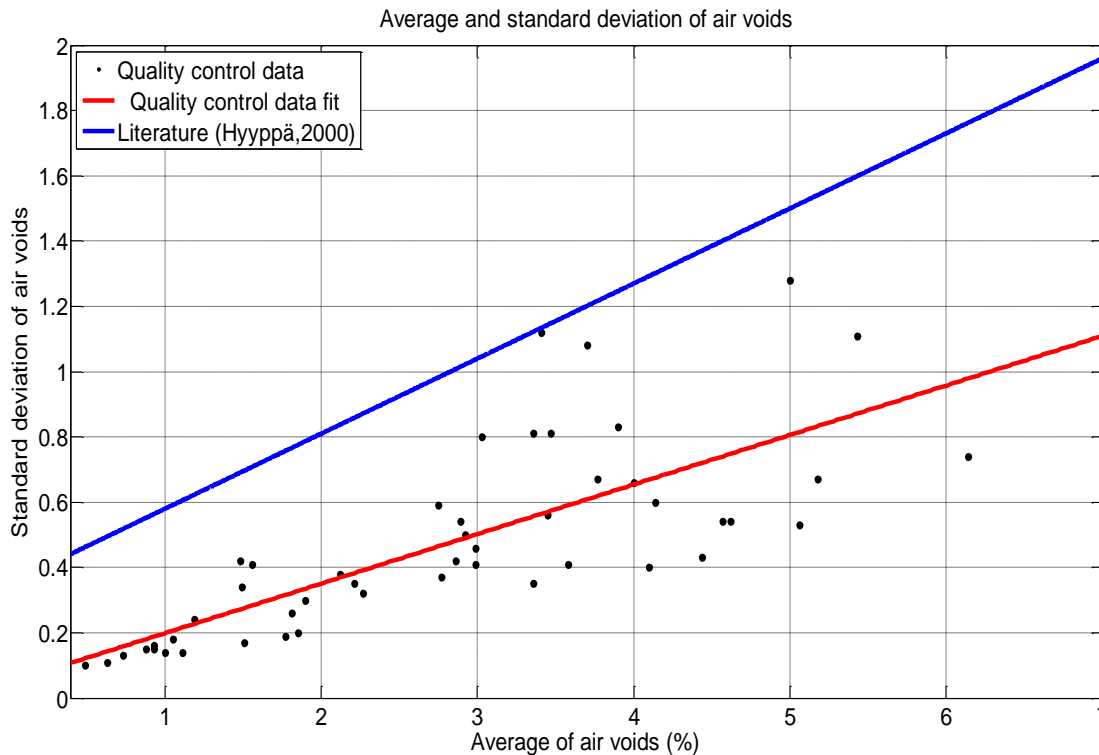


Sallittu tuotannon vaihtelu

$$\sigma_{Total} = \sqrt{\sigma_{Te}^2 + \sigma_P^2}$$



Alustava tutkimus tyhjätiloista laadunvalvontatietojen perusteella

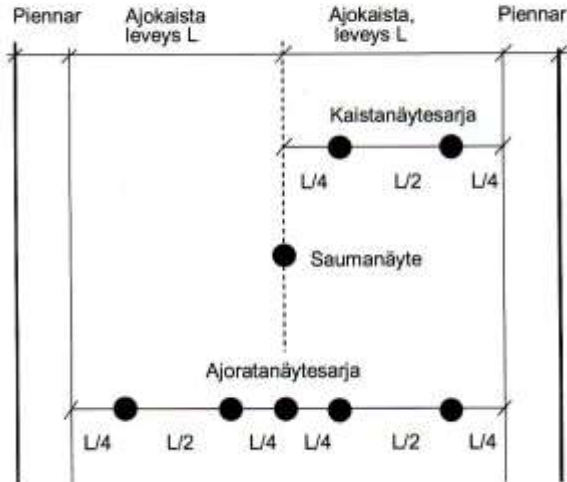


Laadunvalvonta dataa 29 urakasta Häme, Turku ja Uusimaa v. 2009

Hyypä. H:
Asfalttipäällysteiden koostumuksen tasalaatuisuus, väitöskirja, 2000.

