

# PANK

PÄÄLLYSTEALAN NEUVOTTELUKUNTA

## ASFALTTIPÄÄLLYSTEEN TYHJÄTILA, PÄÄLLYSTETUTKAMENETELMÄ

Hyväksytty: 9.5.2008  
Korvaa menetelmän: 26.10.1999

### 1. MENETELMÄN TARKOITUS

Päällystetutkalla määritetään asfalttipäällysteen dielektrisyys, jonka perusteella voidaan laskea päällysteen tyhjätila.

### 2. MENETELMÄN SOVELTAMISALUE

Menetelmä soveltuu bitumilla sidottujen päällysteiden tyhjätilan mittaamiseen riippumatta mitattavan kerroksen alustasta.

Tässä menetelmäkuvauksessa esitetään vuodesta 2004 alkaen käytössä ollut mittautapa, joka päivitetään vuoden 2008 aikana.

### 3. VIITTEET

Tielaitoksen selvityksiä 4/1998, Päällystetutkatutkimukset 1996-1997, TIEL 3200499.

Tielaitoksen selvityksiä 6/1999, Päällystetutka tiiviyn laadunvalvonnassa, TIEL 3200552.

PANK 4114, Asfalttipäällysteen tyhjätila ja muut tilavuussuhteet.

Scullion T., Lau C. L., Saarenketo T., Performance Specifications of Ground Penetrating Radar; Proceedings of Sixth International Conference on Ground-Penetrating Radar. Sendai, Japan, 1996. p. 341-346.

### 4. MÄÄRITELMÄT

Tyhjätilalla tarkoitetaan päällysteen huokostilavuuden ja näytteen kokonaistilavuuden suhdetta prosentteina ilmoitettuna.

Materiaalin dielektrisillä ominaisuuksilla tarkoitetaan niitä varausten siirtymiä, jotka ovat ominaisia kokonaisuudessaan sähköisesti neutraalille kappaleelle. Kappaleen dielektrisyys on materiaalin komponenttien funktio.

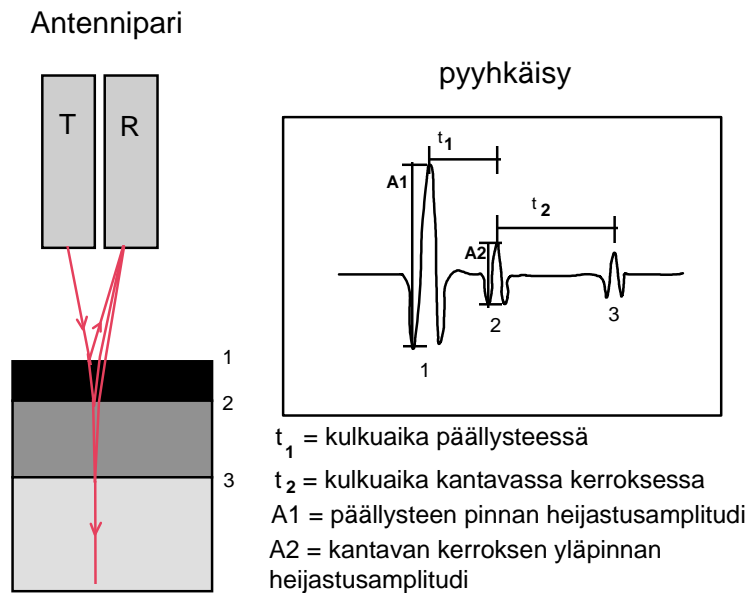
### 5. KOEMENETELMÄ

#### 5.1. Periaate

Menetelmässä tyhjätilan ja paksuuden määrittäminen perustuu materiaalin dielektrisyden vaihteluihin. Dielektrisyys on yksi materiaalin sähköisiä ominaisuuksia kuvaava suure. Päällysteen dielektrisyys on päällysteen komponenttien funktio. Tiivistettäessä päällysteen tyhjätila pienenee, jolloin ilman

osuus päällysteessä vähenee ja suuremman dielektrisyiden omaavien bitumin ja kiviaineksen suhteellinen osuus kasvaa. Päällysteen dielektrisyys siis kasvaa tiivistyksen vaikutuksesta.

Dielektrisyysien laskennassa käytetään kartiotorviantennille hyvin soveltuvaa heijastustekniikkaa. Mittaus perustuu sähköisistä rajapinnoista tapahtuviin heijastuksiin. Antenni lähettää sähkömagneettisia pulsseja, joiden rajapinnoista tapahtuvat heijastukset rekisteröidään vastaanottavan antennin avulla. Kun antennin lähettämät sähkömagneettiset pulssit kohtaavat sähköisen rajapinnan, esimerkiksi päällysteen pinnan, niin tapahtuu heijastus, jonka vastaanottava antenni rekisteröi. Laitteisto mittaa tätä heijastusta vastaavan amplitudin  $A_1$  eli päällysteen pinnan heijastusamplitudin. Kuvassa 1 on esitetty kartiotorviantennin toimintaperiaate. Kuvassa 1 näkyvät lähettävä antenni (T) ja vastaanottava antenni (R). Numeroilla 1, 2 ja 3 on kuvattu tierakenteen eri kerroksia.



