



roboAI

TUTKIMUS- JA
TUOTEKEHITYSKESKUS

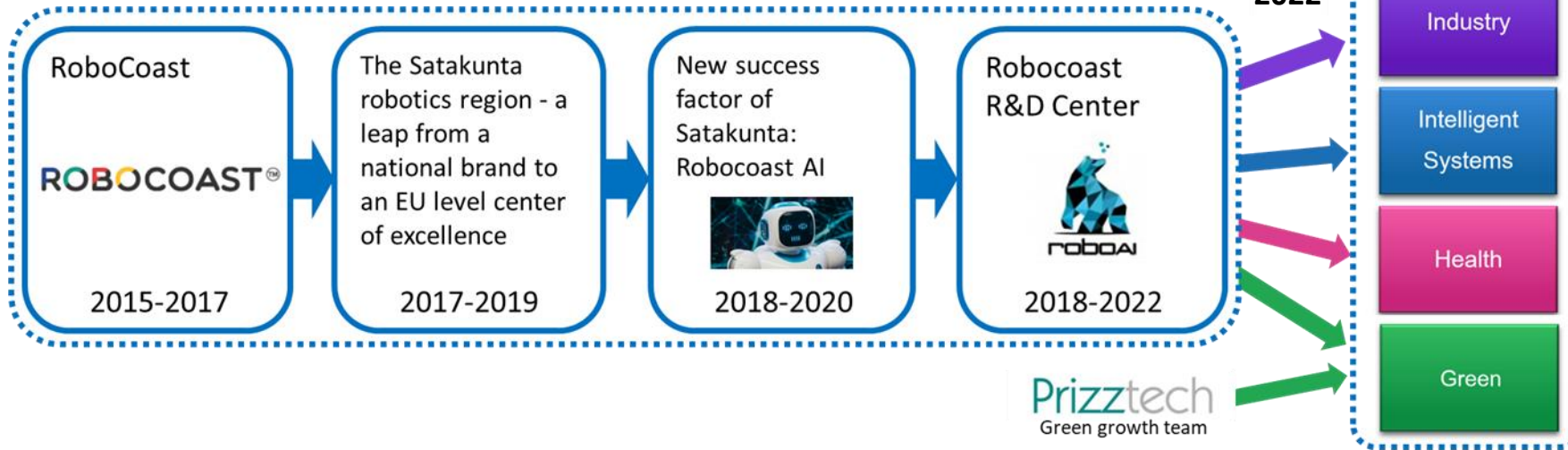
WWW.ROBOAI.FI

Pekka Suominen
TUTKIMUSPÄÄLLIKKÖ

RoboAI Green – teknologiametallien kiertotalouden osaamiskeskittymä

Teknologiametallien ja akkumateriaalien kiertotalouden tutkimus
Satakunnan ammattikorkeakoulussa

RoboAI tutkimus- ja tuotekehityskeskus



Hanke rahoitetaan REACT-EU määrärahoista osana Euroopan unionin COVID-19-pandemian johdosta toteuttamia toimia

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014-2020

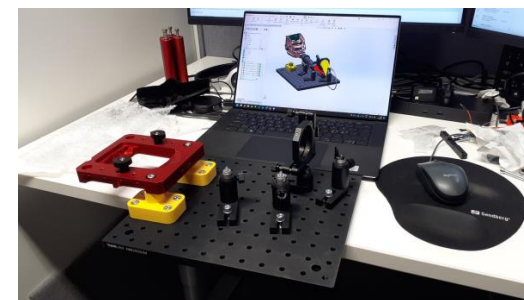
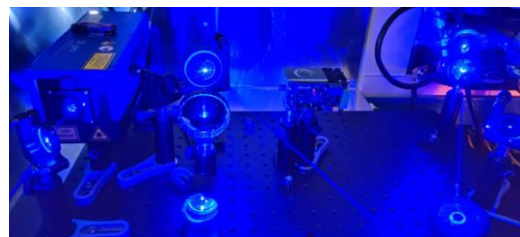


Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

RoboAI Green – teknologiametallien kiertotalouden osaamiskeskittymä

Hankkeen tavoitteet:

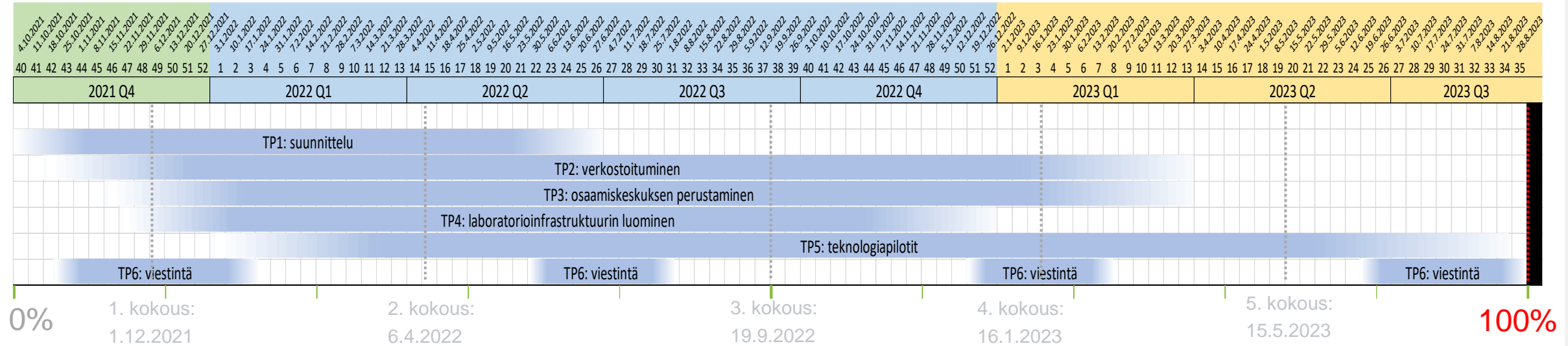
- ✓ Teknologiametalliklusterin kierrätysraaka-aineita edistävän **tutkimus-, mallinnus- ja pilotointitoiminnan käynnistäminen**
- ✓ Osaamiskeskuksen **osaamisen fokuointi** ja suuntaaminen yritysten keskipitkänajan tarpeiden mukaan
- ✓ **SAMK & Prizztech osaamisen yhdistäminen**, yhteistyön tiivistäminen ja tutkimusverkoston luominen
- ✓ Uusien osaajien houkuttelu alueelle, rekrytointi ja perehdyttäminen
- ✓ Tutkimusväline ja infratarpeiden tunnistaminen ja laboratoriokaluston ajanmukaistaminen
- ✓ **Kiertotalouden edistäminen** ja digitaalisten tuotantomenetelmien kehittäminen
- ✓ **Uudet tutkimusaiheet**, tehokkaiden toimintamallien vertailu ja kokeilu
- ✓ **Alueen kasvun ja vetovoiman tukeminen**



Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma



Aikataulu ja työpaketit



TP 1: Teollisuuden tarpeesta lähtevien tutkimuksen painopisteiden, tutkimustapojen ja pilottien määrittäminen ja suunnittelu

TP 2: Kansallisten ja kansainvälisten verkostojen rakentaminen: Älykäs metallien erottelun tutkimus