Tutkittiin päällysteitä vuosilta 1981-1997 VTT:n tietokannan avulla

Poranäytteet



1995 normit

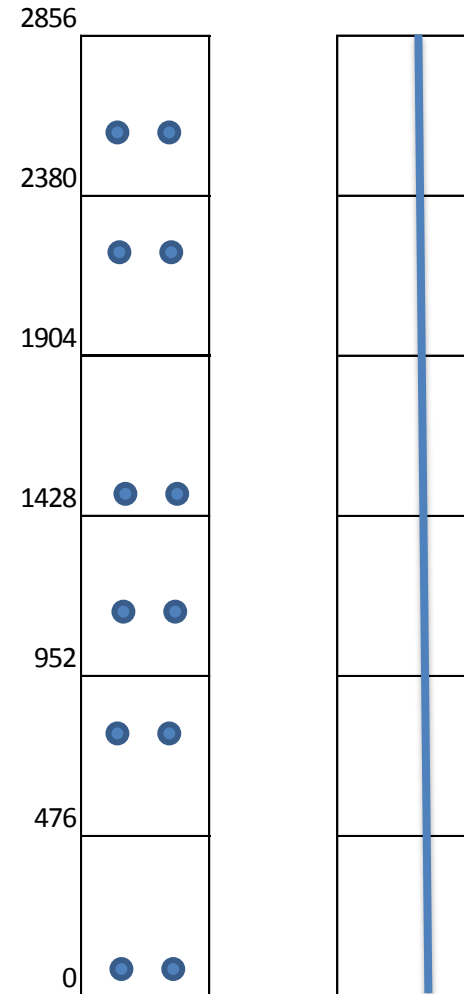
1979 kaistanäytteitä oli 3

$$Se = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

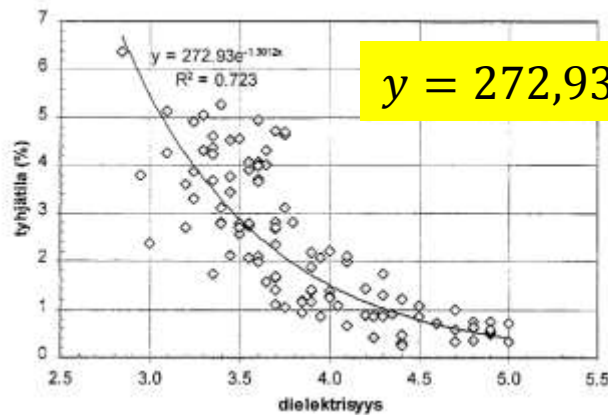
$$CV \% = \frac{s}{\bar{x}} \cdot 100$$

	Porapalat	Porapalat	GPR	Huom.
ka	3,0	3,0	3,0	
Kh	1,15	1,15	0,6	
n	12	2856	2856	1 m välein ka
			95200	300 mm välein
Se	0,332	0,022	0,011	
CV%	38,3		20,0	

