

# **Matalaemissiivinen ja tutkasäteitä absorboiva hybridimaali- HYBRIDPAINT**

**MATINE vuosiseminaari 17.11.2011**  
**Pertti Lintunen, VTT**

## Tutkimusryhmän jäsenet ja hankkeen koko

Tutkijat jotka mukana VTTltä:

- § Erikoistutkija Pertti Lintunen, vastuullinen johtaja, jauheenvalmistus
- § Erikoistutkija Jani Peltö, polymeerit
- § Erikoistutkija Arto Hujanen, vaimennusominaisuuksien mittaukset
- § Asiantuntijat MATINEn puolelta
  - § Antti Tuohimaa, PvTT
  - § Tiina Niinimäki-Heikkilä, PvTT
  - § Markku Kujala Merivoimat

Hankkeelle myönnetty rahoitus 46000 €, VTT oma rahoitus 11000 €, total 57000€

## Matalaemissiivinen ja tutkasäteitä absorboiva hybridimaali- HYBRIDPAINT

### **Tavoite:**

- § Hankkeen tavoitteena on kehittää hybridimaali, jolla on samanaikaisesti tutka-absorptio ja IR- suoja
- § IR- suojassa on tavoitteena matalaemissiivinen ratkaisu, jolloin kuumat kohdat eivät erotu niin helposti ympäristöstä

### **Toteutus:**

- § Tutkia ja kehittää dispersioita, jolloin metallihiutaleet/-partikkelit saadaan keskitetyksi maalin ulkopintaan yhdistettynä tutka-absorptioon
- § valmistaa optimaaliset ominaisuudet omaavia hybridimaaleja, joissa on laskennallisesti riittävä määrä absorboivaa materiaalia sekä parhaan IR-suojan tarjoama rakenne
- § Hybridimaali toteutettiin 2-kerrosrakenteena, jossa maalikerroksessa syvemmillä on tutka-aaltoja absorboiva kerros ja ulkopinnassa IR- suojan antava kerros

## Matalaemissiivinen ja tutkasäteitä absorboiva hybridimaali- HYBRIDPAINT

### **Taustaa:**

§ Vuonna 2010 toteutettiin MATINE-projekti ”TSABSO- Termisellä ruiskutuksella tutkasäteitä vaimentava pinta”:

§ Pinnoitusparametrien hallinta halutun pinnoiterakenteen aikaansaamiseksi oli tärkeä osa valmistusketjua: liian kuumat pinnoitusparametrit tuhoavat alkuperäisen materiaalin rakenteen.

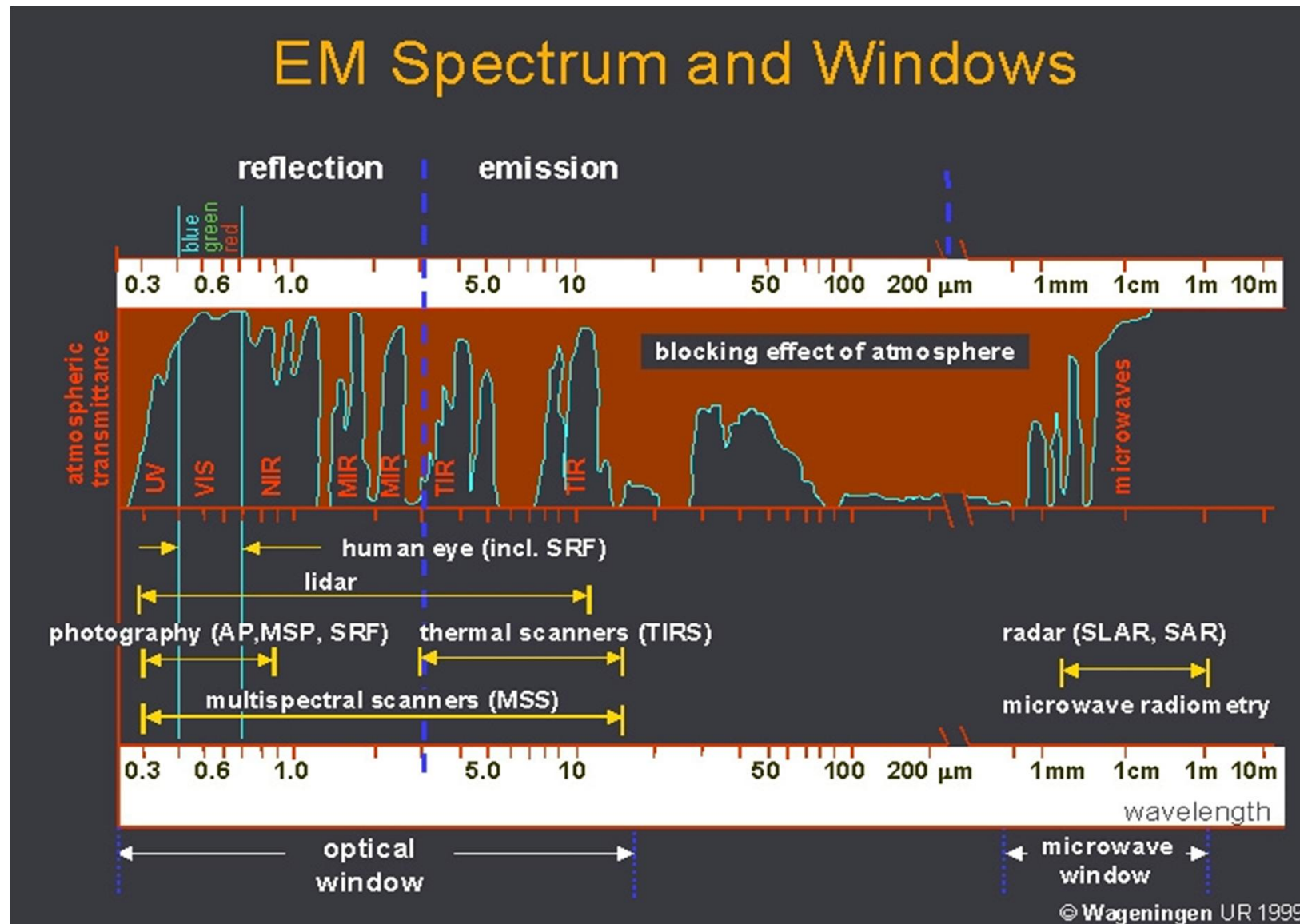
§ Pinnoitenäytteiden mittaustuloksista voitiin määrittää pinnoitteen materiaaliparametrit, jonka pohjalta saatiin laskennalliseksi heijastusvaimennukseksi 6-8 dB.