TP 3: Osaamiskeskuksen perustaminen, RoboAI Green

TP 4: Laboratorioinfrastruktuurin luominen

TP 5: Teknologiapilotit

TP 6: Viestintä, teknologiatiedonsiirto ja tulosten arviointi

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

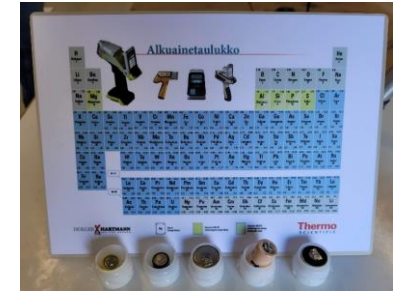
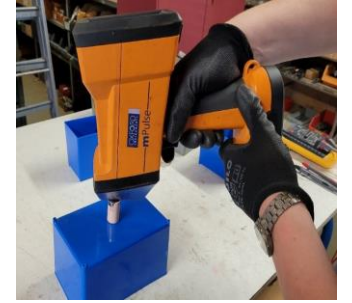
Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Yritysyhteistyö

- Osaamiskeskittymän tutkimus on yrityslähtöistä ja soveltavaa
 - Päättökäsimuotoja ovat selvitykset, mallinnukset ja pilotoinnit.
- Peruskysymys
 - Miten arvokkaita teknologiametalleja sisältäviä laitteita ja komponentteja voidaan tehokkaasti ja älykkäästi kerätä, tunnistaa ja erotella, jotta metallien kierrättäminen niistä on kannattavaa ja turvallista.



Yhteistyötahoja

Neorem Magnets Oy
Aurubis Finland Oy
Boliden Harjavalta Oy
Luvata Pori Oy
BMH Technology Oy
Winnova
Akkuser Oy, Recser Oy
Porin kaupunki
Harjavallan kaupunki
Hitachi High-Tech Analytical Science Oy

West Ways Oy
Nordmag Oy
Enmac Oy
Valmet Automotive EV Power Oy
Yritys Salo
Turku Science Park
Geologian tutkimuskeskus (GTK)
Sermatech Works Oy
Metso Outotec Finland Oy
West Finland European Office

Fortum Battery Recycling Oy
Lumo Analytics Oy
Holger Hartmann Oy
Promea / EIT RAW materials
TurkuAMK, Centria, VAMK
Yliopistot: Aalto, Jyväskylä, Tampere,
Lappeenranta, Oulu (Kokkolan YO keskus)
X-Ray mineral services Finland Oy
Top Analytica Oy
Ori Solution Oy

Teknologiametallit

- **Akkumateriaalit**
 - Li, Ni, Co, Cu, Al, Ti, Zn, Mn, (C,O, Fe, ...)
- **Magneetit**
 - Nd, Pr, Dy, Tb, Sm, Co, (Fe, B, ...)
- **Katalysaattorit**
 - Pt, Pd, Rh
- **SER**
 - Au, Ag, (Si, Sn, Pb, Br, ...)
- **Muut kiinnostavat**
 - Nb, Mo, Cd, Cr, Ta, W, ...

1 H Hydrogen 1,008																	2 He Helium 4,003
3 Li Lithium 6,941	4 Be Beryllium 9,012											5 B Boron 10,811	6 C Carbon 12,011	7 N Nitrogen 14,007	8 O Oxygen 15,999	9 F Fluorine 18,998	10 Ne Neon 20,180
11 Na Sodium 22,990	12 Mg Magnesium 24,305											13 Al Aluminium 26,982	14 Si Silicon 28,086	15 P Phosphorus 30,974	16 S Sulfur 32,065	17 Cl Chlorine 35,453	18 Ar Argon 39,948
19 K Potassium 39,098	20 Ca Calcium 40,078	21 Sc Scandium 44,956	22 Ti Titanium 47,867	23 V Vanadium 50,942	24 Cr Chromium 51,996	25 Mn Manganese 54,938	26 Fe Iron 55,845	27 Co Cobalt 58,933	28 Ni Nickel 58,693	29 Cu Copper 63,546	30 Zn Zinc 65,390	31 Ga Gallium 69,723	32 Ge Germanium 72,640	33 As Arsenic 74,922	34 Se Selenium 78,960	35 Br Bromine 79,904	36 Kr Krypton 83,800
37 Rb Rubidium 85,468	38 Sr Strontium 87,620	39 Y Yttrium 88,906	40 Zr Zirconium 91,224	41 Nb Niobium 92,906	42 Mo Molybdenum 94,938	43 Tc Technetium 98,000	44 Ru Ruthenium 101,070	45 Rh Rhodium 102,906	46 Pd Palladium 106,420	47 Ag Silver 107,868	48 Cd Cadmium 112,411	49 In Indium 114,818	50 Sn Tin 118,710	51 Sb Antimony 121,760	52 Te Tellurium 127,600	53 I Iodine 126,905	54 Xe Xenon 131,293
55 Cs Cesium 132,906	56 Ba Barium 137,327	57-71 Lanthanides	72 Hf Hafnium 178,490	73 Ta Tantalum 180,948	74 W Tungsten 183,840	75 Re Rhenium 186,207	76 Os Osmium 190,230	77 Ir Iridium 192,222	78 Pt Platinum 195,078	79 Au Gold 196,967	80 Hg Mercury 200,590	81 Tl Thallium 204,383	82 Pb Lead 207,200	83 Bi Bismuth 208,980	84 Po Polonium 209,000	85 At Astatine 210,000	86 Rn Radon 222,000
87 Fr Francium 223,000	88 Ra Radium 226,000	89-103 Actinides	104 Rf Rutherfordium 261,000	105 Db Dubnium 262,000	106 Sg Seaborgium 266,000	107 Bh Bohrium 264,000	108 Hs Hassium 277,000	109 Mt Meitnerium 278,000	110 Ds Darmstadtium 281,000	111 Rg Roentgenium 282,000	112 Cn Copernicium 285,000	113 Nh Nihonium 286,000	114 Fl Flerovium 289,000	115 Mc Moscovium 290,000	116 Lv Livermorium 293,000	117 Ts Tennessine 294,000	118 Og Oganesson 294,000
57 La Lanthanum 138,906	58 Ce Cerium 140,116	59 Pr Praseodymium 140,908	60 Nd Neodymium 144,240	61 Pm Promethium 145,000	62 Sm Samarium 150,360	63 Eu Europium 151,964	64 Gd Gadolinium 157,250	65 Tb Terbium 158,925	66 Dy Dysprosium 162,500	67 Ho Holmium 164,930	68 Er Erbium 167,259	69 Tm Thulium 168,934	70 Yb Ytterbium 173,040	71 Lu Lutetium 174,967			
89 Ac Actinium 227,000	90 Th Thorium 232,038	91 Pa Protactinium 231,036	92 U Uranium 238,029	93 Np Neptunium 237,000	94 Pu Plutonium 244,000	95 Am Americium 243,000	96 Cm Curium 247,000	97 Bk Berkelium 247,000	98 Cf Californium 251,000	99 Es Einsteinium 252,000	100 Fm Fermium 257,000	101 Md Mendelevium 258,000	102 No Nobelium 259,000	103 Lr Lawrencium 262,000			



Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

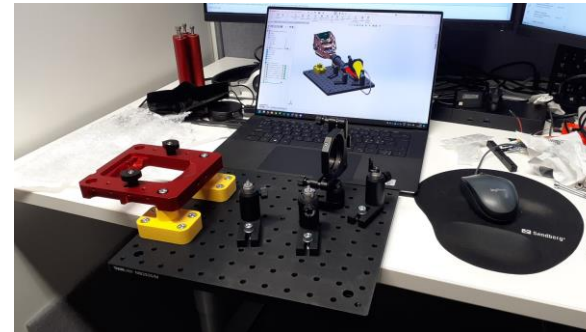
Toteutetaan 3-5 teollisuuslähtöistä tutkimusta ja/tai pilottia

- Pilotit

- Laser-spektroskopiaalaitteiston (LIBS) suunnittelu, rakentaminen ja testaaminen kiinteillä metallinäytteillä
- Akkujen ja paristojen tunnistaminen konenäön avulla
- NdFeB-magneettimateriaalien XRF- ja LIBS-mittaukset

- Tutkimukset / raportit

- Sähköautojen moottorien purku ja kierrätys
- LIBS spektrigeneraattori (ohjelmistopaketti)



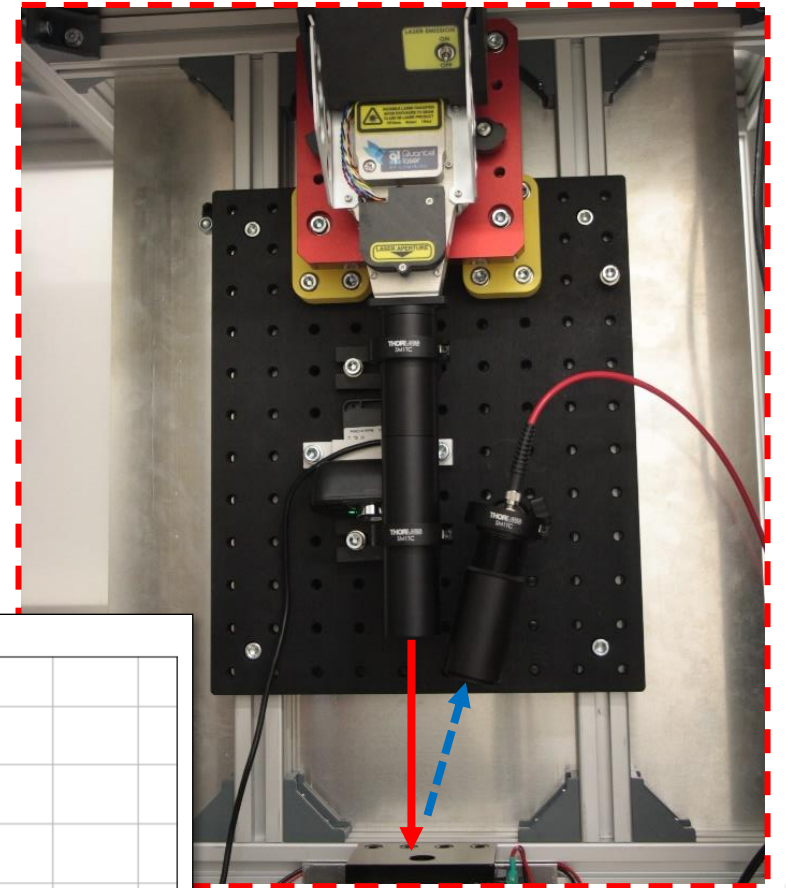
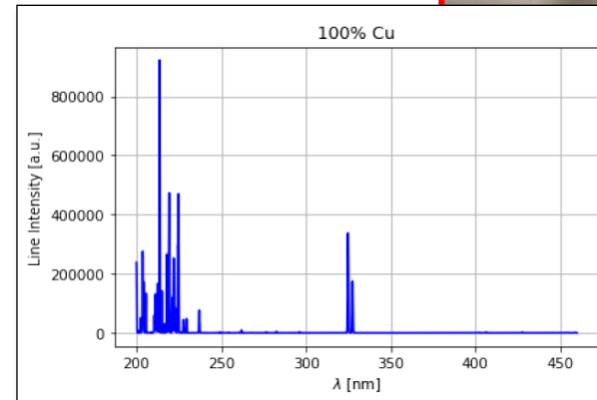
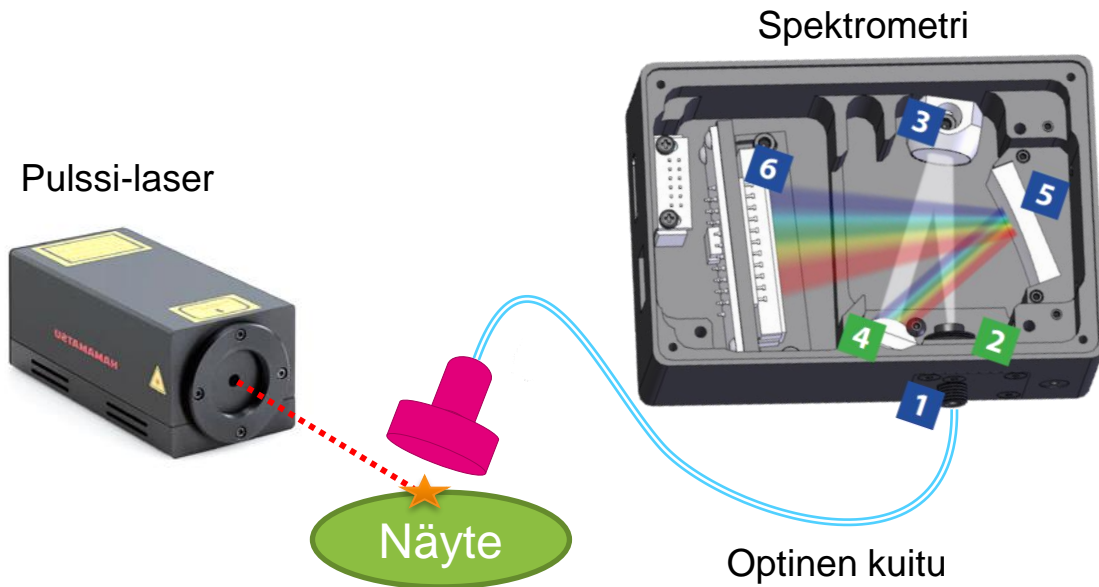
Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Laser-spektroskopia

- Aloitettu projekti oman Laser Induced Breakdown Spectroscopy (LIBS) laitteiston kehittämiseksi
 - Tavoitteena tarkka ja nopea teknologiametallien alkuaineanalyysi.
 - Avoimia kaupallisia systeemejä ei ole saatavilla → laitteisto pitää ja kannattaakin kehittää itse.