metrit

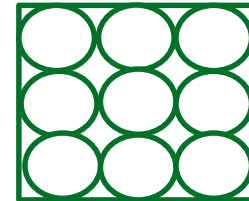


Kalibrointi PANK- 4122

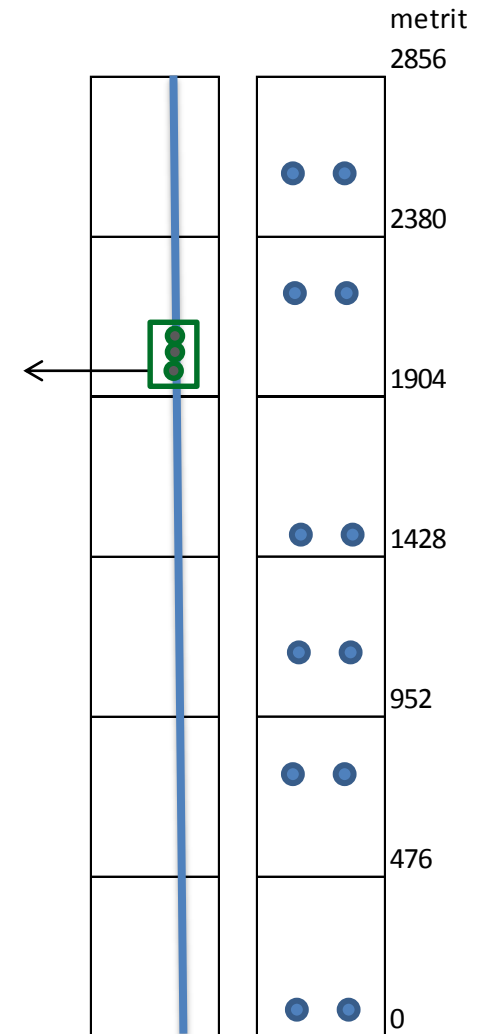
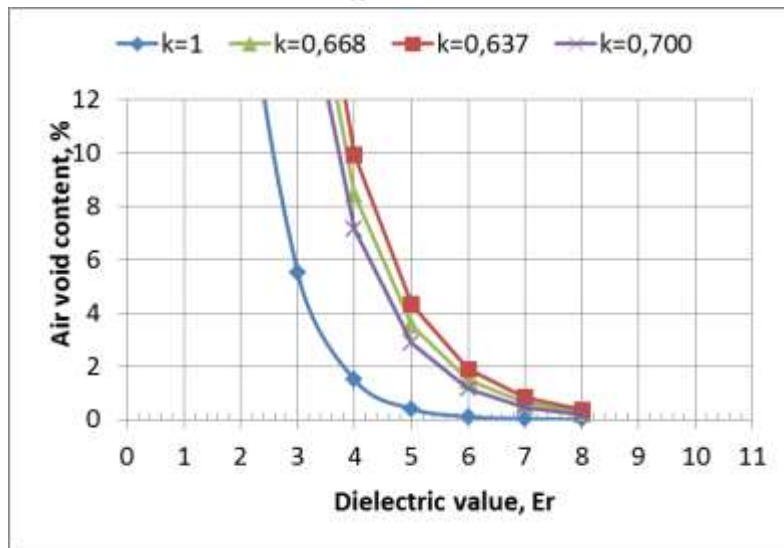


$$y = 272,93e^{-1,3012*k*Er}$$

300x300 mm

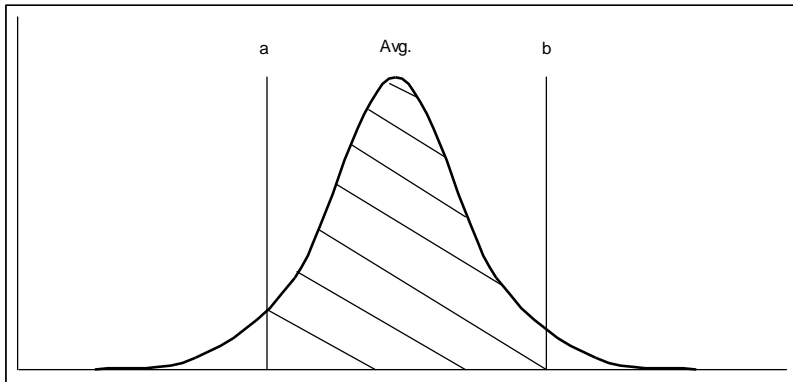


k_1 to $k_9 = ?$



Roimela, P. Päälystetutkatutkimukset 1996-1997.
Tiehallinnon selvityksiä 4/1998. Rovaniemi, 1997.

