

Tinawiskerien karakterisointi SEM-EDS -tekniikalla

Jari Leskinen

Itä-Suomen yliopisto, Teknillisen fysiikan laitos, SIB Labs -palvelut

ViSiMa tuloswebinaari

16.4.2026



Euroopan unionin
osarahoittama



Pohjois-Savon liitto

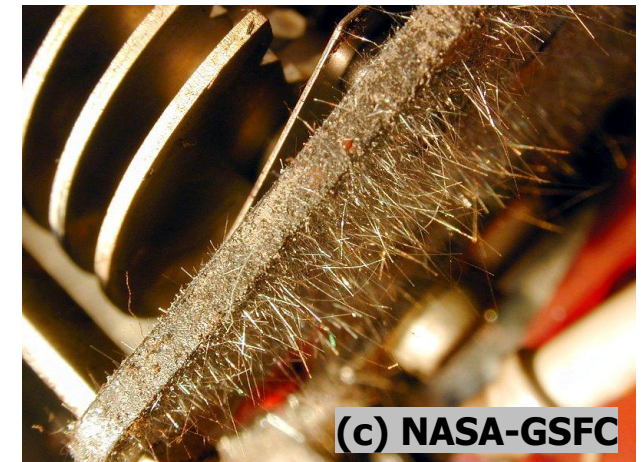
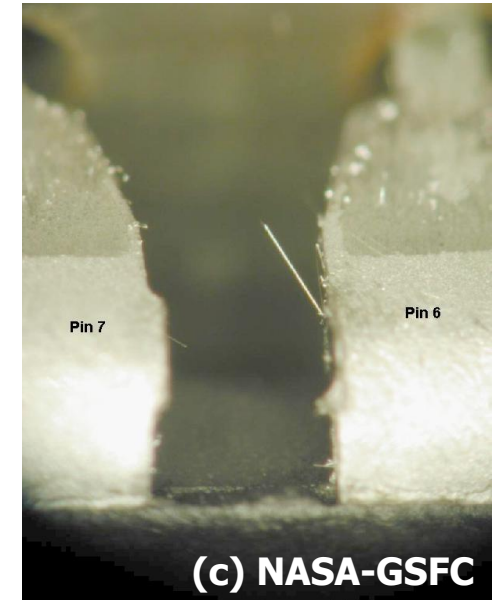
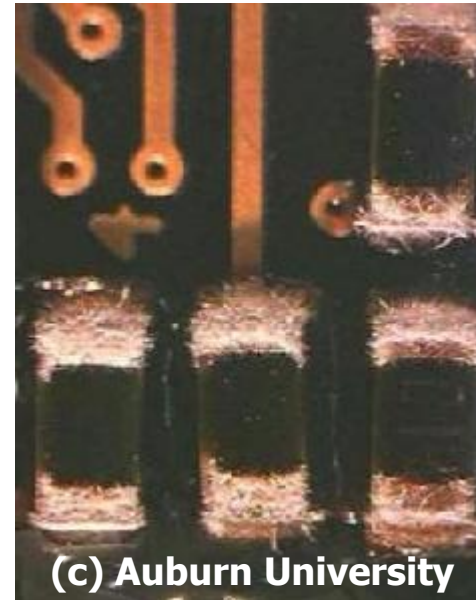


UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

SAVONIA

Juotokset ja wiskerit

- Elektroniikassa sähköäjohtavat komponentit liitetään yleensä toisiinsa (tina)juotoksella
- Yleisesti käytettyjä juotusmateriaaleja ovat mm. Sn63Pb37 ja SAC 305
- Wiskeri on viiksimäinen kide, joka kasvaa juotoksen pinnasta ulospäin
- Wiskeri on (juotos)metallia, ja johtaa sähköä
- Wiskeri voi aiheuttaa oikosulun, joka voi rikkoa laitteen
- Wiskeri-ilmiö on tunnettu jo 1950-luvulla
- Wiskerit rikkoontuvat helposti, joten näytteen valmistus vaatii huolellisuutta



Euroopan unionin
osarahoittama



Pohjois-Savon liitto

Wiskerit
J Leskinen 16.4.2026



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

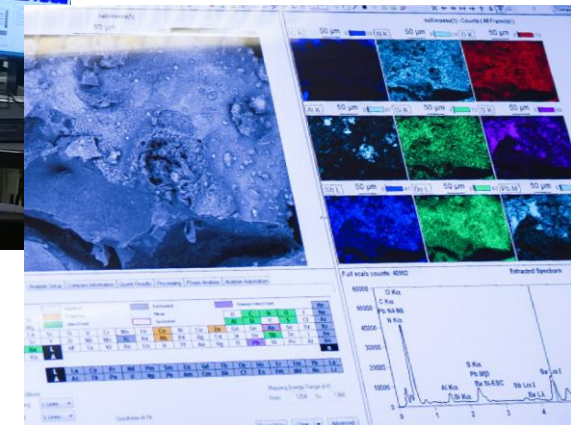
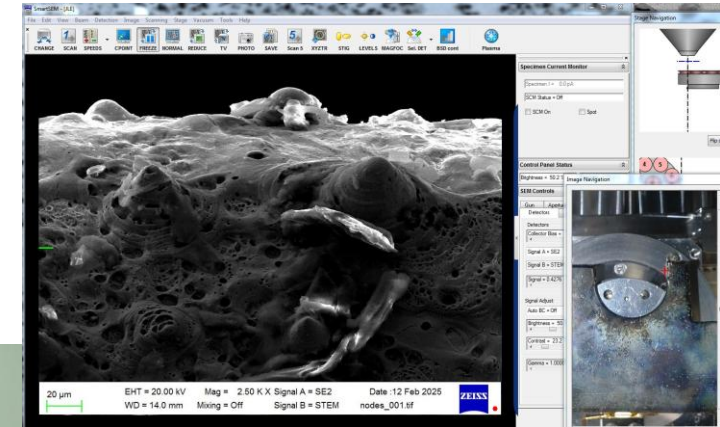
SAVONIA

SEM

Scanning Electron Microscope (SEM)

- Materiaalitutkimuksen perustyökalu
- Mikroskooppi, joka hyödyntää valon(fotonin) sijaan elektroneja
- Vaatimuksena tyhjiö, koska elektroni ei kykene etenemään väliaineessa
- Kykenee kuvaamaan nanokokoluokan kohteita. Käytännössä 10 nm hiukkanen voidaan nähdä ja sen muoto tunnistaa.
- Elektronisäteen ja tutkittavan materiaalin kohdatessa syntyy *karakteristisia* Röntgenkvantteja, jotka voidaan tunnistaa, jos SEM on varustettu *EDS-mittalaitteella.