⇒ HYBRIDPAINT projekti tukee ja luo lisätietoa pinnoitteiden ja maalien käytettävyydestä häiveratkaisuissa

### **Miksi materiaalilähtöinen lähestymistapa:**

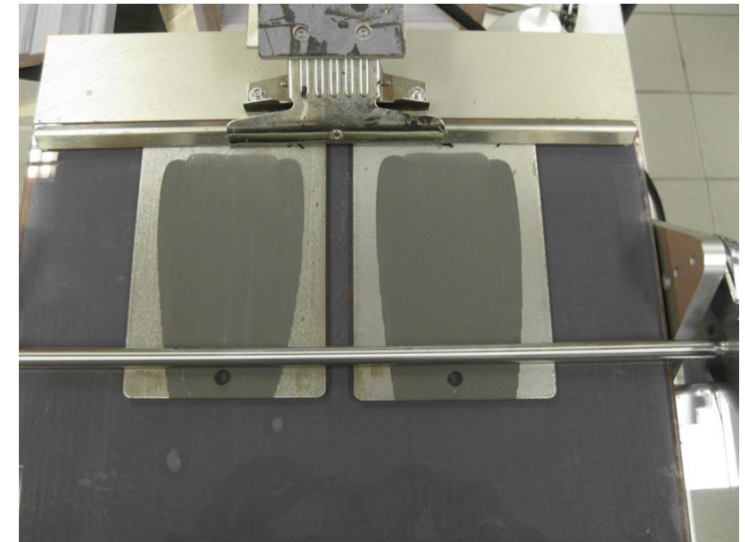
*”Vaikeasti havaittavat materiaalit ovat materiaaleja, jotka sovellettuna suojattaviin kohteisiin vähentävät niiden herätettä ja lisäävät siten alustansa mahdollisuuksia välttyä havaituksi tulemiselta ja seurannalta, mikä lisää hengissä selviämisen todennäköisyyttä. Tällaisia materiaaleja ovat erilaiset komposiitit, keraamit, elastomeerit ja maalit sekä pinnoitteet.” Jyri Kosola: ”Teknologisen kehityksen vaikutuksia sodankäyntiin 2015-2025”*

# Sähkömagneettisen säteilyn spektri



## Koelevyjen lakkaukset

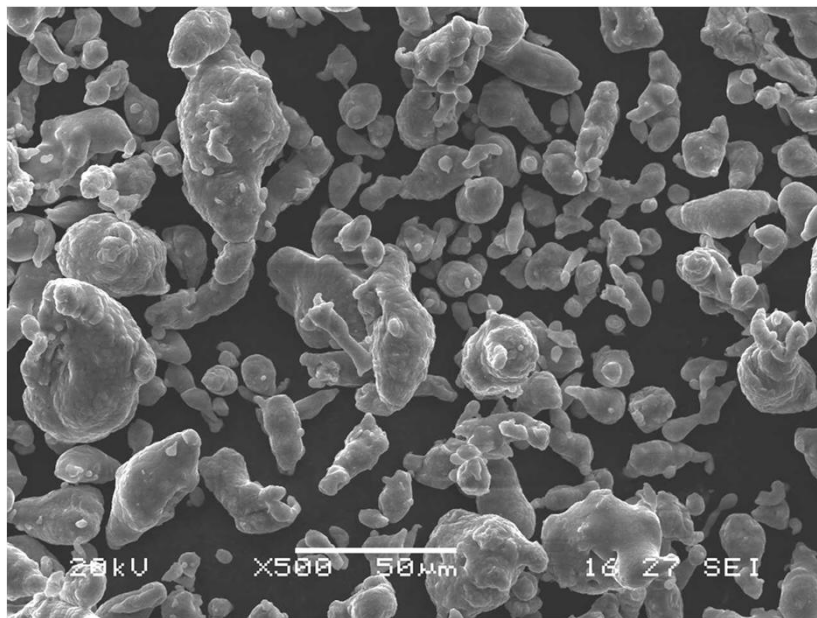
- Lakkamatriisiksi valittiin 2 komponenttinen polyuretaanilakka, joka koostuu ns. muoviosasta ja kovetteesta
- Täyteaineiksi valittiin Al- hiutaleet sekä Fe- partikkelit
- Ensimmäiset koesarjat täyteaineistetuille lakoille tehtiin pensselöimällä
- Varsinaiset koelevyt lakattiin contol coaterin avulla, jossa pinnoite levitetään tankojen avulla.
- Tämä lakkaustapa mahdollistaa toistettavien pinnoitekerrosten aikaansaamisen
- Emissiviteettimittauksia (IR) varten lakattiin ns. Q- levyt, jotka olivat terästä ja sopivat lämpöhaudemittauksiin
- Mikroaaltoabsorptiomittauksia varten lakkaukset tehtiin lasialustalle
- Projektin aluksi valmistettiin mittauksia varten erikseen pelkästään Al- pitoisia tai Fe- pitoisia lakkakerroksia
- Kun sopivat täyteainepartikkelimäärät olivat löytyneet yhdistettiin Al- ja Fe- pitoiset lakkakerrokset samaan mittausnäytteeseen
- Yhdistelmäkerroksen emissiviteettiä ja mikroaaltoabsorptio- vaimennus mitattiin keskenään samankaltaisista näytteistä