Tilastolliset poikkeamat



$$P(a \leq X \leq b) = P\left(\frac{a - \mu}{\sigma} \leq Z \leq \frac{b - \mu}{\sigma}\right)$$

$$P(a \leq X \leq b) = P\left(\frac{b - \mu}{\sigma}\right) - P\left(\frac{a - \mu}{\sigma}\right)$$

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$

ESIMERKKI:

Porapalat: ka 3,0 kh = 1,15

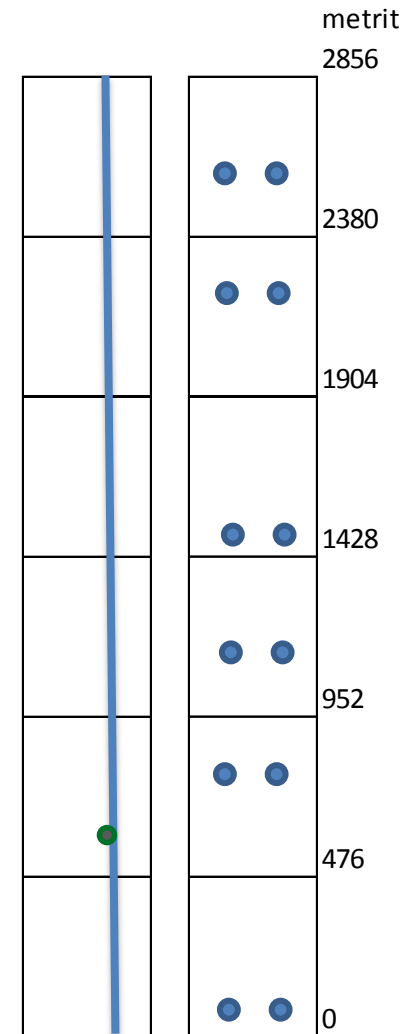
GPR: ka 3,0 kh = 0,6

$$Z = \frac{5 - 3,0}{1,15} = 1,73$$

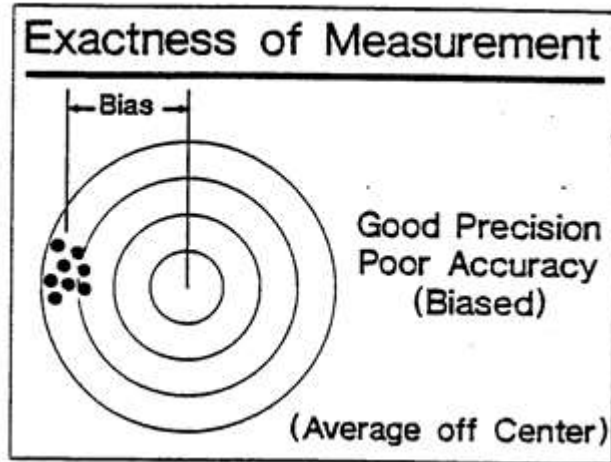
Ylityksiä ~4%

$$Z = \frac{5 - 3,0}{0,6} = 3,3$$

Ei ylityksiä

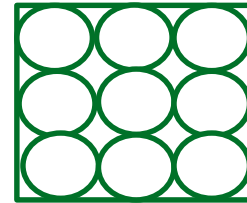