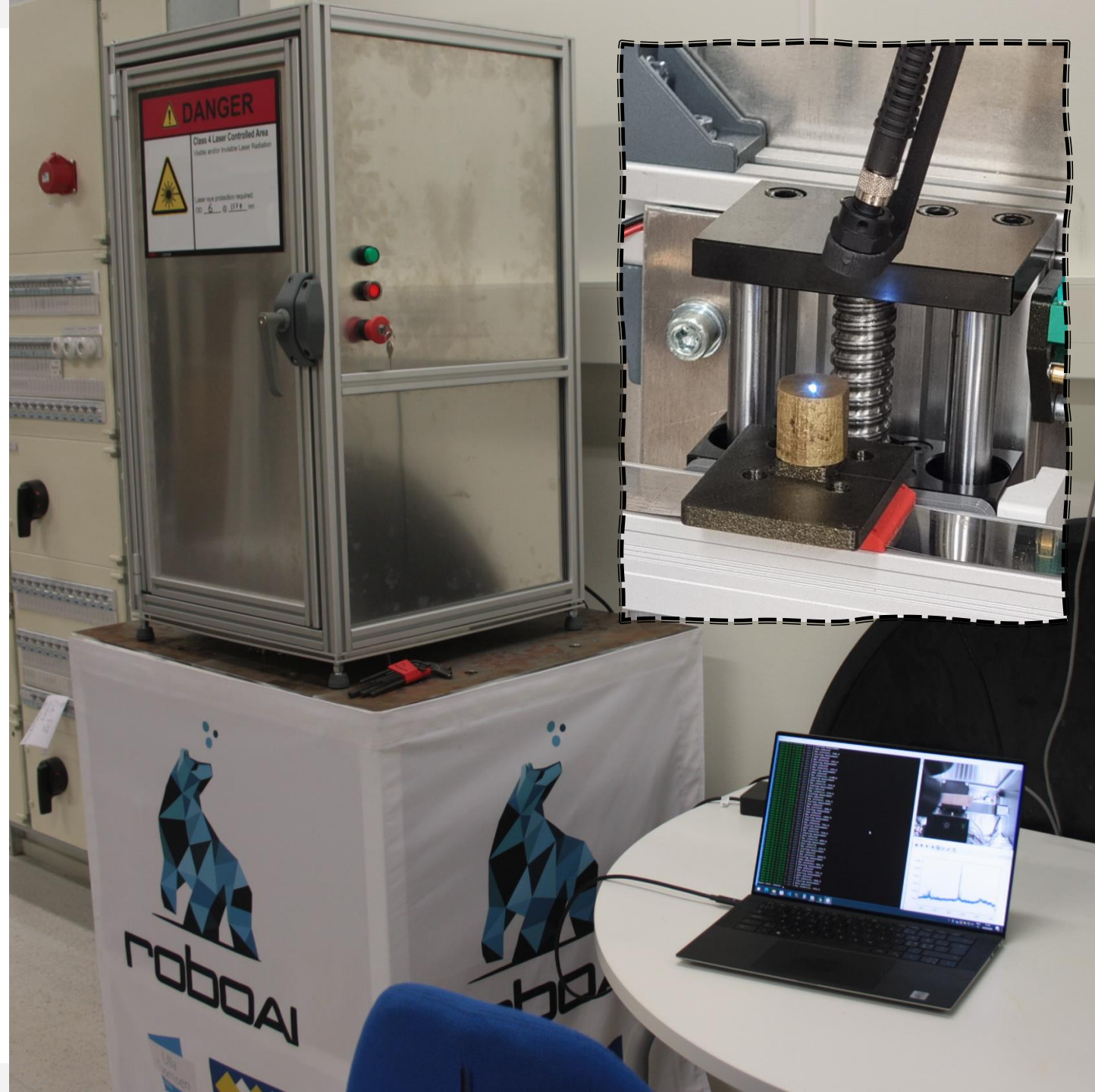
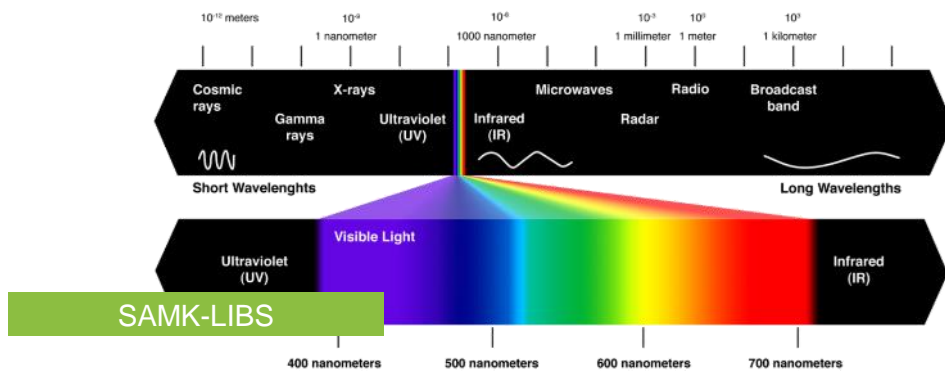
Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020

