

Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja • Yritykset • 2022:25

Selvitys akkuklusterin tutkimus- infrastruktuureista



Työ- ja elinkeinoministeriö
Arbets- och näringsministeriet

Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 2022:25

Selvitys akkuklusterin tutkimusinfrastruktuureista

Taneli Fabritius, Elina Pohjalainen, Marko Antila, Joel Anttila,
Samppa Jenu, Anssi Laukkanen, Marja Vilkmán, John Bachér,
Tuomo Hokkanen, Ari Hentunen, Mikael Opas

Työ- ja elinkeinoministeriö Helsinki 2022

Julkaisujen jakelu

Distribution av publikationer

**Valtioneuvoston
julkaisuarkisto Valto**

Publikations-
arkivet Valto

julkaisut.valtioneuvosto.fi

Julkaisumyynti

Beställningar av publikationer

**Valtioneuvoston
verkkokirjakauppa**

Statsrådets
nätbokhandel

vnjulkaisumyynti.fi

Työ- ja elinkeinoministeriö

This publication is copyrighted. You may download, display and print it for Your own personal use. Commercial use is prohibited.

ISBN pdf: 978-952-327-674-1

ISSN pdf: 1797-3562

Taitto: Valtioneuvoston hallintoyksikkö, Julkaisutuotanto

Helsinki 2022

Selvitys akkuklusterin tutkimusinfrastruktuureista

Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 2022:25		Teema	Yritykset
Julkaisija	Työ- ja elinkeinoministeriö		
Tekijä/t	Taneli Fabritius, Elina Pohjalainen, Marko Antila, Joel Anttila, Samppa Jenu, Anssi Laukkanen, Marja Vilkmán, John Bachér, Ari Hentunen, Mikael Opas, Tuomo Hokkanen (visualisointi)		
Kieli	suomi	Sivumäärä	141
Tiivistelmä	<p>Kansallisessa akkustrategiassa 2025 todetaan, että alan julkiset ja yksityiset tutkimusinfrastruktuurit tulisi verkottaa ja tunnistaa näissä olevat puutteet. Kehittämistyön pohjaksi työ- ja elinkeinoministeriö on tilannut teknologian tutkimuskeskus VTT:ltä selvityksen nykyisistä akkuklusterin julkisista ja yksityisistä tutkimusinfrastruktuureista.</p> <p>Selvityksessä kartoitettiin akkuklusterin nykyiset tutkimusinfrastruktuurit. Infrastruktuurit on koottu raportin liitteeksi sisältäen yleisluontoiset ja teknisemmät kuvaukset. Raportti sisältää kuvauksen nykytilasta. Lisäksi tunnistettiin aukkoja ja kehityskohteita.</p> <p>Selvityksen pohjalta esitetään useita toimenpiteitä, joiden avulla varmistetaan hyvät tutkimuksen perusedellytykset akkuklusterilla. Toimenpiteet sisältävät ehdotuksia laitteistoihin, kuten akkujen turvallisuustestaukseen, akkujen mekaaniseen kierrätykseen ja materiaalitutkimuksen analytiikkaan. Lisäksi toimenpiteinä ehdotetaan datan hyödyntämisen parantamista laatimalla pelisäännöt ja toteuttamalla akkuklusterin data-alusta. Lisäksi erilaiset testiympäristöt, kuten laajat sähköajoneuvojen latauksen testiympäristöt tulisi toteuttaa. Kansallisesti on tärkeää yhteistyön lisääminen ja osaamisen kehittäminen. Tutkimusinfrastruktuureja on mahdollista hyödyntää houkuttelemaan kansainvälisiä hankkeita ja invest-in -toimintaa, siksi ehdotetaan akkuklusterin infrastruktuurien verkottamista ja esittelyä kansainvälisille toimijoille.</p>		
Asiasanat	yritykset, akkustrategia, energia, teollisuus, kiertotalous, kaivostoiminta, kemianteollisuus, tutkimus, infrastruktuuri, sähköistys		
ISBN PDF	978-952-327-674-1	ISSN PDF	1797-3562
Asianumero	VN/141529/2021	Hankenumero	
Julkaisun osoite	https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-674-1		

En utredning av infrastrukturer för forskning inom batteri klustern

Arbets- och näringsministeriets publikationer 2022:25**Tema**

Företag

Utgivare Arbets- och näringsministeriet**Författare** Taneli Fabritius, Elina Pohjalainen, Marko Antila, Joel Anttila, Samppe Jenu, Anssi Laukkanen, Marja Vilkmán, John Bachér, Ari Hentunen, Mikael Opas, Tuomo Hokkanen (visualisering)**Språk** ruotsi**Sidantal**

141

Referat

I nationella batteristrategin 2025 konstaterades att offentlig och privat forskningsinfrastruktur inom batteriklustret bör samordnas samt att eventuella brister bör identifieras. Som grund för utvecklingsarbetet har arbets- och näringsministeriet beställt en utredning över branschens befintliga offentliga samt privata forskningsinfrastruktur av statens tekniska forskningscentral VTT.

I utredningen genomfördes en kartläggning över den nuvarande infrastrukturen inom batteriklustret. I bilagan till denna rapport finns både generella och mer tekniska beskrivningar över den befintliga infrastrukturen. Den här rapporten beskriver infrastrukturens nuvarande tillstånd. Därtill har brister och framtida behov identifierats.

På basen av utredningen framförs flera åtgärder, med vilka goda grundförutsättningar för forskning inom batteriklustret kan säkerställas. Till åtgärderna hör investeringar i ny utrustning, t. ex. utrustning för säkerhetstestning av batterier, för mekanisk återvinning av batterier samt för analyser inom materialforskningen. Dessutom föreslås en förbättring av utnyttjandet av data genom att utarbeta spelregler och uppgöra en dataplattform. Därtill borde man förverkliga testmiljöer t. ex. för omfattande testning av laddning av elfordon. Nationellt sett är det viktigt att utöka samarbetet och utveckla kunnandet. Forskningsinfrastrukturen kan användas till att bjuda in internationella projekt och invest-in verksamhet. Därför föreslås att infrastrukturen inom batteriklustret samordnas och presenteras för internationella aktörer.

Nyckelord företag, batteristrategi, energi, industri, cirkulär ekonomi, gruvdrift, kemiindustri, forskning, infrastruktur, elektrifiering**ISBN PDF** 978-952-327-674-1**ISSN PDF**

1797-3562

Ärendenummer VN/141529/2021**Projektnummer****URN-adress** <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-674-1>

Research infrastructures for the Finnish battery cluster

Publications of the Ministry of Economic Affairs and Employment 2022:25	Subject	Enterprises
--	----------------	-------------

Publisher	Ministry of Economic Affairs and Employment of Finland
------------------	--

Author(s)	Taneli Fabritius, Elina Pohjalainen, Marko Antila, Joel Anttila, Samppa Jenu, Anssi Laukkanen, Marja Vilkmán, John Bachér, Ari Hentunen, Mikael Opas, Tuomo Hokkanen (visualizations)
------------------	---

Language	Finnish	Pages	141
-----------------	---------	--------------	-----

Abstract

The Finnish national battery strategy 2025 states that public and private research infrastructures for the battery cluster should be networked and mapped, and that any gaps should be identified. To support the initiative, Ministry of Economic Affairs and Employment has ordered this study from VTT Technical Research Centre of Finland Ltd.

The study mapped the current research infrastructures in Finland. Infrastructures are included in the appendix of this study including general description and more detailed technical description. Report includes description of the current state of infrastructures. Gaps and development targets were identified.

Based on the study, several actions are recommended, which improve the basic prerequisites for research in the battery cluster. Actions include investments into new equipment, such as battery safety testing laboratory, mechanical separation of batteries for recycling and analytical capabilities for battery material research. In addition, improvements are suggested for data utilization by creating common rules for utilization of data and executing a jointly used data platform for battery cluster. Different testbeds and living labs are also included, such as wide testbeds for electric vehicle charging. Nationally, it is important to increase cooperation and know-how. Research infrastructures can be used to draw international research projects and invest-in activity to Finland. Therefore, it is also suggested to network battery cluster infrastructures and present the capabilities to potential international partners.

Keywords	enterprises, battery strategy, energy, industry, circular economy, mining, chemical industry, research, infrastructure, electrification
-----------------	---

ISBN PDF	978-952-327-674-1	ISSN PDF	1797-3562
-----------------	-------------------	-----------------	-----------

Reference number	VN/141529/2021	Project number	
-------------------------	----------------	-----------------------	--

URN address	https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-327-674-1
--------------------	---

Sisältö

Lukijalle	8
1 Johdanto	9
2 Infrastruktuurit TKI-toiminnan perusedellytyksinä ja selvityksen toteutus	11
3 Tutkimusinfrastruktuurien nykytila	15
3.1 Sähköistyminen ja palvelut.....	18
3.1.1 Korkeakoulujen ja tutkimuslaitosten tutkimusinfrastruktuurit.....	21
3.1.2 Yritysten tutkimusinfrastruktuurit.....	27
3.1.3 Verkot ja kumppanuudet	29
3.2 Kestävät akkumateriaalit	32
3.2.1 Korkeakoulujen ja tutkimuslaitosten tutkimusinfrastruktuurit.....	34
3.2.2 Yritysten tutkimusinfrastruktuurit.....	39
3.2.3 Verkot ja kumppanuudet	42
3.3 Tutkimusdatan hyödyntäminen.....	44
3.3.1 Kokeellisesti tuotettu data.....	44
3.3.2 Laskennallisilla menetelmillä tuotettu data.....	45
3.3.3 Tekoäly ja tutkimusdata	45
3.4 Tutkimusinfrastruktuurien saavutettavuus	46
3.5 Akkuklusterin tutkimusinfrastruktuurit Euroopassa	47
4 Tutkimusinfrastruktuurien kehityskohteet	51
4.1 Tarve akkujen ja akkukennojen turvallisuustestauksen laboratoriolle	52
4.2 Tarve akkujen esikäsittelyn ja purkamisen automatisoinnin kehitykseen kierrätyksessä	54
4.3 Uuden sukupolven akkumateriaalien tutkimuksen edellytykset	55
4.3.1 Pilot-mittakaavan kennovalmistuksen selvitys	56
4.3.2 Analyysimenetelmien kehittäminen materiaalien ja kennojen karakterisointiin	57
4.4 Tarve sähköistymisen testiympäristöjen investoinneille ja koordinaatiolle	57
4.4.1 Sähköajoneuvojen latausjärjestelmien testiympäristöt suurille tehoille, datan hyödyntämiseen ja V2G teknologiaan.....	58
4.4.1.1 Latauksen testiympäristöt	61
4.4.1.2 Latauksen kyberturvallisuus.....	62
4.4.2 Akkuväestöjen tutkimukseen osana joustavaa sähköjärjestelmää tarvitaan laajempi ja avoimesti hyödynnettävä testiympäristö	63
4.4.3 Testikaivokset sähköisille työkoneille	64
4.5 Tarve akkuklusterin data-alustalle	65

5 Yhteenveto ja johtopäätökset	67
Liitteet	71
Liite 1. Hankkeessa toteutettu kysely	71
Liite 2. Akkuklusterin tutkimusinfrastruktuurit	76
Lähteet	139

LUKIJALLE

Suomalainen akkuala kehittyy vauhdikkaasti osana eurooppalaisia ja globaaleja arvoketjuja. Innovatiivisuus ja vastuullinen liiketoiminta ovat suomalaisen akkualan kantavia ajatuksia. Tässä selvityksessä on kuvattu näiden tavoitteiden kannalta keskeisiä kansallisia tutkimusinfrastruktuureja. Niillä on tärkeä rooli kansallisen kilpailukyvyn ja alan osaamisen kehittämisessä. Kilpailukykytekijä niistä tulee erityisesti silloin, kun infrastruktuurit ovat mahdollisimman laajasti eri toimijoiden käytettävissä. Tutkimusinfroja voidaan hyödyntää monella tavalla. Tämä vaatii kuitenkin aktiivista yhteistyön kehittämistä ja nykyistä selkeämpiä yhteiskäytön pelisääntöjä.

Tähän selvityksen on ansiokkaasti koottu akkualan tutkimusinfrastruktuureja. Selvitys liittyy elinkeinoministeri Mika Lintilän kesäkuussa 2020 käynnistämän valmisteluhankkeen lopputuloksena syntyneen ja tammikuussa 2021 julkistetun kansallisen akkustrategian toimeenpanoon.

Olemme kiitollisia sekä selvityksen tekijälle VTT:lle kattavasta kokoamistyöstä, että kaikille kartoitustyöhön osallistuneille. Tämä poikkileikkaus antaa pohjan keskusteluille siitä, millä tavoin kokonaisuutta pitäisi tulevana vuosina kehittää, ja millaista yhteistyötä tutkimusinfrojen käytössä tarvitaan. Selvityksen loppuun on listattu useita kehittämis ehdotuksia. Ehdotukset vievät keskustelun konkreettiselle tasolle ja antavat mahdollisuuden ottaa kantaa siihen, mitkä ovat kiireellisimpiä toimia ja miten ne kannattaisi toteuttaa. Toivomme, että tämän selvityksen myötä syntyy sekä vilkasta keskustelua että uusia yhteistyön alkuja.

Maaliskuu 2022

Jyrki Alkio

Varapuheenjohtaja

Akkualan kansallinen yhteistyöelin

Jarkko Vesa

Pääsihteeri

Akkualan kansallinen yhteistyöelin

1 Johdanto

Kansallinen akkustrategia 2025 julkaistiin tammikuussa 2021. Strategian tavoitteena on luoda Suomeen edelläkävijänä toimiva akkuklusteri, joka tukee Suomen siirtymistä vähähiiliseen talouteen. Strategian toimeenpanon edistämiseksi on asetettu akkualan kansallinen yhteistyöelin, joka kokoaa yhteen akkusektorin eri toimijat. Akkuklusterin tutkimusinfrastruktuurien kartoitus tukee akkustrategian toteutusta.

Akkustrategian yhtenä tavoitteena on kehittää alan huippututkimusta ja edistää alan innovaatioiden syntymistä. Tutkimusinfrastruktuurit ovat tutkimuksen tekemisen ja innovaatioiden syntymisen perusedellytyksiä. Akkustrategiassa todetaan, että alan julkiset ja yksityiset tutkimusinfrastruktuurit tulisi verkottaa ja tunnistaa näissä olevat puutteet (TEM 2021, 49). Tämän kehittämistyön pohjaksi työ- ja elinkeinoministeriö on tilannut tämän raportin nykyisistä akkuklusterin julkisista ja yksityisistä tutkimusinfrastruktuureista. Selvitys ja siihen liittyvä kysely on suoritettu syksyn 2021 aikana.

Tarkoituksena on ollut selvittää, minkälainen akkuklusterin tutkimusinfrastruktuurien nykytila on ja miten tutkimusinfrastruktuureja tulisi kehittää. Kansallisista kehitystarpeista on kerätty näkemyksiä eri julkisilta ja yksityisiltä organisaatioilta. Lisäksi on kerätty yhteen tiedot julkisista ja yksityisistä akkuklusterin infrastruktuureista, jotka löytyvät tämän raportin liitteistä. Tiedot antavat mahdollisuuden jatkossa koota infrastruktuurit samaan tietokantaan, ylläpitää tietoja ja hyödyntää niitä tiedon jakamiseen. Lisäksi tietojen pohjalta on mahdollista koostaa tutkimusinfrastruktuurien esittelymateriaalia kansainvälisille kumppaneille. Kappaleessa 3 on kuvattu akkuklusterin tutkimusinfrastruktuurin nykytilaa.

Akkuklusterin tutkimusinfrastruktuurien omistajuus hajaantuu laajalle joukolle toimijoita: yritykset, yliopistot, ammattikorkeakoulut, tutkimuslaitokset, kaupungit ja monet muut organisaatiotyypit. Yhteistyöstä hyötyvät kuitenkin kaikki, koska infrastruktuurien kehittäminen edistää alan kokonaisedellytyksiä kasvaa ja toimia Suomessa. Selvitys kattaa laajasti eri akkuarvoketjun osat akkuraaka-aineista ja -materiaaleista, akkuteknologioihin ja liikenteen ja työkoneiden sähköistymiseen, sekä kierrätysteknologioihin. Kappaleessa 4 on kuvattu tutkimusinfrastruktuurien kehityskohteet pohjautuen selvityksen tuloksiin.

Kansallisten tavoitteiden saavuttamiseksi käytössä tulee olla riittävät laitteet tutkimukselle. Pelkät laitteet eivät kuitenkaan tutki, kehitä tai luo innovaatioita. Infrastruktuurien nykytilan ymmärtämiseksi on tarkasteltava myös minkälaisia palveluita, kyvykkyyksiä ja kumppanuuksia tutkimusinfrastruktuurien päälle on kehittynyt. Infrastruktuurit luovat edellytyksiä myös osaamisen kehittämiseksi.

Raportti sisältää sekä yleistajuisia että teknisiä kuvauksia. Teknisten kuvausten tarkoituksena on toimia keskustelunavauksena seuraavista askeleista alan asiantuntijoille. Johtopäätösten ja ehdotettujen toimenpiteiden osalta on toteutettu tiivis ja helppolukuinen lista jatkokeskustelua varten. Kappaleessa 5 on kuvattu toimenpiteet, joilla kehityskohteisiin voidaan puuttua.

Akkuklusterin tutkimusinfrastruktuureista löytyy muutamia kehityskohteita. Haaste ei ole kuitenkaan teknologinen, sillä akkuklusterin tutkimusinfrastruktuurin seuraavat askeleet ovat ennen kaikkea yhteistyön ja osaamisen kehittämistä. Yhdessä voimme rakentaa toimivat perusedellytykset akkuklusterin tutkimukselle ja innovaatioille. Akkuklusterin tutkimusinfrastruktuurien kokonaisuuden kehittäminen ja infran yhteiskäyttö nopeuttaisi entistään perinteisen teollisuuden uusiutumista ja innovaatioiden syntymistä. Kappaleessa 2 käydään läpi tutkimusinfrastruktuurien peruskäsitteitä ja motivaatiota niiden kehittämiseksi, sekä avataan selvityksessä käytettyjä menetelmiä.

2 Infrastruktuurit TKI-toiminnan perusedellytyksinä ja selvityksen toteutus

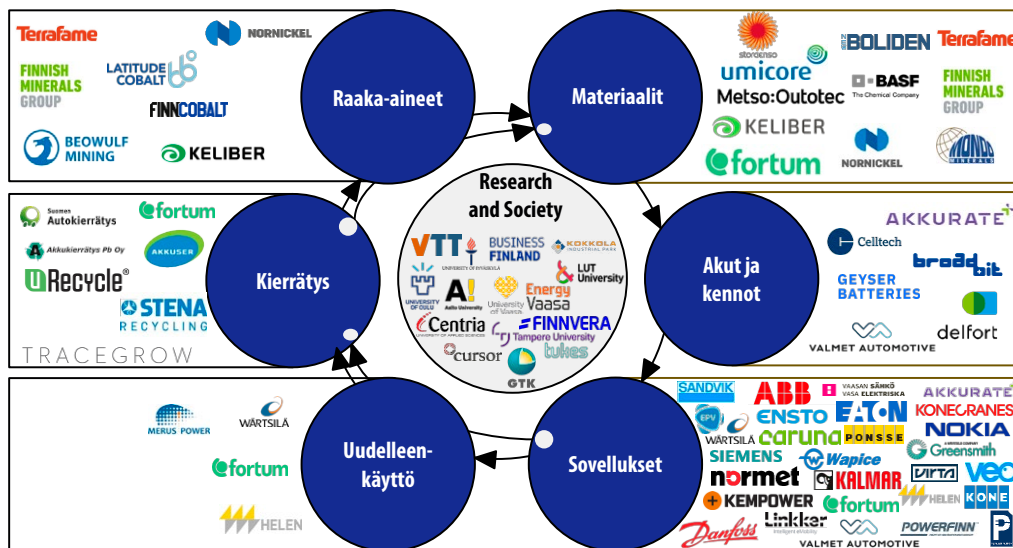
Suomen TKI-tiekartassa (Opetus- ja kulttuuriministeriö 2021, 8) korkeatasoiset tutkimusinfrastruktuurit ja kehitysympäristöt tunnustetaan vetovoimatekijänä, joiden avulla houkutellaan osajia ja synnytetään verkostoja. Tutkimusorganisaatioiden tehtäväksi tiekartassa asetettiin yhteiskäyttöisten ja avoimien kokeilualustojen luominen yhdessä rahoittajien kanssa, sekä niiden hyödyntämisen lisääminen kehittämällä toimintamalleja ja palveluita. Suomessa on pyritty viime vuosina rakentamaan parempia infrastruktuuripalveluja ja lisäämään synergiaetuja yhteistyöstä siten, että tutkimusinfrastruktuureista on kasattu suurempia kokonaisuuksia. Tähän on pyritty esimerkiksi Suomen Akatemian tutkimusinfrastruktuuri tiekartan (FIRI) rahoituksen avulla (Tulanet 2021, 4). Selvityksen kirjoitushetkellä on käynnissä myös Business Finlandin ideavaiheen rahoitushaku tutkimus- ja innovaatioinfrastruktuurien rakentamiseen ja kehittämiseen, joka toteuttaa Suomen kestävän kasvun ohjelman tavoitetta turvata suomalaista ja eurooppalaista kilpailukykyä testaus-, kokeilu- ja innovaatioympäristöjen avulla (BF 2021). Pohjoismaiden keskinäisessä verkottumisessa on myös mahdollisuuksia rakentaa testiympäristöistä isompia kokonaisuuksia houkuttelemaan kansainvälisiä yrityksiä kohdistamaan TKI-toimintaansa niihin, sekä invest-in -toimijoita eri hankkeisiin (RTOs 2020, 4).

Yleisesti teknologian kehittämisen vaiheet ovat nopeutuneet. Infrastruktuurien kehittämisessä on teknologisten näkökulmien lisäksi huomioitava, että tarvitaan laajempaa ymmärrystä ja yhteiskehittämistä eri tahojen välillä, jotta teollisuus pystyy tuottamaan paremmin arvoa teknologian avulla systeemisten haasteiden ratkaisemisessa (EARTO 2018, 1). Tutkimusinfrastruktuureilla on keskeinen, ja osittain hyödyntämätön rooli, eri toimijoiden yhteistyön lisäämisessä, sekä paikallisen erikoistumisen strategioiden tukemisessa (ESFRI 2018, 23).