Tilastolliset poikkeamat



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

300x300 mm

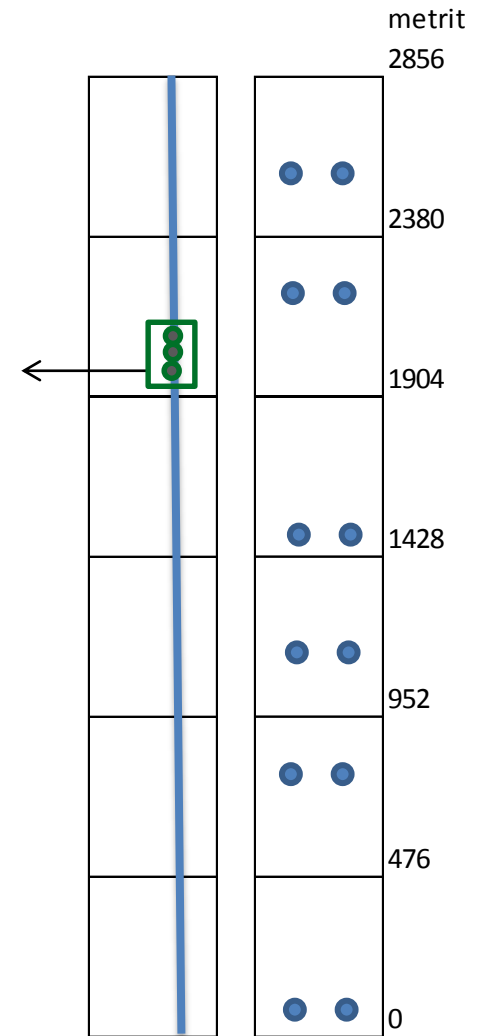


k_1

$$bias = \bar{\theta} - \theta_0$$

Yksittäisen
näytteen sallittu
poikkeama X?

$$Z = \frac{X - \mu}{\sigma}$$



Vuoden 2009 tyhjätilamittausten tulokset

	Häme	Turku	Uusimaa
length (m)	3212	6355	2006
total amount of penalties (€)	20 866	3846	0
amount per meter (€/m)	6,5	0,6	0

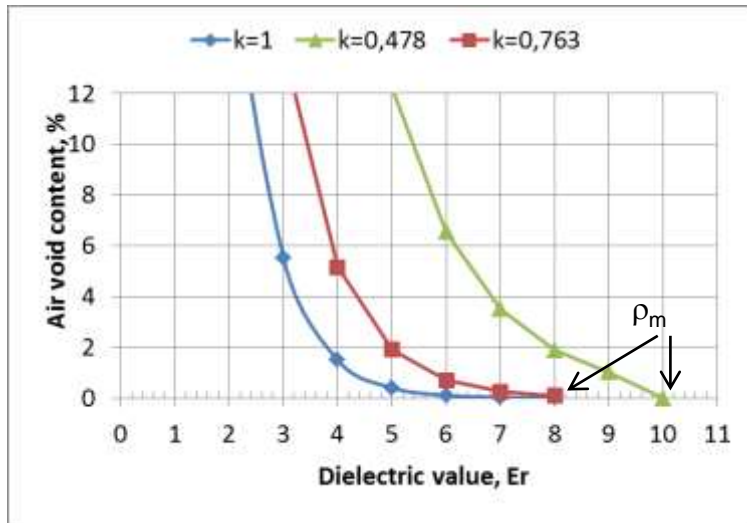
Häme: 1 114 198 m² (22 284 t)

Turku: 645 569 m² (12 911 t)

Uusimaa: 675 355 m² (tonnimäärää ei löytynyt)