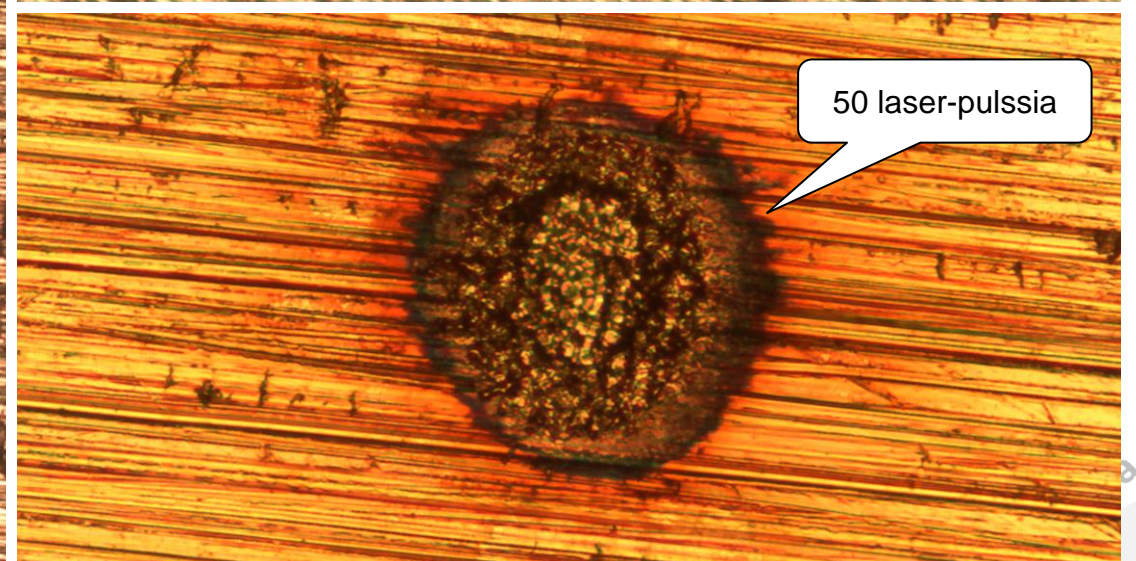
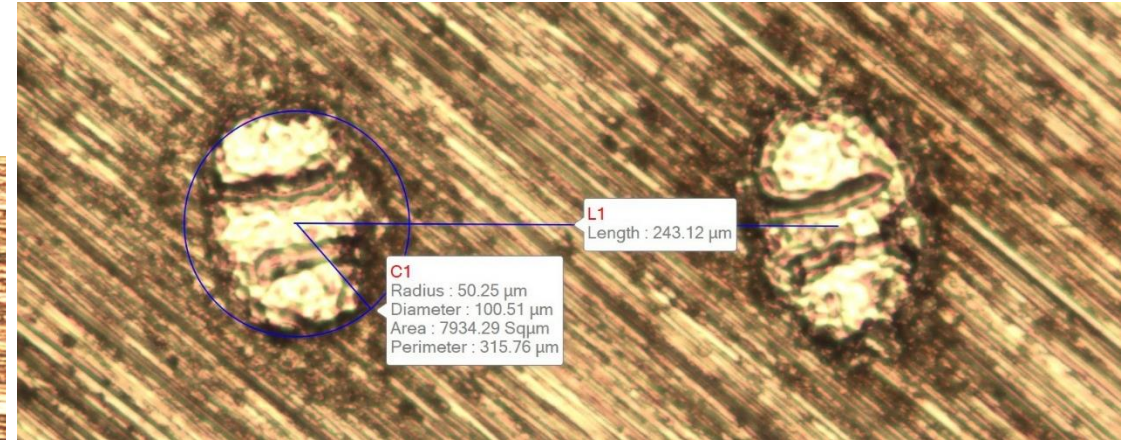
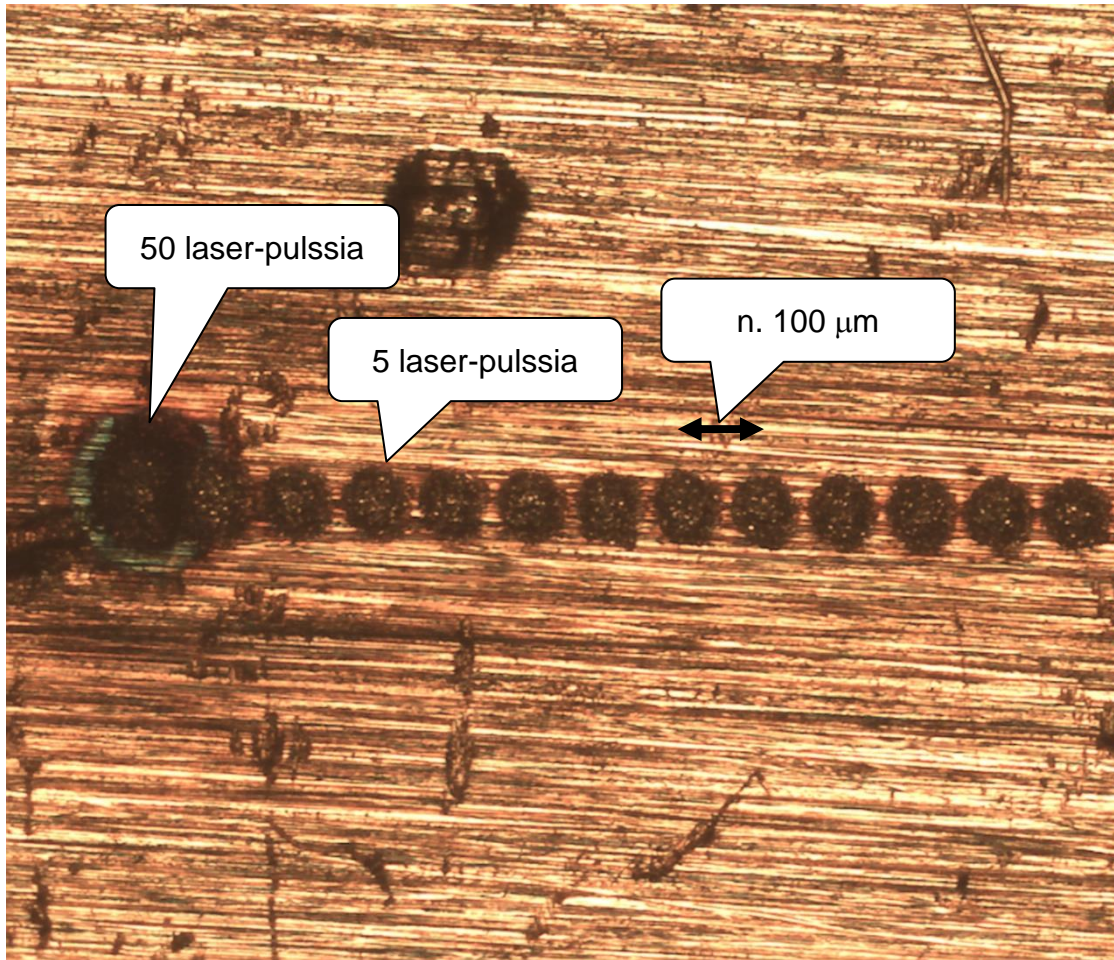


LIBS järjestelmä

- Koko n. 50 x 50 x 90 cm³
- Laser:
 - Aallonpituus 1570 nm (ei näkyvä)
 - 4.5 mJ / 6 ns
 - Lähes 1 MW pulssiteho
- Spektrometri
 - 190 ... 430 nm
- Automatisoitu
 - Fokus (pystyliike)
 - Skannaus (vaakaliike)



Laserin sulattama jälki



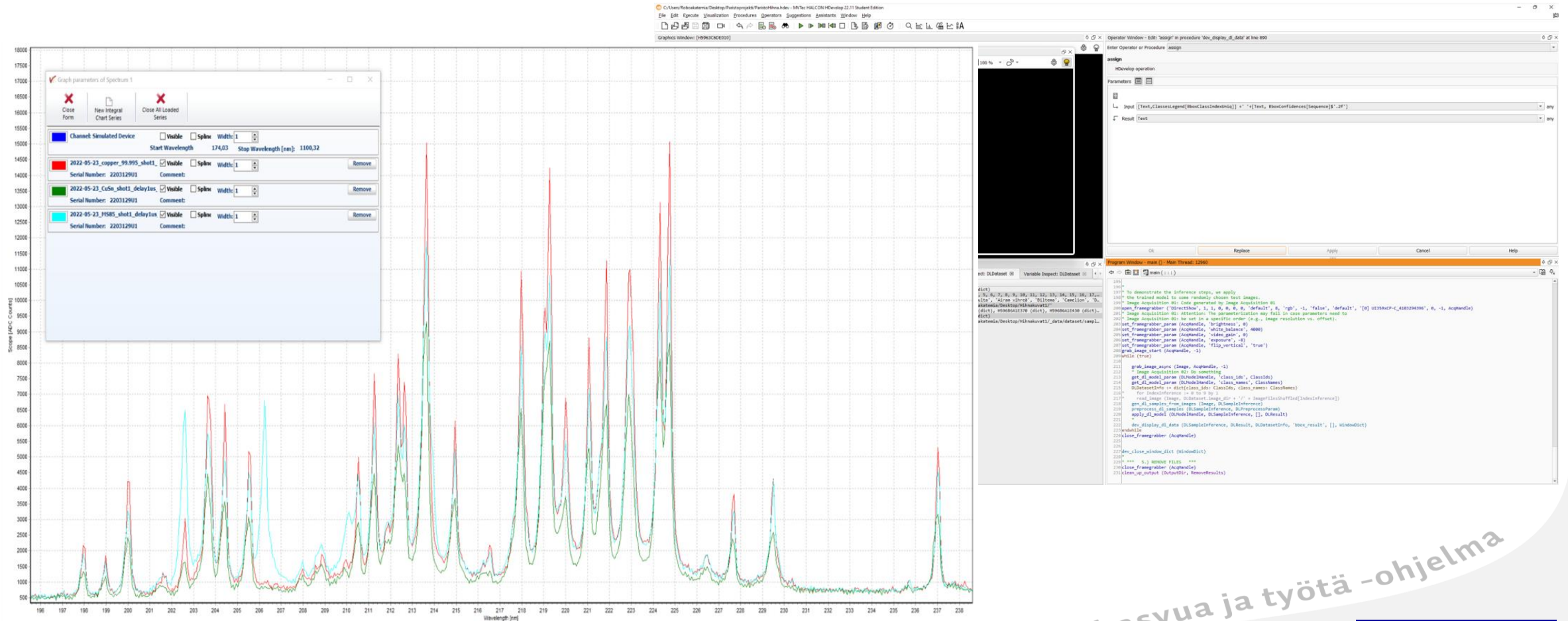
Kestävää kasvua ja työtä

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Spektrien analysointi tekoälyn avulla



Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

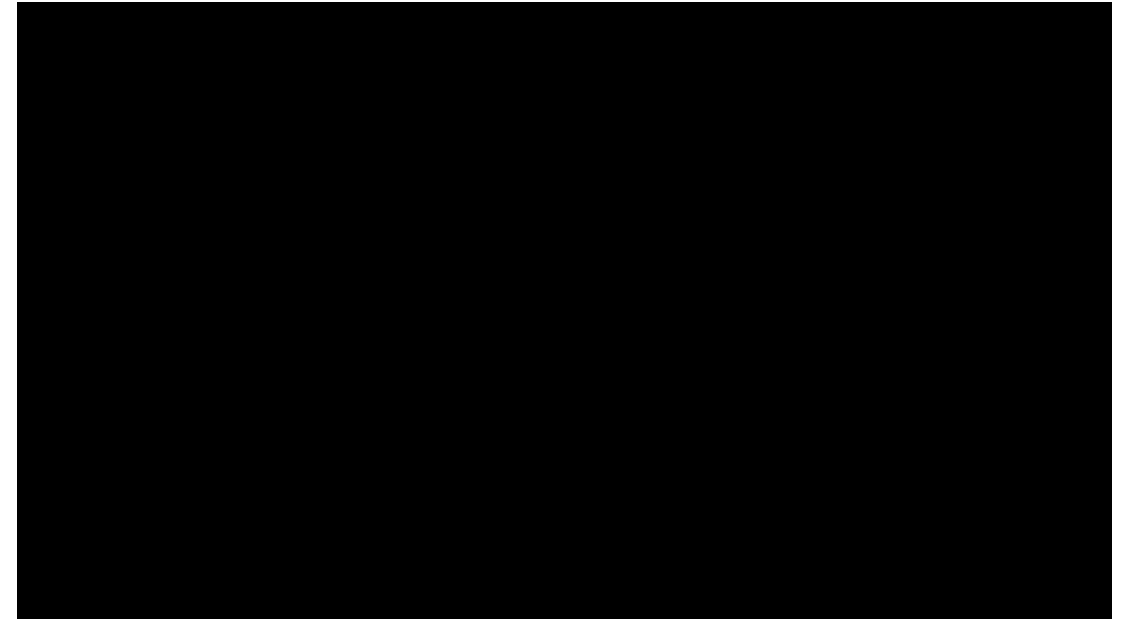
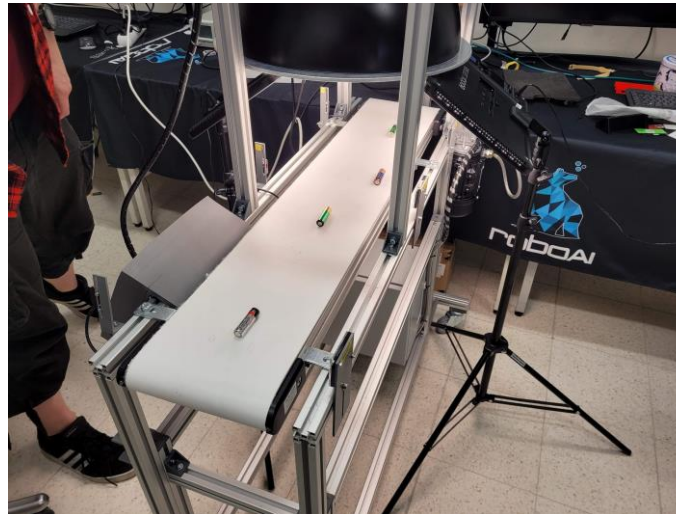
Vipuvoimaa
EU:lta
2014-2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Pilotti: akkujen ja paristojen tunnistaminen konenäön avulla

- SAMKssa jo yli 20 vuotta konenäkö tutkimusta
- Hyödynnetään uusimpia tekniikoita, optimoidaan nopeus vs. tarkkuus
- Yhteistyö: Akkuser Oy ja Recser Oy



Pilotti: NdFeB-magneettimateriaalien XRF- ja LIBS-mittaukset

- RoboAI Green LIBS-laitteistoa on benchmarkattu yhteistyökumppanien mittalaitteisiin.
- Kehitetty LIBS-menetelmä erilaisten NdFeB-materiaalien analysoimiseksi.
- Yhteistyössä:
 - Neorem magnets Oy, Holger Hartmann Oy, Top Analytica Oy



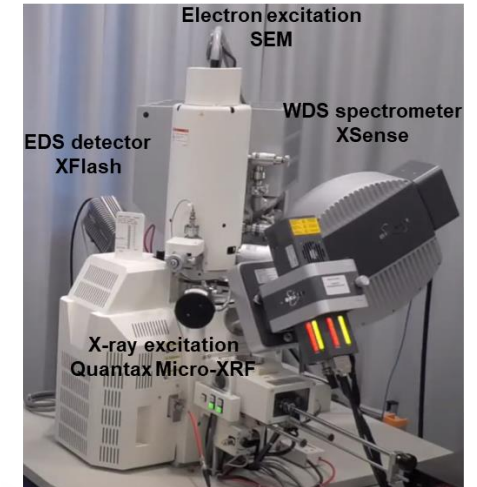
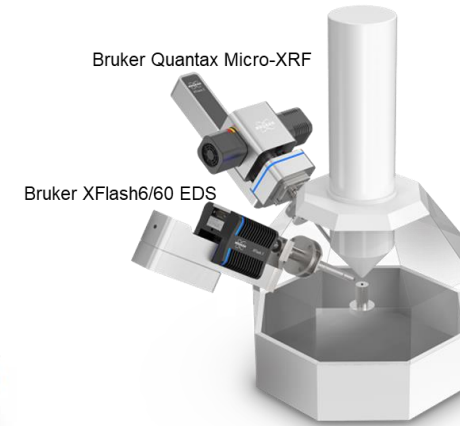
Rigaku KT-100