Tutkimusinfrastruktuurien voidaan määritellä pitävän sisällään tutkimusvälineet, laitteistot, aineistot ja palvelut, joita TKI-toiminta ja opetus hyödyntävät. Tässä selvityksessä tutkimusinfrastruktuureista puhutaan pitkälti paikallisessa kontekstissa, mutta ne voivat olla myös maantieteellisesti hajautettuja, virtuaalisia tai erilaisia verkostoja. Jälkimmäisiä on tässä selvityksessä käsitelty pääosin termin kumppanuudet alla. Lisäksi työssä on pyritty mahdollisuuksien mukaan jaottelemaan infrastruktuureja niiden tyyppin mukaisesti perinteisiin laboratorioihin, avoimiin testiympäristöihin ja tietovarantoihin. Tietovarannoilla voidaan tarkoittaa erilaisia TKI-toiminnan tietokantoja ja data-alustoja. (SA 2018.)

Kansallisessa akkustrategiassa (TEM 2021, 41) tavoitteeksi on asetettu tehokkaampi monialainen yhteistyö tutkimuksen ja yrityskehityksen kesken, josta eräänä mittarina nähdään myös testialustojen valmiudet, määrä ja laatu. Akkustrategiassa ehdotetaan käynnistämään tutkimusfasilitteettien, -ympäristöjen ja testialustojen verkottaminen, sekä niissä olevien puutteiden tunnistaminen (TEM 2021, 49). Tästä syystä työ- ja elinkeinoministeriö on kilpailutuksen jälkeen antanut VTT:lle toimeksiannon selvittää akkuklusterin tutkimusinfrastruktuurit. Tämän selvityksen keskeisenä tehtävänä on lisätä ymmärrystä akkuklusterin tutkimusinfrastruktuurien nykytilasta, sekä niistä puutteista ja aukoista, joita kansallisessa infrastruktuurissa on tavoiteltavaan nähden. Tavoitetilana voidaan pitää akkustrategian visiota: ”Suomen akkuklusteri vuonna 2025 on edelläkävijä, joka tuottaa osaamista, innovaatioita, kestävästä taloudellista kasvua, hyvinvointia ja työpaikkoja Suomeen.” (TEM 2021, 15.) Suomen akkuklusterin toimijoita on esitetty kuviossa 1. Selvityksen kohteena on koko arvoketjun julkiset ja yksityiset toimijat Suomessa ja niiden tutkimusinfrastruktuurit.

Kuvio 1. Akkuklusterin arvoketju ja toimijoita, kuva Gaia Consulting Oy

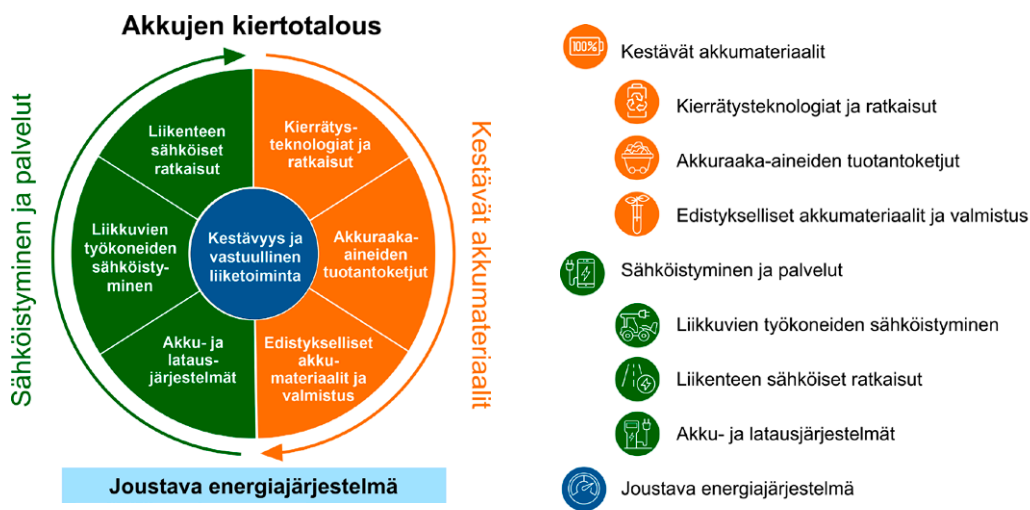


Selvityksen tavoitteisiin sisältyi kokonaiskuvan, puutteiden ja suositusten lisäksi tuottaa listaus akkuklusterin nykyisistä tutkimusinfrastruktuureista ja niiden kyvykkyyksistä. Tästä syystä toimijoille lähetettiin kysely, jossa kerättiin tietoa nykyisistä tutkimusinfrastruktuureista ja toimijoiden näkemyksiä jatkokehitystarpeista. Lista us akkuklusterin tutkimusinfrastruktuureista on esitetty tämän raportin liitteenä. Listan ulkopuolelle on jätetty sellaiset infrastruktuurit, jotka ovat ainoastaan omistajan käytössä ja suljettu muilta toimijoilta. Myös käytetty kyselylomake on tämän raportin liitteenä. Varsinainen kysely suoritettiin liitteen mukaisesti, mutta webropol-järjestelmän avulla.

Kyselyyn saatiin 55 vastausta, sisältäen osittain useita vastaajia samoista organisaatioista, kuten yliopistojen eri tutkimusryhmistä. Kyselyyn saatuja vastauksia on hyödynnetty tässä raportissa esitettyjen kehityskohteiden määrittelyyn, sekä kokonaiskuvan muodostamiseen akkuklusterin tutkimusinfrastruktuureihin liittyvistä kumppanuuksista, infrastruktuurien avoimuudesta ja käytettävyydestä.

Selvityksessä tutkimusinfrastruktuureja on käsitelty kansallisen akkualan yhteistyöelimen alateemojen mukaisesti, mutta viitekehystä on muokattu hieman tutkimusinfrastruktuuri selvityksen tarpeisiin ja tulosten esittämiseen sopivaksi. Tässä raportissa käytetty jaottelu on esitetty kuviossa 2. Teemojen vuoksi myös tiettyjä rajoituksia työhön tehtiin, esimerkiksi sovellusalueiden osalta meriliikennettä tai lentoliikennettä ei käsitellä tässä raportissa.

Kuvio 2. Selvityksessä käytetty jaottelu infrastruktuureille eri arvoketjun teemoihin



Vastauksia saatiin kaikista kuviossa 2 esitetyistä alateemoista ja vastaajia oli yliopistoista, ammattikorkeakouluista, tutkimuslaitoksista ja yrityksistä. Lisäksi saatiin yhden vastauksen kaupungilta, teknologiakeskukselta ja puolustusvoimilta. Vastaajista yhdeksän oli professoreja ja yksi apulaisprofessori. Muut vastaajat olivat pääosin johtaja ja päällikkö nimikkeellä toimivia henkilöitä edellä mainituissa organisaatiotyypeissä.

Selvityksen ja kyselyn suorittajat VTT:ltä haluavat jättää erityisen kiitoksen kaikille niille, jotka käyttivät aikaansa kyselyyn vastaamiseen. Aineistosta on ollut paljon hyötyä tämän selvityksen kokoamisessa ja kokonaiskuvan ymmärtämisessä kansallisesta tutkimusinfrastruktuuri tilanteesta, sekä jatkokehitystarpeista.

Muuna aineistona on toiminut internet tiedonhaku, sekä erinäiset tarkentavat VTT:n sisäiset keskustelut alateemojen parissa työskentelevien tutkijoiden ja tutkimusryhmien päälliköiden kanssa. Selvityksen edistymistä on seurattu ohjausryhmässä, johon on kuulunut työ- ja elinkeinoministeriöstä tilaajan edustajina Jyrki Alkio ja Johanna Särkijärvi, Oulun yliopistosta Tapio Fabritius, LUT-yliopistosta Riina Salmimies, Sami Virolainen ja Pasi Peltoniemi, Aalto-yliopistosta Jaana Rich, sekä Business Finlandista Maarit Kokko. VTT:n projektiryhmä kiittää edellä mainittuja ohjausryhmän jäseniä hankkeen aikana saadusta ohjauksesta ja tuesta työn suorittamiseen.

3 Tutkimusinfrastruktuurien nykytila

Suomessa useimmat tutkimusorganisaatiot tekevät läheistä yhteistyötä teollisuuden kanssa eri yhteishankkeissa, mutta tämä ei ole johtanut suurempien yhteisten tutkimusinfrastruktuurien rakentamiseen. Alueellinen yhteistyö korostuu julkisen ja yksityisen sektorin yhteistyössä. Tavoitteena on usein osaamisen kehittäminen yritysten tarpeisiin, sekä tutkimuspalvelujen tarjoaminen samanaikaisesti. Alueellinen yhteistyö parhaimmillaan mahdollistaa eri toimijoiden infrastruktuurien hyödyntämisen tehokkaasti siten, että eri organisaatioiden infrastruktuurit täyttävät jonkun osan paikallisen erikoistumisen arvoketjussa.

Teollisuuden vahvempi osallistuminen valmiuksien rakentamiseen yhdessä julkisten toimijoiden kanssa olisi arvokasta. Yhteistyömuodot eivät ole nykyisin kiinteitä, vaan käytössä olevat mallit ovat tapaus- tai projektiokohtaisia. Suunnitelmallisempi yhteistyö voisi palvella kaikkia osapuolia. Halukkuus yhteiskäyttöisyyteen voisi myös lisääntyä, jos arvoketjun toimijoiden välillä olisi kiinteämpiä kumppanuuksia, joissa eri osapuolilla on oma roolinsa.

Korkeakoulujen ja tutkimuslaitosten infrastruktuurit ovat avoimesti hyödynnettävissä kaikkien toimijoiden käyttöön, yleensä tutkimuspalvelujen kautta. Jotkut korkeakoulut tarjoavat myös tila- ja laitevuokraus mahdollisuuksia, mutta monimutkaisemmissa laitteistoissa tarvitaan osaava organisaation oma tekninen henkilökunta käyttämään laitteita. Korkeakoulut hyödyntävät ympäristöjä sekä opetus-, että tutkimuskäytössä. Korkeakoulujen infrastruktuuripalveluja ei ole usein kehitetty yritysten palvelutarpeiden lähtökohdista, joka voi vaikuttaa kokemukseen niiden hyödyntämisestä ja käytöstä. Olisi hyödyllistä kehittää infrastruktuuripalveluita siten, että infrastruktuurit tuottaisivat hyvän käyttökokemuksen.

Perinteisten laboratorioympäristöjen ristiin hyödyntämiselle kansallisesti on joitain mahdollisuuksia, mutta vielä isommat mahdollisuudet piilevät näiden ympäristöjen verkottamisessa ja tutkimusinfrastruktuuripalvelujen synergioiden kehittämisessä. Käytännössä tämä voi tarkoittaa esimerkiksi erilaisia yhden luokun palveluja infrastruktuurien hyödyntämiseen ja läheisempää yhteistyötä infrastruktuurien kehittämisessä.

Erilaiset avoimet testiympäristöt, sekä datan hyödyntäminen, ovat vielä alkuvaiheessa ja niiden mahdollisuuksia ei laajamittaisesti hyödynnetä. Testiympäristöjä ja data-alustojen mahdollisuuksia käsitellään tarkemmin raportissa myös kehityskohtena. Tiettyjä aukkoja

on tunnistettu laboratorioympäristöissä, joita käsitellään tarkemmin ja esitetään toimenpiteitä niiden paikkaamiseen.

Yrityksillä korostuu tarve riittävälle jatkuvalla laboratoriokapasiteetille aina tilanteen mukaan käytettäväksi. Tämän vuoksi etenkin isommissa yrityksissä ollaan valmiita pitämään testiasemia ajoittain myös vajaalla käytöllä. Yritykset hyödyntävät tutkimusinfrastruktuureja pääosin omissa tutkimushankkeissaan ja ne ovat siten suljettuja muilta toimijoilta. Yhteisissä hankkeissa yritysten tutkimuskumppanit voivat kuitenkin hyötyä laboratorioiden tarjoamista kokeellisen tutkimuksen mahdollisuuksista. Hankkeiden suunnittelun ja kumppanien valinnan osalta asiaa vaikeuttaa se, että aina tutkimuskumppaneilla ei ole tiedossa minkälaisia laboratorioita yrityksellä on. Erillisillä sopimuksilla näiden tietojen saaminen voi kuitenkin olla mahdollista, jos tutkimushanke on yritykselle kiinnostava ja tieto tarvitaan toteutukseen.

Kiinnostusta on myös joillain yrityksillä kapasiteetin tarjoamiseen muille, mutta erityisen laajaa kiinnostusta ei selvityksessä ilmennyt. Näistä syistä yritysten omien laboratorioiden huomiointi kansallisen tutkimusinfrastruktuurin kehittämisen osana voi olla haasteellista ja osittain tarpeetonta, koska ne eivät palvele laajemman toimijajoukon tarpeita. Yritysten näkemysten ja tarpeiden kerääminen sen sijaan tulisi olla keskeinen osa tutkimusinfrastruktuurien verkottamista ja uusien investointien suunnittelua. Tulisi tavoitella teollisuuden laajaa osallistumista infrastruktuuriverkostoihin ja sitoutumista avoimien tutkimusinfrastruktuurien toteutukseen.

Arvoketjun eri vaiheiden yritysten ja akkusovellusalojen erilaiset tarpeet kannattaa lähtökohtaisesti huomioida myös infrastruktuurien verkottamisessa. Vertikaalisten toimijoiden välillä infrastruktuuriin liittyvät roolit kumppanuuksissa ovat selkeämmät. Horisontaalisen yhteistyön mahdollisuuksia on myös, kun win-win tilanne pystytään selkeästi määrittelemään.

Yritysten näkökulmasta on myös tärkeää ymmärtää lyhyen tähtäimen kannattavuuteen liittyvät kysymykset, eli julkisen ja yksityisen yhteistyö voi edesauttaa riskin pienentämistä tekemällä yhteisiä panostuksia. Taulukossa 1 on esitetty infrastruktuurit, joihin on perehdytty tarkemmin selvityksessä. Infrastruktuurien tarkemmat kuvaukset ovat raportin liitteenä.

Taulukko 1. Selvityksessä katetut akkuklusterin tutkimusinfrastruktuurit organisaatioiden mukaan.

	Kierrätys-teknologiat ja ratkaisut	Akkuraaka-aineiden tuotantoketjut	Edistykselliset akku-materiaalit ja valmistus	Akku- ja lataus-järjestelmät	Liikkuvien työkonoiden sähköistyminen	Liikenteen sähköistyminen	Joustavat energia-järjestelmät
Aalto-yliopisto	L	L	L	L	L	L	
Akkurate	L			L			
Beneq			L				
Centria Chemplant ¹	L, T	L, T					
Etteplan				L			
Eurofins				L			
Feasib	L, T, D	L, T, D	L, T, D				
GTK (tutkimus-laboratorio ja Mintec)	L, T, D	L, T, D					
Itä-Suomen yliopisto	L	L	L				
Jyväskylän yliopisto	L						
Lapin AMK	L, T, D	L, T, D		L, T			L, T
LUT-yliopisto	L, D	L, D	L, D		L, D	L, T	L, T
Metropolia				L		L, T	
Metso Outotec tutkimuskeskus	L, D	L, D					
Oulun AMK					L, T, D		
Oulun yliopisto	L	L	L				
Proventia					T	T	
Pulsedeon			L				
Pyhäjärven Callio					T	T	
Sandvik					T		
Tampereen yliopisto			L		L, T, D		L, T, D

	Kierrätys-teknologiat ja ratkaisut	Akkuraaka-aineiden tuotantokehitykset	Edistyskelliset akku-materiaalit ja valmistus	Akku- ja lataus-järjestelmät	Liikkuvien työkalujen sähköistyminen	Liikenteen sähköistyminen	Joustavat energia-järjestelmät
Turun AMK				L, T	L, T, D	L, T, D	L, T
Turun yliopisto			L				
Vaasan AMK	L						L
Vaasan yliopisto			L	L			L
VTT	L	L	L, D	L, T, D	L	L, T, D	L, T
X-ray Mineral Services Finland	L	L	L				
Ylivieskan akkupuisto ²	L, T, D		L, T, D	L,	L,		
Åbo Akademi			L				

L = Laboratorio, T = Testiympäristö, D = Data ja tietovarannot

1) Osa Centria ammattikorkeakoulun yhteisistä infrastruktuureista on kuvattu Oulun yliopiston tai Ylivieskan akkupuiston alla. Tarkemmat kuvaukset liitteissä.

2) Osa Ylivieskan akkupuiston infrastruktuureista on suunnitteluasteella. Tarkempi kuvaus selvityksen liitteissä

3.1 Sähköistyminen ja palvelut

Tutkimusinfrastruktuurit palvelevat nykyisessä muodossaan kohtalaisen hyvin sähköistymiseen ja palveluihin liittyviä tutkimustarpeita. Erilaisia uudistuksia, sekä tiettyjen aukkojen paikkaamista tarvitaan laboratorioissa, sekä laajoja testiympäristöjä teknologia- ja järjestelmäkehitykseen. Verrattuna kestävätkä akkumateriaalit -teemaan, sähköistymisen osalta yhteiskäyttöisyyden ja tutkimusinfrastruktuurien yhteenliittymien kehittyminen on alkuvaiheessa. Kyselyn perusteella kiinnostusta kuitenkin on, mutta kumppanuuksiin liittyvät mahdollisuudet ja toimintamallit pitäisi pystyä konkretisoimaan.

Akkutestauksen ja latausjärjestelmien osalta on joitain aukkoja, joiden paikkaamiseen tarvitaan myös investointeja laitteistoihin. Esimerkiksi kattavaan akkujen turvallisuustestaukseen ei Suomesta nykyisellään löydy valmiuksia. Myös muut akkutestauksen vaiheet kärsivät ajoittaisista kapasiteettihaasteista sekä määrän, että fyysisen koon puolesta suurempia akkumoduuleja ja -paketteja vaativissa sovelluksissa. Akkupakettien kapasiteettien ja jännitteiden kasvaessa vaaditaan myös testauslaitteilta korkeampia tehoja ja jännitteitä,

minkä lisäksi tarvitaan riittävän suuria testikammioita. Lisäksi käytettävissä oleva EMC-testauksen kapasiteetti on rajallista. Akkutestauskapasiteetin lisääminen, ja etenkin turvallisuustestauksen tuominen Suomeen, voisi helpottaa yritysten sijoittumiskustannuksia. Tarvetta turvallisuustestauksen laboratoriolle on kuvattu tarkemmin raportin luvussa 4.

AKKUTESTAUS

Kattavalla testauksella varmistetaan akkujen suorituskyky ja turvallisuus

Kattava testaus on keskeistä akkujen ja akkujärjestelmien riittävän suorituskyvyn sekä turvallisen käytön varmistamiseksi sovelluksissa. Akkuja voidaan testata akkukenno-, akkumoduuli- tai akkupakettitasolla, eli yksittäisestä osakomponentista akkujärjestelmätasolle saakka. Yksittäisen akkukennon testaaminen vaatii pienemmät testauslaitteistot kuin akkumoduulien tai -pakettien testaus, joten uutta akkuteknologiaa kehitettäessä tai akkuteknologian suorituskykyä arvioitaessa testaus tehdään usein kennotasolla.

Akkujen suorituskykytestaus kattaa erilaisia lyhyitä testejä akun ominaisuuksien määrittämiseksi sekä huomattavasti pidempiä elinikätestejä, joissa testataan akun syklielinikää erilaisilla kuormitusprofileilla tai erilaisissa käyttöolosuhteissa. Lyhyemmissä suorituskykytesteissä voidaan testata esimerkiksi akun kapasiteettia, hyötysuhdetta, lämpenemistä tai teho-ominaisuuksia eri lämpötiloissa. Kennotason suorituskykytestien lisäksi etenkin akkujen lämpenemistä ja niiden jäähtymisen toimintaa testataan moduuli- ja pakettitasolla.

Toinen akkutestauksen osa-alue ovat akkujen turvallisuuteen liittyvät testit. Akkujen turvallisuustestit sisältävät erilaisia sähköisiä ja mekaanisia väärinkäyttötestejä sekä olosuhdetestejä, joilla pyritään varmistamaan akkujen turvallinen käyttö sovelluksessa. Akkujärjestelmätason turvallisuustesteissä testataan muun muassa akkupaketin paloturvallisuutta sekä akunhallintajärjestelmän toimintaa tilanteissa, joissa akkukennojen valmistajan määrittämät turvallisen käyttöalueen rajat ylitetään.

Kaikkia tunnistettuja aukkoja ei ole käsitelty kehityskohteina tai toimenpiteinä tässä raportissa, koska toimenpiteissä on painotettu lyhyen aikajänteen aiheita, sekä sellaisia aukkoja

joiden paikkaamiseen tarvittaisiin lisätoimia. Osa uudistus tarpeista voidaan toteuttaa ilman lisätoimenpiteitä, koska toimijat ovat itse aktiivisia kehittämään infrastruktuureja eteenpäin ja valmiita investoimaan niihin. Nykyisten infrastruktuurien jatkokehityksen ja uudistuksen tarpeet on kuitenkin tunnistettu ja on selvää, että toimenpidelistan lisäksi panostuksia tarvitaan myös parannuksina infrastruktuurien peruslaitteistoihin.