*) EDS (=EDX), Energy Dispersive X-ray Spectroscope



Euroopan unionin
osarahoittama



Pohjois-Savon liitto

Wiskerit
J Leskinen 16.4.2026



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

SAVONIA

Karakterisointi

Materiaalin karakterisointi = materiaalin ominaisuuksien mittaaminen, analysointi ja tulkinta.

Tyypillisesti voidaan tutkia:

- 1. Rakennetta ja rakenteellisia ominaisuuksia** (kiteisyys/amorfisuus, kokojakauma, faasit, pinta ja huokoisuus)
- 2. Kemiallisia ominaisuuksia** (kemiallinen koostumus (alkuaine/molekyyli), epäpuhtaudet, sidostyypit, hapettumistilat)
3. Mekaanisia ominaisuuksia (lujuus, kovuus, sitkeys, venymä, väsymiskäyttäytyminen)
4. Termisiä ominaisuuksia (sulamispiste, lasisiirtymä, lämmönjohtokyky, lämpölaajeneminen)
5. Sähköisiä, magneettisia ja optisia ominaisuuksia (sähkönjohtavuus, dielektriset ominaisuudet, magneettisuus, valon absorptio ja emissio)



Euroopan unionin
osarahoittama



Pohjois-Savon liitto

Wiskerit
J Leskinen 16.4.2026



SAVONIA

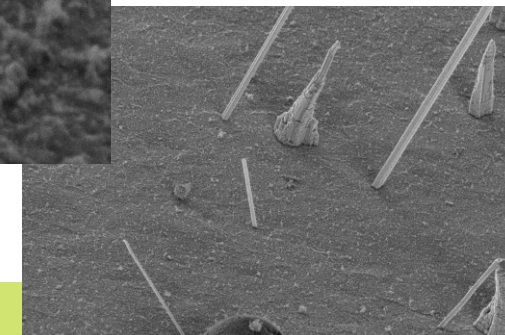
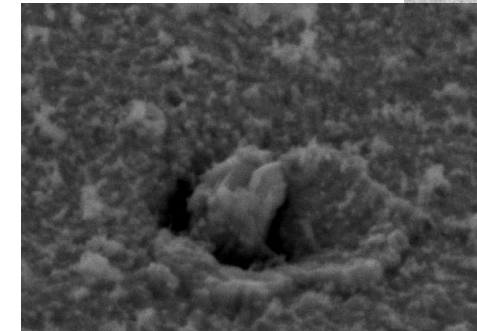
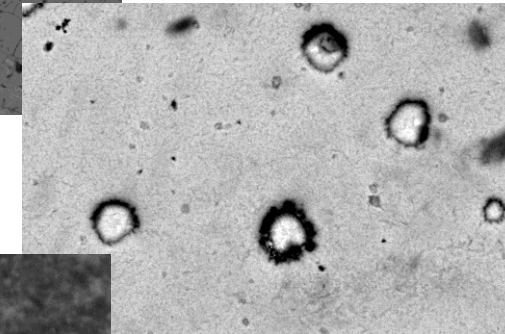
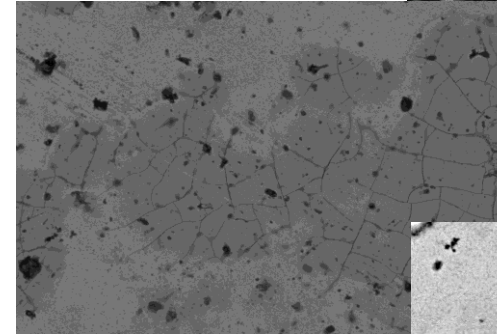
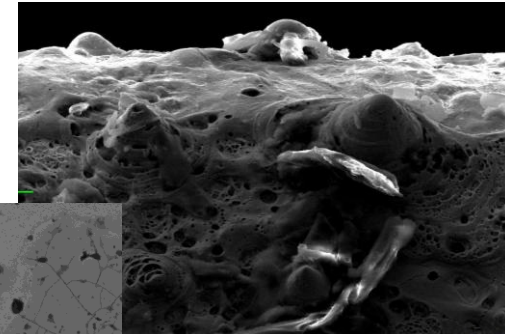
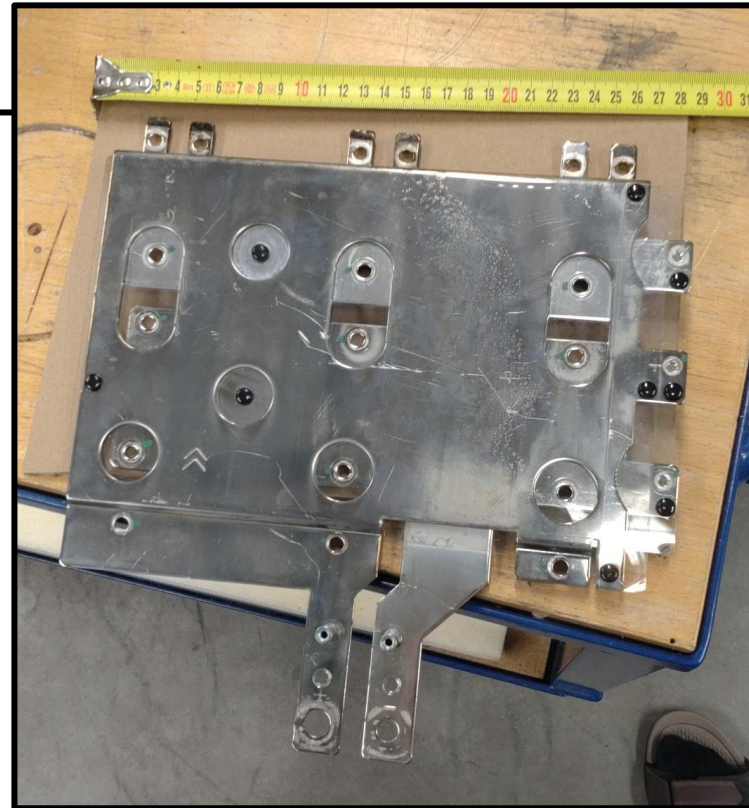
Johdinpintojen ja wiskerien karakterisointi

