

3D-tulosteiden laadun- varmistus mikroCT-kuvista

FMT-päivät 2025

22.5.2025

UEF Teknillisen fysiikan laitos

Kimmo Laitinen, Tuomo Silvast, Reijo Lappalainen



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND



Euroopan unionin
osarahoittama

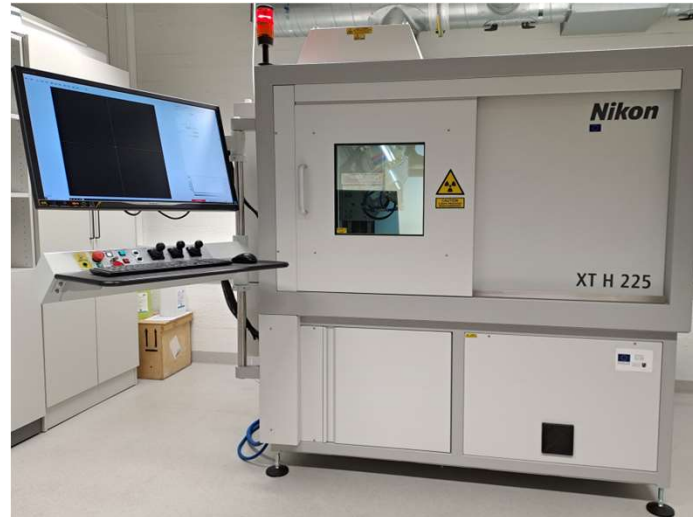


UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND



MikroCT-röntgentomografia

- MikroCT tuottaa **läpivalaisukuvia** ja **tomografiaskannauksia**
- Kappaleen sisärakennetta saadaan selville näytettä **rikkomatta**
- **Mikrometri**luokan erotuskyky
- Näytekoiko muurahaisesta koripalloon
- Nikon XT H 225, 225 kV 225 W
- Skyscan 1172, 100 kV 10 W