Sähköistymiseen ja palveluihin liittyvien alateemojen osalta on tarpeita lisätä myös yhteiskäyttöisiä ja avoimia testiympäristöjä, joiden hyödyntämiseen erilaisten kumppanuuksien ja toimintamallien kehittäminen on tarpeen. Esimerkiksi latausjärjestelmien osalta Suomessa on taustalla sähköistymisen hyvä pohjaosaaminen. Alalle on syntynyt Suomessa useita yrityksiä, ja osaamista on mahdollista edelleen siirtää ajoneuvojen latausjärjestelmien kehittämiseen. Tutkimusinfrastruktuurin osalta ajoneuvojen lataamisen kehittäminen vaatii monipuolisia toimia, jotta osaamista päästään siirtämään lisää tälle kasvavalle teknologia-alueelle. Lataukseen liittyvän tutkimusinfrastruktuurin tarpeita käsitellään yksityiskohtaisemmin kehityskohteena raportin luvussa 4. Myös akkudatan hyödyntäminen tarjoaisi merkittäviä mahdollisuuksia. Erilaisia tunnistettuja testiympäristöjen tarpeita on kuvattu tarkemmin kehityskohteet kappaleessa, samoin datan hyödyntämistä käsitellään erikseen.

Erilaisten tutkimusinfrastruktuurien hyödyntämisessä ristiin ja kumppanuuksien muodostumisessa liikenteen sähköistymisen osa-alueilla on parannettavaa. Yliopistot, ammattikorkeakoulut ja tutkimuslaitokset, ovat kaikki verkostoituneet hyvin alan teollisuuden kanssa. Yhteistyö ei ole kuitenkaan hankkeista siirtynyt toistaiseksi erityisen aktiivisesti tutkimusinfrastruktuurien yhteiseen kehittämiseen.

Tutkimusinfrastruktuurien selvitys sähköistymisen ja palvelujen alateeman osalta jakautuu kuvion 2 mukaisesti alateemoihin: liikenteen sähköiset ratkaisut, liikkuvien työkoneiden sähköistyminen, akku- ja latausjärjestelmät, sekä joustava energijärjestelmä. Akku- ja latausjärjestelmät -alateemaan on sisällytetty akkukennon valmistusta seuraavat akkuteknologian kehitysvaiheet, sekä akkujen latausteknologiat. Akkukennon valmistusteknologiat puolestaan on käsitelty tässä selvityksessä osana ”kestävät akkumateriaalit ja valmistus” -alateemaa.

Kansallisessa akkustrategiassa on tunnistettu perinteinen osaaminen Suomessa sähköisiin järjestelmiin liittyen. Pitkäjänteinen osaaminen näkyy myös siten, että yliopistoissa, ammattikorkeakouluissa ja tutkimuslaitoksissa on panostettu joustavan sähköjärjestelmän teknologia- ja järjestelmäkehityksen tutkimusinfrastruktuureihin. Fyysisinä ympäristöinä joustavan sähköjärjestelmän tutkimus tarkoittaa esimerkiksi mikroverkkolaboratorioita, reaaliaikasilmoittajien hyödyntämistä ja erilaisten joustavien energiasurssien hyödyntämistä. (TEM 2021, 19.)

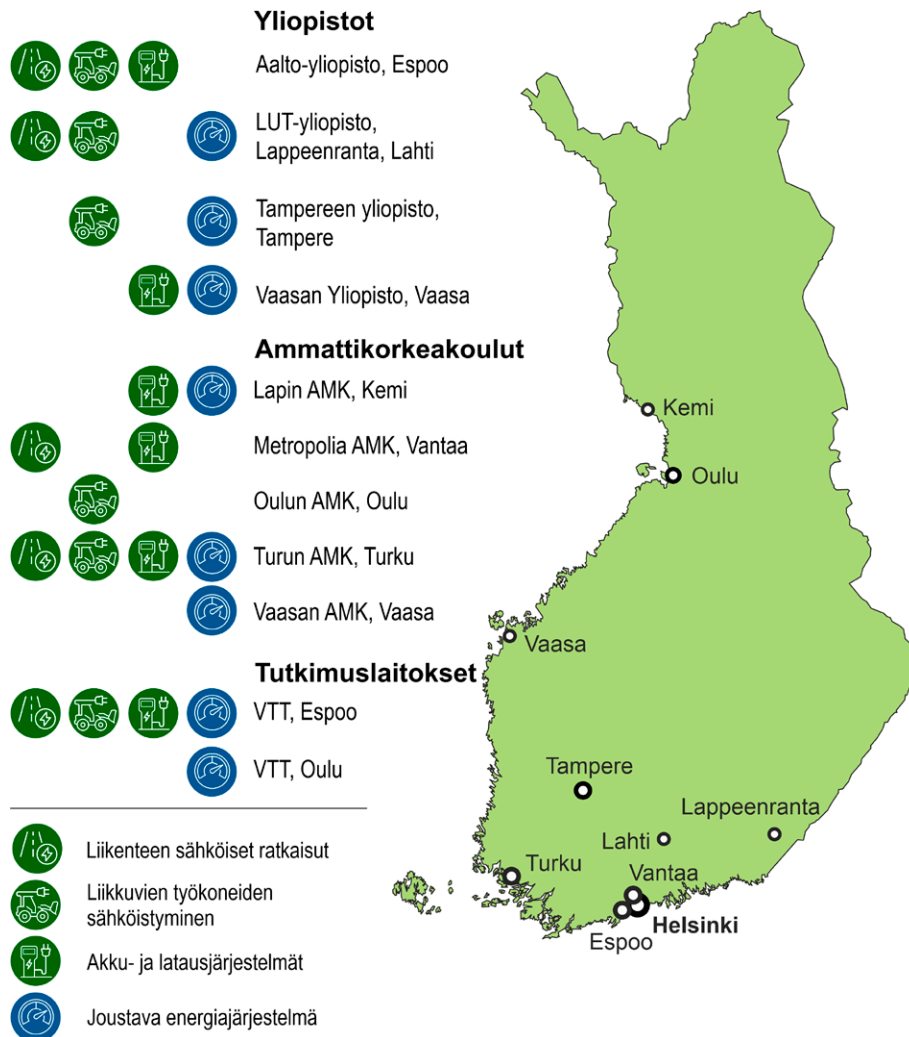
Koska liikenteen sähköisiin ratkaisuihin liittyvät latausjärjestelmät ja joustava sähköjärjestelmä on eritelty omiksi alateemoikseen, tarkoitetaan tässä infrastruktuuriselvityksessä liikenteen sähköisillä ratkaisuilla pääasiassa sähköisiin ajoneuvoihin ja niiden sähköisiin voimalinjoihin liittyvää kokeellista tutkimusta. Verrattuna esimerkiksi Ruotsiin, on Suomessa vähän ajoneuvojen valmistukseen liittyvää yritystoimintaa. Sähköistyminen voi kuitenkin tarjota uusia mahdollisuuksia liittyä arvoketjuun. Tutkimusorganisaatioissa valmiudet ajoneuvojen sähköistämisen kokeelliseen tutkimukseen tarkoittavat esimerkiksi dynamometri-testiasemia sähköisten voimalinjojen ja sähkömoottorien tutkimukseen, erilaisia sähköisiä ajoneuvoja kehitysalustoina, sekä simulointiin ja mallinnukseen liittyviä kyvykkyyksiä.

Työkoneiden sähköistymisessä – tai sähköistämisessä, jos halutaan korostaa kehitystyön aktiivista roolia – on kansallisesti erinomaisia mahdollisuuksia modulaarisilla ratkaisuilla ja tuotteilla ottaa osa kansainvälisestä markkinasta. Sähköistymisen lisääntyessä työkonesektorilla on mahdollisuus alkanut näkyä myös tutkimusinfrastruktuureihin tehtävissä panostuksissa. Työkonesektorilla tutkittavat laitteet asettavat erityisvaatimuksia tutkimusinfrastruktuureille johtuen poikkeavista ja monelta osin laajemmista toiminta-alueista, joita raskaat työkoneet vaativat testilaitteilta. Nämä laitteistot voivat olla monipuolisia kokonaisten työkoneiden dynamometrejä, dynamometrejä työkonekokoluokan voimalinjakehitykseen, sekä riittävää tehoelektroniikkaa vastaamaan tarvittavaan sähkötehoon. Myös testikaivokset, testiradat ja aidot työkoneet kehitysalustoina ovat työkoneiden sähköistämisen edistämiseen tarvittavaa perusinfra. Esimerkkejä viimeaikaisista panostuksista ovat työkoneiden tutkimiseen soveltuvan Oulun ammattikorkeakoulun NUVE-Lab -ympäristön rakentaminen ja SIX-työkoneklusterin toiminnan alkaminen Pirkanmaalla.

3.1.1 Korkeakoulujen ja tutkimuslaitosten tutkimusinfrastruktuurit

Sähköistymisen ja palvelujen tutkimuksen eri infrastruktuurit yliopistoissa, ammattikorkeakouluissa ja tutkimuslaitoksissa on esitetty kuvion 3 kartalla. Selvityksessä toteutetun kyselyn avulla pystyttiin muodostamaan varsin kattava kuva osa-alueiden korkeakoulujen tutkimusinfrastruktuureista.

Kuvio 3. Akkuklusterin sähköistymisen ja palvelujen kokeellista toimintaa yliopistoissa, ammattikorkeakouluissa ja tutkimuslaitoksissa Suomessa esitettyä kartalla



Yliopistoissa, korkeakouluissa ja tutkimuslaitoksissa on pääosin ajantasaiset laboratoriot sähköistymisen ja palvelujen osa-alueilla. Jokaisella toimijalla on pääosin omat laboratoriorympäristöt eri alateemoissa ja niitä hyödynnetään ristiin yhteishankkeissa, mutta pääosin siten, että jokainen toimija tekee omilla laitteillaan oman osuuden projektista. Poikkeuksena joustavien energiajärjestelmien alustat, joissa yhteistyötä ja toisten infran hyödyntämistä tehdään jonkin verran myös toisten tiloissa, sekä erilaisilla yhteisaloilla.

Useat toimijat ovat juuri uudistaneet ympäristöjään. Lisäksi Aalto-yliopistolla uudistamishanke on juuri käynnissä ja VTT:llä suunnitelmat ovat pitkällä. Ammattikorkeakouluista Turun ammattikorkeakoulu on vastikään aloittanut toiminnan uudella kampuksella ja

Oulun ammattikorkeakoululle valmistuu piakkoin raskaiden työkoneiden ajoneuvotesti-alusta yhdistettynä reaaliaikaiseen simulointiympäristöön, joka tukee automaation ja sähköistymisen hankkeita.

Laboratorioissa tapahtuvaan kokeelliseen toimintaan yhdistyy jatkossa yhä enemmän erilaisten mallinnus- ja simulointiympäristöjen hyödyntäminen, joten verkottuneessa tutkimusinfrastruktuurissa eri osaamisten yhdistely saman kokeellisen alustan päälle voisi olla mahdollista paikasta riippumatta. Huomattavaa kehitystä on tapahtumassa etenkin simulointi- ja mallinnusosaamisen yhdistämisessä kokeelliseen tutkimukseen, kuten HIL-työkalujen (hardware-in-the-loop) ja -menetelmien hyödyntämisessä. Tämä merkitsee myös kokeellisen tutkimuksen kannalta sitä, että fyysistä infrastruktuuria tarvitsee kehittää jatkossakin. Esimerkiksi kokeellinen tutkimus voimalinjoille ja kokonaisille ajoneuvoille on jatkossa merkittävää myös kehitettävien mallien validoinnin vuoksi, jotta erilaiset simuloinnit kytkeytyvät reaali maailmaan. Tarve on toimijoiden joukossa tunnustettu hyvin ja uudistamishankkeissa reaaliaikaisen simuloinnin ja mallinnusympäristöjen kehittäminen on pääasiassa tullut standardiksi.

Liikenteen sähköistymisen infrastruktuurien osalta siis voimalinja- ja ajoneuvotutkimuksen osaamista ja laitteistoa on syytä ylläpitää ja kehittää edelleen, vaikka dynamometrikapasiteetin lisäämiseen sinänsä ei tässä selvityksessä tullut ilmi tarpeita.

Huomattavaa on, että sähköisen liikenteen osa-alueella toimii myös Suomen Akatemian huippuyksikkö: suurnopeuksiset sähkömekaaniset energianmuuntojärjestelmät. Konsortiossa ovat LUT-yliopisto, Aalto-yliopisto, VTT, Tampereen yliopisto ja Tieteen tietotekniikan keskus (CSC), ja se on valittu huippuyksikköohjelmaan vuosille 2022–2029. Sähköistymisen ja akkujen aihepiirissä on potentiaalia verkottuneelle tutkimusinfrastruktuurille.

Kuitenkin koko sähköistymisen osa-alueella tehoelektronikan toiminta-alueiden kasvattamiseen, akkuemulaattorien lisäämiseen ja yleensä kokeellisten ympäristöjen sähköistymiseen liittyvien valmiuksien parantamiseen on tarpeita ja kysyntää jo lähivuosina.

HIL – SIMULOINTI (HARDWARE-IN-THE-LOOP)

HIL-simuloinnissa todellinen järjestelmä on osa mallia

HIL-simulointi (engl. hardware-in-the-loop) on yksi tapa toteuttaa reaaliaikaista simulointia. HIL-simuloinnin avulla voidaan nopeuttaa tuotekehitystä, säästää resursseja ja tutkia erilaisia vaihtoehtoja ja vikatilanteita turvallisesti ennen koko järjestelmän rakentamista. HIL-simuloinnin avulla mahdollistetaan inkrementaalinen kehitys, ja saadaan järjestelmä kerralla toimivaksi useiden prototyypikierrosten sijaan. Simulointi ja todelliset järjestelmät eivät ole toisiaan poissulkevia, vaan täydentävät toisiaan. Niiden osuus muuttuu kehitystyön edetessä: aluksi voidaan käyttää pelkkää simulointimallia, ja siitä voidaan edetä kohti tavoitejärjestelmää tai laitetta lisäämällä oikean järjestelmän osuutta. Todellisella järjestelmällä voidaan myös tuottaa lähtöparametreja simulointimalliin, sekä validoida mallin toimintaa.

HIL -simuloinnissa simulointiohjelmiston osaksi on kytketty todellinen fyysisesti toteutettu järjestelmä tai sen komponentti. Simulointiin kytketty fyysinen järjestelmä voi olla oikea, lopullisessa sovelluksessa käytettävä osa. Vaihtoehtoisesti kyseessä voi olla emulaattori, joka jäljittelee laitteistotasolla oikeaa toteutusta. Todellinen järjestelmä koostuu laitteistosta (hardware) ja tarvittaessa siihen liitetystä sulautetusta ohjelmistosta (embedded software). Usein tällaisessa tapauksessa myös sulautettu ohjelmisto on kehitetty simulointimallin perusteella (model-based software).

Esimerkki sähköisistä ajoneuvoista: HIL-järjestelmä, jossa akut ja säätöjärjestelmä on mallinnettu, mutta käytössä on muilta osin testipenkkiin kiinnitetty todellinen voimalinja (sähkömoottori ja siihen liittyvät osat). Tällöin voidaan tutkia erilaisten akkujen ominaisuuksien ja erilaisten poikkeustilanteiden vaikutusta järjestelmän toimintaan, ja voidaan valita optimaalinen akkukokonaisuus kyseiseen sovellukseen.

Akku- ja latausjärjestelmien kokeellista tutkimuskalustoa toimijoilla on nykytarpeisiin, mutta nopeasti kehittyvä sähköistyminen asettaa vaatimuksia laitteistojen uudistamiselle. Tällaisissa tulevilla tarpeilla, joita on kuvattu tarkemmin myös tämän raportin kehityskoh-teissa, olisi mahdollisuuksia yhteistyölle ja yhteiskäyttöisille testiympäristöille. Tutkimusinfrastruktuurien kokoaminen suuremmiksi yhteistyöalustoiksi sähköistymisen ja palvelujen osalta voi siis olla yksi muutostrendi nykytilaan verrattuna. Tällaisia yhteistyöalustoja

olisi mahdollista koota avoimien testiympäristöjen lisäksi muodostamalla teollisuuden, korkeakoulujen ja tutkimuslaitosten laboratorioista infrastruktuuriverkostoja.

Toimijoilla on merkittäviä mahdollisuuksia lisätä erilaisten avoimien testiympäristöjen hyödyntämistä. Myös erilaisten tietovarantojen ja data-alustojen parissa yhteistyömahdollisuuksia olisi nousevissa sähköistymisen ja akkudatan teemoissa. Näitä on käsitelty tarkemmin erikseen kehityskohteet kappaleessa, sekä tutkimusdatan yhteydessä.

Joustavan sähköjärjestelmän laboratorioinfrastruktuurit ovat korkeatasoisia ja niitä hyödynnetään myös toimijoiden kesken. Yhteiskäyttöisyyttä joustavien energijärjestelmien laboratorioiden osalta hyödynnetään julkisten toimijoiden kesken laajemmin kuin akkujärjestelmien tai liikenteen sähköistymisen parissa, mutta eri toimijoita laajemmin yhdistäville kiinteille innovaatioklustereille ja niihin liittyville monipuolisille avoimille testiympäristöille on kysyntää. Kiinteällä innovaatioinfrastruktuurilla tarkoitetaan tässä sellaista yhteistoimintaa, jossa yhteiset käytännöt ja toimintamalli jatkuvaan toimintaan on sovittu. Kiinteämman toimintamuodon tavoitteena on vähentää tapauskohtaisten järjestelyjen hallinnollista työmäärää ja mahdollistaa pitkäjänteisempi yhteiskehittäminen. Matalimmalla roikkuva hedelmä yhteiskäyttöisyyteen liittyen yritysten kanssa ovat juuri erilaiset avoimet testiympäristöt, joissa etsitään sovelluskohtaisia teknologioita ja järjestelmätason ratkaisuja yhdessä eri toimijoiden kanssa. Tarpeita on käsitelty kehityskohteet kappaleessa.

Työkoneiden sähköistyminen ja yleensä sähköistymisen siirtyminen kohti raskaampaa kalustoa on ajurina monille yllä mainituista uudistustarpeista. Näiden lisäksi työkoneiden sähköistymiseen liittyy esimerkiksi testiympäristöjen osalta erityistarpeita, joita on kehityskohteissa käsitelty testikaivosten näkökulmasta.

Esimerkkejä sähköistymisen ja palvelujen tutkimusinfrastruktuureista liikenteen sähköistymisen osa-alueelta, tarkemmat kuvaukset kaikkien alateemojen eri infrastruktuureista ovat raportin liitteenä:

- Liikenteen sähköisten järjestelmien tutkimus LUT-yliopistossa pitää sisällään LUT:n sähkövoimakoneiden tutkimusympäristön, johon kuuluu mm. suurnopeuskoneiden testaus 2 MW maksimiteholla 20 000 kierrosta minuutissa pyöriville koneille. Erilaiset standardien mukaiset testaukset energiatehokkuusluokituksille ja suorituskyvyille ovat mahdollisia. Lappeenrannasta löytyy myös hybridivoimalinjojen suunnittelu ympäristö, joka sisältää komponenttien mitoituksen ja simuloinnin, sekä mahdollisuuden korvata komponenttimalleja emulaattoreilla kuten DC-verkolla sähkötyökoneille. Työkonesektoria koskien reaaliaikainen hardware-in-the-loop simuloinnin mahdollistava testialusta on nykyaikainen työkalu erilaisiin sähköistämisen ja hybridiratkaisujen TKI-hankkeisiin.