Pinnat

- Morfologia
- Reijät
- Anomaliat
- Koostumus

Wiskerit

- Dimensiot
- Yksikiteinen/monikiteinen
- Alkuainekoostumus



Euroopan unionin
osarahoittama



Pohjois-Savon liitto

Wiskerit
J Leskinen 16.4.2026



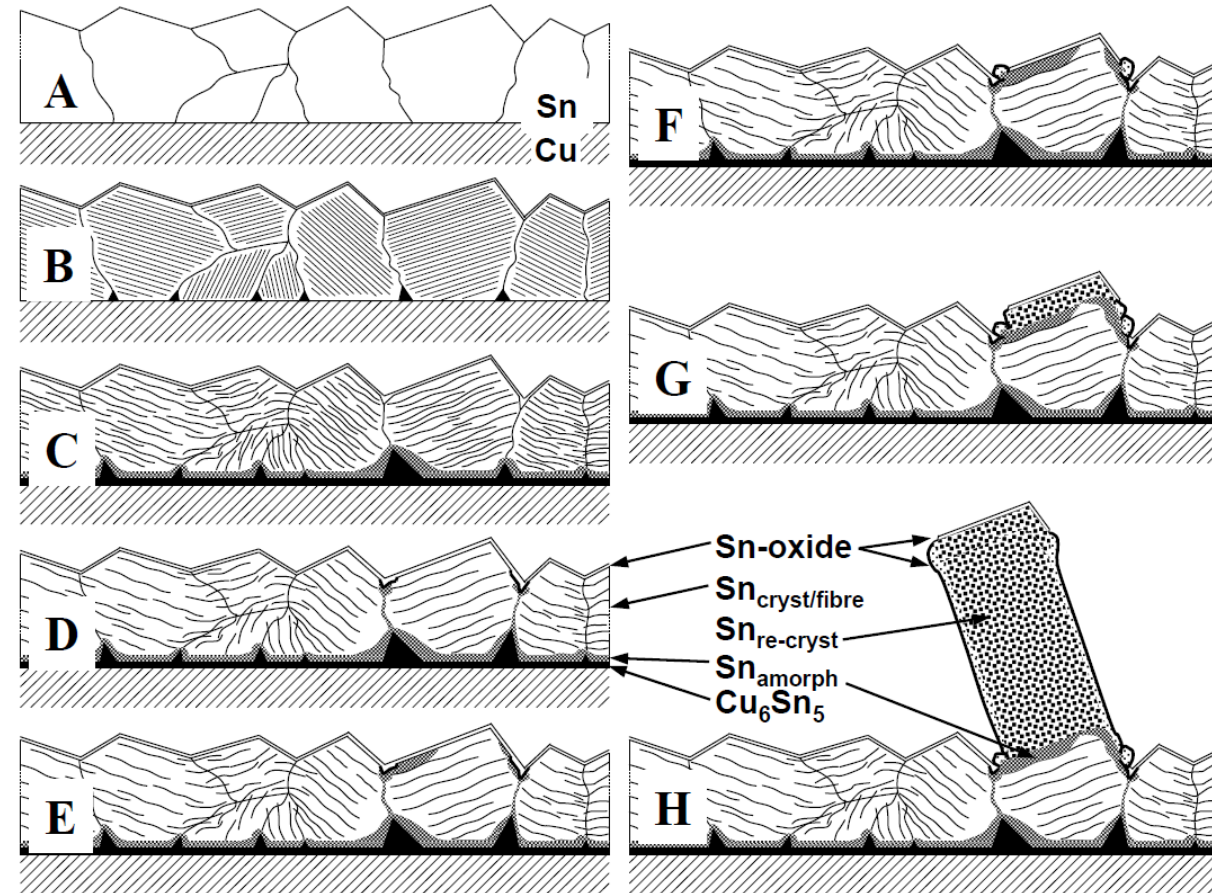
UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