Euroopan unionin
osarahoittama



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

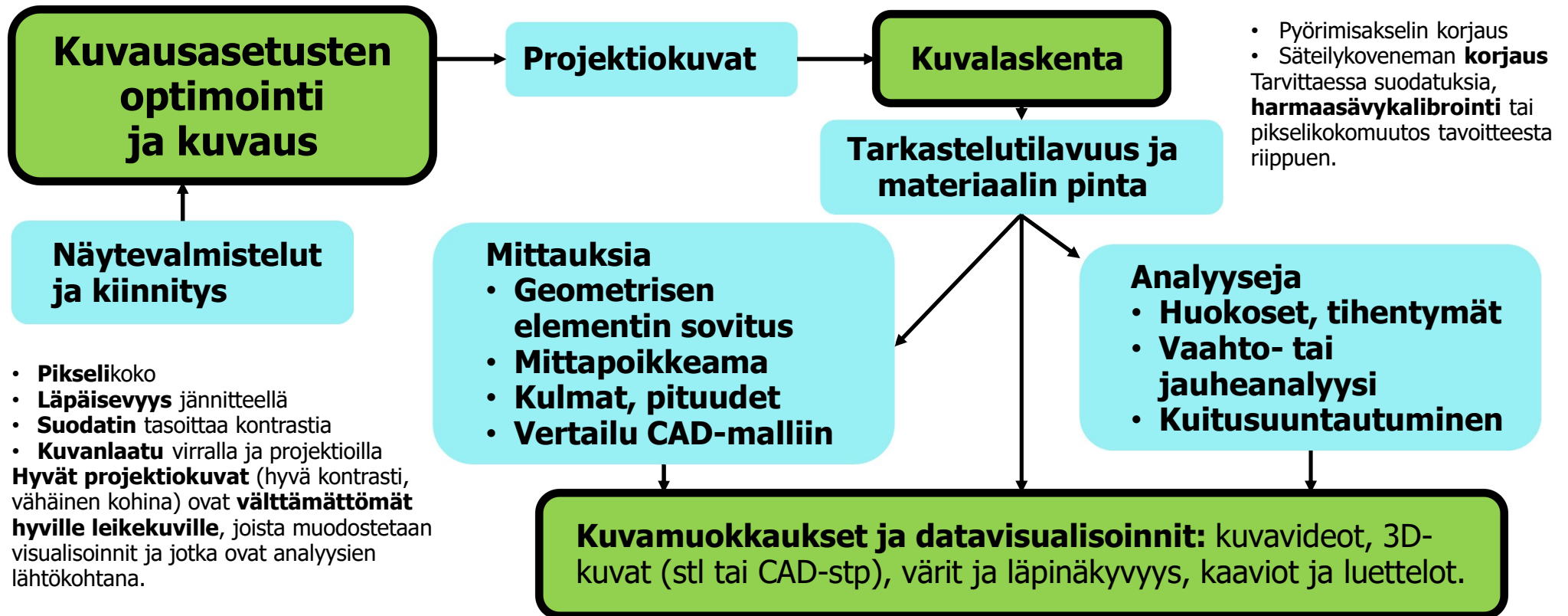


MikroCT kuvaushuomioita

- **Näyte koko** voi olla jopa 35x65 cm ja 15 kg, mutta suurin **kuvausala** on 25x25 cm.
- **Pieni näyte** saadaan kuvattua **tarkemmin** (\varnothing 3 mm \rightarrow kuvapikseli noin 3 μ m) kuin iso näyte (\varnothing 240 mm \rightarrow kuvapikseli 100 μ m).
- **Kuvahäiriöt** lisääntyvät, jos koko näyte ei sovi kuvausalueelle.
- **Erotuskyky** on tyypillisesti 3-4x pikselikoko. Myös kuvahäiriöt ja kuvalaskenta-asetukset vaikuttavat todelliseen erotuskykyyn.
- **Kuvalaadun** parantaminen useimmiten **pidentää kuvausaikaa**
 - pidempi valotusaika
 - pienempi detektorivahvistus
 - enemmän projektiokuvia
 - enemmän keskiarvoistusta
 - suurempi virta (lyhentää valotusaikaa)
- Kuvausjännitteellä säädetään **läpäisykykyä**. Kuvausjännite ja **suodatin** vaikuttavat myös kontrastiin.
- Kuvausasetukset optimoidaan kuvauksen tarkoituksen ja tarvittavan erotuskyvyn mukaisesti.



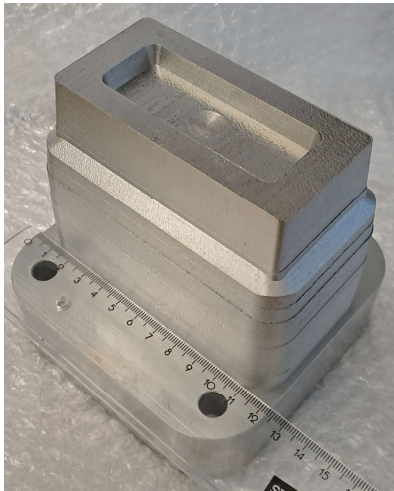
Rakenneanalyysin työnkulku



Euroopan unionin
osarahoittama



Case: Muottirakenteen jäähdytyskanavat



Kokonainen onnistunut keerna



Epäonnistuneesta keernasta sahattu näyte, yläpuoli



Epäonnistuneesta keernasta sahattu näyte, alapuoli

- Työkaluteräksestä jauhepetiteknikalla TAMK:ssa 3D-tulostettu muottirakenne (keerna)
- Tutkittavana epäonnistunut keerna, jonka tulostus jäänyt kesken ongelmien vuoksi
- Mielenkiinnon kohteena erityisesti keernan sisäiset jäähdytyskanavat