ThermoFisher Scientific Niton XL3t



Malvern Panalytical Epsilon 3XL



Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020

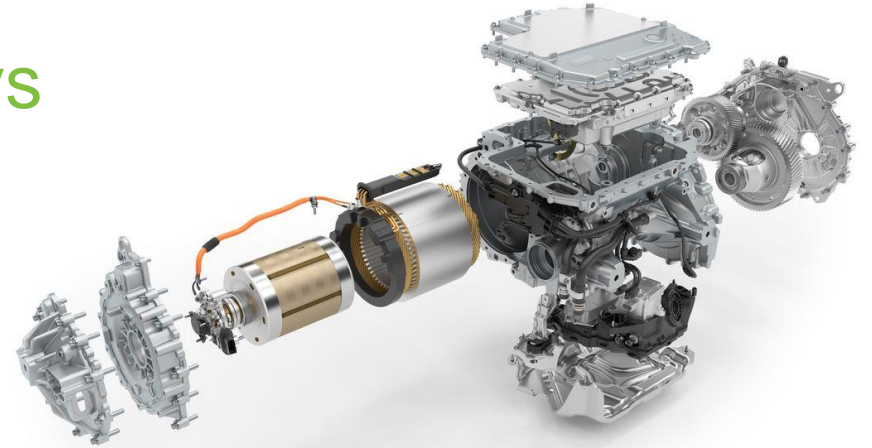


Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Tutkimus / raportti: Sähköautojen moottorien purku ja kierrätys

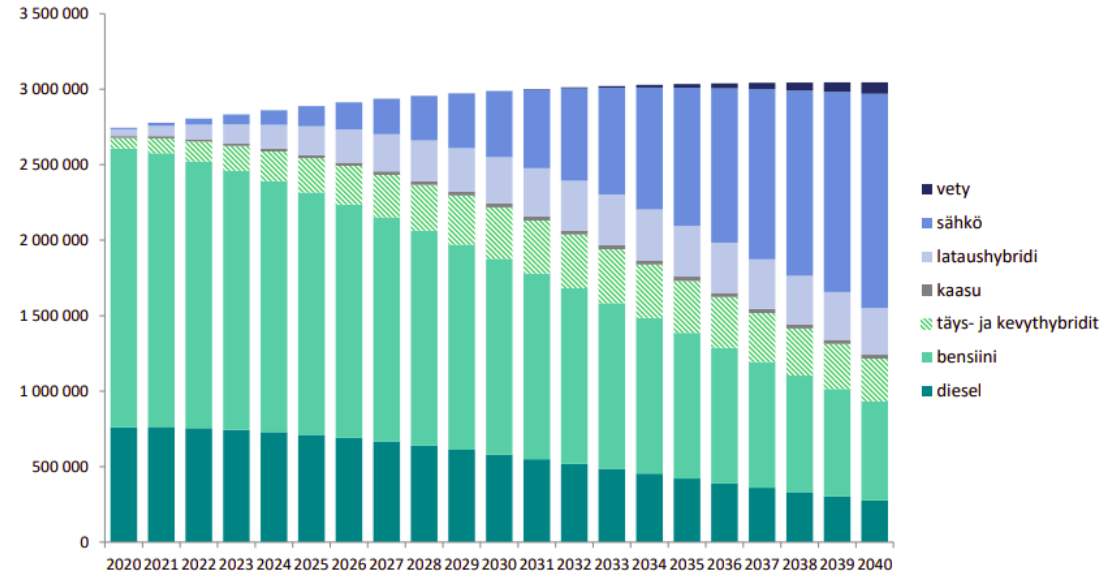
Prizztech

samk



Esipuhe	1
Lyhenteet	3
1. Johdanto	4
2. Tieliikenteen sähköistyminen	4
2.1. Päästövähennystavoite tieliikenteen sähköistymisen moottorina.....	4
2.2. Henkilöautokannan sähköistyminen Suomessa.....	5
2.3. Sähköautomarkkinoiden kehitys maailmalla.....	8
3. Romuajoneuvojen kierrätysjärjestelmä.....	9
3.1. Romuajoneuvojen kierrätysjärjestelmä Suomessa.....	9
3.2. Romuajoneuvojen vastaanotto, käsittely ja kierrätys	10
3.3. Romuajoneuvoalan haasteet ja kehityskohteet	10
3.4. Romuajoneuvojen kiertotalous muualla – case Japani	13
4. Sähköautojen moottorien rakenne ja kehitystrendit.....	16
4.1. Sähköautojen moottorit.....	17
4.2. Sähkömoottorien rakenne ja materiaalit	18
4.3. Sähkömoottorien purku- ja kierrätysprosessin koneellistaminen	23
4.4. Sähkömoottorien kehitystrendit.....	28
5. ELV kiertotalouden mahdollistajat Satakunnassa.....	29
6. Johtopäätökset.....	31
7. Lähteet.....	32
8. Liitteet.....	36
8.1. Tyypillisesti uudelleenkäytettäviä ICE, HEV/PHEV, ja EV autosia.....	36

Henkilöautot - ennuste autokannan kehityksestä



RoboAI Green tutkimuksen ja pilotoinnin 5-vuotissuunnitelma

- Toiminta-alueet
 - Kehitetään ja otetaan käyttöön kehittyneitä teknologioita
 - Spektroskooppinen analyysi ja tekoäly
 - Konenäkö ja tekoäly akkujen ja teknologiametallien kierrätyksessä
 - Yhteistyö ja kumppanuudet
 - Markkinoiden seuranta ja teknologinen kehitys
- Käynnissä olevat tutkimushankkeet
- Tulevat toimenpiteet
 - Yrityskartoitukset ja startup-seuranta
 - Kierrätysjakeiden tarkka tunnistaminen
 - Pilotoidaan automatisoituja kierrätyslinjastoja
 - Kehitetään laser-spektroskopiaalaitteistoa
 - Tutkitaan konenäkökameroiden hyödyntämistä
 - Kehitetään sulan metallin analysointia
 - Vahvistetaan alueen osaamis pohjaa
 - Syvennetään kansallista yhteistyötä
 - Vahvistetaan yhteistyötä kansainvälisten toimijoiden kanssa
 - **Tavoite olla kansainvälisesti tunnustettu tutkimusympäristö**

RoboAI Greenin vahvuudet

Seuraavat asiat tekevät RoboAI Greenistä merkittävän toimijan akkumateriaalien kierrätyksen ja uusiutuvan energian tutkimuksen alalla:

Laaja-alainen asiantuntemus: RoboAI Greenillä on vahvaa asiantuntemusta automaation, robotiikan, tekoälyn ja spektroskopian alueilla. Tämä monipuolinen osaaminen mahdollistaa innovatiivisen lähestymistavan akkumateriaalien kierrätyksen haasteisiin.

Tutkimusverkosto: RoboAI Greenillä on laaja verkosto tutkimuslaitosten, yliopistojen ja teollisuuden kanssa. Tämä yhteistyö mahdollistaa tiedon ja resurssien jakamisen, laajemman tutkimusympäristön sekä tulosten vertaamisen.

Teollisuuden sitoutuminen: RoboAI Greenillä on vahva sitoutuminen teollisuuden tarpeisiin. Yhteistyössä alueen johtavien yritysten kanssa varmistetaan, että kehitetyt ratkaisut vastaavat todellisia tarpeita ja ratkaisevat teollisuuden haasteita.

LIBS-järjestelmä: RoboAI Green kehittää AI-pohjaista laser-spektroskopiaalaitteistoa, joka kykenee tunnistamaan teknologiametalleja ja akkumateriaaleja. Tämä innovatiivinen järjestelmä voi ratkaista monia kierrätysprosessien haasteita ja on sovellettavissa myös sulien metallien analysointiin.