Kuva 1. Kartiotorviantennin toimintaperiaate.

Päällysteen suhteellinen dielektrisyysarvo voidaan laskea kaavalla 1:

$$\left( \frac{A_a}{A_m} \right)^2 = \frac{1 - \cos(2kz)}{1 + \cos(2kz)}$$

(1)

missä  $A_a$  on päällysteen heijastusamplitudi ja  $A_m$  metallilevyn heijastusamplitudi (täydellinen heijastus).

## 5.2. Laitteet ja tarvikkeet

Päällystetutkalaitteisto koostuu seuraavista osista:

- yli 1 GHz:n kartiotorviantenni kaapeleineen
- mittauselektroniiikan sisältävä yksikkö
- keskusyksikkö näyttöineen
- laitteiston liikuttamiseen tarvittava ajoneuvo
- mittaustulosten käsittelyyn tietokone.

## 5.3. Laitteiston kalibrointi

Käytettävän laitteiston tulee läpäistä vuosittain tehtävät kalibrointitestit (Scullion, Lau & Saarenketo 1996).

## 5.4. Mittaus

Mittauksissa tallennetaan vähintään kymmenen mittaustulosta metriä kohden (scan/m). Mittausaikana käytetään 20 nanosekuntia. Suurin mittausnopeus määräytyy laitteiston tiedonkeruukyvyn mukaan, yleensä yli 60 km/h. Yksi mittaus kattaa noin 300 mm x 300 mm kokoisen alueen. Mittaus tehdään jatkuvana mittauksena kohteen alusta kohteen loppuun. Lähtökohtana on, että mitataan kaikista päällystetyistä kaistoista yksi ajoura. Tarvittaessa urakoitsija ja päällystystyön tilaaja voivat sopia mitattavien linjojen määrästä, pituudesta ja sijainnista.

### **Mittauksia rajoittavat tekijät:**

Vesiateella tai tien pinnan ollessa märkä **ei saa** mitata. Mittauksia **ei saa** myöskään suorittaa maan ollessa jäässä tai kun ilman lämpötila laskee alle +1°C lämpöasteen.

## 5.5. Tyhjätilan laskenta

Tyhjättila-arvot voidaan laskea kahdella eri menetelmällä.

A) Uutta laattaa (vähintään 80 kg/m<sup>2</sup>), joka on tehty sidotun tai sitomattoman kantavan kerroksen tai vanhan päällysteen päälle, tutkittaessa tyhjätila-arvot lasketaan dielektrisyyksien keskiarvoon perustuvalla menetelmällä. Menetelmässä käytetään hyväksi tutkimuksia, joissa on laboratoriokeiden avulla määritetty funktio dielektrisyyden ja tyhjätilan välille (Roimela 1998). Menetelmää varten porataan mittausten ja työmaalla tapahtuvan dielektrisyyksien keskiarvon laskennan jälkeen kalibrointiälytteet yhdestä edustavasta työkohteesta (pituus vähintään 5 km) ja vähintään 4:sta (2+2) eri paikasta päällystetutkalla mitattua keskimääräistä dielektrisyyttä vastaavista pisteistä. Edustavasta työkohteesta mitattujen dielektrisyyksien perusteella laskettavaa kalibrointikerrointa

voidaan käyttää kaikissa urakan työkohteissa, joissa on käytetty samaa sekoitusasemaa, samaa kiviainesta ja samaa massaa.

B) Uusien REMIX- ja RC- päällysteiden tyhjätilaa tutkitaan käyttäen ns. ”täsmämerkkäus” –menetelmää. Menetelmässä mittausauto pysäytetään mittauksen aikana halutun referenssiporauspaikan kohdalla ja paikka maalataan tiehen täsmälleen antennin keskikohdalle. Referenssipaikka markkeroidaan tutkadataan (ja/) tai merkitään ylös tarkka etäisyys mittauslinjalla. Tällöin on myös merkittävä ylös kohteen mittauspituus, mikäli joudutaan skaalaamaan kohdepituutta myöhemmin. Porapaloja tulee ottaa vähintään yksi jokaista mittauslinjaa kohden ja/ tai pidemmällä yhtäjaksoisilla kohteilla 1 näyte jokaista 10 mittauskilometriä kohden.

Molemmissa menetelmissä kalibrointinäytteistä määritetään tiheydet ja tyhjätilat hyväksytyin PANK:n laboratoriomenetelmin. Kalibrointinäytteiden tyhjätilojen ja näitä vastaavien dielektrisyyksien avulla määritetään päällysteen tyhjätilojen laskemiseen tarvittava kalibrointikerroin. Tyhjätilan  $y$  laskentakaava on esitetty kaavassa 2:

$$y = 272,93e^{-1,3012k\varepsilon_x}, \quad x \text{ välillä } 1 < x < n \quad (2)$$

missä  $k$  on kalibrointikerroin  
 $\varepsilon_x$  on mitattu dielektrisyysarvo

Uuden päällysteen tyhjätilan tutkimusmenetelmä on kuvattu tarkemmin mm. julkaisussa ”Päällystetutkatutkimukset 1996-1997” (Roimela 1998).