Euroopan unionin
osarahoittama



Kuvausasetelma



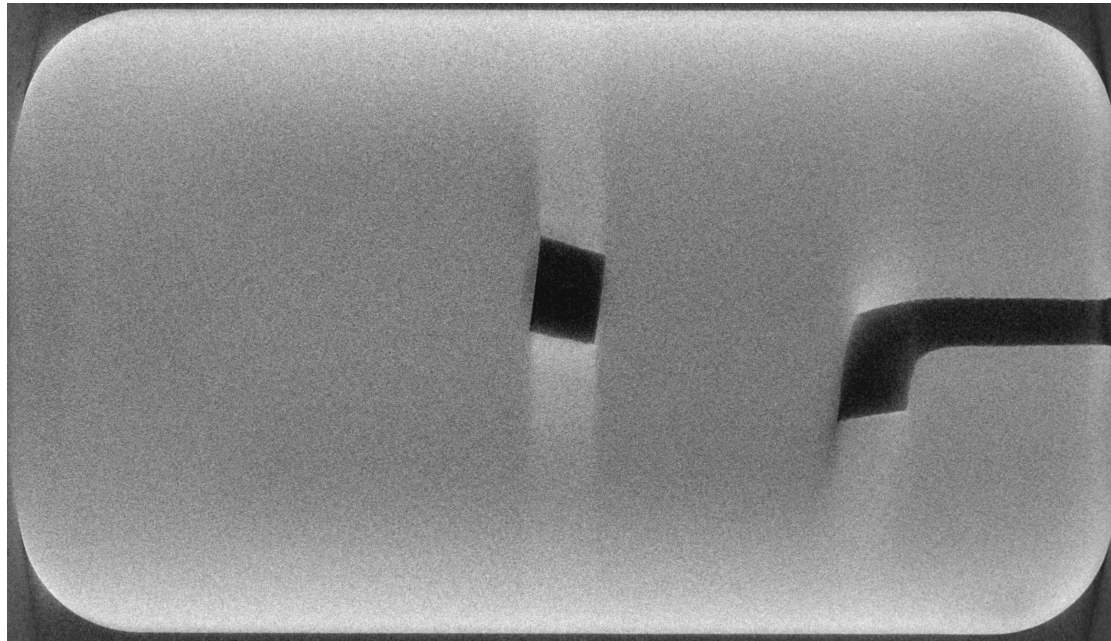
- Nikon XT H 225
- 210 kV 167 μ A ja 2,5 mm Cu suodin
- 3600 projektiota, 360° kierto
- Kuvapikseli 50 μ m
- Näyte suojattu muovikelmulla laitteen kontaminaation estämiseksi



Euroopan unionin
osarahoittama



Leikekuvista koostettu video



Euroopan unionin
osarahoittama



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

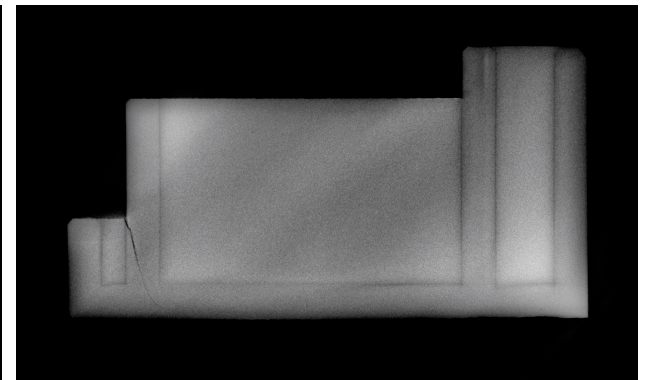
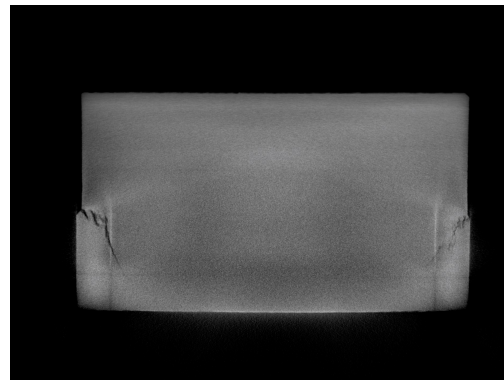
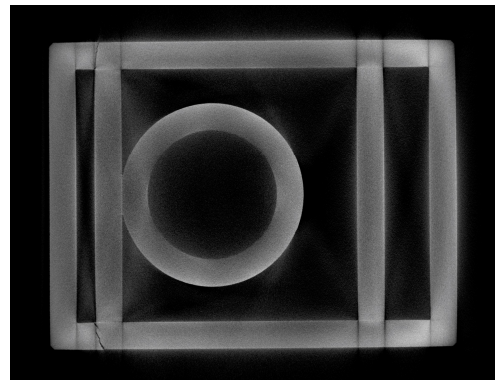