SAVONIA

Teoriaa: Andre Egli, 2005

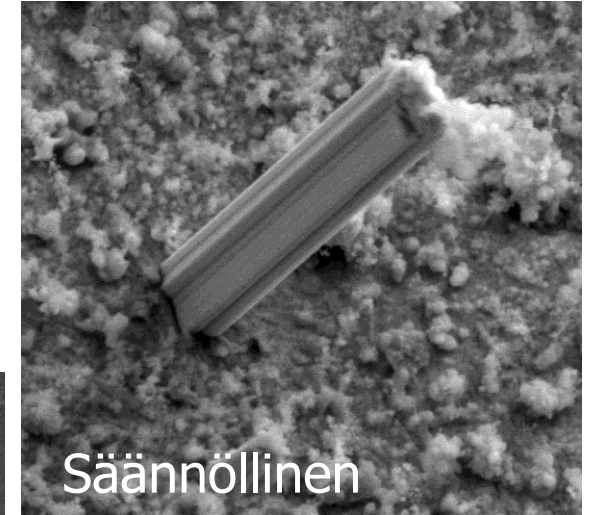
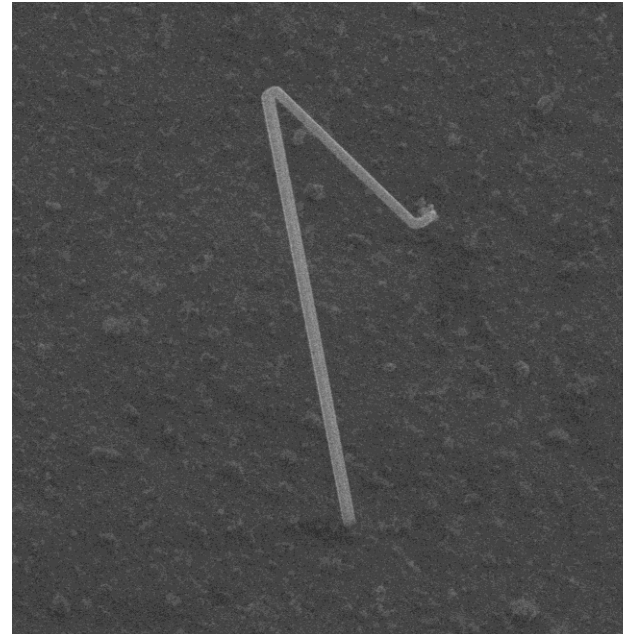
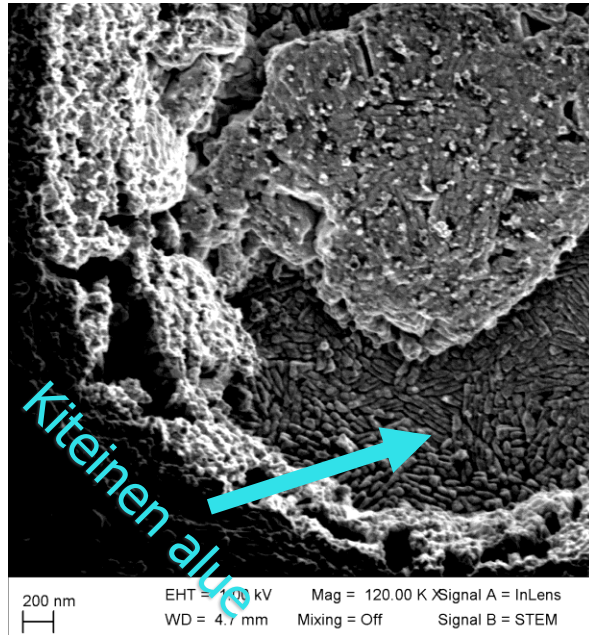
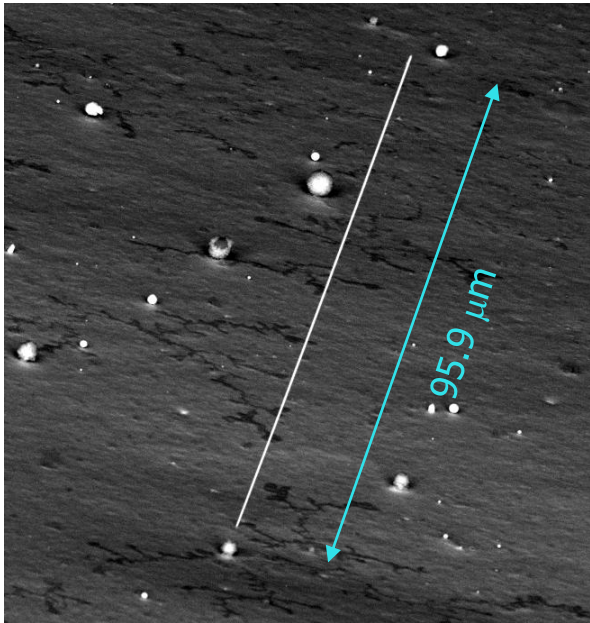
Whiskerin synty

- Kuparin ja tinan rajapinta, jossa stressiä.
- Syntyy *IMC*, kuparistannidi
- Cu_6Sn_5 -faasi etenee kiderajoilla pintaan, raerajoilla oksidipinnasta läpi
- Pinnassa oksidin läpi päässyt faasi muodostaa whiskeröitymisytimiä
- Whiskeri kasvaa rakeesta