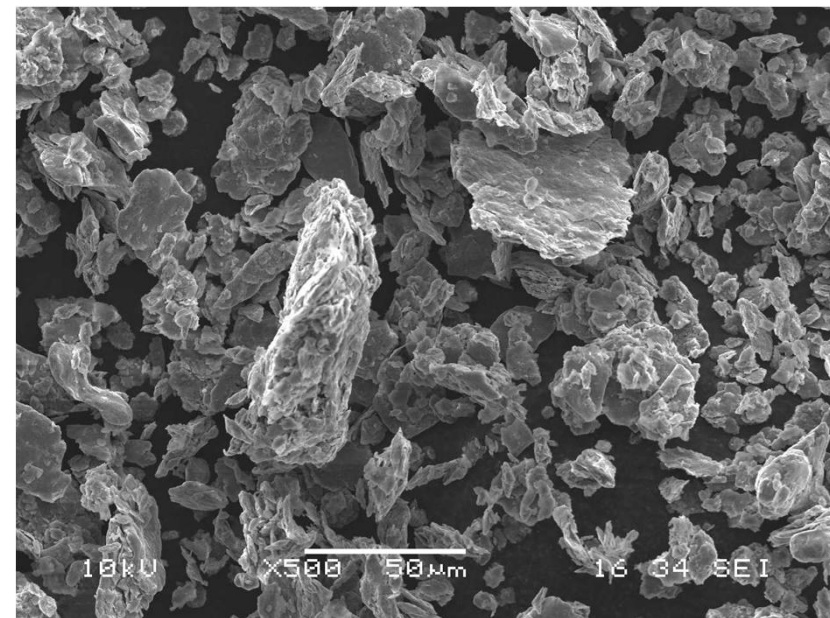


## Lakan täyteainepartikkelit

§ SEM- kuvat Al- jauheesta ennen ja 2 h myllytyksen jälkeen



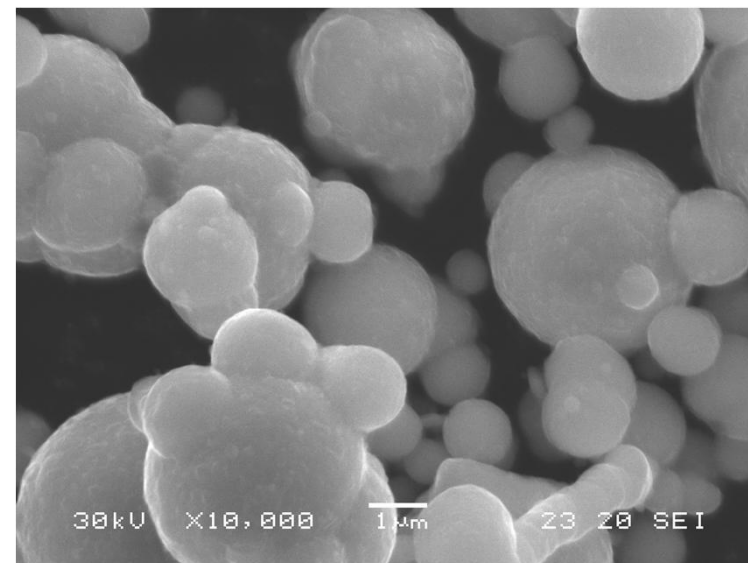
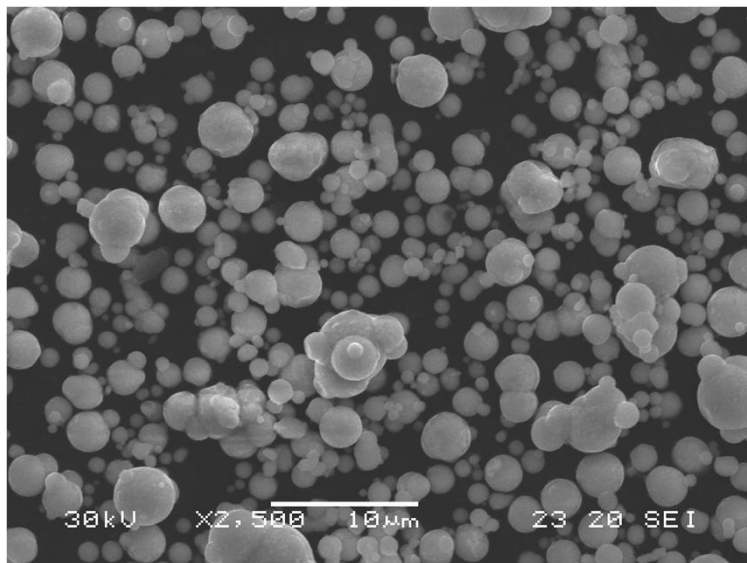
Al- jauhe lähtötilanne