## 6. TULOSTEN ESITTÄMINEN

Tulokset esitetään pituusprofiileina ja tarvittaessa myös taulukoina. Pituusprofiilissa esitetään tyhjätilaprosenttikuvaajan lisäksi mitattu dielektrisyys ja poranäytepaikat tuloksineen. Lisäksi tulokset voidaan esittää GIS-karttoina. Tällöin kohteesta on tiedettävä sen tierekisterin mukaiset paikkatiedot.

Raporttisivulla on esitettävä vähintään

- mittausorganisaation tiedot
- tilaajan tiedot
- mittausmenetelmä, mittauslaitteisto ja käytetty ohjelmisto
- käytetyt tyhjätilarajat perusteineen, esim:
  - PANK ry. Asfalttinormit 2000
  - 0 – 5 % yksittäisille näytteille
  - 0 – 4 % keskiarvolle

- suhteitusluokka lisätietoineen esim. miksi käytetty korkeampia rajoja kuin ohjeissa
- massatyypä
- kohdenumero
- mittauspäivä
- kohteen yleistiedot
- kohteen kokonaispituus
- mittauspituus (käytetään arvonmuutosten laskennassa)
- laskentavälit, mikäli poikkeavat mittauspituuksista
- taulukossa esitetään varsinaiset laskentatulokset; keskiarvo, keskihajonta, raja-arvot ylittävät tai alittavat metrimäärät, ylitys- ja alitusprosentit sekä mittauslinjan keskimääräinen dielektrisyys. Laskelmat esitetään erikseen jokaiselle mittalinjalle sekä koko kohteelle. Koko kohteen tulokset ovat määrääviä mahdollisista arvonalennuksista päätettäessä

Mikäli dielektrisyiden ja tyhjätilan suhde on poikkeuksellinen, on raportissa selvitettävä syyt poikkeamaan. Eräs esimerkki tulosten esittämisestä on liitteessä 1.

## 7. TARKKUUS

Päällystetutkan mittaustarkkuus on  $\pm 0,9$  prosenttiyksikköä. Vertailu on tehty yksittäisissä pisteissä poranäytetuloksiin ( $R=0,9223$ ).

## LIITE 1

**PÄÄLLYSTETUTKAAJAT OY**  
Hämeentie 7 - 9  
00000 LAPINLINNA

**Tyhjätilamittausraportti 2004**

**Tilaja** LAPINLINNAN kunta/ Kalle Kunta  
Kokkokatu 2121, 00000 LAPINLINNA

**Kohde:** Vt 007 Vetelä - Jäykkä, molemmat kaistat **Kohdenumero:** 212121

**Mittausmenetelmä:** Päällystetutka *MALLI*, ilmastantenni *TAAJUUS*  
**Ohjelmisto:** Tietohtori v.2.0.

**Tyhjätilarajat:** PANK ry, Asfalttinormit 2000 **Massa:** AB  
**Suhteisuusluokka:** A  
**Vaatusrajat:** 0 - 5 % yksittäisille näytteille **Mittauspäivä:** 9.6.2004  
1 - 4 % keskiarvolle

**Kohteen pituus:** 10 000m Jakso 1 alku: 0m  
**Mittauspituus:** 20 000m Jakso 1 loppu: 6 000m  
Jakso 2 alku: 8 000m  
Jakso 2 loppu: 10 000m  
Laskentapituus 8 000m

**Vertailukohde:** *Vertailukohteen, jonka avulla kalibroitikeroin on määritetty, tunnistetiedot tähän*

**Kalibroitikerroin:** **0.6265**  
**Kalibroitikerrointa vastaava keskimääräinen TT -arvo** 3.25  
**ja TT arvoa vastaava keskimääräinen dielektrisyys** 6.97

Kohteen tiedot	Tyhjätila (%)		Yksit.näyte Alitus (%)	Yksit.näyte Alitus (m)	Yksit.näyte Ylitys (%)	Yksit.näyte Ylitys (m)
	keskiarvo	keskihaj.				
Kaista 11	2.93	0.65	4.48	13.13	3.93	314.40
Kaista 12	2.33	0.29	15.06	1204.80	0.00	0.00
Kaista 22	2.51	0.39	12.02	23.92	0.49	0.98
Kaista 21	2.57	0.34	3.75	300.00	0.48	38.40
<b>Yht., pääkaistat</b>	<b>2.75</b>	<b>0.50</b>		<b>1541.85</b>		<b>352.80</b>

**Lisätietoja:** *Tähän selvitetään kaikki poikkeamat, viittaukset ja muut arvosteluun vaikuttaneet seikat.*

*Remix -töissä, jokaisen otetun kalibroitiporapalan tiedot on ilmoitettava tulosteen lisäksi myös raportin yhteydessä, paalu ja tyhjätila.*

Lapinlinna 17.9.2004

Tauno Tutka, Päällystetutkaajat Oy  
puh. 020 000 000  
GSM 010 000 0000  
[tapioterava@paallystetutkaajat.vvv](mailto:tapioterava@paallystetutkaajat.vvv)