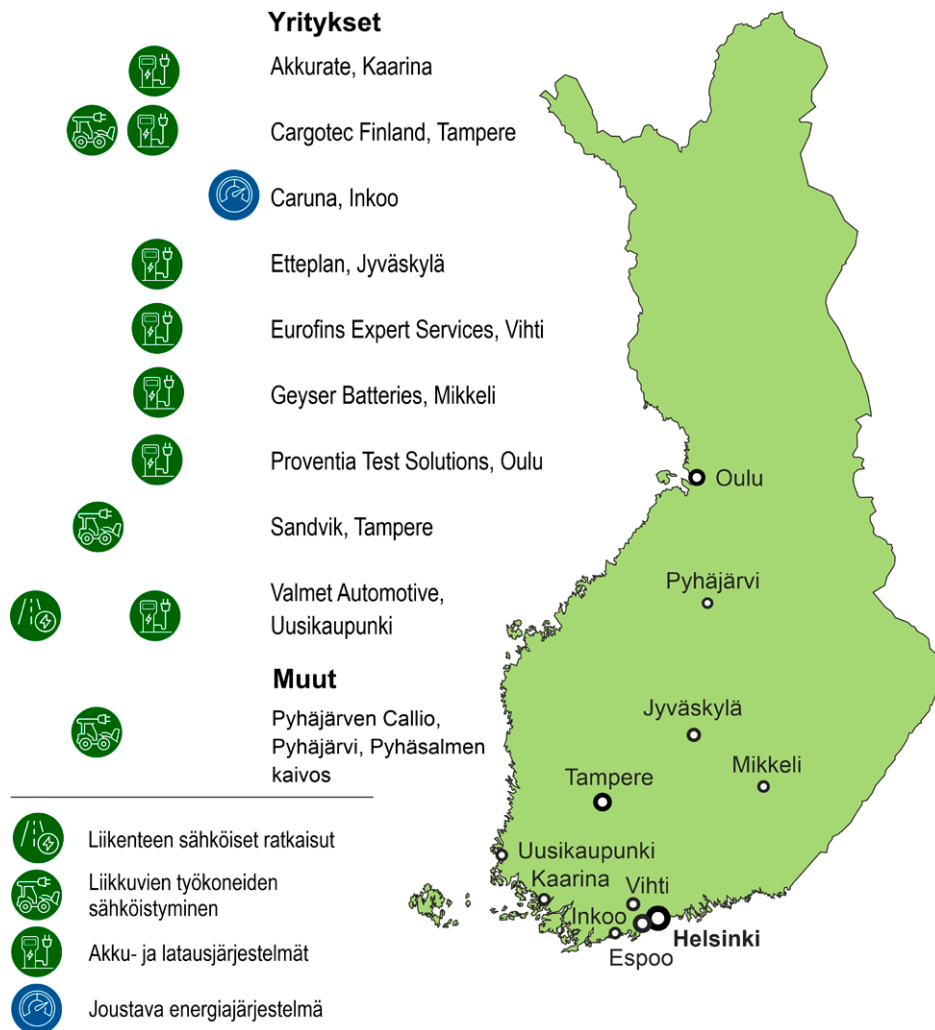
- Aalto-yliopistossa käytössä on tutkimusinfrastruktuuria sähköisen voimansiirron ja akkututkimuksen kokeellisen tutkimuksen tarpeisiin. Esimerkkejä näistä ovat esimerkiksi raportin liitteissä tarkemmin kuvattu alustadynamometri ja 24-kanavainen akkutesteri. Vuoden 2022 lopulla valmistuu myös Aalto-yliopiston kampuksella peruskorjaus ja laajennus, jonka myötä lujusopin, auto- ja työkonetekniikan, liikennetekniikan, polttomoottoritekniikan ja sähkökoneiden laboratoriot saavat uudistetun tutkimusympäristön. Polttomoottorien koeajon tutkimusasemat, sähkökonesali ja kylmähuone, sekä alustadynamometri ovat esimerkkejä tutkimukseen, kehittämiseen, testaamiseen ja opettamiseen hyödynnettävistä infrastruktuureista. Lisäksi alueelle sijaitseva opiskelijoiden ja tutkijoiden yhteisö, sekä muut ympäröivät laboratoriot ja A Grid kasvuyrityskeskus ovat merkittävä resurssi osana sähköistä liikkumista ja sähköistyviä työkoneita tukevaa ympäristöä.
- Turun ammattikorkeakoulussa on tehty työkoneiden voimalinjatutkimusta yritysälhtöisesti yli 20 vuotta. Käytössä on tutkimusinfrastruktuurit hybridi-voimalinjojen ja sähköisten voimalinjojen tutkimukseen. Voimalinjalaboratorio sisältää neljä dynamometriä 460 kilowatin kokoluokkaan, kattavat päästömittauslaitteet ja 180 kilowatin sähkönsyötön tasavirtateholähteille. Lisäksi käytössä on simulointiympäristöt ajoneuvojen, sekä työkoneiden simulointiin. Opiskelijaprojektina on myös toteutettu eRX -kilpa-auto, joka on muutettu tavallisesta polttomoottoriautosta akkukäyttöiseksi. Akkututkimuksen käyttöön New Energy -tutkimusryhmän laboratorioissa on kaksisuuntainen kuorma 180 kilowatin teholuokkaan, jota voidaan hyödyntää esimerkiksi akkututkimuksen käyttöön, sekä 3,6 neliömetrin kokoinen 500 kg kantava olosuhdekammio laajalle lämpötila-alueelle. Turun ammattikorkeakoulu täydentää alueella olevaa yritysten ja korkeakoulujen muodostamaa sähköisen liikenteen tutkimusinfrastruktuuria myös metallien ja muovien 3D-printtauksen laitteistoilla ja laboratorioilla, sekä simulointivalmiuksilla akkujärjestelmien lämpöintegrointiin ajoneuvoihin.
- VTT:n sähköisten voimalinjojen ja energiavarastojen tutkimusinfrastruktuuri Espoon Otaniemessä sisältää dynamometrejä sähkömoottoreiden ja ajoneuvojen testaamiseen, akkutestauslaitteistoja kenno-, moduuli- ja pakettitasolla, sähköajoneuvojen latauslaitteita, tietovarantoja liittyen esimerkiksi akkujen karakterisointidataan, sekä VTT Smart eFleet -laskentatyökaluja sähköajoneuvojärjestelmien mallinnukseen ja suunnitteluun. Kokonaisten ajoneuvojen tutkimukseen käytössä on henkilö- ja pakettiautojen testaamiseen tarkoitettu alustadynamometri, jolle on myös jäähdytyslaitteistot kylmätestejä varten. VTT:llä on raskaampien ajoneuvojen kokeelliseen tutkimukseen käytössä myös raskas alustadynamometri, jolla pystytään simuloimaan ajoneuvoja

60 000 kg asti, 300 kW jatkuvalla pyörateholla dynamometrille. Tutkimusinfrastruktuuri sisältää myös useita sähköisiä ajoneuvoja, joita hyödynnetään tutkimusalustoina, kuten Linkker 13LE matalalattiakaupunkibussi pantografilla, eLvira-niminen sähköisen latauksen ja etäoperoinnin testaamiseen varusteltu Volkswagen e-golf, sekä uusimpana käyttöön otettava Avant e6 -kauhakuormaaja, jota hyödynnetään aluksi sähköisen automaattityökoneen ja ihmisen rajapinnan tutkimiseen.

3.1.2 Yritysten tutkimusinfrastruktuurit

Selvitys yksityisistä tutkimusinfrastruktuureista ei mahdollistanut täydellistä kuvausta, koska monien yritysten oma tutkimusinfrastruktuuri ei ole avointa ja oletettavasti vastaus-ten saaminen oli myös tästä syystä hankalaa. Kysely kuitenkin auttoi ymmärtämään niitä keskeisiä tarpeita ja kysymyksiä, joita teollisuudella on tutkimusinfrastruktuureihin liittyen. Kuvion 4 kartalla on esitetty aihepiirin kokeellista toimintaa tekeviä yrityksiä kartalla, joiden näkemyksiä on hyödynnetty kokonaiskuvan muodostamisessa tähän raporttiin. Infrastruktuurien tarkemmat kuvaukset löytyvät raportin liitteenä. Sellaisia infrastruktuureja ei ole kuitenkaan sisällytetty liitteisiin, jotka eivät ole hyödynnettävissä muiden toimijoiden hankkeisiin avoimesti.

Kuvio 4. Akkuklusterin sähköistymisen ja palvelujen kokeellista toimintaa yrityksissä Suomessa esitettyinä kartalla.



Yritysten vastaukset voidaan jakaa niihin, joiden liiketoimintaa on erilaisten testauspalvelujen tarjoaminen akkuklusterille, sekä koneita ja muita tuotteita valmistaviin yrityksiin, joilla infrastruktuurin tarkoitus lähinnä palvella omia kehitystarpeita. Kuviossa 4 etenkin Proventia, Etteplan, Eurofins Expert Services ja Akkurate ovat erilaisia testauspalveluja akkuklusterille tarjoavia yrityksiä. Molemmista yritysryhmistä löytyy kiinnostusta ja avoimuutta myös uudentilaisille toimintamalleille liittyen infrastruktuurien hyödyntämiseen yhteiskäyttöisesti. Näiden kahden yritysryhmän erilaiset tarpeet ja lähtökohdat yhteistyölle julkisten toimijoiden kanssa on hyvä huomioida, kun pyritään täyttämään infrastruktuureissa olevia aukkoja ja toisaalta verkottamaan infrastruktuureja.

Yhteiskäyttöisyys olisi todennäköisesti helpompaa aloittaa sellaisista uudistuksista, jotka täydentävät yritysten omia valmiuksia. Tarpeita voisi olla enemmän PK-sektorilla, koska suurilla yrityksillä omien tutkimuslaboratorioiden rakentaminen on mahdollista. Toisaalta suuretkin yritykset tarvitsevat ympärilleen laajan joukon toimijoita. Omia testilaboratorioita omaavat yritykset voisivat olla valmiita osallistumaan osaamisen kehittämiseen kytkeytyvään yhteiseen infrastruktuuriin tai toisaalta sellaiseen testauskapasiteettiin, jolle heillä on aika ajoin tarvetta oman laitteiston ollessa täysin käytössä. Lisäksi kiinnostusta voi olla erikoislaitteistoihin, jollaista yritykseltä ei löydy.

Yritysten vastaukset tukevat sitä näkemystä, että yhteiskäytön mahdollisuuksia on ainakin avoimissa testiympäristöissä, joihin teknologiaa voidaan tuoda kokeiluun oikeaa sovellusta vastaavassa käytössä ja kehittää kaupallistamiseen johtavia ratkaisuja. Infrastruktuurien verkottamisessa on hyvä huomioida, että jokainen toimija tuo ja saa arvoa yhteistyöstä. TKI-hankkeisiin liittyy luontaisesti epävarmuuksia ratkaisun toimivuudesta, joten investointeihin ja toimintamalleihin liittyvää päätöksentekoa jaksotetaan kehitystyön etenemisen kanssa. Lisäksi sähköistymisen ja akkujen tutkimusinfrastruktuurin osalta pitkällä aikavälillä nähdään paljon mahdollisuuksia, mutta oikeaa hetkeä investoida pyritään ennustamaan, eli milloin tarkalleen ottaen kysyntä kasvaa ja asiakkaita on riittävästi. Erilaiset yhteistyömallit julkisen ja yksityisen puolen kanssa valituissa aihealueissa – kuten tämän raportin kehityskohteet osioissa kuvatuissa – voisivat osaltaan jakaa riskiä investointien tekemisessä tutkimusinfrastruktuuriin, testauskapasiteettiin ja avoimiin testiympäristöihin.

Kyselyä ei erityisesti kohdistettu joustavan energiajärjestelmän yrityksille, joten niihin liittyen vastauksia saatiin vähänlaisesti. Carunan ja Fortumin yhteisomistuksessa oleva Inkoon akkuvarasto on yksi harvoista akkuvarasto-tutkimusaloista Suomessa, mutta se ei ole avoimesti käytettävissä.

3.1.3 Verkostot ja kumppanuudet

Sähköistymisen ja palvelujen osa-alueella on käynnissä useita hankkeita, jotka voivat tuottaa erilaisia toimintamalleja akkuklusterin hyödynnettäväksi. Mahdollista on ottaa mallia myös muilta toimialoilta ja akkumateriaalien kehitykseen suunnatuilta kumppanuuksilta.

South Carelian Electric Test Laboratory (SCET-LAB) on Euroopan aluekehitysrahaston ja Etelä-Karjalan liiton rahoittama hanke, jonka päätoteuttajana on LUT-yliopisto. Hankkeessa kehitetään yhteistyömalleja mittauslaboratorioiden välille Etelä-Karjalassa ja edistetään yhteistyötä LUT-yliopiston ja paikallisten yritysten kanssa. Tavoitteena on mittauslaboratorioiden käyttöasteen nostaminen tehoelektroniikkaan, elektroniikkaan ja sähkökäyttöihin liittyen. Hankkeen jälkeen tavoitteena on, että kehitetty mittaus- ja analyysiekosysteemi jatkaa toimintaansa ja edesauttaa isojen mittauslaboratorioiden ylläpitoa. Kehitettävän mittausekosysteemi mahdollistaa

opiskelijoiden valmiuksien noston ja tukee uusien yritysten perustamista alueelle. Akkuklusterin tutkimusinfrastruktuurien verkottamiseen liittyen olisi järkevää, että hyödynnetään hankkeessa kehitetyt käytännöt ja ekosysteemin käynnistämisestä kertyneet opit. (EURA 2021.)

FITech Energy Storage on opetus- ja kulttuuriministeriön rahoittama hanke, jota koordinoi Vaasan yliopisto. Hanke tarjoaa mahdollisuuksia työelämässä oleville osaajille päivittää energian varastointiin ja konversioon liittyvää osaamistaan. Myös liiketoimintakoulutusta tarjotaan. Osaamisen jatkuvalla kehitymiselle pyritään vastaamaan energiateollisuuden kilpailukyvyyn ylläpitämiseen kiihtyvällä tahdilla kehittyvällä alalla. Johtoryhmässä ja operatiivisessa toiminnassa on mukana useita yliopistoja ja yrityksiä, joten FITech Energy Storage tarjoaa hyvän referenssin osaamistarpeiden kehittämiseen akkuklusterin yhteistyössä. (FITech 2021.)

DERLab on hajautettuihin energiajärjestelmiin liittyvien johtavien laboratorioden ja tutkimuslaitosten muodostama yhdistys. Yhdistyksen tehtävänä on kehittää vaatimuksia ja laatuksia hajautettujen energiajärjestelmien yhdistämiseen. Tarjolla on laajasti testaus ja konsultointipalveluja eri laboratorioilta Euroopassa ja maailmanlaajuisesti. Yhdistyksen toimistot sijaitsevat Saksassa. Suomesta mukana verkostossa ovat Turun ammattikorkeakoulu, Vaasan yliopisto ja VTT. DERLab verkosto tarjoaa akkuklusterille pääsyn kansainvälisten yhteistyökumppaneiden infraan ja osaamiseen, ja toisaalta välittää tietoa Suomessa tehtävästä tutkimuksesta potentiaalisille yhteistyökumppaneille. (DERLab 2021.)

Smart Energy Systems Competence Center (SENECC) on Tampereen seudulla toimiva Tampereen yliopiston ja VTT:n yhteenliittymä. Yhteenliittymän tavoitteita ovat esimerkiksi tukea älykkäisiin energiajärjestelmiin liittyvän tutkimusagendan kehittämistä, tuoda tietoa helposti tarjolle, lisätä näkyvyyttä kansainvälisillä areenoilla ja verkottaa eri toimijoita yhteen. Yhteistyölle on korkean tason sitoutuminen VTT:ltä ja TAU:lta. Yhteiskehittämisen ekosysteemi on toimintamalli, jota akkuklusteri voi jatkossakin käyttää toimijoiden verkottamisessa myös tutkimusinfrastruktuurien osalta. (SENECC 2021.)

FIN-EPOS (European plate observing system) on Suomen Akatemian infrastruktuurikartalla oleva verkosto, joka ylläpitää kiinteän maan observatorioita. Konsortioon kuuluu useita suomalaisia yliopistoja ja tutkimuslaitoksia. Pyhäjärven Callio maanalaisena infrastruktuurina on osa FIN-EPOS-verkosta, joka mahdollistaa tutkimusinfrastruktuurirahoituksen hakemisen. (Oulun yliopisto 2021b.)

SIX-työkoneklusteri on liikkuvien työkoneiden valmistajia ja niiden teknologia-kumppaneita yhdistävä klusteri, jonka ovat käynnistäneet Kalmar, Ponsse, Sandvik, Valtra, Valmet Automotive, Tampereen yliopisto ja VTT. Käytännönläheistä toimintaa tekevän klusterin ydintehtäviä ovat teollisuuslähtöiset tutkimushankkeet ja osaamisen kehittäminen. Tavoitteena on, että Suomi on vuonna 2025 maailman paras paikka liikkuvien työkoneiden ja tukevien avainteknologioiden kehittämiseen. Klusterin toiminta kattaa useita teemoja

SIX-portfoliossa on myös hanke työkoneiden sähköistymiseen. Hankkeiden tulokset tulevat jäsenten yhteisesti hyödynnettäväksi. Yhteistekemisellä pyritään varmistamaan riittävä kriittinen massa tutkimustoimintaa, johon toimijat eivät yksittäin pystyisi. (SIX 2021.)

Kansallisen varautumisen, huoltovarmuuden ja turvallisuuden osalta akkuvarastot ja niiden ympärille syntyvä infrastruktuuri ovat tärkeitä etenkin kriisivalmiuksien näkökulmasta. Sekä kiinteät akkuvarastot, että liikennevälineissä ja liikkuvissa koneissa olevat akut, voivat kriisitilanteissa antaa tarpeellista lisäkapasiteettia yhteiskunnan keskeisten toimintojen varmistamiseen. Tähän liittyen merkittävä yhteistyökumppani ja potentiaalinen rahoittaja on MATINE (Maanpuolustuksen tieteellinen neuvottelukunta, MATINE 2021). Tällaisesta akkuinfrastruktuurin systemaattisesta arvioinnista ja käytettäväksi tekemisestä hyötyvät etenkin Puolustusvoimat ja terveydenhuolto, mutta myös monet muut toimijat.

TESTIKAIVOKSISSA EDISTETÄÄN SÄHKÖISTYMISTÄ

Yhteiskäyttöisyydelle ja avoimuudelle voi ottaa mallia maan alta

Sandvikin testikaivos Tampereella ja Pyhäjärven Callio Pyhäjärven kaivoksella toimivat paitsi maanalaisina tutkimuskeskuksina, myös yhteiskäyttöisyyden eturintamassa. Monesti yritysten omat tutkimusinfrastruktuurit ovat muiden saavuttamattomissa, paitsi tietyissä yhteishankkeissa.

Sandvikin testikaivos on maanalainen kaivoslaitteiden ja ratkaisujen testaus- ja kehitysympäristö, joka soveltuu monelle muullekin teollisuuden alalle haastavan ympäristön vuoksi. Kehittäjille on tarjolla tutkimusinfrastruktuuria protopajojen, konnektiviteetti- ja tiedonsiirtoratkaisujen ja autonomisten koneiden alueen muodossa. Maanalainen tunneliverkosto eri korkeuseroilla tukee sähköistymisen tutkimusta.

Pyhäjärven Callio puolestaan sijoittuu 1 445 metriä maan pinnan alapuolelle ulottuvaan Pyhäsalmen kaivokseen sekä sitä ympäröiville maa-alueille. Pyhäjärven Callio on Pyhäjärven kaupungin ja Pyhäsalmi Mine Oy:n omistama kokonaisuus, jossa on yli 150 km maanalaisia tunneleita ja tiloja, joihin on sijoitettu tutkimuslaboratorioita yhdessä korkeakoulujen ja yliopistojen kanssa, esimerkiksi CallioLAB. Callion vinotunneli on 11 km pitkä ja nousukulma on 1:7 koko matkalta, mahdollistaen koneiden ja laitteiden kuormitustestauksen haastavissa kaivosolosuhteissa. Erilaiset yhteishankkeet, kuten kaivosteknologian testiympäristön rakentamiseen tähtäävä FutureMINE, kokoavat tarvittavat toimijajoukot yhteen eri laboratoriokokonaisuuksien rakentamista ja hyödyntämistä varten.

Työkoneiden sähköistyminen on Suomelle merkittävä mahdollisuus, ja järkevä yhteiskäyttöisyys tutkimusinfrastruktuurien hyödyntämisessä mahdollistaa isompien kokonaisuuksien rakentamisen. Koko arvoketjun toimijoilla on tällöin pääsy tutkimusinfrastruktuuriin, joka tukee myös tutkimus- ja kehitystoiminnan tavoitteita. Yritysten pääsy tutkimusinfrastruktuuriin on tärkeää, jotta uusien teknologioiden kaupallistamista voidaan nopeuttaa.

Jos siis tutkimusinfrastruktuurien avoimuus ja yhteiskäyttöisyys onnistuvat maan alla, miksi ne eivät onnistuisi myös maan päällä? Erilaisten testiympäristöjen kehittäminen verkostomaisina aloitteina tai yritysyhteistyössä tulisi saattaa käyntiin sähköistymisen teknologia- ja palveluliiketoiminnan innovaatioiden tuottamiseen.

3.2 Kestävät akkumateriaalit

Tutkimusinfrastruktuurien selvitys kestävien akkumateriaalien alateeman osalta sisältää kuvion 2 mukaiset alateemat: akkuraaka-aineiden tuotantoketjut, edistykselliset akkumateriaalit ja valmistus sekä kierrätysteknologiat ja -ratkaisut. Kansallisessa akkustrategiassa Suomen vahvuudeksi on tunnistettu erityisesti raaka-aineisiin ja akkumateriaalien kiertoalouteen liittyvä osaaminen.

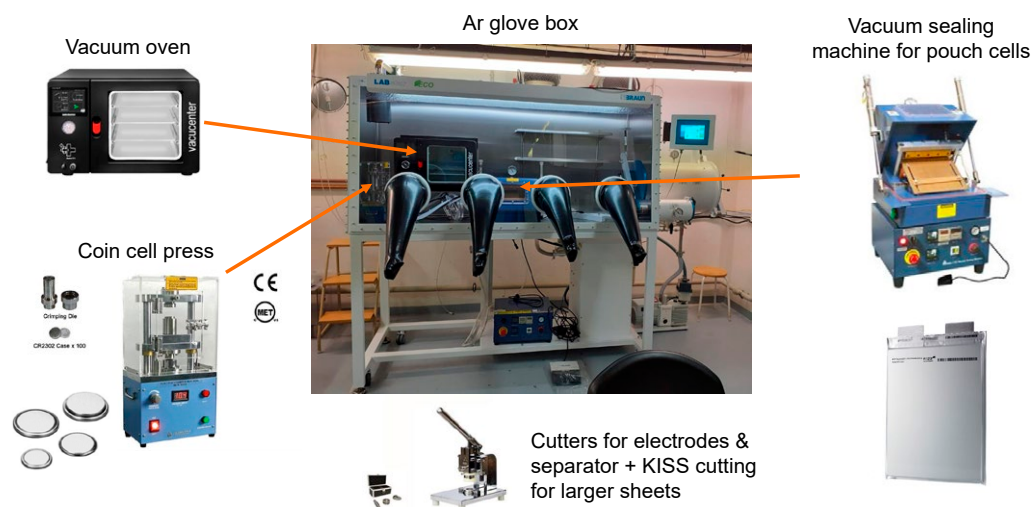
Tässä selvityksessä akkuraaka-aineiden tuotannolla tarkoitetaan esimerkiksi akuissa käytettävien, kaivoksista louhittavien mineraalien rikastamista ja jalostamista sekä akkukemikaalien valmistusta. Keskeiset akkuarvoketjun tarvitsemat metallit ovat nikkeli, koboltti ja litium, yleensä korkealaatuisina suoloina (sulfaatit, hydroksidit). Akkuraaka-aineiden tuotantoketju esimerkiksi katodimateriaalien osalta sisältää lukuisia vaiheita malmeista erilaisen rikastus- ja prosessointivaiheiden kautta elektrodimateriaalien esiateiksi (prekursori, pCAM) ja lopulta valmiiksi elektrodimateriaaleiksi (CAM, cathode active material). Tässä selvityksessä akkuraaka-aineiden tuotantoketjut -alateema kattaa katodimateriaalien osalta jalostuksen prekursorivaiheeseen asti. Mineraalien rikastuksessa ja prosessoinnissa malmeista akkujen raaka-aineiksi tarvittaviksi kemikaaleiksi käytetään monia erilaisia menetelmiä, aina materiaalien jauhatuksesta ja murskauksesta erilaisiin rikastus- ja erotusprosesseihin. Myös erilaiset pyrometallurgiset (korkean lämpötilan käsittelyt) ja hydrometallurgiset tekniikat (kuten liuotus, saostus, uutto, ioninvaihto) ovat tärkeässä roolissa sekä primääristen että sekundääristen raaka-aineiden erottelussa ja jalostuksessa.