Al- jauhe 2 h myllytyksen jälkeen

## Lakan täyteainepartikkelit

§ SEM- kuvat Fe- jauheesta



**EW – standard grade for broadband absorption**

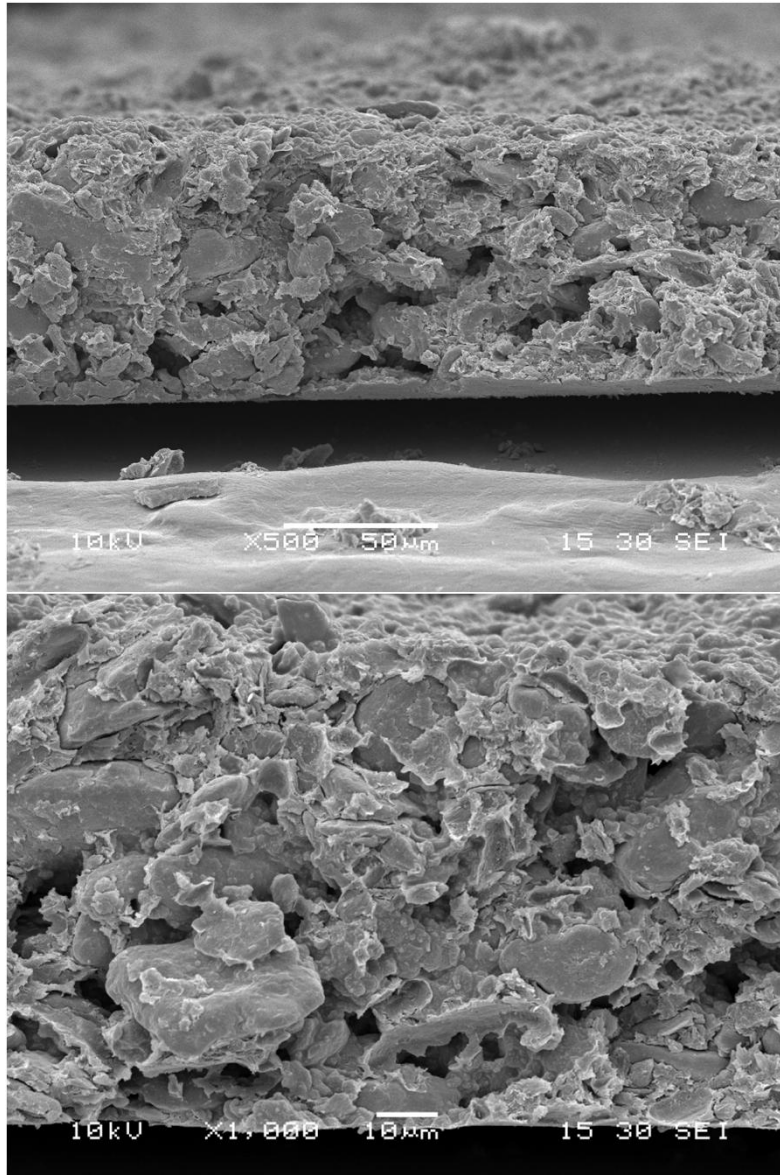
*Mechanically hard CIP grade, silicated, >97.0% Fe,*