3DTY

Case: Metallitulosteiden murtumat



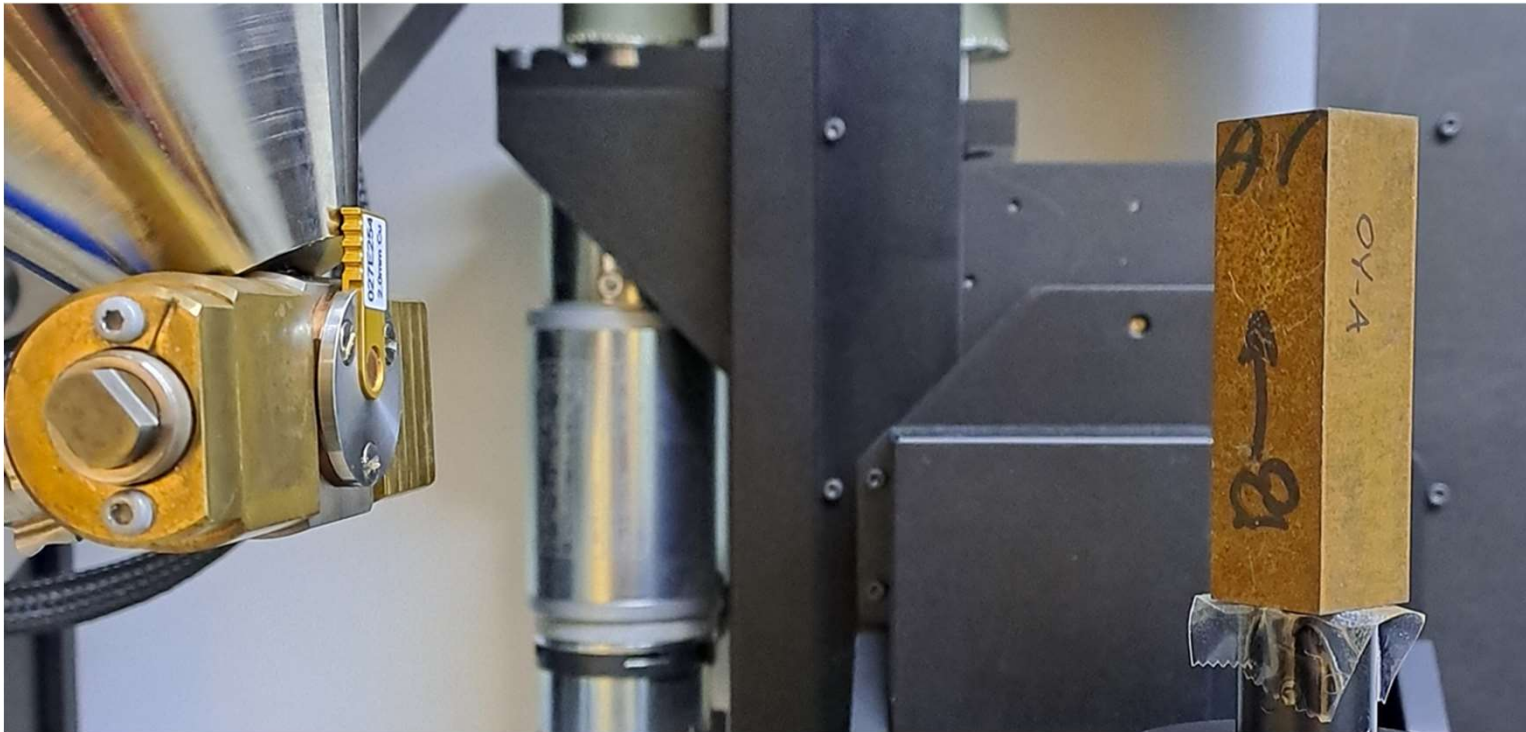
- Metallikappaleiden suorat pinnat synnyttävät monesti kuvahäiriöitä, jotka näkyvät tummina (kappaleessa) tai vaaleina (taustassa) 'säteinä', tai leikekuvissa 'pullistavat' suoria pintoja.