Akkumateriaalien osalta Suomen vahvuuksia on erityisesti katodimateriaalin esiateen ja sitä edeltävien metallien ja kemikaalien valmistuksen osaaminen. Katodimateriaalien lisäksi tutkimusta ja tutkimusinfrastruktuuria löytyy uudenlaisten anodimateriaalien osalta aina pilot-mittakaavaan asti. Edistykselliset akkumateriaalit ja valmistus -alateema sisältää tässä jaottelussa elektrodimateriaalien valmistuksen lisäksi esimerkiksi elektrolyytti ja separaattorimateriaalien valmistuksen sekä elektrodikerrosten pinnoitusmenetelmät ja

akkukennojen valmistuksen. Akkumoduulien ja -pakettien kokoamiseen liittyvä infrastruktuuri on kuvattu tarkemmin alateemassa Sähköistyminen ja palvelut.

Suomessa ei ole toistaiseksi teollisen mittakaavan litiumioniakkukennojen valmistusta. Sen sijaan tutkimusinfrastruktuuria laboratoriomittakaavan akkuelektrodien ja -kennojen (nappikennot tai pussikennot) valmistukseen on useilla yliopistoilla ja tutkimuslaitoksilla. Myös pilot-mittakaavan päällystys- ja kalanterointilaitteita elektrodikerrosten valmistamiseen on saatavilla. Litiumioniakuissa käytettävät materiaalit (elektrolyytti) ovat herkkiä kosteudelle, joten akkukennojen kokoaminen on tehtävä kuivissa olosuhteissa, käytännössä kuivahuoneessa tai hanskakaapissa inertissä argonilmakehässä (esimerkki kuviossa 5). Akkukennojen valmistuksen ensimmäinen vaihe on elektrodien valmistus, johon tarvitaan myös erilaisia laitteistoja päällystykseen, kuivaukseen, kalanterointiin ja leikkaukseen (kuvio 5). Akkukennojen karakterisointi taas sisältää tyypillisesti erilaiset sähköiset ja sähkökemialliset karakterisointimenetelmät.

Kuvio 5. Esimerkki nappi- ja pussikennojen valmistusinfrastruktuurista (VTT, Espoo).

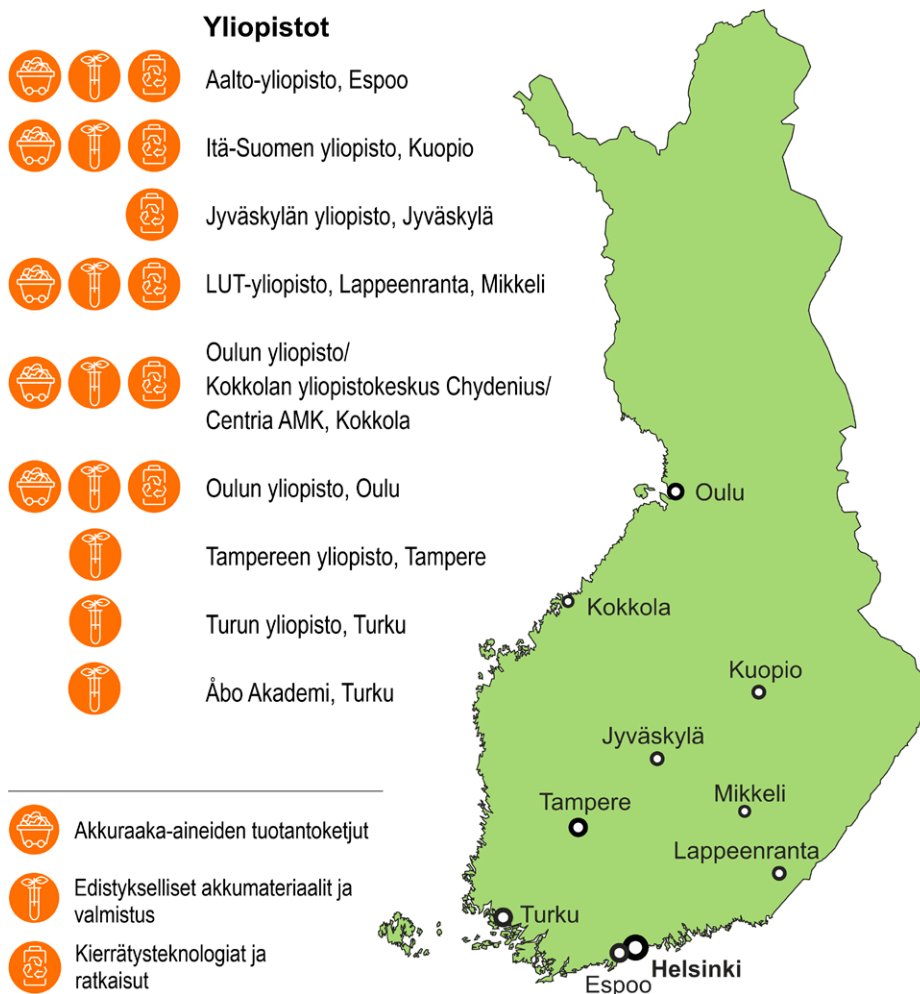


Akkujen kierrätys sisältää monta vaihetta akkujen keräyksestä, lajittelusta ja esikäsitte-lystä erilaisiin materiaalien ja yksittäisten elementtien erottelu- ja talteenottomenetelmiin. Akkumateriaalien kierrätysteknologioilla ja -ratkaisulla tarkoitetaan tässä erityisesti litiumin, koboltin, nikkelin ja mangaanin kierrätykseen ja uudelleen hyödyntämiseen liittyviä ratkaisuja. Talteenottomenetelmät voivat sisältää esimerkiksi pyro- ja hydrometallurgisia tekniikoita, jotka ovat osittain samoja kuin primääristen raaka-aineiden talteenotossa. Tällä hetkellä Suomessa kierrätykseen liittyvä yliopistojen ja tutkimuslaitosten tutkimusinfrastruktuuri painottuu kierrätyksen keskivaiheelle ja loppuosaan.

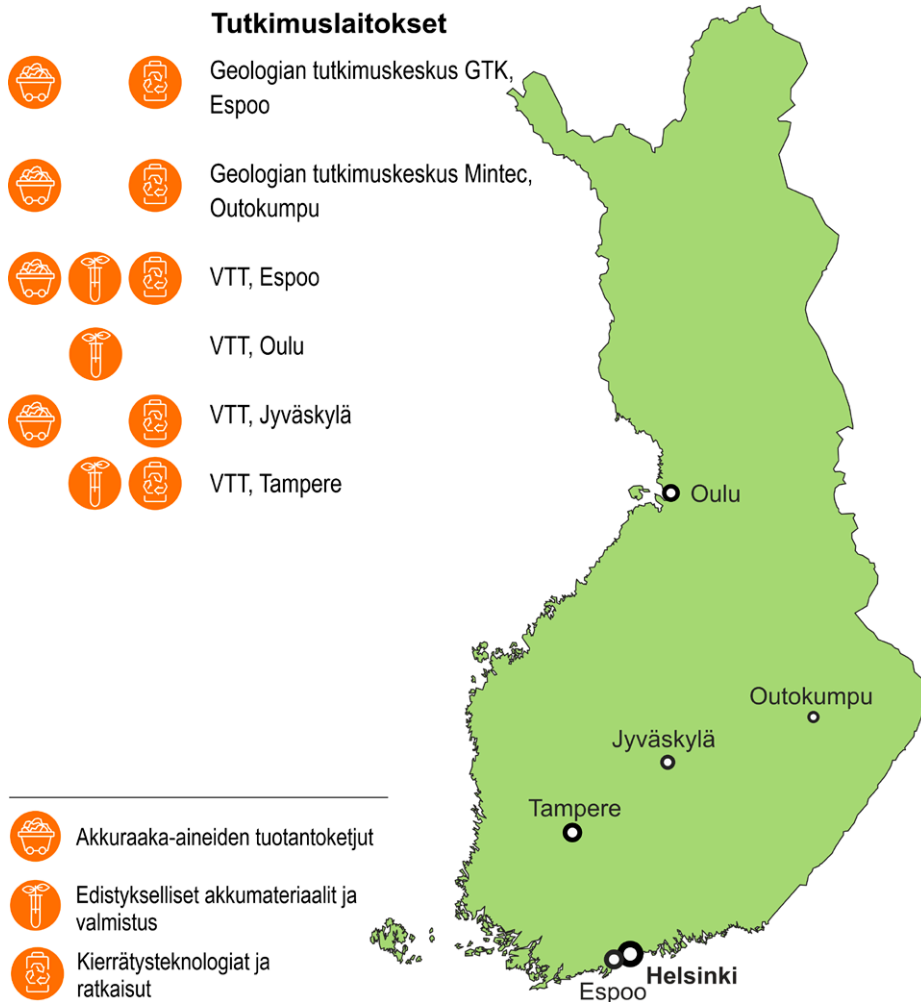
3.2.1 Korkeakoulujen ja tutkimuslaitosten tutkimusinfrastruktuurit

Kestävien akkumateriaalin alateemaan liittyvät tutkimuksen infrastruktuurit yliopistoissa ja tutkimuslaitoksissa on esitetty kuvioissa 6 ja 7. Kestävien akkumateriaalien osalta kyselyyn saatiin kattavasti vastauksia erityisesti yliopistoilta ja tutkimuslaitoksista, joiden perusteella pystyttiin muodostamaan kuva avoimista tutkimusinfrastruktuureista. Akkuraaka-aineiden tuotantoketjuihin sekä kierrätysteknologioihin liittyvät infrastruktuurit sisältävät kyvykkyydet primääristen ja sekundääristen materiaalien prosessointiin ja mekaaniseen esikäsittelyyn kuin myös esimerkiksi hydrometallurgisiin tekniikoihin. Akkumateriaalien (pCAM, CAM ja anodi) valmistukseen kykenevistä infrastruktuureista löytyy monista myös kennojen valmistus ja testausosaamista.

Kuvio 6. Yliopistojen tutkimusinfrastruktuureja kestävä akkumateriaalit -teemaan liittyen.



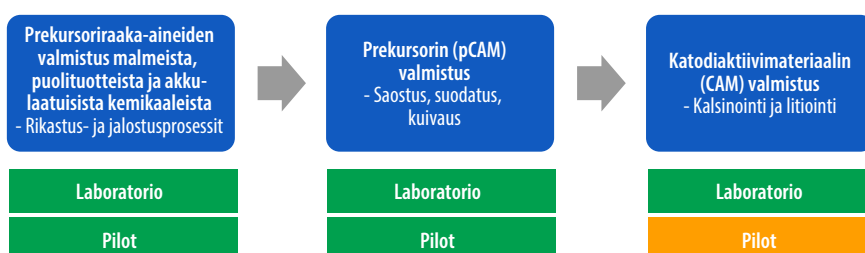
Kuvio 7. Akkuklusterin kestävät akkumateriaalit tutkimuslaitosten kokeellista toimintaa Suomessa.



Kartalla esitettyjen toimijoiden infrastruktuurit on esitelty tarkemmin selvityksen liitteissä. Selvityksen perusteella voimme todeta, että avoin tutkimusinfrastruktuuri palvelee varsin kattavasti erityisesti primääristen ja sekundaaristen akkuraaka-aineiden talteenottoa ja jalostusta. Erilaisia yksikköprosesseja ja niitä tukevaa analytiikkaa pystytään kehittämään laboratoriomittakaavassa useissa organisaatioissa eri puolella Suomea. Rikastus- ja hydro-metallurgisten prosessien kehitykseen on myös useita testiympäristöjä suuremmissa pilot-mittakaavassa. Nämä testiympäristöt ovat myös ulkopuolisten toimijoiden käytössä esimerkiksi asiakasprojektien ja yhteisrahoitteisten hankkeiden kautta. Olemassa olevien infrastruktuurien ja osaamisen lisäksi huomioitavaa on teollisten toimijoiden runsas lukumäärä, joka mahdollistaa demonstroinnin myös teollisessa mittakaavassa. Edistystä voisi tapahtua edelleen vieläkin tehokkaamman yhteiskäytön kautta ja siten että eri toimijat

tuntisivat paremmin olemassa olevan tutkimusinfrastruktuurin mahdollisuuksia. Katodi-
materiaalien valmistusprosessia ja olemassa olevia avoimia tutkimusinfrastruktuureja on
havainnollistettu Kuviossa 8.

Kuvio 8. Katodiaktiivimateriaalin jalostusprosessi ja olemassa olevat tutkimusinfrastruktuurit Suomessa.



Seuraavassa esitellään joitakin esimerkkejä akkumateriaalien jalostuksen tutkimusinfrastruktuureista sekä laboratorio- että suuremmissa mittakaavassa. Tutkimusinfrastruktuurien tarkemmat kuvaukset löytyvät selvityksen liitteissä.

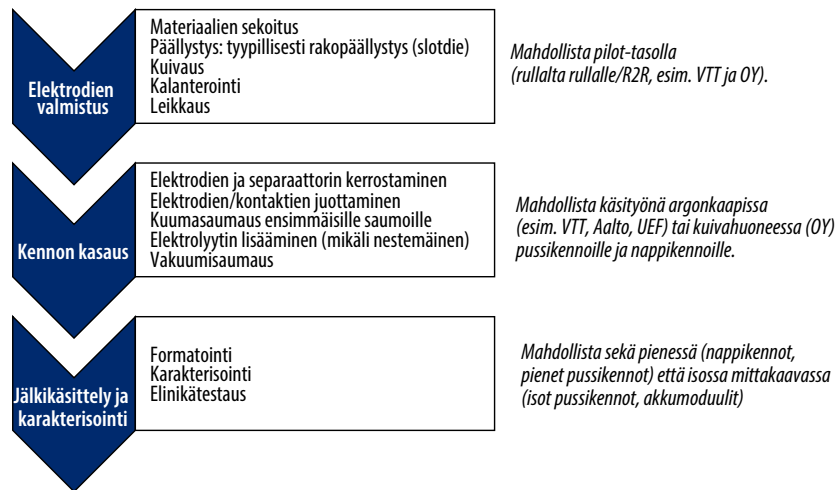
- Oulun Yliopiston eri yksiköillä on infrastruktuuria akkumateriaalien tutkimukseen koko arvoketjussa. Oulu Mining Schoolin (OMS) tutkimuskeskus tarjoaa mm. akkumineraalien tuotantoon liittyviä liuotus- ja vaahdotuslaboratorion palveluita, geokemiallisia palveluita ja kaivosteknisiä palveluita. Tutkimuskeskukseen kuuluu myös pilottitehdas, joka soveltuu akkumineraalien vaahdotustutkimukseen. Tämän jatkuvatoimisen ja automatisoidun pilotin käsittelykapasiteetti on 70 kg/h. Tämän lisäksi Oulun yliopiston tutkimusinfrastruktuuri sisältää esimerkiksi akkumateriaalien valmistuksessa käytettäviä saostusreaktoreita sekä akkumateriaalien ja -kennojen karakterisointimenetelmiä.
- Espoon Otaniemessä sijaitsevassa Circular raw materials hubissa sijaitsevat Aalto-yliopiston, GTK:n ja VTT:n epäorgaanisten materiaalien kiertotalouteen liittyviä tutkimusinfrastruktuureja, jotka ovat osa FIRI-RAMI tutkimusinfrastruktuuria. Aalto-yliopiston Circular Raw Materials -infrastruktuuri (RAMI) käsittelee laboratoriomittakaavan laitteistot mineraalien ja sekundääristen raaka-aineiden prosessointiin ja mekaaniseen esikäsittelyyn, samoin kuin hydrometallurgiseen, pyrometallurgiseen ja sähkömetallurgiseen jalostukseen tarvittavat laitteistot. Tutkimus on keskittynyt erityisesti akkukierrätystutkimukseen ja sisältää turvallisen LIB LAB -tila teollisen akkumateriaalikierrätyksen tutkimiseen. GTK:n tutkimuslaboratorio sisältää kattavan valikoiman menetelmiä mineraalisten materiaalien analysointiin. VTT:llä hydrometallurgian,

mekaanisen käsittelyn ja karakterisoinnin laboratorio sisältää laboratoriomittakaavan kyvykkyydet liuotus-, saostus- ja ioninvaihtokokeille ja näytteenkäsittelylle.

- VTT Bioruukki pilotointikeskuksessa Espoossa on monipuolinen hydrometallurgian FlexMet-pilotyksikkö sekä siihen liittyvää analytiikkaa ja pienempiä koelaitteita. Niissä tehdään pääasiassa panos- ja jatkuvatoimisia pilotmitan koeajoja liittyen metallien talteenottoon malmeista, jätteistä tai kierrätysraaka-aineista. Lisäksi VTT:llä on erotustekniikan tutkimusympäristö Jyväskylässä, jossa panostetaan erityisesti teollisuuden ja kaivosten vesien hallintaan ja puhdistukseen.
- GTK Mintecin Outokummun koetehdas ja laboratoriot ovat keskeinen fasiliteetti uuden kaivostoiminnan ja alkuvaiheen mineraalien prosessoinnin tutkimukseen, kuten erilaisiin akkumineraalien rikastustutkimuksiin ja koeajoihin tutkimusprojekteissa ja suorissa asiakastoimeksiannoissa. Mintecin koetehdas mahdollistaa rikastustutkimukset ja koeajot tutkimusprojekteissa ja suorissa asiakastoimeksiannoissa jopa tuhansien tonnien materiaalierille. Lisäksi tutkimusinfrastruktuuri sisältää minipilotin sekä rikastustekniikan ja prosessimineralogian laboratoriot.
- LUT-yliopisto sisältää on noin 3 000 m² laboratoriotilat eri erotusteknologioiden (esim. neste-nesteuutto, ioninvaihto, kalvoerotus, suodatus, kiteytys) kehitykseen koeputkimittakaavasta jatkuvatoimisiin kuutiokonttimittakaavan erotuslaitteistoihin. Akkuarvoketjussa toiminta kohdistuu erityisesti primäärituotannon vesien hallintaan ja sivuvirtoihin (ml. jätteet) sekä kierrätyksessä tarvittaviin yksikköoperaatioihin.

Vaikka Suomessa ei toistaiseksi ole teollisen mittakaavan litiumioniakkukenojen tuotantoa tai aktiivielektrodimateriaalien valmistusta, kyvykkyyksiä esimerkiksi laboratoriomittakaavan kenovalmistuksen osalta löytyy jo useista organisaatioista. Myös edistyneiden akkumateriaalien osalta useilla organisaatioilla on tutkimusinfrastruktuuria sisältäen pilot-mittakaavan fasiliteetteja elektrodimateriaalien valmistukseen. Uudenlaisten akkumateriaalien ja rakenteiden tutkiminen edellyttää myös jatkuvaa tutkimusinfrastruktuurien kehittämistä, sillä esimerkiksi kiinteän elektrolyytin kenojen valmistus eroaa joiltakin osin perinteisten nestemäistä elektrolyyttiä sisältävien kenojen kokoamisesta. Kuvio 9 kuvaa suomalaisten tutkimuslaitosten ja yliopistojen tutkimusinfrastruktuuria akkukenojen valmistukseen liittyen.

Kuvio 9. Suomalaisen tutkimuslaitosten ja yliopistojen akkukenttien valmistuksen tutkimusinfrastruktuuri.



Seuraavissa kappaleissa on kuvattu lyhyesti organisaatioita, joilla on tutkimusinfrastruktuuria kenttien kokoamiseen ja elektrodimateriaalien valmistukseen erilaisilla prosesseilla. Tarkemmat kuvaukset löytyvät selvityksen liitteistä. Vaikka tekeminen tällä hetkellä on painottunut litiumioniakkujen tutkimukseen, on hyvä huomioida, että osa menetelmistä sopii myös muun tyyppisten akkusovellusten kehitykseen, kuten esimerkiksi alempana esitellyt Printocentrin päälystys- ja painoprosessit.

Kokkolan yliopistokeskus Chydeniuksen, Oulun yliopiston ja Centria-ammattikorkeakoulun vuonna 2011 perustettu yhteinen akkumateriaalien tutkimusympäristö Kokkolassa sisältää tilat alkaen akkukemikaalien valmistuksesta, katodimateriaalien litiointiin sekä akkukenttien valmistukseen ja sähkökemialliseen testaamiseen asti. Tutkimusinfrastruktuuri sisältää mahdollisuuden sekä nappikenttien, että pussikenttien valmistukseen kuivahuoneessa tai argon-ilmakehässä hansakaapissa. Saostuslaboratorio mahdollistaa uusien akkukemikaalien valmistuksen, erityisesti katodiprekursorien jatkuvatoimisen keraosaostuksen sekä siihen liittyvän tarpeellisen analytiikan.

Laboratoriotason päälystyslaitteita, akkukenttien kokoamisen (pienemmät nappikentät ja/tai pussikentät) ja karakterisoinnin infrastruktuuria on useilla organisaatioilla. Aalto-yliopistossa on akkututkimukseen liittyen laboratoriotilat aktiivisten materiaalien synteisiin korkean lämpötilan uuneilla, akkukenttien kokoamiseen sekä sähkökemiallisiin tutkimuksiin laboratoriomittakaavassa. Lisäksi Aalto-yliopistossa on ALD-reaktoreita erilaisten ohutkerrosten valmistukseen akkukenttien valmistukseen.

Itä-Suomen yliopistossa on laitteistoja akkujen aktiivimateriaalien synteisiin eri menetelmillä niin laboratorio- kuin myös pilot-mittakaavassa sekä akkukennojen kokoamisen sekä sähkökemiallisen karakterisoinnin mahdollistava infrastruktuuri laboratoriomittakaavassa. Tutkimus on keskittynyt erityisesti uuden sukupolven pii-materiaaleihin, sekä nanomateriaalien valmistukseen (Funktioamat-pilot, 1 kg/h).

VTT:llä on 2020 laajennettu akkukennojen valmistuksen kehitysympäristö, joka tarjoaa mahdollisuuden elektrodien valmistukseen erilaisia painatus- ja pinnoitusvalmiuksia sekä kalanterointia hyödyntäen sekä laboratorio- että pilotmittakaavassa. VTT on ottanut Oulun PrintoCent pilot-ympäristön käyttöön akkukerrostojen valmistamiselle ja käytössä on myös sekä Espoon että Oulun laboratoriotason painatus- ja päällystyslaitteet. Lisäksi VTT on rakentanut Espooseen valmiudet nappi- ja pussikennojen kokoonpanoon argonkaapissa sekä laajentanut niiden sähköistä ja rakenteellista karakterisointi-infraa. Elektrodimateriaalien valmistukseen VTT Bioruukki tarjoaa mahdollisuuden akkuihin tarvittavan elektrodihien tutkimukseen ja valmistukseen.