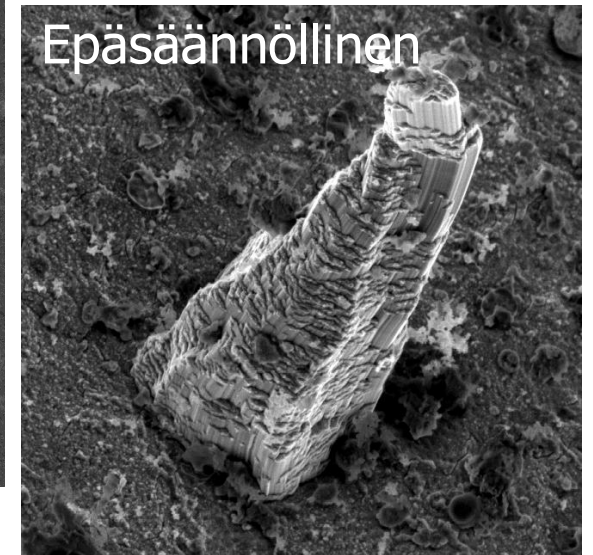


Dimensiot ja kiteisyys

- Wiskerin koko
 - Pituus ja poikkipinnan halkaisija



Säännöllinen



Epäsäännöllinen



Euroopan unionin
osarahoittama



Pohjois-Savon liitto

Wiskerit
J Leskinen 16.4.2026

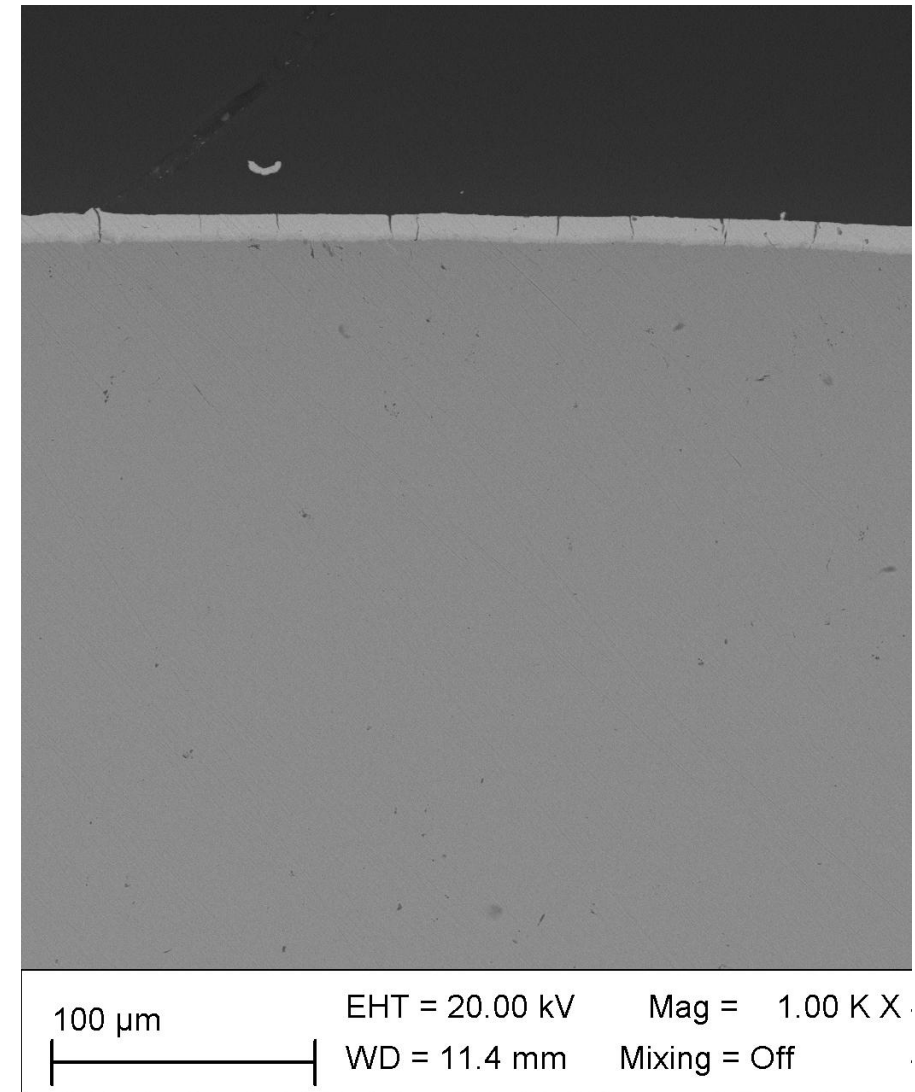
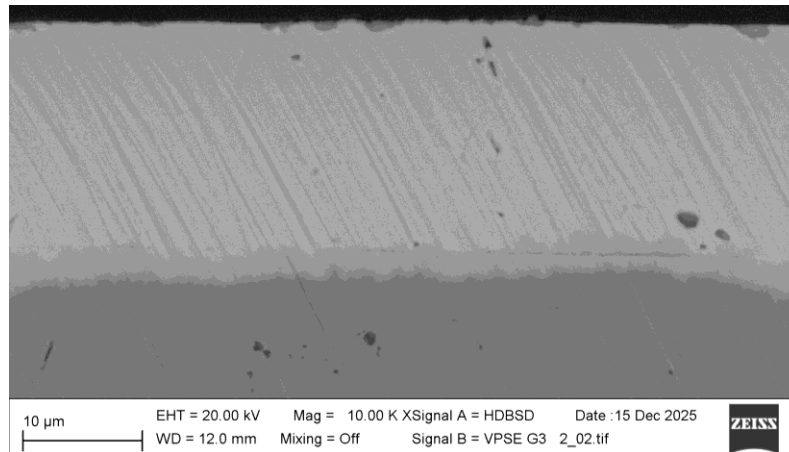


UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

SAVONIA

Poikkileike

- Näytteestä tehdään poikkileike valamalla se hartsiin, ja sahaamalla se halutusta kohdasta ja suunnasta poikki. Lopuksi vesihionta+kiillotus.
- Pinnoitteen paksuus on määritettävissä tarkasti.
- Pinnoitteen laatu voidaan todeta, esim. halkeamat erottuvat
- Kerrosten alkuainekoostumus saadaan mitattua puolen alle yhden mikrometrin tarkkuudella



Euroopan unionin
osarahoittama



Pohjois-Savon liitto

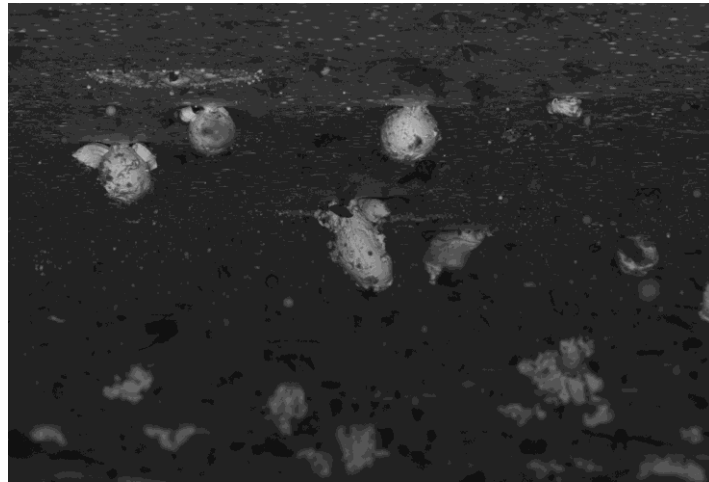
Wiskerit
J Leskinen 16.4.2026



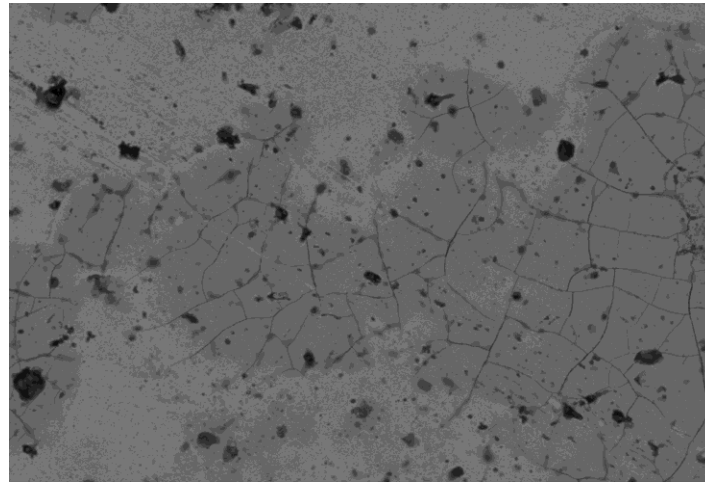
UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