*3 μm avg particle size*

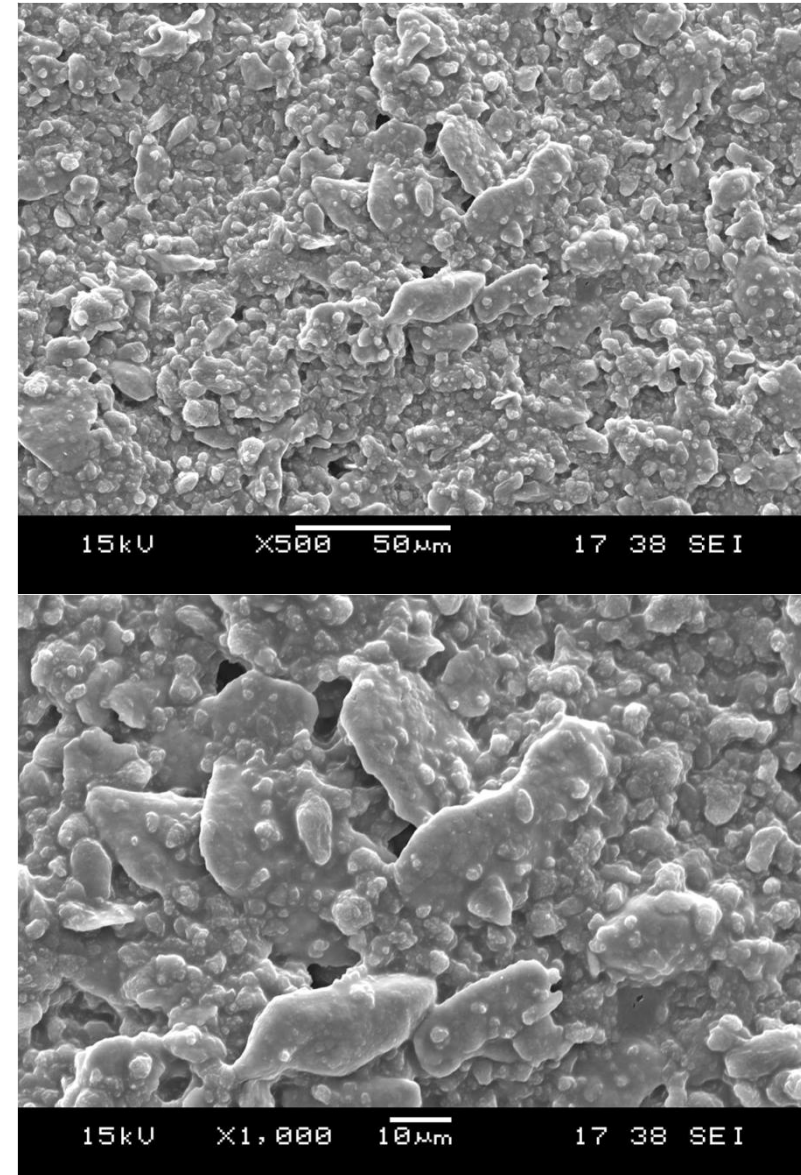


## SEM- kuvat Al-pitoisesta lakkakerroksesta

Poikkileikkaus



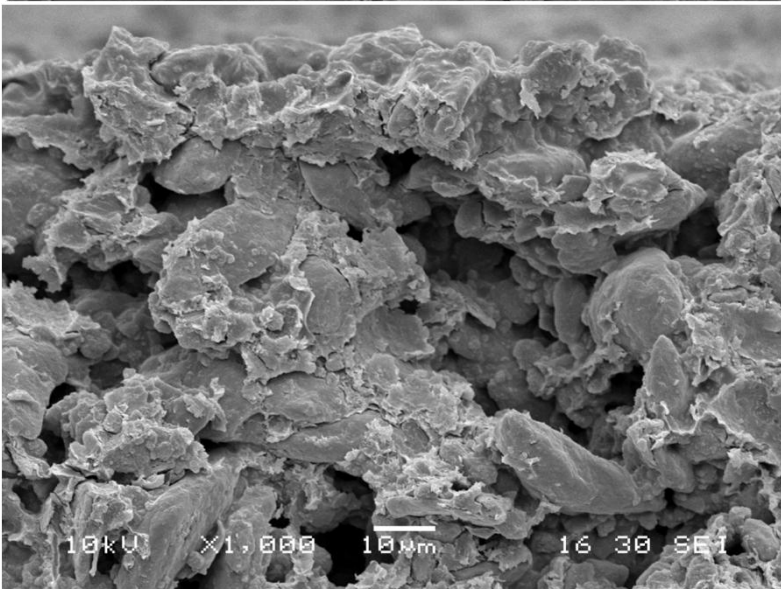
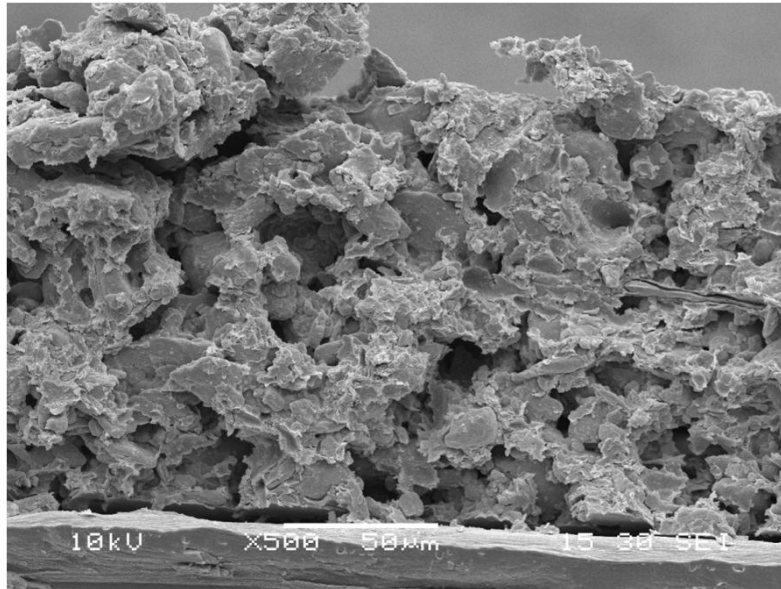
Pinta



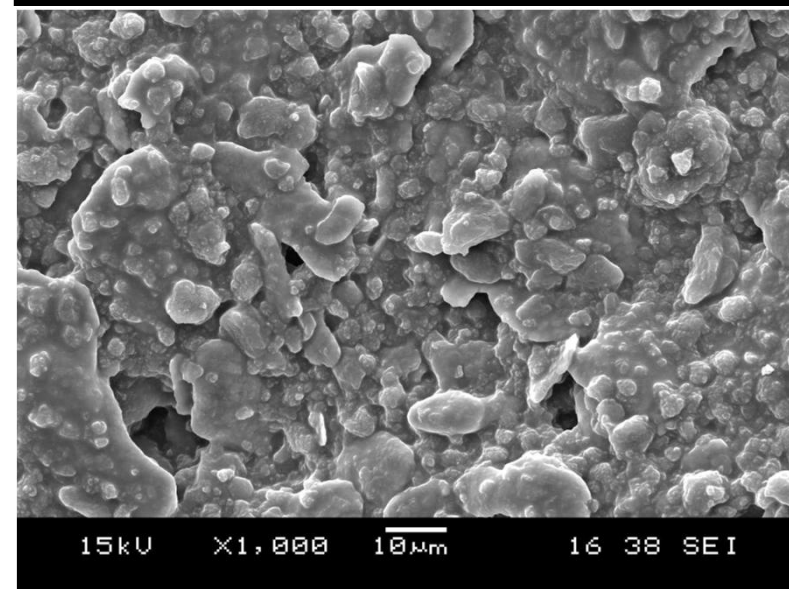
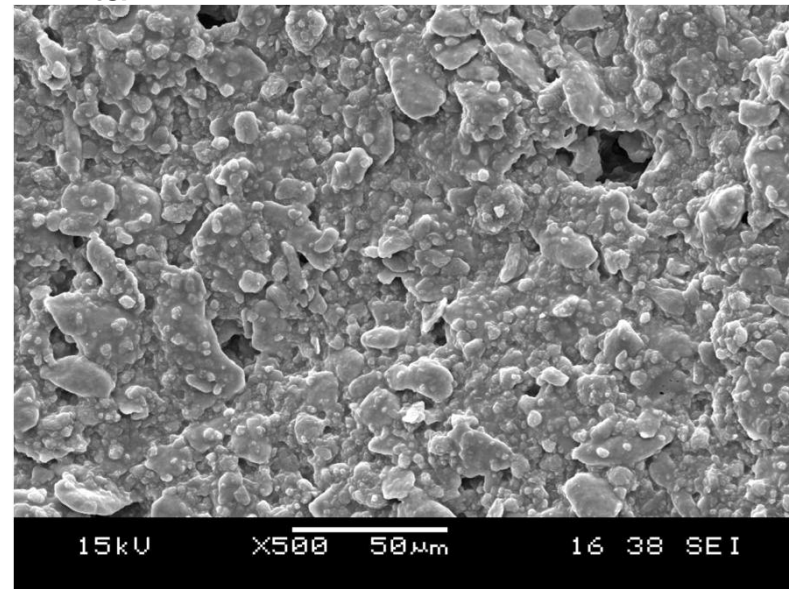