VTT:n, Oulun yliopiston, Oulun ammattikorkeakoulun ja Printocent pilottitehdas Oulussa tarjoaa pilot-tason päällystys- ja painoprosessit (Kuvio 10) akkujen eri kerroksille: max 30 cm leveät kerrokset mahdollisia, pituus voi olla satoja metrejä. Leikkaus onnistuu KISS cutting -menetelmällä rullamuodossa, pienemmässä mittakaavassa käytössä erilaisia leikkureita. Printocent on ns. "open access" tutkimusympäristö, jonka toiminnassa on mukana lähes 100 yritystä 4 eri mantereelta vuosittain sopimustutkimuksessa ja tuotekehityksessä ja yli 200 yritystä yhteisrahoitteisissa projekteissa.

Kuvio 10. MAXI-pilottipaino- ja päällystyslinja VTT:llä (vasemmalla), konversiolinja (oikealla)



3.2.2 Yritysten tutkimusinfrastruktuurit

Kuviossa 10 on koottu kestävien akkumateriaalien ja valmistuksen alateemassa toimivia yrityksiä Suomessa. Selvitys yksityisen sektorin tutkimusinfrastruktuureista ei kuitenkaan

ole täydellinen, sillä yritysten tutkimusinfrastruktuurit palvelevat pääasiassa vain heidän omaa T&K-toimintaansa eikä infrastruktuurien tarkempaa sisältöä ole avattu julkisesti.

Esimerkiksi katodimateriaalien valmistuksessa tarvittavien kemikaalien ja esiasteiden osalta Suomessa on lukuisia isoja toimijoita raaka-ainesektorilla, kuten Terrafame, Keliber, BASF, Umicore, Jervois Mining, Nornickel ja Boliden, joita kaikkia ei ole Kuvion 10 karttaan sisällytetty. Anodimateriaalien puolella mielenkiintoinen tuore avaus on Stora Enson Kotkaan rakenteilla oleva koetehdas, jossa ligniinistä tuotetaan biopohjaista kovahiiltä litiumioniakkujen anodimateriaaliksi. Monet näistä toimijoista ovat aktiivisia akkusektorilla esimerkiksi erilaisissa yhteisrahoitteisissa T&K -hankkeissa, mutta toimijoiden tutkimusinfrastruktuurit eivät ole muuten avoimia ulkopuolisille toimijoille, eikä niiden kuvauksia ole siksi sisällytetty tämän selvityksen liitteisiin.

Akkujen kierrätystä Suomessa kehittävät mm. Fortum, Akkuser ja Kuusakoski. Näistä Fortum Waste Solutionsilla on litiumioniakkujen kierrätykseen mekaaninen esikäsittelylaitos Ikaalisissa ja hydrometallurginen prosessointilaitos Harjavallassa. Lisäksi Raisiossa on tutkimus- ja pilottilaitos. Kuusakoskella on kierrätysmenetelmien testausta ja pilotointia Lahden tutkimuskeskuksessa, Espoon tuotantolaitoksella ja Heinolan tehtailla. Näihin liittyvät tutkimusinfrastruktuurit eivät ole ulkopuolisten toimijoiden käytössä. Myös Akkuserilla on akkujen/paristojen kierrätyslaitos, missä teknologiaa kehitetään käytössä olevassa prosessissa.

AKKUMATERIAALIEN TUTKIMUKSEN JA KIERTOTALOUDEN EDISTÄMISTÄ YHTEISHANKKEESSA

BATCircle 2.0 -hanke jatkaa teollisuuden ja tutkimuslaitosten yhteistyön syventämistä

Yhteiset tutkimushankkeet ovat tehokas tapa lisätä yhteistyötä ja edistää eri toimijoiden pääsyä tutkimusinfrastruktuureihin. Esimerkki meneillään olevasta laajasta yhteishankkeesta on BATCircle, jonka tavoitteena on erityisesti akkujen materiaaleihin liittyvän tutkimuksen ja yhteistyön vahvistaminen suomalaisten yritysten ja tutkimuslaitosten välillä. Kansallisen tason lisäksi yhteistyö EU-tasolla on erityisessä fokuksessa. Globaali kilpailu akkusektorilla on kovaa ja suomalaisten toimijoiden mukanaolo eurooppalaisissa yhteistyöelimissä ja kansainvälisissä tutkimushankkeissa tärkeää.

Vuonna 2019 alkanut BATCircle -hanke sai jatkoa, kun Business Finland myönsi BATCircle 2.0 –konsortiolle rahoituksen kolmeksi vuodeksi eteenpäin. Hankkeessa on mukana 21 organisaatiota ja se on keskittynyt erityisesti akkumetallien tutkimukseen ja akkujen kiertotalouden edistämiseen. Tekniset työpaketit käsittävät akkumetallien koko arvoketjun malmien tehokkaasti hyödyntämisestä metallien ja elektrodimateriaalien prosessointiin ja lopulta kierrätykseen. (BATCircle, 2021)

Kuvio 11. Akkuklusterin kestävätkä akkumateriaalit yritysten kokeellista toimintaa Suomessa esitettyinä kartalla



Akkuraaka-aineiden prosessointia ja jalostusta ajatellen Metso Outotecin tutkimuskeskus Porissa sisältää kyvykkyydet koetehdasmittakaavan koetoimintaan pyro- ja hydrometallurgian teknologia-alueilla. Analyysipalveluja akkuarvoketjulle tarjoavia yrityksiä ovat esimerkiksi Feasib ja X-ray Mineral Services Finland (XMS Finland). Näistä Feasib tarjoaa epäorgaanista analytiikkaa sekä sertifioitua näytteenottopalvelua erityisesti kaivossektorille. XMS Finland on 2020 perustettu Hafren Scientific groupin osa, joka tarjoaa analyysi- ja asiantuntijapalveluita mm. akkuarvoketjulle. XMS Finlandin tavoitteena on perustaa uusi analyysilaboratorio Suomeen palvelemaan akkusektoria, tämän hetkiset tilat ovat Iso-Britanniassa.

Edistyksellisten akkumateriaalien ja -rakenteiden tutkimuksen yksityisistä infrastruktuureista mainittakoon Pulsedeon ja Beneq. Pulsedeon kehittää materiaaliratkaisuja seuraavan sukupolven litiumioniakkuihin erityisesti pulssilaserpinnoitusmenetelmällä. Beneqillä on ALD-pinnoituspalveluja, jotka ovat hyödynnettävissä yhteistyöhankkeissa ja asiakkaiden toimeksiannoissa sisältäen akkurakenteiden kehitystyön. Seuraavan sukupolven akkumateriaalien ja -tyyppien kehityksestä ja tutkimuslaitosten ja yritysten yhteistyöstä esimerkkinä on meneillään oleva Business Finlandin rahoittama NextGenBat-hanke, jossa mm. edellä mainitut toimijat ovat mukana (NextGenBat, 2021). Uudenlaisia akkukemioita kehitetään myös esimerkiksi start-up -yrityksissä, kuten Broadbit Batteries ja Geysler Batteries.

3.2.3 Verkostot ja kumppanuudet

Kestävien akkumateriaalien osalta on useita tutkimusinfrastruktuureja, yhteistyöverkostoja ja meneillään olevia hankesuunnitelmia, jotka tähtäävät muun muassa uudenlaisten toimintamallien luomiseen ja infrastruktuurien tehokkaampaan hyödyntämiseen. Seuraavassa kuvataan näitä verkostoja ja kumppanuuksia, jotka palvelevat akkuarvoketjun eri vaiheita primääristen materiaalien prosessoinnista, valmistusmenetelmiin ja materiaalien kiertotalouteen.

Suomen Akatemian FIRI-tutkimusinfrastruktuuri RAMI (Circular Raw Materials research Infrastructure) on Aalto-yliopiston, GTK:n ja VTT:n tutkimusinfrastruktuuri, joka on keskittynyt epäorgaanisten materiaalien ja kestävien energiaratkaisujen kiertotalouteen (RAMI, 2021). Samojen toimijoiden Circular Raw Materials Hub -yhteislaboratorio Otaniemessä Espoossa on strateginen infrastruktuurikonaisuus, joka on keskittynyt epäorgaanisten materiaalien ja metallien tutkimukseen ja uuden liiketoiminnan luomiseen niiden kierrätykseen ja talteenottoon. Yhteislaboratorio hakee synergioita näiden tutkimusalueiden tutkimukseen ja kehittämiseen sekä palvelee tutkimusta ja teollisuutta mm. akkuteollisuuden osalta (GTK, 2020).

Suomen Akatemian painetun älykkyyden FIRI-infrastruktuurissa (Printed Intelligence, PII) ovat mukana Oulun yliopisto, VTT, Tampereen teknillinen yliopisto ja Åbo Akademi (Oulun yliopisto, 2021a). PII-infrastruktuuri sisältää tutkimus- ja pilottivalmistusinfrastruktuurin, joka kattaa tutkimus-/kehityspolun materiaalien ja toiminnallisen painatuksen kautta komponentteihin ja laitteisiin sekä piireihin ja järjestelmiin asti. Akkusovelluksille käytävissä olevia prosesseja ovat uusien materiaalien synteesi, musteiden formulointi ja pilot-mittakaavan rullalta rullalle (R2R) -prosessit. Oulun yliopiston on R2R -prosessit ovat myös osa alla kuvattua Printocent -kokonaisuutta.

Printocent on VTT:n, Oulun Yliopiston, Oulun AMK:n ja Business Oulun perustama painetun älyn pilottitehdas, joka tarjoaa ainutlaatuisen rullalta rullalle (R2R) pilottivalmistusympäristön elektrodien valmistukseen. Tämä pilottitehdas on ns. "open access" tutkimusympäristö ja sen toiminnassa on mukana lähes 100 yritystä 4 eri mantereelta vuosittain sopimustutkimuksessa ja tuotekehityksessä ja yli 200 yritystä yhteisrahoitteisissa projekteissa (Printocent, 2021).

Suomen Geotieteiden Tutkimuslaboratorio (SGL) on GTK:n, Aalto-yliopiston, Helsingin yliopiston, Turun yliopiston, Oulun yliopiston ja Åbo Akademin yhteishanke geotieteellisessä tutkimuksessa. SGL:n tavoitteena on edistää Suomen mineraalipotentialin kartoitusta tuottamalla tietoa kallioperämme kehityksestä sekä tekemällä muuta aiheeseen liittyvää menetelmäkehitystä. (GTK, 2021)

Esimerkki uudesta alueellisesta yhteistyöstä on Ylivieskan Akkupuisto (Battery Recycling Innovation Park), joka kokoaa yhteen ajoneuvojen litiumioniakkujen kierrätykseen ja kiertotalouteen keskittyviä yrityksiä ja T&K-toimijoita. 2020 perustettu Akkupuisto on akkuteollisuuden ja siihen liittyvään kiertotalouteen keskittyvä innovaatiopuisto, jossa yrityksillä ja T&K-toimijoilla on mahdollisuus käynnistää tuotekehityshankkeita, liiketoimintaa ja kansainvälistä yhteistyötä aktiivisessa ja verkottuneessa toimintaympäristössä. Battery Recycling Innovation Park -hankkeen tavoitteena on synnyttää Ylivieskaan uutta akkuteollisuuden ja akkujen kierrätykseen liittyvää yritystoimintaa ja hankkeen yritys- ja kumppaniverkoston kuuluu noin 60 koti- ja ulkomaista yritystä ja T&K-toimijaa. BR Pilot Plant rinnakkaishankkeessa selvitetään mahdollisuuksia toteuttaa litiumioniakkujen pilot-tikierrätyslaitos ja virtuaalinen kehittämissympäristö (koetehdas) osana innovaatiopuistoa. Akkupuisto-hankkeen tavoitteena on edistää T&K-hankkeita esimerkiksi akkujen testaukseen ja kunnan arviointiin, second life -ratkaisuihin, design for recycling -suunnitteluun, käytettyjen akkujen käsittelyprosessin automatisointiin ja robotiikkaan, sekä turvallisuuden liittyen. (Akkupuisto, 2021)

Outokumpu Sustainable Mining Solutions – Business Hub on rakenteilla oleva yhteistyöverkosto, joka pohjautuu GTK Mintecin tutkimusalustan kehityskokonaisuuteen. Muodostettava yhteistyöverkosto keskittyy erityisesti sivukivien ja rikastushiekkojen sekä niihin

liittyvän vesienkäsittelyn hallintaan. Keskeisenä teemana toimii älykkäät mallinnus- ja simulointiratkaisut. Business Hubin asteittainen käynnistäminen ajoittuu vuoden 2023 puolelle. Suunnitteilla on sivukiveen ja rikastushiekkaan liittyvät palvelupaketit, joita verkosto voisi tarjota yhdessä kumppaneiden kanssa.

3.3 Tutkimusdatan hyödyntäminen

Liikenteen nopea sähköistyminen ja työkonoiden alkava sähköistyminen vaativat monipuolista tutkimus- ja kehittämisotetta erityisesti akkualalla. Tutkimusdataa on voitava hyödyntää esimerkiksi tekoälyn avulla, mikä asettaa erityisiä vaatimuksia datalle ja sen hallinnoinnille. Ylipäänsä digitalisaation ja automaation hyödyntäminen ovat keskeisessä roolissa tutkimuksessa ja kehittämisessä, sillä pelkästään perinteisillä kokeellisilla menetelmillä ei pysytä riittävän nopeassa kehityksen tahdissa.

Tekoälyn laajamittainen soveltaminen vaatii tutkimusdatan tehokasta ja kattavaa hyödyntämistä. On ensiarvoisen tärkeää hallinnoida tutkimusdataa tavoilla, joilla edustavia tietokantoja ja tulosaineistoja saadaan käyttöön. Lisäksi akkukemiat ja akkumateriaalit tutkimusaiheena ovat luonteeltaan aihealue, jossa esimerkiksi uusia materiaaleja ei kyetä kehittämään riittävän nopeasti teollisuuden ja yhteiskunnallisiin tarpeisiin pelkästään perinteisillä kokeellisilla menetelmillä, eli esimerkiksi tekoälyyn ja materiaalien monitasomallinnukseen liittyviä menetelmiä tarvitaan kiihdyttämään kehityssykliä. Tämä taas asettaa edellä mainittuja vaatimuksia tutkimusdatan hyödyntämiselle.

Alle on tunnistettu ja lyhyesti kuvailtu eri tutkimusdatan lähteitä akkuihin ja erityisesti akkumateriaaleihin liittyen sekä lyhyesti kuvailtu datan hyödyntämistä sekä myös edellytyksiä, haasteita ja mahdollisuuksia.

3.3.1 Kokeellisesti tuotettu data

Kokeellinen data on toisaalta arvokkainta, toisaalta kustannustehottominta dataa. Nykyisellään akkuklusteri tai itsenäiset toimijat eivät yleensä systemaattisesti kerää, suodata ja yhdistele (kuratoi), eivätkä hyödynnä kokeellisia tiedonlähteitä yli yksittäisten hankkeiden. Tutkimustiedon hallintajärjestelmiä ei hyödynnetä siten, että prosessit toimisivat mahdollisimman automatisoidusti, jäljitettävästi ja data olisi käytettävissä ja varastoitu jatkokäyttöä varten, esimerkiksi yksittäisen koesarjan jälkeen.

Hankkeet EU tasolla ovat enenevässä määrin siirtymässä kohti mallia, jossa tutkimusdata julkaistaan julkisissa palveluissa. Tämä parantaa kokeellisen tulosaineiston tiedonhallintaa

ja edistää avoimuutta. Esimerkkinä tästä ovat Battery 2030+ -hankekokonaisuuteen sisältyvät hankkeet (Battery 2030+, 2021).

EU ohjelmat, kuten H2020, ovat luoneet metadatan, ontologioiden ja FAIR-periaatteiden käsitteistön. Tästä käsitteistöstä voidaan johtaa menetelmät, jotka muodostavat vaadittavan lähtötason datan hyödyntämisessä. Tiedonhallinta pitää olla vähintään tällä lähtötasolla, tai sen yläpuolella, kun menetelmiä edelleen kehitetään.

3.3.2 Laskennallisilla menetelmillä tuotettu data

Tietokanta ja materiaalidatan kuratointiin keskittyvät palvelut yli kansallisten rajojen sisältävät merkittävän määrän akkujen aihealueeseen liittyvää dataa. Laskennallisilla menetelmillä, kuten tiheysfunktioaalipohjaisella laskennalla, kyetään tuottamaan systemaattisesti laajoja aineistoja, jotka ovat suoraan hyödynnettävissä mm. tekoälyn (AI, Artificial Intelligence) tarpeisiin. Laskennallisten menetelmien kyky tuottaa tutkimustuloksia on useita kertaluokkia kokeellista suurempia, eli haasteeksi ja mahdollisuudeksi nousee kokeellisen ja laskennallisen datan tehokas ja toisiaan tukeva käyttö osana ongelmanratkaisua.

3.3.3 Tekoäly ja tutkimusdata

Tekoälyn merkitys tutkimusdatan osalta perustuu ajatukseen, että kaikki datan merkityksellinen jatkojalostaminen ja käyttö on käytännössä tekoälyn avulla ratkaistava ongelma. Akkujen ja akkumateriaalien osalta tekoälypohjaiset menetelmät ovat tällä hetkellä lupaa lähentymistä. Niiden avulla saadaan tehokkaasti löydettyä uusia ratkaisuja ja kehitettyä ne teollisen hyödyntämisen vaatimalle valmiusasteelle riittävän nopeasti. Jotta tekoälypohjaiset menetelmät saadaan käyttöön, tarvitaan hyvin hallintoja data-aineistoja.

Esimerkkinä käytännön hankkeista on BIG-MAP -hanke (Battery Interface Genome – Materials Acceleration Platform), joka tähtää tekoälyavusteisen materiaalitutkimuksen avulla kertaluokan nopeutukseen akkumateriaalien kehityksessä. BIG-MAP kuuluu Battery 2030+ -hankekokonaisuuteen (Battery 2030+, 2021).

Tietokantojen ja datan tekoälypohjaisesta analyysistä ja jalostuksesta, osana syväoppimisen menetelmiä, voi tulla tyypillinen ja tuloksekas tapa innovoida uusia ratkaisuja. Data voi olla kokeellista tai laskennallista. Datanhallinnan lisäksi tarvitaan kansallisia ponnisteluja, joilla akkuklusterin TKI-menetelmät ja lähestymistavat päivitetään hyödyntämään ja jalostamaan dataa tekoäly-avusteisesti.

3.4 Tutkimusinfrastruktuurien saavutettavuus

Suomeen investoiville kansainvälisille yrityksille olisi hyödyksi, että tutkimuspalvelut ja -infrastruktuurit olisivat helposti löydettävissä yhdestä paikasta. Nykyiset akkuklusterin toimijat Suomessa tuntevat kohtuullisesti toisensa ja kyvykkyydet, mutta erityisesti uudet toimijat hyötyisivät tällaisesta tiedosta. Suomessa on kaikissa valituissa teemoissa mahdollisuuksia käyttää tutkimusinfrastruktuureja ja olemassa olevia tutkimuspalveluja houkuttelemaan sekä osajia, että invest-in toimijoita. Tämän edistämiseksi hyödyllistä olisi tehdä tutkimusinfrastruktuurien kuvauksista kansainväliseen markkinointiin soveltuvaa englanninkielistä sisältöä. Tämä voi tarkoittaa esimerkiksi omia nettisivuja tutkimuspalvelujen ja -infrastruktuurin markkinointiin, videoita tai tarkoitukseen sopivalla käyttöliittymällä varustettua hakutoimintoa. Joitain esimerkki toteutuksia ovat testbed Sweden (TestbedSweden 2022), RISE:n test & demo hakutoiminto (RISE 2022) ja VTT:n virtual world (VTT 2022).

Tällaista materiaalia voitaisiin tuottaa erityisesti akkuklusterin, tai eri alateemojen ja sovel-lusalojen tarkoituksiin. Kuitenkin kattava tietokanta infrastruktuureista ja sen ylläpitäminen edesauttaisi myös akkuklusterin asiaa kansallisesti, koska kaikilta osin kotimaan toimi-jat eivät tunne toistensa kyvykkyyksiä. Pitkittynyt etätyöskentely – ja siitä seurannut ihmisen kohtaamisten vähentyminen – on voinut hidastaa entisestään aiemmin muiden kes-kustelujen ohessa vaihtuvan hiljaisen tiedon välittymistä (Tieteentekijöiden liitto 2021). Tässä projektissa tehtävä listaus on yksi esimerkki toimenpiteistä, joilla saavutettavuutta voidaan parantaa. Raporttien liitteinä löytyvät hakemistot kuitenkin vanhentuvat melko nopeasti ja eivät ole erityisen helppoja löydettäväksi. Tämän selvityksen tiedot olisi hyvä viedä osaksi kansallista tutkimusportaalia ja järjestää tietojen ylläpitäminen. Lisäksi por-taalia olisi hyvä viestiä. CSC on opetus- ja koulutusministeriön rahoituksella kehittämässä portaalia, johon esimerkiksi tiedot voitaisiin tallettaa.