Euroopan unionin
osarahoittama



Case: WAAM-tulosteen huokosanalyysi



Nikon XT H 225

Kuvaus

- 200 kV 20 W
- 20 μm pikseli
- 3600 projektiota
(2x 500 ms kuva)

Analysointialueena
kuutio 17x17x17 mm.

Volume Graphics
Studio Max 2022.4



Euroopan unionin
osarahoittama

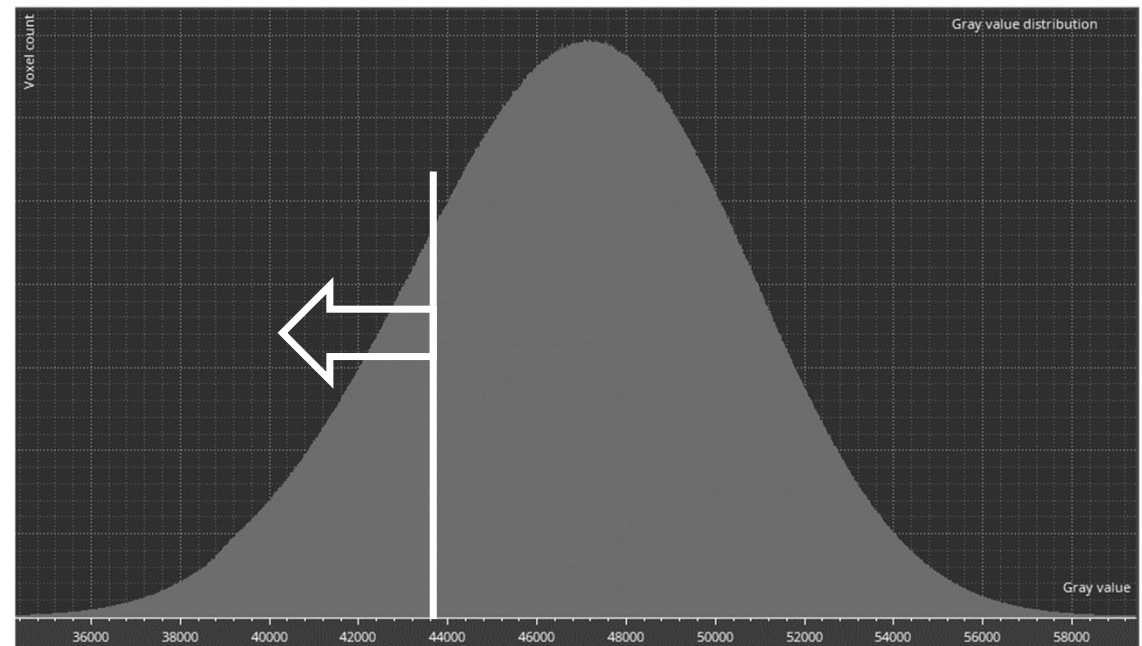


Sävyjakauma

Esimerkkinäyte "waam 12b"

- Sävyasteikko 0-65535 (16 bit tiff).
- Materiaalin harmaasävyalue 25600-65400.
- Huokosiksi tulkittujen alueiden tummin kohta enintään 43700.
- Huokosella vähintään **20% kontrastiero** paikalliseen keskimääräiseen materiaalisävyyn nähden.
- Paikallisen **sävyvertailualueen läpimitta 10 vokselia**.