Teollisen mittakaavan kokeet: RoboAI Greenillä on mahdollisuus suorittaa teollisen mittakaavan kokeita akkumateriaalien kierrätyslaitoksilla. Tämä käytännön testaus auttaa optimoimaan kehitettyjen ratkaisujen toimivuuden teollisissa olosuhteissa.

Tutkimuksen avoimuus: RoboAI Green noudattaa avoimen innovaation ja avoimen tiedon jakamisen periaatteita. Tämä edistää alan yhteistyötä ja mahdollistaa uusien ideoiden nopean leviämisen.

Innovaatiot: RoboAI Greenin keskeinen tavoite on tuoda innovatiivisia ratkaisuja akkumateriaalien kierrätykseen. Pyrimme olemaan edelläkävijöitä kehittämään ja ottamaan käyttöön uusia teknologioita ja menetelmiä.

Positiivinen vaikutus ympäristöön: RoboAI Greenin tutkimus keskittyy kestävään kehitykseen ja ympäristövastuullisuuteen. Heidän työllään voi olla merkittävä vaikutus akkumateriaalien kierrätyksen tehostamisessa ja uusiutuvan energian käytön lisäämisessä, mikä auttaa vähentämään hiilidioksidipäästöjä ja edistää kestävää tulevaisuutta.

2023 – 2025 pääpiirteittäin

Metallien laser spektroskopia

RoboAI Green (päätyy 31.8.2023)

- Jatketaan kiinteiden metallien laser-spektroskopian kehittämistä sekä tiivistetään yhteistyötä Satakunnan teknologiametalliteollisuuden kanssa.

SUMEA - Sulan metallin analysointimenetelmillä kansainväliseksi tiennäyttäjäksi (2023 – 2024)

- Sulan metallin laser-spektroskopia-laitteiston pilotointi

Akut, akkumateriaalit ja sähköistyvä yhteiskunta

SmartMetal (päätyi 31.3.2023)

- Arvometallien kiertotalouden mekaaniset erotusmenetelmät ja digitalisaatio

UTUlaser (päätyy 31.12.2023)

- Pienakkujen tunnistaminen konenäön ja spektroskopian avulla

Sähköauton purkudemo (2024 - 2025)

- Puretaan sähköauto ja dokumentoidaan osat, materiaalit, työvaiheet, menetelmät ... erityisesti kiertotalousmielessä

AIST – A novel AI-based Spectroscopic Technique and a futureready research laboratory for recycling of battery materials (2023 – 2024)

- Yhteistyöhanke Oulun ja Tampereen yliopistojen kanssa

Hankeidea: Akkupalojen kenttätutkimustarpeiden kartoitus (APAJA)

Kesta

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Prosessi- ja materiaalitekniikan koulutus SAMK:ssa

- Satakunnan yrityksillä, etenkin prosessiteollisuuden osalta, on suuri tarve saada korkeasti koulutettuja osajia.
- SAMKille uusi koulutusvastuu: Insinööri (AMK) Prosessi- ja materiaalitekniikka
- Koulutus alkaa syksyllä 2024 ja sinne haetaan yhteishaussa keväällä 2024
 - 30 aloituspaikkaa
- Opetussuunnitelmatyö käynnistynyt
 - OPS-vastaava Leena Nolvi
- Satakunnan yrityksille lähtenyt kysely prosessi- ja materiaalitekniikan osaamistarpeista
- Opetussisällön määrittäminen on käynnistynyt
- Aaltoväylä DI –opintoihin (Sustainable Metals Processing)
 - Mukana olevat Outotec, Nornickel, Aurubis, Boliden Harjavalta, Cupori ja Luvata ovat sitoutuneet tarjoamaan opiskelijoille harjoittelu-, kesätyö-, opinnäytetyö- ja diplomityöpaikkoja.
 - RoboAI Green osaamiskeskuksen tehtävänä on tukea ja edistää tätä opintopolkua sekä yritys yhteistyötä

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Länsirannikkoyhteistyö 2023-2025

- TurkuAMK (koordinaattori), SAMK, VAMK ja CENTRIA
- Vaikuttavampia TKI-hankkeita ja koulutuksen yhteistyötä, joka vastaa aluetta vaivaavaan osaajapulaan.
- Tavoitteena on syventää yhteistyötä digitaalisen valmistusteknologian ja robotiikan, puhtaan energian ratkaisujen ympärillä.
- Pitkän tähtäimen tavoitteena on vahvistaa länsirannikon osaamis pohjaa ja tukea alueellista kehitystä.



Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

Uusi robotiikan alan professuuri Vaasan yliopistoon erityisalana akkujen ja akkumateriaalien kierrätettävyys

- Uusi energia-alan professuuri ja maisteriohjelma
- Vahvistaa Pohjanmaan ja Satakunnan yhteistyötä vihreän siirtymän ja robotiikan tutkimuksessa sekä alueiden akkuliiketoiminnan kehittämisessä.
- Pilottina opetus- ja kulttuuriministeriön Digivisio 2030 -hankkeessa.
 - Opiskelijat voivat saada Porissa Samkin tiloissa opetusta suoraan Vaasan kampukselta ja opiskelijat Vaasassa voivat toisaalta seurata luokkaopetusta Porista.



Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

RoboAI Green hankkeen henkilöstö

- Projektipäällikkö:
 - **Pekka Suominen**
- Asiantuntija 1 (teknologiametallien kierrätys):
 - **Timo Santa-Nokki**
- Asiantuntija 2 (automaatiotekniikka):
 - **Hannu Henttinen** / LIBS-mekaniikka, automaatio, käyttöliittymäohjelmointi
- Konenäön tekoälytutkija:
 - **Juuso Lehtonen** / LIBS-spektrianalyysi tekoälyn avulla
- Laboratorioinsinööri:
 - **Dacil Merelles** / näytteiden valmistelu, mittausten suorittaminen, laboratorion ylläpito ja kehitys

- Vuonna 2023 RoboAI Green osakokonaisuudessa (ei tässä hankkeessa) työskentelevät myös:
 - **Leena Nolvi** / Projektipäällikkö (SUMEA)
 - **Johanna Valio** / Projektipäällikkö (AIST), asiantuntija (SUMEA)
 - **Jari Kyngäs** / Tekoälymenetelmien asiantuntija (AIST)
 - **Eetu Ojanen** / LIBS spektrigeneraattori (AIST)
 - **Petri Lähde** / Energiatekniikan ja energiatehokkuuden asiantuntija (AIST)
 - **Toni Aaltonen** / Robotiikka, automaatio ja AI asiantuntija (UTULaser)
 - **Jussi-Pekka Aaltonen** / Robotiikka, automaatio, konenäkö (UTULaser)

- Prizztech vihreän kasvun tiimin jäsenet RoboAI Green hankkeessa
 - **Jarkko Vuorela**
 - **Minna Haavisto**
 - **Megumi Asano-Ulmonen**

Kestävää kasvua ja työtä -ohjelma

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto



roboAI

KIITOS!

LISÄTIEDOT:
PEKKA.SUOMINEN@SAMK.FI

WWW.ROBOAI.FI