## SEM- kuvat lakkakerroksesta, suurempi Al-%

Poikkileikkaus



Pinta



## Emissiviteettimittausten koejärjestely PvTT Lakiala

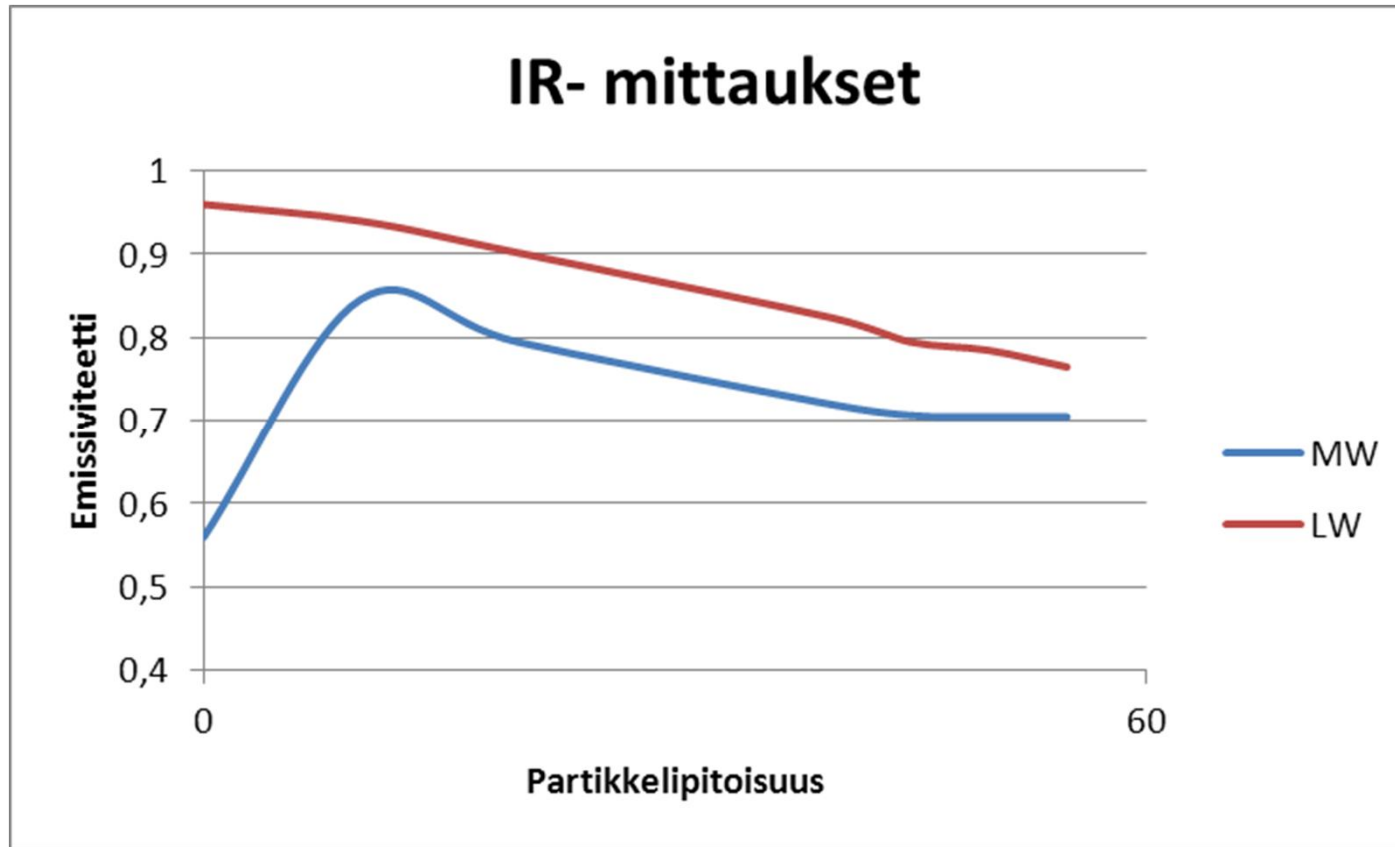


### IR- kamerat:

- mittausalueet 3-5  $\mu\text{m}$ , MW
- ja 7,5-9.5  $\mu\text{m}$ , LW

Näytepaneeli, lämpöhaude  
näytteiden takana

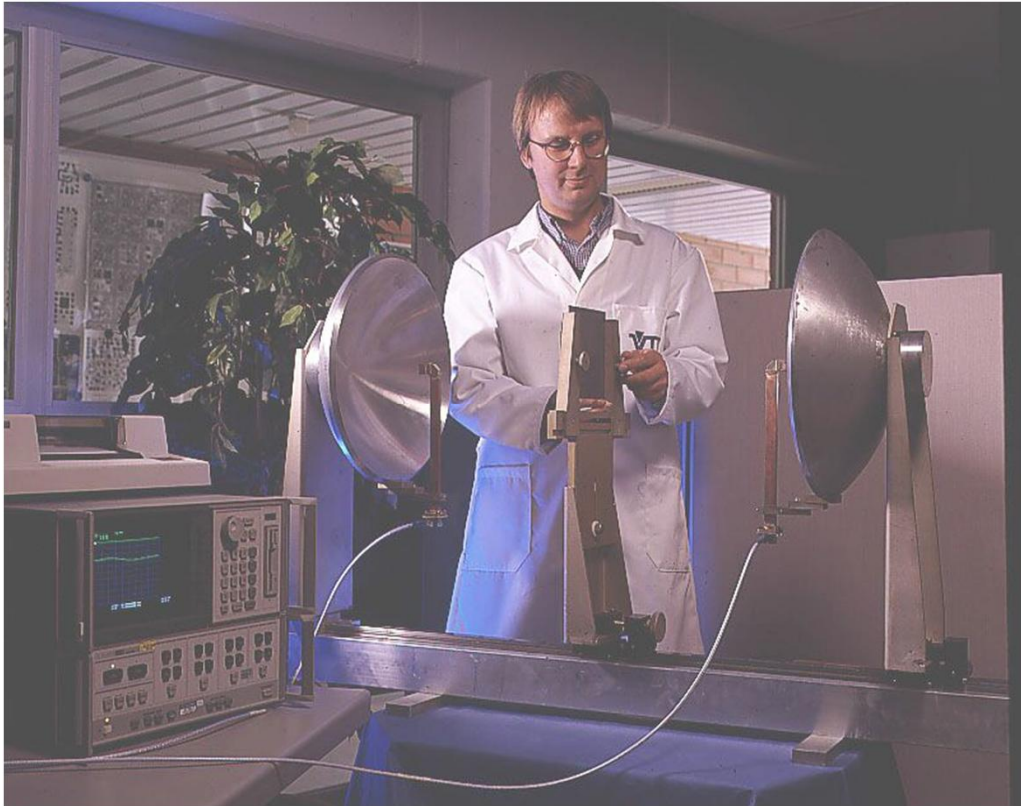
## Emissiviteettiarvot



- Fe+Al- pitoisen lakkakerroksen emissiviteettiarvot:
  - MW-ikkunassa 3-5  $\mu\text{m}$  ~0.74
  - LW-ikkunassa 7,5-9,5  $\mu\text{m}$  ~0,83