Akkuklusterin on kuitenkin järjestettävä kansainvälisille yrityksille kohdistettavan sisäl-lön tuottaminen ja käyttäjäkokemuksen mahdollistava rajapinta tiedon jakamiseen. Yllä-pidettävästä tutkimus- ja infrastruktuuritietokannasta voisikin helposti poimia sisältöä tällaiseen markkinointiin. Pidemmällä aikajänteellä infrastruktuurit tulisi verkottaa siten, että kansainväliset toimijat saisivat yhden luukun palvelusta tutkimuskumppaneita ja inf-rastruktuureja esiteltäisiin yhtenä kokonaisuutena tämän sateenvarjon avulla. Toiminta-muoto olisi mahdollista valita siten, että tunnistetun mahdollisuuden jälkeen jokaisella organisaatiolla olisi edelleen tilaisuus tehdä omat jatkokeskustelunsa potentiaalisen asiak-kaan kanssa tai verkostoitua muiden kanssa yhteistä tarjousta varten normaaleilla käytän-nöillä. Eli erillisiä sopimusmalleja ei välttämättä edes tarvittaisi alkuvaiheessa sen tavoit-teen edistämiseksi, että kansainvälisille toimijoille kokemus infrastruktuurien saavutetta-vuudesta voisi parantua merkittävästi. Tällainen infrastruktuurien verkottaminen houkut-telisi kansainvälisiä toimijoita ja invest-in -toimintaa.

Erityisesti erilaisten laboratorioympäristöjen verkottamisessa näin voitaisiin päästä nopeammin liikkeelle verrattuna yhteiskäyttöisyydestä aloittamiseen. Yhteiskäyttöisyyttä ja yhteistyötä voisi kuitenkin syntyä ajan kanssa, kun toimijat oppivat paremmin tuntemaan toisensa ja käytännöt. Infrastruktuurien verkottamiseen tarvittaisiin ainakin sisällön tuottamista ja kansainvälisen kohdeyleisön määrittelyyn, sekä luotujen kontaktien välittämistä yhteisesti tiedoksi. Toimenpiteiden tukena voisi toimia esimerkiksi kirjallinen suostumus osallistuvilta organisaatioilta. Tämä voisi sisältää yhteisen tahtotilan ilmauksen. Toiminta olisi hyvä yhdistää erilaisiin viennin edistämisen toimiin ja akkuklusterin muuhun kansainväliseen toimintaan. Niiden lisäksi tutkimuksen ja opetuksen kansainvälisiin verkostoihin tulisi välittää samaa viestiä ja tämä vaatisi todennäköisesti ulkopuolisen projektiorganisaation tai jonkun osallistuvan organisaation työpanosta. Näiden työpanosten vuoksi infrastruktuurien verkottamiseen akkuklusterilla myös yhteisrahoitteinen projekti-malli voisi toimia, mutta verkottamisen toimintamalliin tai rahoitukseen ei perehdytty tarkemmin tämän selvityksen puitteissa.

3.5 Akkuklusterin tutkimusinfrastruktuurit Euroopassa

Eurooppalaiseen tutkimusinfrastruktuurin tehtiin internet-lähteiden perusteella katsaus alla listattujen organisaatioiden infrastruktuureihin. Kierrätysteknologioiden ja raaka-aineiden teemoja ei sisällytetty katsaukseen. Internet-katsauksessa keskityttiin löytämään referenssejä selvityksessä todettuihin kehityskohteisiin, sekä tekemään yleiskatsaus eurooppalaiseen toimintaympäristöön. Aineisto toimii osin selvitystyön tekijöiden tausta-aineistona ehdotetuille toimenpiteille ja tavoitteena oli lisätä ymmärrystä eurooppalaisesta infrastruktuurista raportissa ehdotettavia toimenpiteitä laatiessa ja priorisoidessa.

Selvityksessä tutustuttiin eurooppalaisten toimijoiden nettisivuihin listassa esitetyn mukaisesti. Euroopassa on muitakin merkittäviä toimijoita, joita ei ole katettu listassa:

- Agencia Estatal Consejo Superior de Investigaciones Cientificas (CSIC), Espanja
- CIC EnergiGUNE, Espanja
- TNO, Hollanti
- Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR ITAE), Italia
- Italian National Agency for New Technologies (ENEA), Italia
- Ricerca sul Sistema Energetico - RSE S.p.A (RSE), Italia
- Austrian Institute of Technology, Itävalta
- Sintef, Norja
- CEA liten, Ranska
- EDF, Ranska
- RISE, Ruotsi

- Swedish Electric Transport Laboratory (SEEL), Ruotsi
- Forschungszentrum Jülich GmbH (FZJ), Saksa
- Fraunhofer, Saksa
- Helmholtz Institute Ulm, Saksa
- Karlsruher Institut für Technologie (KIT), Saksa
- Center for Solar Energy and Hydrogen Research (ZSW), Saksa
- National institute of Chemistry (NIC), Slovenia
- EMPA, Sveitsi
- Technical University of Denmark (DTU), Tanska
- Tomas Bata University in Zlin (TBU), Tsekki
- EU Joint Research Centre (JRC), Hollanti

Selvityksessä käytiin läpi myös eri lähteitä, joista löytyy laajemmin tietoa eri teemojen karitettuista infrastruktuureista ja organisaatioista. Eurooppalaisia energiavarastojen tutkimusinfrastruktuureja on koottu Horizon 2020 rahoitetussa StoRIES hankkeessa, ja tietoja hyödynnettiin myös listassa esitetyn katsauksen tekemiseen (EERA, 2021). Testiympäristöjä ja living labeja puolestaan löytyy ERA-Netin smart energy systems -verkostosta (ERA-Net, 2021), jossa Suomesta mukana ovat Vaasasta Sundom Smart Grid (Merinova 2021), Ahvenmaalta Smart Energy Åland (Smart Energy Åland, 2021) ja Espoosta Smart Otaniemi (Smart Otaniemi, 2021). Hajautettujen energiajärjestelmien ja älyverkkojen tutkimusinfrastruktuureja löytyy myös DERlab infrastruktuuritietokannasta (DERlab, 2021). Akkukenttojen valmistuksen pilot-linjastoja on koottu LiPLANET hankkeessa (LiPLANET, 2021). Eurooppalaisen infrastruktuuri strategian uusi tiekartta julkaistiin selvityksen aikana, mutta akkujen osalta ESFRI:n tiekartalla ei kuitenkaan ole hajautettuja tai paikallisia infrastruktuureja suoraan akkuklusterin alateemoihin liittyen (ESFRI, 2021). Tutkimusinfrastruktuurien verkottumiseen liittyen, akkujen arvoketju voisi olla potentiaalinen teema, jossa suomalaiset toimijat voisivat verkottua eurooppalaisten kumppanien kanssa tavoittelemaan ESFRI:n tiekartalle hajautettua infrastruktuuria pidemmällä aikavälillä.

Tarkasteltaessa eurooppalaisia infrastruktuureja havaitaan, että investointeja tehdään Euroopassa suurempiin teknologiakeskittymiin Suomeen verrattuna. Näistä viimeisimpiä esimerkkejä ovat Fraunhoferin Research Fab Battery Cell yksikkö Saksassa kokonaisinvestointina noin 690 miljoonaa euroa (Fraunhofer, 2021), SEEL sähköisten ajoneuvojen tutkimuskeskus RISE:n ja Chalmersin yhteishankkeena Ruotsiin noin 100 miljoonaa euroa (RISE, 2021) ja SINTEFin 4,5 miljoonaa euron akkulaboratorio investointi Norjaan (SINTEF, 2021). Suomalaisien infrastruktuurien osalta suurempia kokonaisuuksia voitaisiin muodostaa tekemällä enemmän yhteistyötä nykyisten infrastruktuurien kesken ja verkottamalla niistä kansainväliselle markkinalle yhden luokun -periaatteella toimivia yhteenliittyviä.

Mikäli isot teknologiakeskittymät käsitellään erikseen, niin suomalaisten korkeakoulujen ja tutkimuslaitosten infrastruktuurit yleisesti vaikuttavat eurooppalaisiin toimijoihin nähden

laadukkaita ja vertailukelpoisilta. Joiltain osin Suomessa on isojen teknologiakeskitymien lisäksi aukkoja tutkimusinfrastruktuurien laitteistokokonaisuuksissa verrattuna osaan muista maista Euroopassa. Näitä ovat esimerkiksi analytiikkalaitteistot, kuten in-situ ja in-operando analytiikka, sekä akkujen turvallisuustestaus. Akkukennojen in-situ analytiikkaan tarkoitettua laitteistoa lähteissä esimerkiksi CICEnergiGUNE:n laboratoriossa Espanjassa (CICEnergiGUNE, 2021).

Kennovalmistuksen pilot-linjastoista esimerkkinä Austrian institute of Technology pussikennojen valmistukseen kuivahuoneessa (AIT, 2021). Pilot-linjaston tavoitteena on tehdä teollisuutta palvelevaa riskejä pienentävää tutkimusta, jossa kiinnitetään huomiota erityisesti eri prosessivaiheiden optimointiin. Toinen esimerkki kennovalmistuksen tutkimusinfrastruktuurista Saksasta Center for Solar Energy and Hydrogen Research Baden-Württemberg (ZSW), jossa myös automaatiota on hyödynnetty laajasti ja tutkimuspalveluihin kuuluu myös uusien kokoonpanoteknologioiden testaaminen (ZSW, 2021).

Akkujen turvallisuustestauksen osalta eurooppalaiset testilaitokset pystyvät tarjoamaan tuotteiden hyväksyntätestejä akuille. Myös yhteisaloitteet testauslaitosten ja alueen turvallisuusviranomaisten kanssa ovat potentiaalinen yhteistyömalli, jota esimerkiksi DNV ja Twente alueellinen turvallisuusviranomaisen ovat hyödyntäneet (DNV, 2021). Fraunhoferin turvallisuustestauksen laboratorio on toteutettu yhteistyössä Clausthalin yliopiston kanssa (Fraunhofer HHI, 2021).

Suomessa akkujen turvallisuustestauksen infrastruktuuri voisi rakentua yhteisenä aloitteena. Potentiaalisia yhteistyötahoja ovat tutkimuslaitokset ja korkeakoulut, turvallisuustestausta ja -tutkimusta tilaavat yritykset, sekä testauspalveluja tarjoavat yritykset. Tällainen infrastruktuuri voisi palvella monipuolisesti TKI-tarpeita ja opetusta. Toteutus voisi lähteä yhteiskäyttöisyyden periaatteista.

Erilaisia akkutestauksen laboratorioita Euroopassa riittää. Yksi esimerkki akkutestauslaboratoriosta on JRC:llä, jonka tiloihin pääsee tekemään myös virtuaalisen kierroksen lähteissä annetun nettisivun kautta (EU Science Hub, 2021). Akkukennojen testauksen lisäksi JRC:ssä on kehitteillä laboratoriot akkupakettien ja moduulien testaukseen, in-situ analyysiin akkupaketeille ja akkujen väärinkäyttöttestaukseen.

Latausjärjestelmien pienimittakaavaisia testialustoja on olemassa jonkin verran Euroopassa, esimerkiksi saksalainen Mobility2grid (2021). Ison mittakaavan ja suuren lataustehon testialustat ovat suurelta osin vasta suunnitteluvaiheessa, kuten esimerkiksi juuri alkaneen Saksan kansallisen Holo-hankkeen (Holo 2021) megawattiluokan kuorma-autojen lataustestialusta. Latausjärjestelmien kehityksessä ja avoimissa testiympäristöissä Suomella olisi siis mahdollisuus olla edelläkävijöiden joukossa, esimerkiksi raskaan liikenteen latauksen ja megawattiluokan lataustehojen suhteen.

Suomen ei kannata pyrkiä tutkimusinfrastruktuurien osalta investointikilpailuun suurimpien teknologiakeskittymien kanssa. Järkevästi kohdistetuilla investoinneilla ja verkottumalla, kokeellisen toiminnan valmiudet Suomessa tarjoavat jatkossakin kiinnostavan ympäristön monille hankkeille eurooppalaisten kumppanien kanssa.

Kuitenkin tutkimusinfrastruktuureihin investoiminen edesauttaa osallistumista erilaisiin tutkimushankkeisiin, joten eurooppalaisessa tutkimusympäristössä ajankohtaisena pysyminen edellyttää myös nykyisten laboratorioiden kehitystä, laajojen testiympäristöjen toteutusta ja tiettyjen aukkojen täyttämistä. Vahvuuksina tulisi kehittää verkottumista kansallisesti ja erilaisiin eurooppalaisiin verkostoihin liittymistä. Suomalaiset yritykset, korkeakoulut ja tutkimuslaitokset ovat hyvin mukana eurooppalaisissa arvoketjuissa. Tutkimusinfrastruktuurien ja Suomessa tehtävän kokeellisen toiminnan esille tuominen laajempänä kokonaisuutena näissä yhteyksissä voisi houkutella lisää eurooppalaisia toimijoita yhteistyöhön ja investointeihin.

4 Tutkimusinfrastruktuurien kehityskohteet

Tehdyn selvityksen pohjalta on pystytty tunnistamaan joitain puutteita tutkimusinfrastruktuureissa eri teknologisilta osa-alueilta. Tässä kappaleessa kuvataan tarpeita kansallisen tutkimusinfrastruktuurin parantamiseen. Vain harvat näistä tarpeista ovat pullonkauloja nykyisissä TKI-hankkeissa, vaikka joitain selkeitä puutteitakin pystyttiin tunnistamaan. Pääosin kehitystarpeet nousevat kansainvälisen kilpailun ja sähköistymisen ennakoidusta kehityksestä lähivuosille, sekä samanaikaisesta akkuklusterin tavoitteesta olla vuonna 2025 edelläkävijänä valituissa teemoissa. Näihin tarpeisiin vastaamiseksi tässä kappaleessa esitetään konkreettisia investointitarpeita.

Samalla on kuitenkin huomautettava, että akkuklusterin tutkimusinfrastruktuurien kehittäminen ei ole ainoastaan teknologinen haaste. Toimijoille tehdyssä kyselyssä ja käytetyssä muussa tausta-aineistossa korostuvat monet muut näkökulmat. Ensin on mainittava osaaminen, jota ilman yksikään tutkimusinfrastruktuuri ei pysty tuottamaan arvoa yhteiskunnalle tai toimijoille. Osaamisen kehittämistä tarvitaan paitsi huippututkimuksen niin myös monipuolisen teknisen henkilökunnan ylläpitämiseksi. Laitteilla tutkimusta tekevien henkilöiden osaaminen tuottaa innovaatioita, eivät laitteet. Lisäksi laitteet eivät kykene yksin palvelemaan tutkimusyhteisön tarpeita, vaan tarvitaan monipuolinen ja osaava tekninen henkilökunta käyttämään laitteita. Korkeakoulujen, tutkimuslaitosten ja yritysten välisellä yhteistyöllä tulisi tähdätä laadukkaisiin kokeellisen toiminnan oppimisympäristöihin, jotka ovat hyödynnettävissä myös eri tutkimusvaiheiden käyttöön.

Vastaavasti tutkimusinfrastruktuurien kehittämisen ja etenkin verkottamisen keskeinen tekijä on vuorovaikutus ja yhteistyö. Koronapandemia on osaltaan hankaloittanut toimijoiden tutustumista toisiinsa sekä hiljaisen tiedon siirtymistä organisaatiosta toiseen. Akkuklusterin merkitys ihmisten ja organisaatioiden linkittäjänä yhteisen tavoitteen äärelle on olennainen, kun halutaan kehittää ja uudistaa tutkimusinfrastruktuureja. Paitsi ihmisten välillä vaihtuvaa tietoa, tarvitaan myös ajantasaista ja saavutettavaa tietoa muiden kyvykkyyksistä. Tieto siitä mitä muut osaavat ja minkälaisia tutkimusinfrastruktuureja on käytettävissä voi olla yksi merkittävimmistä tekijöistä, kun harkitaan uusia kumppanuuksia. Tämän avulla voidaan välttää myös päällekkäisiä investointeja ja lisätä yhteiskäyttöisyyttä.

Tutkimusinfrastruktuurin kehittäminen vaatii myös valintoja painotuksista arvoketjussa. Vahvuusalueina kaivoksiin ja kierrätykseen liittyviä aiheita tulisi edelleen kehittää. Toisaalta edullista olisi myös tehdä uusia aluevaltauksia ja synnyttää arvoketjun keskivaiheille

toimintaa kennorakenteiden ja -materiaalien, sekä seuraavan sukupolven akkuteknologioiden ympärille rakentuvan valmistavan teollisuuden ja vientitoiminnan kehittämiseksi. Kuinka katetaan koko arvoketju, vahvistaen vahvuusalueita ja samalla uudistuen korkean jalostusasteen akkuvalmistuksen osa-alueella? Ainakin yksi mahdollisuus löytyy tutkimusinfrastruktuurien ympärille muodostuvista vertikaalisista kumppanuuksista sekä valmiiden osaamisalueiden yhteistyöstä horisontaalisesti toisiaan täydentäen. Korkean jalostusarvon toimintaan ja uusien aluevaltausten tekemiseen sisältyy myös korkeampia epävarmuuksia ja markkinariskejä, joita hankkeisiin ryhtyvien toimijoiden on pyrittävä hallitsemaan ja osittain vain hyväksyttävä. Tämä osaltaan rajaa myös toimijajoukkoa, joka on tällaisista hankkeista kiinnostuneita.

Rahoituksella on myös merkittävä rooli tutkimusinfrastruktuurien uudistajana. Rahoitusta ei ole laajasti käsitelty tässä selvityksessä, mutta olemassa olevien infrastruktuurirahoitusten hyödyntäminen tunnistettuihin kehityskohteisiin, sekä erilaisten innovaatioinfrastruktuurien muodostaminen toimenpiteinä tukevat tässä selvityksessä tehtyjä havaintoja. Lisäksi erilaiset tukitoimet uuden toiminnan aloittamiseen, sekä erilliset infrastruktuureille tarjottavat investointituet ovat nopeita keinoja uusille aluevaltauksille. Uusien aluevaltausten lisäksi tarvitaan jatkuvaa pitkäjänteistä tutkimusta ja koulutusta, joiden rahoituksen varmistaminen on yhtä lailla olennaista. Myös pilot-linjastoihin tehtävät panostukset voivat luoda positiivisen kierteen TKI-kenttään innovaatioiden viemiseksi tehdasmittakaavaan ja kaupallisiksi tuotteiksi, mutta tarkempaa ehdotusta toimenpiteistä ja mahdollisuuksista ei voi muodostaa ilman lisäselvitystä yritysten tilanteesta ja lähtökohdista.

Etenkin avoimien testiympäristöjen osalta lainsäädännöllä voidaan avata mahdollisuuksia kokeilla teknologioiden rajoja, sekä tarjota lainsäädännöllisiä hiekkalaatikoita, joista samalla lainsäätäjät saavat tutkittua tietoa eri teknologioiden vaikutuksista ja palvelukehittäjät uudentyypisiä mahdollisuuksia. Tässä työssä mainittuja ovat esimerkiksi akkuvarastot osana sähköverkkoa, sekä energiayhteisöjen tutkimushankkeet.

Yhteenveto ja johtopäätökset kappaleessa esitetyt toimenpiteet pyrkivät huomioimaan keinovalikoiman monipuolisuutta, kun ratkotaan akkuklusterin tutkimusinfrastruktuurin seuraavia askeleita. Kehityskohteiden osalta pääpaino tässä kappaleessa on kuitenkin teknisissä näkökulmissa.

4.1 Tarve akkujen ja akkukennojen turvallisuustestauksen laboratoriolle

Tällä hetkellä Suomesta löytyy turvallisuustestaukseen eri toimijoilta lähinnä kennotason sähköisiin, mekaanisiin tai olosuhdetesteihin soveltuvia laitteistoja, mutta eri testeihin

soveltuvat laitteistot sijaitsevat eri paikoissa. Akkujen korkean riskin turvallisuustestaukseen suunniteltua testauslaboratoriota, jossa voitaisiin suorittaa erityyppisiä turvallisuustestejä akkukennojen lisäksi akkumoduuleille tai -paketeille, ei Suomessa ole.

Akkuteknologioiden kehityksen seurauksena akkuihin varastoidaan yhä suurempia energiamääriä, joten akkujen ja akkujärjestelmien turvallisuuteen liittyvät kysymykset ovat keskeisiä. Akkujen turvallisuustestaus on tullut entistä tärkeämmäksi akkujen käytön lisääntyessä liikenteen ja työkoneiden sähköistymisen myötä. Jotta sähköajoneuvon tai sähköisen työkoneen voi tuoda markkinoille, on sen akkujärjestelmän läpäistävä viranomaisten asettamat standardeissa määritellyt testit.

Akkujen testausstandardeista keskeisimpiä ovat UN38.3, joka määrittelee litiumioniakkukennojen tai -pakettien turvalliseen kuljettamiseen vaadittavat testit, ECE R100, joka on eurooppalainen standardi tieliikennekäyttöön hyväksyttävien sähköajoneuvojen akkujen testaamiseen, sekä UL2580 ja UL2271, jotka ovat amerikkalaisia testausstandardeja sähköajoneuvojen akuille. Testausstandardien mukaiset hyväksyntätestit sisältävät erilaisia sähköisiä ja mekaanisia testejä sekä olosuhdetestejä akkujen ja niiden hallintajärjestelmien turvallisen toiminnan varmistamiseksi. Tämän selvityksen perusteella näiden standardien mukaisiin testeihin soveltuvia akkreditoituja testilaitoksia ei ole Suomessa lainkaan, joten kotimaisten akkujärjestelmiä kehittävien ja valmistavien yritysten on teetettävä vaadittavat hyväksyntätestit ulkomailla. Testaustarpeet ovat Suomessa kuitenkin kasvussa, sillä kotimainen akkujärjestelmien valmistus on laajenemassa ja työkoneiden sähköistyminen on keskeisessä osassa kotimaisen SIX-työkoneklusterin tavoitteissa. Turvallisuustestauksen laboratorion potentiaalisia hyödyntäjiä ovat esimerkiksi testaus- ja tutkimuspalveluja tilaavat yritykset, eri turvallisuusviranomaiset, sekä testipalveluja tarjoavat yritykset, tutkimuslaitokset ja korkeakoulut.

Testausstandardien mukaisten hyväksyntätestien lisäksi akkujen turvallisuustestaukseen soveltuvalle infrastruktuurille olisi Suomessa tarvetta myös muunlaisessa kotimaisen teollisuuden tuotekehitystä tukevassa akkujen ja akkujärjestelmien turvallisuustestauksessa sekä siihen liittyvässä tutkimuksessa. Erilaisten väärinkäyttötestien lisäksi keskeisiä aiheita akkujen turvallisuustestauksessa ja -tutkimuksessa ovat muun muassa akun ikääntymisen vaikutus sen turvallisuusominaisuuksiin, akkujärjestelmän toiminnallinen turvallisuus (functional safety), akkupaketin lämmönhallinta ja paloturvallisuus sekä akkujen turvallisuus eri käyttölämpötiloissa. Erityisesti Suomen sääoloissa korostuu matalien lämpötilojen vaikutus akkujen turvallisuuteen.