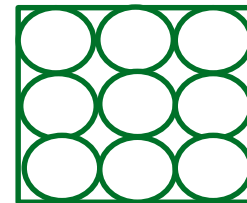
kaikki kohteen REM urakoita

Dielektrisyiden mallinnus

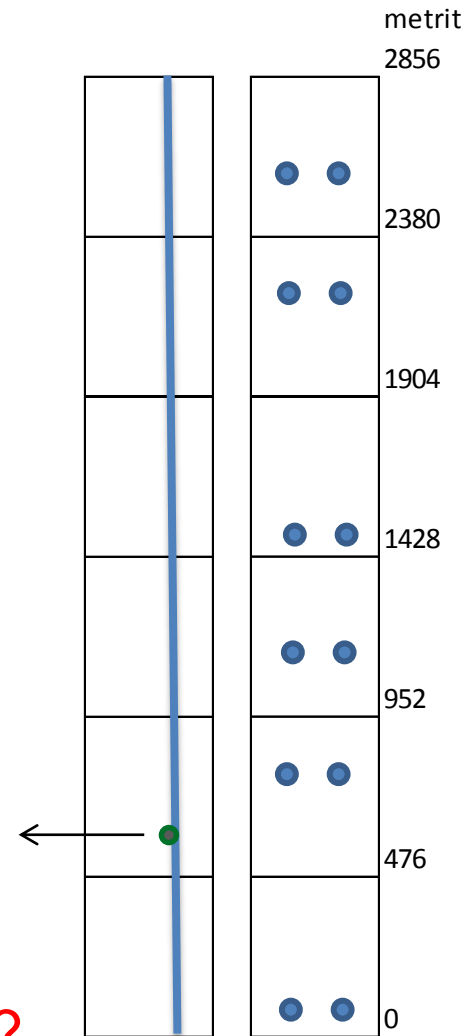


$$\begin{aligned} \sqrt{\epsilon_{AC}} &= \left(1 - \frac{G_{mb}}{G_{mm}}\right) \sqrt{1} + \frac{G_{mb}(1 - P_b)}{G_{se}} \sqrt{\epsilon_s} \\ &+ \frac{G_{mb}P_b}{G_b} \sqrt{\epsilon_b} \end{aligned}$$

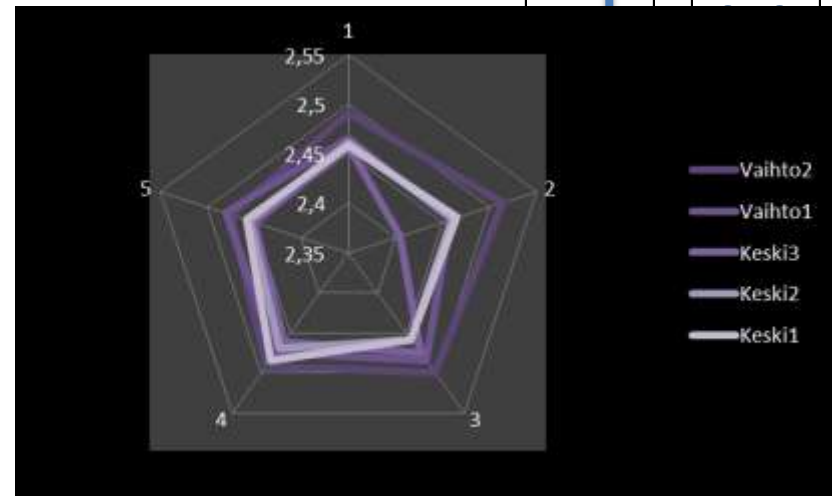
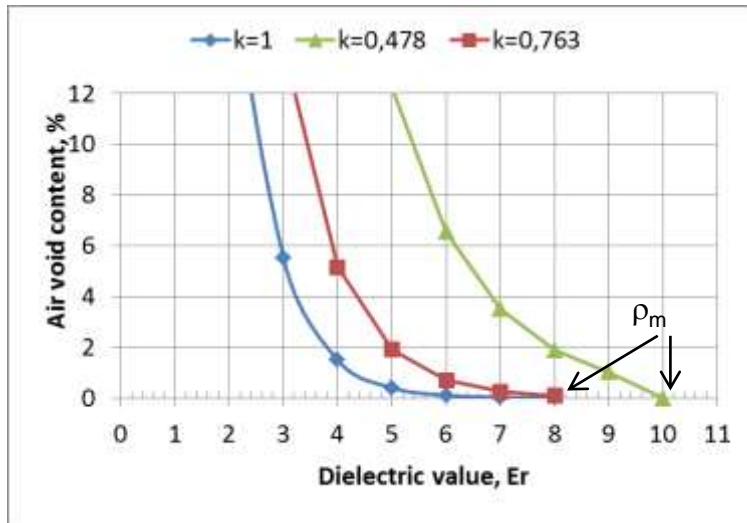
300x300 mm



ρ_1 to $\rho_9 = ?$

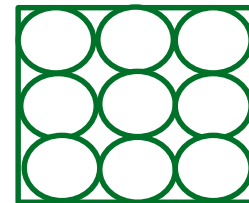


Dielektrisyiden mallinnus



$$\begin{aligned} & \sqrt{\varepsilon_{AC}} \\ &= \left(1 - \frac{G_{mb}}{G_{mm}}\right) \sqrt{1} + \frac{G_{mb}(1 - P_b)}{G_{se}} \sqrt{\varepsilon_s} \\ &+ \frac{G_{mb}P_b}{G_b} \sqrt{\varepsilon_b} \end{aligned}$$

300x300 mm



ρ_1 to $\rho_9 = ?$