## Mikroaaltoabsorption mittausjärjestely



### Free space measurement setup

- Two free space measurements setups
- Frequency ranges= 5-8.6, 8-12, 10-18, 26-50, 50-75, 75-110 GHz

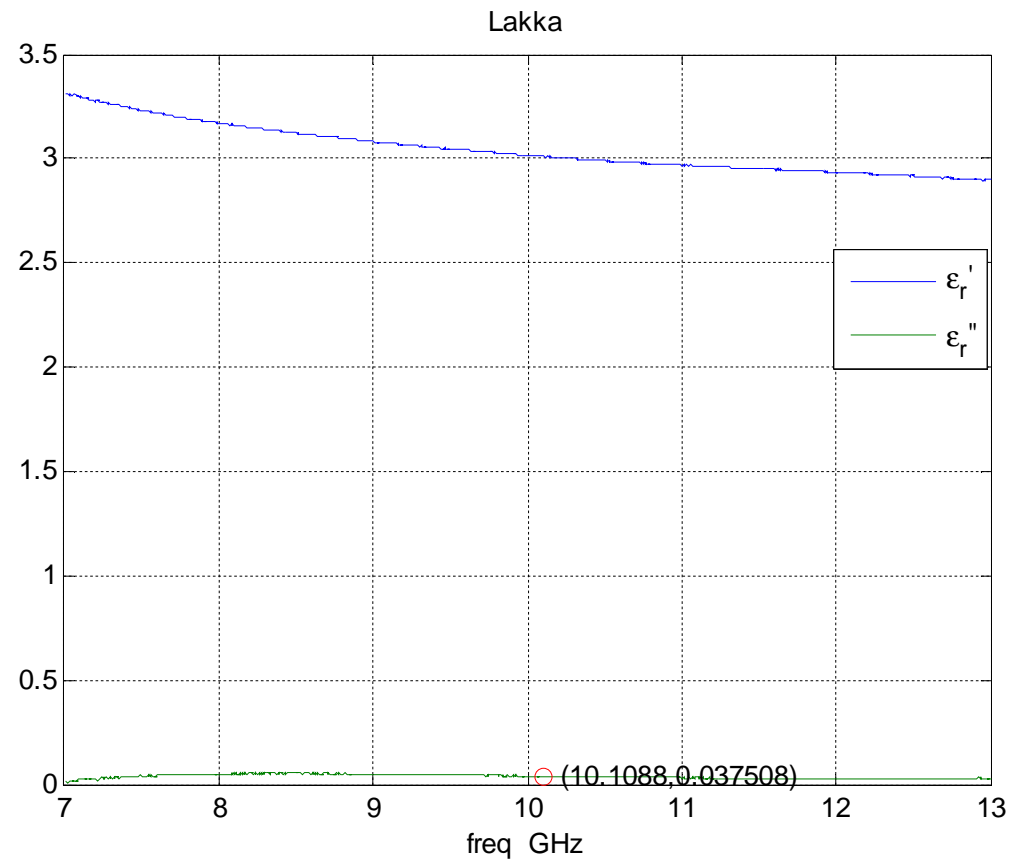
Both electric and magnetic parameters of the sample can be calculated

- Näytealustamateriaaliksi valittiin lasi, joka sähköisesti ja magneettisesti riittävän häiriötön
- Lasilevyn koko 100x100 mm



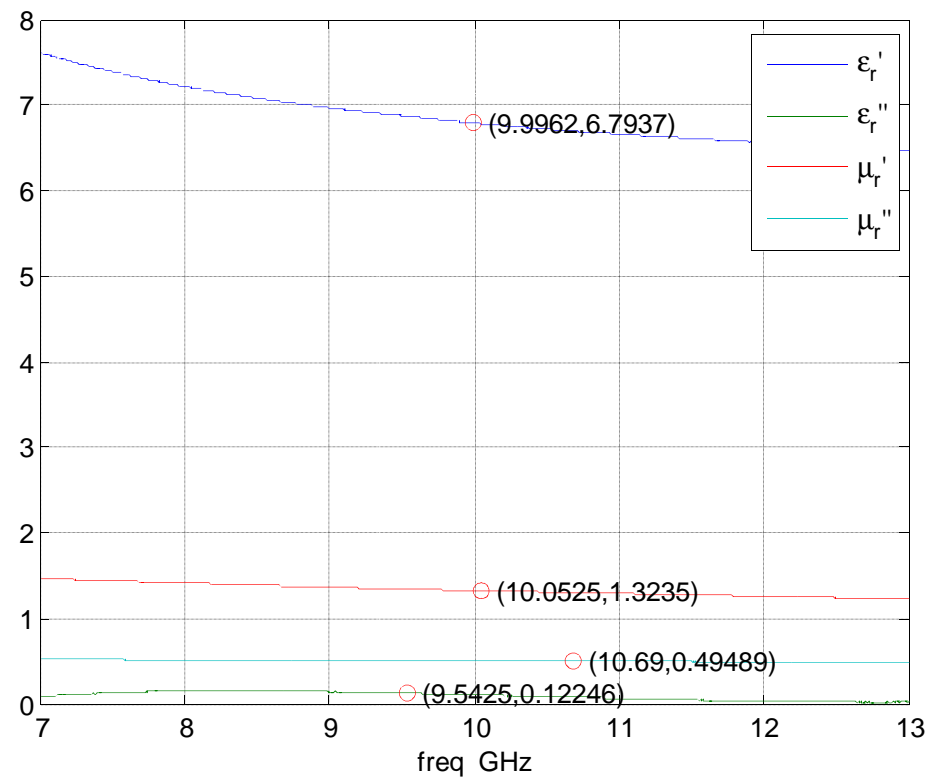
# Calculated material parameters of coating layer