Materiaalin harmaasävyjakauma



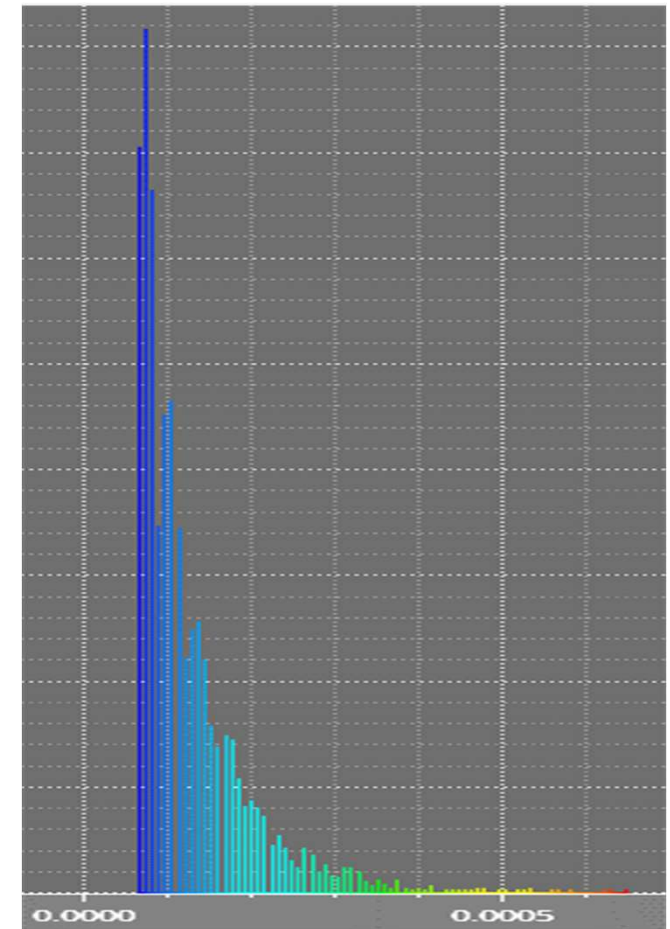
Euroopan unionin
osarahoittama



Huokosjakauma

Esimerkkinäyte "waam 12b"

- Laskenta-asetuksilla **20% kontrasti ja \emptyset 10 vox** löydetty **4189 huokosta**, joiden kokonaistilavuus 0,556 mm³.
 - Suurin osa huokosista läpimitaltaan **65-140 μ m**.
Läpimitaltaan pienin 49 μ m, ja suurin 248 μ m.
- Laskenta-asetuksilla **33% kontrasti ja \emptyset 30 vox** löydetty **69 huokosta**, joiden kokonaistilavuus 0,0053 mm³.
 - Läpimitaltaan pienin 63 μ m, ja suurin 123 μ m.
- Laskentaparametreilla on suuri vaikutus tulkintaan onko huokonen vai ei.