SAVONIA

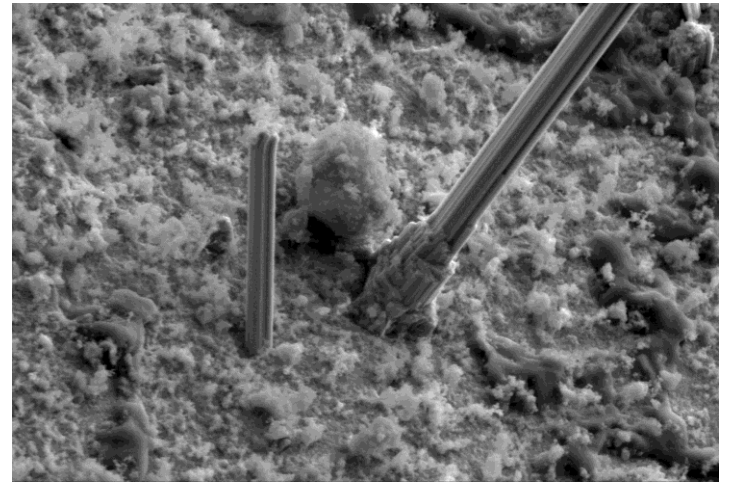
Morfologia, huokoisuus



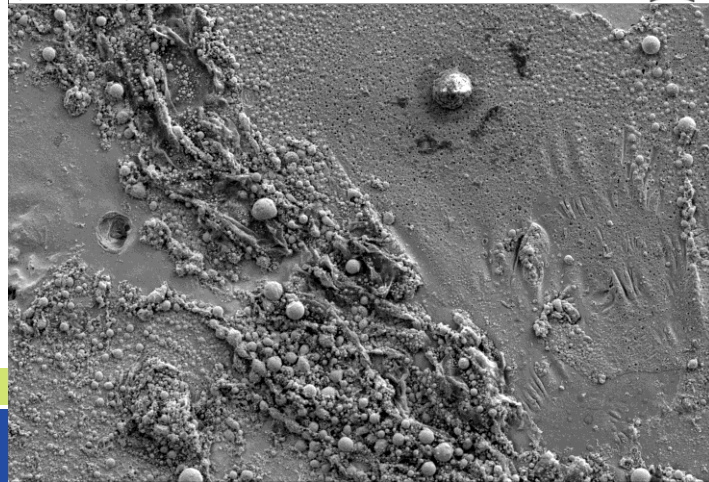
100 μm EHT = 20.00 kV Mag = 1.00 K X Signal A = HDBSD Date :14 Feb 2025
WD = 19.1 mm Mixing = Off Signal B = STEM L2_008.tif ZEISS



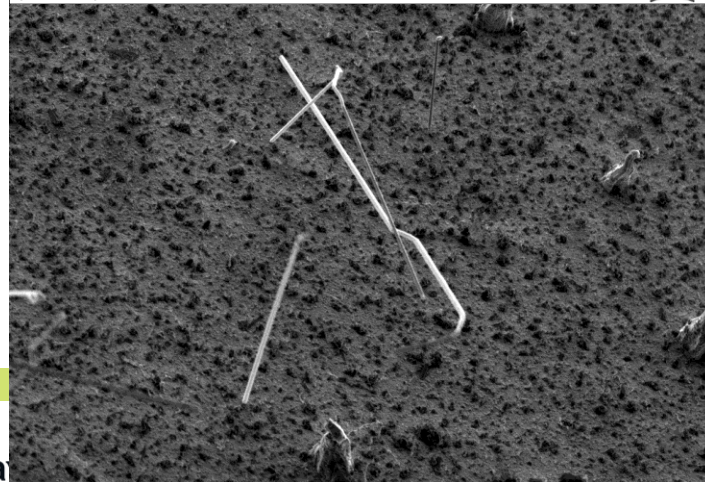
100 μm EHT = 20.00 kV Mag = 700 X Signal A = HDBSD Date :12 Feb 2025
WD = 12.1 mm Mixing = Off Signal B = STEM nodes_007.tif ZEISS



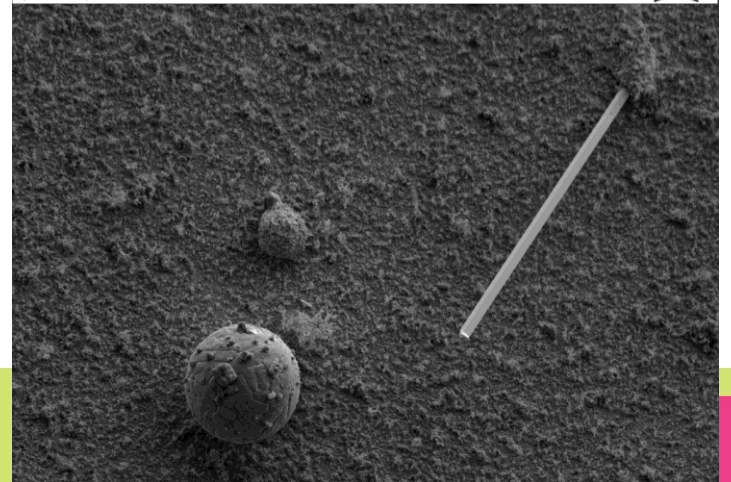
1 μm EHT = 5.00 kV Mag = 10.00 K X Signal A = SE2 Date :28 Oct 2025
WD = 11.5 mm Mixing = Off Signal B = SE2 AB002_L1e_0014.tif ZEISS



10 μm EHT = 5.00 kV Mag = 1.00 K X Signal A = SE2 Date :28 Oct 2025
WD = 11.2 mm Mixing = Off Signal B = SE2 AB002_L1e_0011.tif ZEISS



2 μm EHT = 2.00 kV Mag = 2.02 K X Signal A = SE2 Date :22 Oct 2025
WD = 11.6 mm Mixing = Off Signal B = InLens AB002_L1e_032.tif ZEISS