## Lakka



# Calculated material parameters of coating layer

## FE + Al

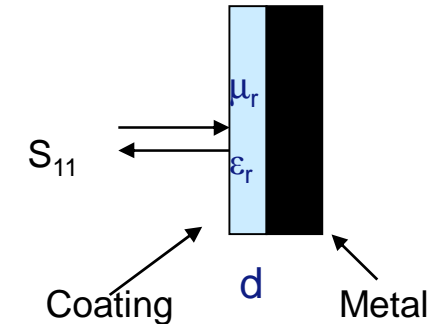


## Wave reflection for coated metal

Reflection from single layer coating can be expressed with simple formulas

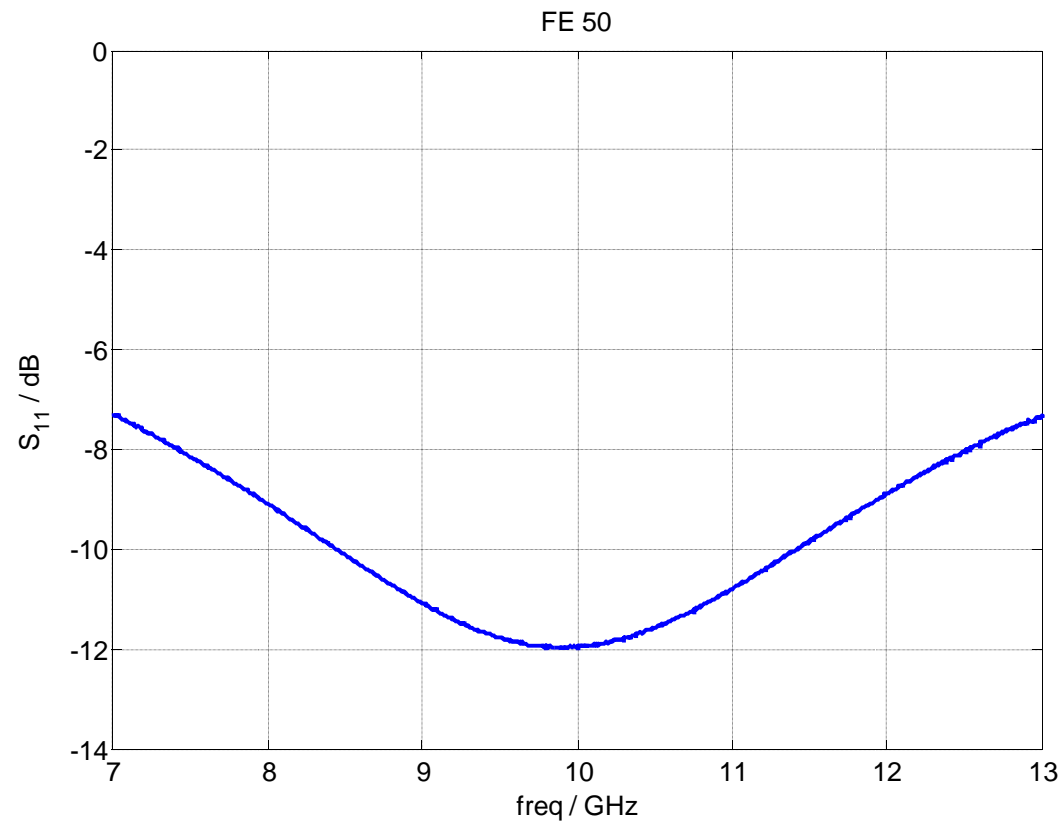
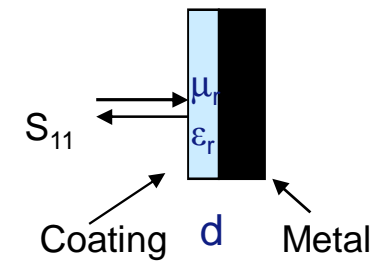
$$S_{11} = \frac{Z_{in} - \eta_0}{Z_{in} + \eta_0} \quad \text{In dB format } S_{11} = 20 \text{Log}_{10} \left| \frac{Z_{in} - \eta_0}{Z_{in} + \eta_0} \right|$$

$$Z_{in} = \eta_0 \sqrt{\frac{\mu_r}{\epsilon_r}} \text{Tanh} \left( j \frac{2\pi f}{c_0} d \sqrt{\epsilon_r \mu_r} \right)$$



Reflection from multi layer coating can be expressed basically in the same manner, but  $Z_{in}$  formula is much complicated

## Calculated reflection from coated metal plate with optimum layer thickness



## Yhteenveto

§ Täytepartikkelit jakautuvat tasaisesti läpi kerroksen tässä partikkeli-lakka systeemissä

### IR

§ Täyteainepitoisuuden ja emissiviteettiä arvon välille löytyi johdonmukainen riippuvuus

§ Emissiviteettitaso voidaan säätää tasolle 0.7-0.77

### Mikroaalto

§ Puhdas lakka on kohtuullisen vähähäviöistä ( $\epsilon_r \approx 3 - j0.037 @ 10\text{GHz}$ )

§ Lakkaan sekoitettu rautakarbonyyli näyttää toimivan kohtuullisen hyvin ( $\epsilon_r \approx 6.1 - j0.09$ ;  $\mu_r \approx 1.35 - j0.5 @ 10\text{GHz}$ )

§ Ohuella alumiinihiutalepinnoitteella ei ole merkittävää vaikutusta yhdistelmäkerroksen sähkömagneettiseen toimintaan

§ Optimaalinen vaimennus metallin päällä noin 12 dB, taajuusalueella 10 GHz:llä



**VTT**



**VTT luo teknologiasta  
liiketoimintaa**