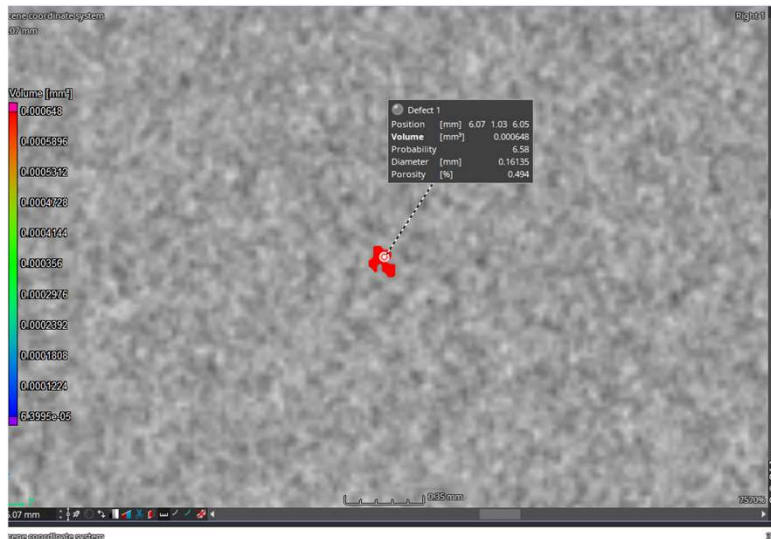


Huokosen tilavuus mm³

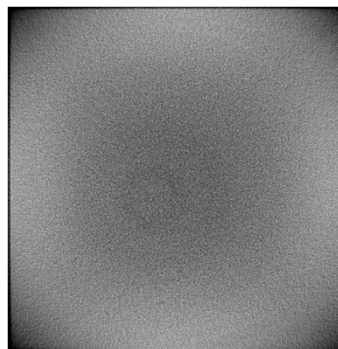
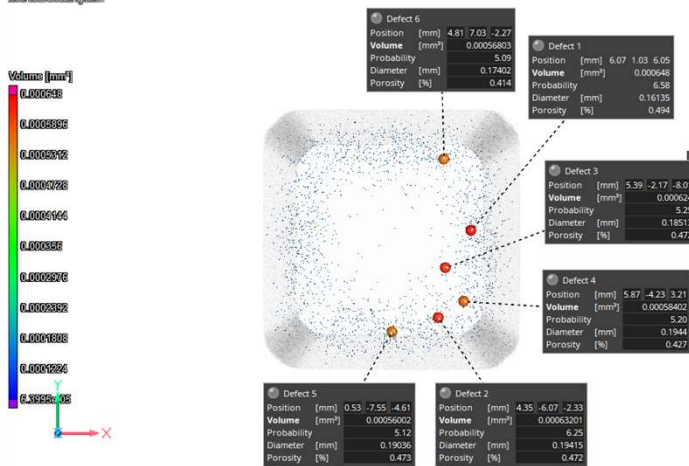


Euroopan unionin
osarahoittama





Huokosen siemenkohdan ero muihin tummentumiin nähden lasketaan osin alueen **'todennäköisyydellä'** (herkkä parametri).



Vertaa huokosten paikkajakautumista (kuva vasemmalla) ja leikekuvan (kuva keskellä) kontrastikorostettua sävyjakaumaa.

Huomioi löydettyjen huokosten asemoituminen: Keskeltä (pienet) huokokset pääosin puuttuvat.



Euroopan unionin osarahoittama



Yhteenveto

- MikroCT:n **läpäisykyky** (3 cm terästä) rajoittaa näytekokoa
- Metallien aiheuttamat **kuvahäiriöt** huomioitava analysoinnissa
- Mikrometriluokan **erotuskyky** riittää useimmiten 3D-tulosteiden tarkasteluun
- **Nopea** menetelmä: yleiskuvaus noin 30 min
- Monipuoliset **visualisointi**mahdollisuudet



Euroopan unionin
osarahoittama



Kiitos!

uefconnect.uef.fi/tutkimusryhma/biomateriaalitekniologian-tutkimusryhma

www.uef.fi/fi/yksikko/sib-labs-palvelut

Kimmo Laitinen, kimmo.laitinen@uef.fi

Tuomo Silvast, tuomo.silvast@uef.fi



Euroopan unionin
osarahoittama