2 μm EHT = 2.00 kV Mag = 3.00 K X Signal A = SE2 Date :28 Oct 2025
WD = 9.6 mm Mixing = Off Signal B = SE2 AB002_L1e_jjkPlasm_0020.tif ZEISS



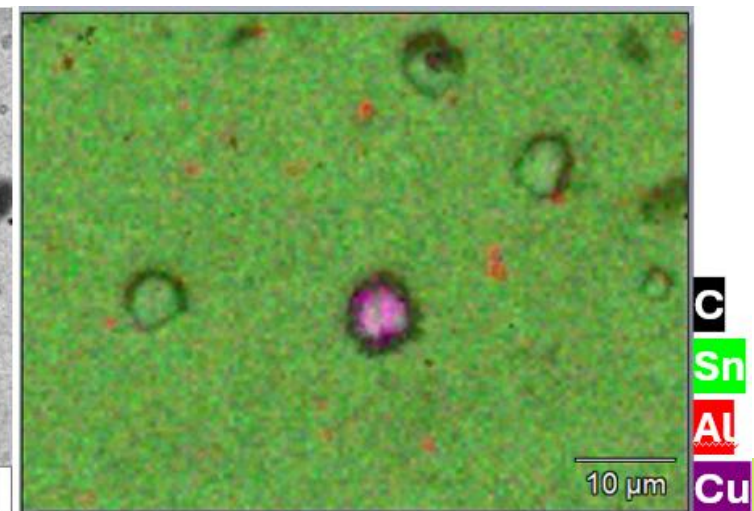
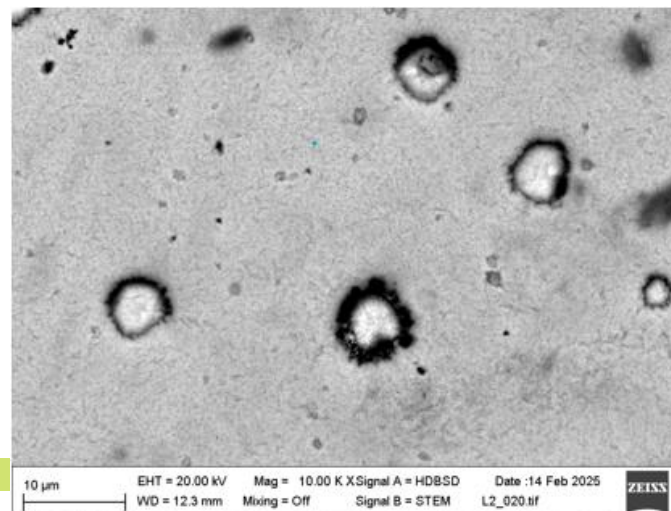
Alkuainekoostumuksen määrittäminen SEM-EDS –laitteistolla

Elektronisuihkun elektronit vuorovaikuttavat tutkittavan materiaalin elektronien kanssa

- Atomien elektronikuorilta sironneet elektronit hyödynnetään kuvanmuodostuksessa
- Jos elektronikuorilta irtoaa elektroneja, syntyy kuorille hetkellisiä elektroniaukkoja
- Aukko paikkaantuu ulomman elektronikuoren elektronin siirroksella alemmalle, vapautuu γ
- γ on Rtg-kvantti, jonka energia on karakteristinen eli ominainen kullekin alkuaineelle

lowest energy for each element

13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar			
29 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
47 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu	
98 Cm	99 Bk	100 Cf	101 Es	102 Fm	103 Md	104 No	105 Lr	



Euroopan unionin
osarahoittama



Pohjois-Savon liitto

Wiskerit
J Leskinen 16.4.2026

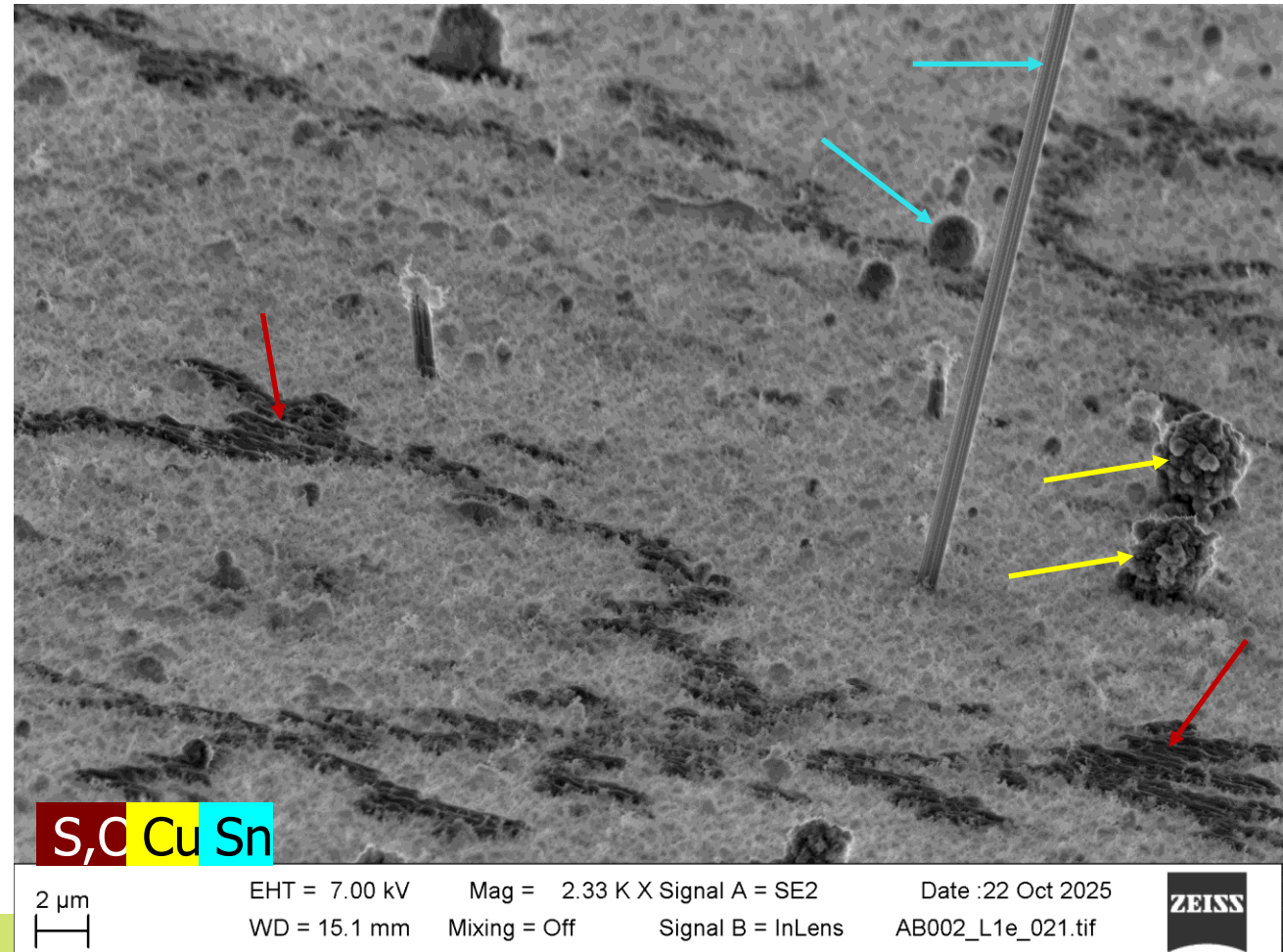


UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

SAVONIA

Alkuainekoostumus

- Tarkasteltaessa pinnan morfologiaa pinnalla näyttää olevan hyvin hieno rakenne
- SEM-EDS –laitteistolla kyetään erittäin pienten kohteiden koostumusmäärityksiin
- Volumetrinen kynnys alle 1 μm^3



Euroopan unionin
osarahoittama



Pohjois-Savon liitto

Wiskerit
J Leskinen 16.4.2026



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

SAVONIA

Johtopäätöksiä

- Kirjallisuuden perusteella tinawiskerien voidaan olettaa olevan paljon yleisimpiä nykyään, kuin ennen lyijytinan kieltoa.
- Tinawiskerien karakterisointi on SEM-EDS laitteistojen tyypillisimpiä käyttösovelluksia.
- SEM paljastaa kidemuodot ja morfologian nanokokoluokkaan asti.
- EDS-mittauksella voidaan tunnistaa alkuaineet hiilestä ($Z = 6$) lähtien. Elektroniikka sovelluksissa tämä ei ole rajoite, sillä yleensä alkuaineet ovat varsin raskaita.
- SEM-EDS toimii erinomaisena työjuhtana vastaaville sovelluksille.
- Jos käytössä on rinnakkaisia menetelmiä, esim. FTIR, RAMAN, XRD tai XPS, materiaalien karakterisointimahdollisuudet kattavat jo varsin kattavan sovelluskentän.



Euroopan unionin
osarahoittama



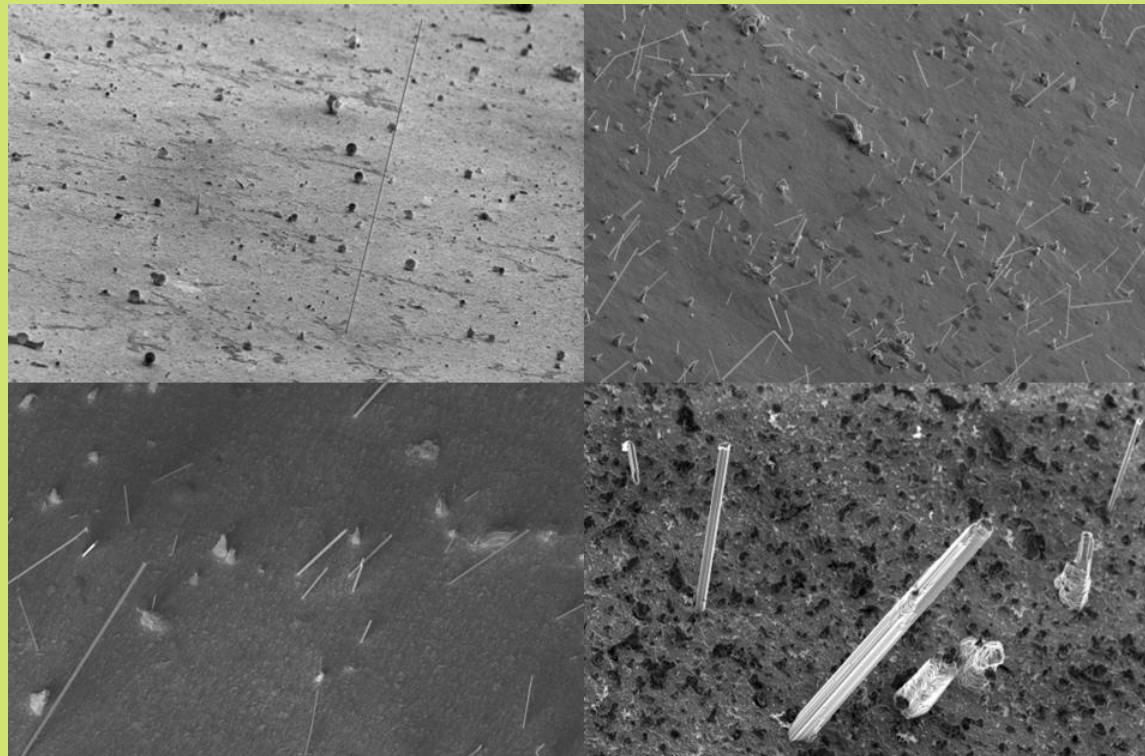
Pohjois-Savon liitto

Wiskerit
J Leskinen 16.4.2026



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

SAVONIA



Kiitos mielenkiinnostasi!

<https://www.materiakeskus.fi/hankkeet/visima/>

<https://www.materiakeskus.fi/materiakeskus-kirjoituksia/>



Euroopan unionin
osarahoittama



Pohjois-Savon liitto



UNIVERSITY OF
EASTERN FINLAND

SAVONIA