Akkujen kokeellinen turvallisuustestaus asettaa melko kovat vaatimukset testausinfrastruktuurille. Turvallisuustesteissä tarvitaan akkutestereitä, joilla voidaan kuormittaa akkuja eri lataus- ja purkuvirroilla eri jännitealueilla, laitteistoja mekaanisiin testeihin, kuten täristys- tai pudotustesteihin, sekä olosuhdekammioita, joissa akkujen turvallisuutta

voidaan testata muun muassa eri lämpötiloissa. Monipuolisimmin turvallisuustestausta tehdään yleensä akkukennoille tai pienille akkumoduuleille, mutta myös suurempien akkumoduulien tai kokonaisten akkupakettien testaamiseen soveltuvalla laitteistolla on tarvetta. Varsinaisten testauslaitteiden lisäksi on oltava käytettävissä turvallisuustesteille soveltuva paloturvallinen tila, jossa on riittävän tehokas testeissä mahdollisesti vapautuvien myrkyllisten savukaasujen suodatus ja poisto. Läheskään kaikki turvallisuustestit eivät ole destruktiivisia testejä, joissa todennäköisenä lopputuloksena olisi akun syttyminen, mutta jotta kohonneen riskin testausta voidaan tehdä, on oltava käytettävissä testausympäristö, jossa tähän on varauduttu.

4.2 Tarve akkujen esikäsittelyn ja purkamisen automatisoinnin kehitykseen kierrätyksessä

Tällä hetkellä Suomessa akkujen kierrätykseen liittyvä tutkimusinfrastruktuuri painottuu jalostusketjun keskivaiheelle ja loppuosaan. Tutkimusinfrastruktuurin kannalta olisi kuitenkin arvokasta, että kaikki käsittelyketjun eri vaiheet ovat edustettuina. Selvityksessä havaittiinkin tarvetta laajentaa sitä jalostusketjun alkuun erilaisiin esikäsittelymenetelmiin, joilla voitaisiin myös mahdollistaa anodimateriaalien sekä orgaanisten ja elektrolyyttimateriaalien erotus. Myös uudelleenkäyttöä tukevat automatisoidut purkumenetelmät ja diagnostiikkamenetelmät ovat tärkeä tulevaisuuden panostuskohde.

Tällä hetkellä ajovoima-akkuja palautuu kierrätykseen rajallisesti, mutta tilanne tulee muuttumaan tulevaisuudessa liikenteen sähköistymisen myötä. Lisäksi sähköistymisen synnyttää painetta akkujen raaka-aineiden saatavuudelle. Muun muassa nämä ajurit ohjaavat akkujen kierrätystä. Uudella akkuasetuksella pyritään myös edistämään uudelleenkäyttöä ja kierrätystä sekä nostamaan akuissa olevien raaka-aineiden (Co, Cu, Li, Ni ja Pb) talteenotto- ja kierrätysasteita.

Elinkaarensa päässä olevien ajovoima-akkujen turvallisuus on keskeisessä roolissa uudelleenkäytön ja kierrätyksen kannalta. Tehokas ja turvallinen keräys, logistiikka ja varastointi sekä akkujen turvallinen varauksen purku ovat tärkeitä vaiheita kierrätysketjun alussa, joiden kehitystarpeet kierrätykseen liittyvissä tutkimusinfrastruktuureissa ovat nousseet esille selvityksessä.

Akkukemioiden kirjo on laaja jo litiumioniakkuja tarkasteltaessa. Matalakobolttisten litiumioniakkujen yleistyessä osassa sovelluksista käytetään edelleen muun tyyppisiä akkuja. Kierrätyksen kannalta onkin olennaista, että eri kemioiden akkuja pystytään käsittelemään erillään toisistaan. Kemian mukainen lajittelu ja niihin liittyvät turvallisuustekijät

sekä epäpuhtauksien hallinta kierrätysketjun eri vaiheissa ovatkin tärkeitä kehityskohteita kierrätyksessä ja siihen liittyvässä tutkimusinfrastruktuurissa.

Lisäksi tulevaisuuden akkukemioiden tarpeet ja niiden vaikutukset kierrätysyhteisiin ovat keskeisiä pitkän aikavälin kehityskohteita. Uudet materiaalit voivat erota nykyisestä, jolloin kierrätyksen kohdemateriaalit voivat muuttua tai lisääntyä. Lisäksi tulevaisuuden akkutyyppit voivat käyttäytyä kierrätyksessä eri tavalla kuin nykyiset, joka tulisi huomioida.

Tulevaisuudessa uudelleenkäytön lisääntyessä automatisoidulle purulle, joka mahdollistaa muun muassa turvallisen akkujen käsittelyn, nähdään tarvetta. Lisäksi purkua voidaan tukea erilaisilla diagnostiikkamenetelmillä, jolloin pystytään optimoimaan sopivat kennot uudelleenkäyttöön ja loput kierrätykseen. Uusien ratkaisujen kehityksessä tulisikin katsoa laajasti kokonaisuutta yhden osa-alueen optimoinnin sijaan. Prosessiosaamisen lisäksi akkujen kierrätyksen tehostamiseen tarvitaan panostuksia digitalisaatioon (automaatio lajittelu ja purku, erilaiset tunnistamisteknologiat, tekoäly ja koneoppiminen datan tulkinnassa), mikä tarjoaa toisaalta mahdollisuuksia myös uusille toimijoille.

4.3 Uuden sukupolven akkumateriaalien tutkimuksen edellytykset

Kansallisessa akkustrategiassa Suomen akkuklusterin vahvuudeksi on tunnistettu erityisesti mineraalivarannot sekä osaaminen akkumateriaalien raaka-aineisiin, niiden jalostukseen ja kierrätykseen liittyen. Sen sijaan osaaminen akkukemien valmistuksessa on vielä vähäistä, vaikka seuraavassa vaiheessa arvoketjua eli akkumoduulien ja -pakettien kokoonpanossa onkin jo teollista toimintaa. Myös tässä selvityksessä ja siinä toteutetussa kyselyssä yhtenä huolenaiheena nousee esille jälkeen jääminen uusien edistyksellisten akkumateriaalien ja -rakenteiden sekä kennovalmistuksen osaamisessa.

Tällä hetkellä Suomessa ei ole teollisen mittakaavan litiumioniakkukemien valmistusta tai esimerkiksi elektrolyyttien tai separaattorien valmistusta litiumioniakkuihin. Kuitenkin uusien tehokkaampien ja turvallisempien akkumateriaalien ja akkurakenteiden kehityksessä tarvitaan myös osaamista ja tutkimusinfrastruktuuria kennojen valmistukseen ja materiaalien testaukseen. Esimerkiksi litiumioniakkujen energiatihedden kasvattamiseksi uudet materiaalit ja rakenteet ovat olennaisessa roolissa, ja seuraavan sukupolven kiinteän elektrolyytin litiummetallia anodina käyttävien litiumioniakkujen arvioidaan tulevan markkinoille 2025–2030.

4.3.1 Pilot-mittakaavan kennovalmistuksen selvitys

Vaikka litiumioniakkukenojen valmistusta ei teollisessa mittakaavassa vielä ole, Suomessa on kuitenkin akkukenojen valmistukseen ja testaamiseen laboratoriomittakaavan infrastruktuuria ja osaamista useilla organisaatioilla. Monet akkumateriaalien ja -kennojen tutkimuksen infrastruktuureista ovat verrattain uusia, esimerkiksi VTT:n litiumioniakkukenojen valmistuksen infrastruktuuri ja Turun yliopiston akkumateriaalien ja -teknologioiden professuuri, jotka on perustettu vuonna 2020. Tutkimusinfrastruktuurien hyödyntämiseksi tarvittaisiin lisää tiedonjakoa olemassa olevista infrastruktuureista ja niiden käyttömahdollisuuksista.

Myös pilot-mittakaavan valmistusympäristöjä on olemassa akkujen elektrodien päällystykseseen (esimerkiksi Oulun Printocent), joka on kennojen valmistuksen ensimmäinen vaihe. Tämän lisäksi Suomessa on vahva osaaminen esimerkiksi atomikerroskasvatus (ALD) -tekniikasta. Elektrodien ja polymeerielektrolyytin päällystysprosesseja lukuun ottamatta pilot-mittakaavan valmistusympäristöjä ei kennokehittäjille ole tällä hetkellä saatavilla. Nykyiset fasilitteetit mahdollistavat kuitenkin jo materiaalitutkimuksen ja uusien prosessointimenetelmien testaamisen isommassakin pussikennomittakaavassa, vaikkakin nykyistä huomattavasti suurempien kennomäärien testaaminen vaatisi todennäköisesti investointeja mm. useampiin mittauskanaviin. Jos Suomessa halutaan panostaa lisäksi pilot-mittakaavan kennojen kasaamiseen (esim. automaattinen pussikennolinjasto kuiva-huoneessa), teollisuuden kiinnostus ja erityistarpeet hyödyntää ja investoida tämänkaltaisiin tutkimusympäristöihin tulee selvittää ennen mahdollisia lisäinvestointeja. Esimerkiksi kiinteä ja nestemäinen elektrolyytti sekä grafiitti- ja litiumanodi vaativat erilaiset kokoonpanomenetelmät ja on tarpeen valita investointikohteet niin, että ne vastaavat hyvin tulevaisuuden tarpeisiin.

Myös Gaia Consultingin ja Spinversen selvityksessä (2019) suosituksena annetaan kennovalmistuksen mahdollisuuksien ja edellytysten kartoitus Suomessa. Kennovalmistukselle olennaisena nähdään myös aktiivielektrodimateriaalien valmistus Suomessa ja näiden toimijoiden houkuttelu Suomeen. Sekä aktiivimateriaalien tuotanto että akkukenojen valmistus ovat hyvin mittavia investointeja. Pilot-mittakaavan tutkimusympäristö kennojen valmistukseen ja prosessointimenetelmien testaukseen voisikin olla pienemmän mittakaavan panostus, jolla tarjotaan alusta skaalaukseen demo-tehdasmittakaavan investointien suunnitteluun ja turvataan materiaalikehityksen edellytykset Suomessa, sekä vahvistetaan akkuklusterin osaamista ja Suomen houkuttelevuutta kansainvälisille kenno-, komponentti- ja akkumateriaalivalmistajille.

4.3.2 Analyysimenetelmien kehittäminen materiaalien ja kennojen karakterisointiin

Akkumateriaalien rakenteen, toiminnan ja ikääntymisen syvälliseksi ymmärtämiseksi tarvitaan myös edistyneitä analyysimenetelmiä. Tämä on olennaista erityisesti uusien materiaalien ja rakenteiden turvallisuuden sekä kestävyuden ja eliniän parantamiseksi, mutta myös jo käytössä olevien elektrodimateriaalien toiminnan optimoimiseksi ja ymmärtämiseksi. Tavanomaisilla sähkökemiallisilla karakterisointimenetelmillä (kuten lataus- ja purkustetit, syklinen voltammetria sekä impedanssispektroskopia) saadaan tietoa materiaalien toiminnasta akkukennoissa erilaisissa käyttöolosuhteissa. Tähän on valmiudet useilla organisaatioilla, kuin myös mahdollisuudet akkumateriaalien kattaviin kemiallisiin ja rakenne-analyysiin akkukennojen ulkopuolella. Näiden lisäksi olisi hyödyllistä kehittää in-situ- ja in-operando- analytiikkaa, joilla elektrodimateriaaleja voitaisiin karakterisoida akkukennoissa yhtä aikaa sähkökemiallisten mittausten suorittamisen aikana. In situ/in operando- menetelmät ovat kehittyneet nopeasti viime vuosina ja ne voivat sisältää monia erilaisia menetelmiä, kuten esimerkiksi XRD tai Raman, joilla saadaan tietoa mm. materiaalien rakenteesta, pintakerroksista ja niiden kehityksestä latauksen/purun aikana. In situ/in operando menetelmät vaativat erityisiä kennorakenteita, jotka mahdollistavat materiaalianalyysit latauksen/purun aikana, mutta näillä menetelmillä saadaan materiaaleista tietoa, jota muuten saadaan vain epäsuorasti. In situ/in operando -menetelmäkehityksen lisäksi akkumateriaalien analysointiin tarvitaan laitteistoja ja menetelmiä, joilla voi välttää ilmakontaminaatio sekä kennojen purkamisessa että materiaalien analysoinnin aikana. Monet akkujen materiaalit ovat herkkiä mm. ilmankosteudelle, jolloin niiden rakenne ja pintakerrokset voivat muuttua ilmakontaminaation seurauksena. Tämän selvityksen perusteella tarve edistyneille analyysimenetelmille on tunnistettu ja suunnitelmia analyysimenetelmien kehitykseen ja laajentamiseen on tehty.

4.4 Tarve sähköistymisen testiympäristöjen investoinneille ja koordinaatiolle

Sähköistymisen teknologia- ja järjestelmäkehitykseen tarvitaan testiympäristöjä. Testiympäristöissä voidaan kehittää, testata ja arvioida sähköistymiseen liittyviä elementtejä ennen niiden laajamittaista käyttöönottoa, sekä kerätä dataa ja käyttökokemuksia erilaisista ratkaisuista. Keskeinen osa tällaisia testiympäristöjä ovat akut, niiden latausinfrastruktuuri ja liitännät sähköverkkoon.

Haasteina testiympäristöissä tällä hetkellä ovat niiden suuri tarve, ja toisaalta nopea teknologian ja vaatimustason kehittyminen. Tällöin suurimittakaavaisissa sähköistymisen teknologian- ja järjestelmäkehityksen infrahankkeissa on vaarana niiden olevan jo vanhentuneita hankkeiden valmistuessa. Esimerkiksi sähköisten ajoneuvojen lataustehot

kasvat juuri tällä hetkellä voimakkaasti. Siten on vaarana, että tulevat testiympäristöt alimitoitetaan.

Alimitoitus voi johtua sekä nopeasta kehitystahdista että kustannussyistä. Nopean kehitystahdin takia arviot tulevasta lataustarpeesta ovat liian pieniä, ja sähköverkon infrastruktuuriin ei investoida riittävästi, vaikka se olisikin kustannustehokasta. Kapasiteetin lisäys jälkikäteen on kallista.

Testiympäristöjen kehittämisen ja käyttämisen koordinointi on erityisen tärkeää niiden hyödyntämiseksi parhaalla mahdollisella tavalla, ja päällekkäisten investointien välttämiseksi. Alueellisissa innovaatio- ja kehitysympäristöissä (esimerkiksi Smart Otaniemi) on pyritty tällaiseen koordinointiin niiden osahankkeiden puitteissa, mutta edelleen lisääntyvä tarve myös kansallisen tason koordinaatioon ja verkottumiseen on olemassa.

Eryteisesti raskaan kaluston megawattiluokan latauksen tutkimusympäristöt tulevat olemaan haasteellisia tarvittavan sähköverkon takia, ja olisikin tarkkaan suunniteltava ja koordinoitava niiden rakentaminen eri toimijoiden, teollisuuden, tutkimuslaitosten ja yliopistojen välillä. Tarvittaviin tutkimusympäristöihin vaikuttavat myös voimakkaasti akkuteknologian, lainsäädännön ja latauksen standardoinnin kehittyminen.

4.4.1 Sähköajoneuvojen latausjärjestelmien testiympäristöt suurille tehoille, datan hyödyntämiseen ja V2G teknologiaan

Latausinfrastruktuuri kehittyy Suomessa henkilöautojen osalta voimakkaasti juuri tällä hetkellä, mutta kaupallisten ajoneuvojen, raskaan kaluston ja työkoneiden latausinfrastruktuuri on vielä kehittymätöntä, ja vaatii paljon tutkimusta. Juuri näille alueille (Taulukko 3) tarvittaisiin testiympäristöjä eniten, mutta myös henkilöautotasoisien ajoneuvojen latausjärjestelmien (Taulukko 2) testiympäristöjä erityisesti pikalatauksen ja kaksisuuntaisen latauksen osalta tarvitaan lisää.

Akkuja käyttävien sähköajoneuvojen laajamittaisessa käyttöönotossa keskeinen osatekijä on latausjärjestelmien kehitys. Latausjärjestelmien kehitystä ohjaa lähivuosina voimakkaasti tulossa oleva Vaihtoehtoisten polttoaineiden infrastruktuuria koskeva asetus AFIR (Valtioneuvosto 2021).

Latauksen testiympäristö tarkoittaa yhdestä tai usein useammasta latauspisteestä koostuvaa koeympäristöä. Keskeinen osa ympäristöä on datan kerääminen lataustapahtumista, ja sen tiedon hyödyntäminen mallinnuksessa, sekä sähköverkon ja mahdollisen varastokun mitoituksessa. Testiympäristöt voivat olla pysyvään käyttöön suunniteltuja useamman

latauspisteen järjestelmiä, kuten bussi- tai rekkavarikkoja (varikkolataus), tai myös sisällöltään muuttuvia, eläviä laboratorioita (Living Labs).

Lataustyyppien ja -nopeuksien määrittely on tähän asti tapahtunut suurelta osin pelkästään lataustehon mukaan. IEC 62196-standardissa SFS (2017b) on määritelty neljä lataustapaa (mode). Lataustehojen kasvaessa nopeasti lataustapojen määrittely yli 50 kW tehoilla ei ole ollut toistaiseksi selkeää, ja terminologia on ollut horjuvaa. Erityisesti raskaalla kalustolla akkujen kapasiteetti on iso, ja nykyinen terminologia ei sovellu suoraan latausnopeuksien määrittelyyn sille. Kevyen ja raskaan kaluston latausnopeuksiin liittyvä terminologia tulee olla erilainen. Erityisesti raskaalla kalustolla latausnopeudet pitää suhteuttaa akkujen kokoon, ja saavutettavaan ajomatkaan sekä rahdin kuljetuskykyyn.

Taulukoissa 2 ja 3 on esitetty terminologiaa sekä kevyen että raskaan kaluston lataustyypeille. Terminologia erityisesti raskaan liikenteen osalta on vielä vakiintumatonta. Termit ovat osittain samat, mutta tarkoittavat erilaisia lataustehoja erityyppisille ajoneuvoille. Raskaisiin ajoneuvojen megawattiluokan suurteholatauksesta (Megawatt Charging System) on lähiaikoina tulossa CharIN-hanketyöryhmän suositus, ja se tulee vaikuttamaan erityisesti raskaan kaluston infrastruktuurin kehitystarpeisiin (CharIN (2021)).

Taulukko 2. Lataustehojen määrittely henkilöautotasoisille ajoneuvoille.

Lähteet: SESKO ry (2021), SFS (2014a), SFS (2014b), SFS (2017a), SFS (2017b), SFS (2019)

Nimityksiä suomeksi	Nimityksiä englanniksi	Jännite	Latausteho	Huomautuksia
Kevyiden ajoneuvojen lataus, LEV-lataus	LEV charging	230 V vaihtojännite (AC), yksi vaihe	1,8 kW	Lataustapa 1 (Mode 1)
Hidaslataus	Slow charging	230 V vaihtojännite (AC), yksi vaihe	1,8 kW	Lataustapa 2 (Mode 2)
Normaalilataus, peruslataus	Normal charging	230 V vaihtojännite (AC), yksi vaihe tai kolme vaihetta	1,8 kW– 22 kW (43 kW)	Lataustapa 3 (Mode 3)
Pikalataus, tehollataus	Fast charging, rapid charging	400 V tai 800 V tasajännite (DC)	Max 50 kW (350 kW)	Lataustapa 4 (Mode 4)

Taulukko 3. Lataustehojen määrittely keskiraskaille ja raskaille ajoneuvoille ja työkoneille.

Nimitys suomeksi	Nimitys englanniksi	Jännite	Latausteho	Huomautuksia
Raskaiden ajoneuvojen hidas lataus	Slow Heavy Duty Vehicle (HDV) charging	400 V tai 800 V tasajännite (DC)	50 kW– 150 kW	
Raskaiden ajoneuvojen peruslataus	Normal HDV charging	400 V tai 800 V tasajännite (DC)	150 kW– 400 kW	
Raskaiden ajoneuvojen pikalataus	Fast HDV charging	Tasajännitteet 1,5 kV asti	200 kW– 500 kW	1250 V jännitetaso tulossa käyttöön
Raskaiden ajoneuvojen suurteholataus	Ultra fast HDV charging, High Power Charging (HPC)	Tasajännitteet 1,5 kV asti	250 kW– 1 MW	1250 V jännitetaso tulossa käyttöön

Taulukko 4. Tunnistettuja sähköisten ajoneuvojen ja työkoneiden lataustarpeita.

Latauskohde	Lataustyyppi
Henkilöautot	Asukaslataus, lataus
Autonomiset ajoneuvot	Langaton lataus
Pienet työkoneet	Varikkolataus, yhteiskäyttölataus
Isot työkoneet	Varikkolataus, raskaan kaluston pika- ja suurteholataus
Sähkökuorma-autot, raskas kalusto	Varikkolataus, raskaan kaluston pika- ja suurteholataus
Sähkökuorma-autot, keskiraskas kalusto	Varikkolataus, raskaan kaluston pika- ja suurteholataus
Sähköbussit	Varikkolataus, automaattisesti kytkeytyvä pantograph-lataus
Taksit ja jakeluliikenne	Yhteiskäyttölataus, langaton lataus
Sähkölentokoneet	Suurteholataus
Droonit	Automaattisesti kytkeytyvä lataus
Laivat	Automaattisesti kytkeytyvä lataus
Muut vesialukset, lautat ja lossit	Automaattisesti kytkeytyvä lataus

Lataukseen liittyen tutkimusinfrastruktuurin kannalta tärkeimpiä kehityskohteita ovat

1. Erilaiset latauksen testiympäristöt ja elävät laboratoriot (Living Labs) laajan datamäärän ja käyttökokemuksen keräämiseksi, ja yritysten tuotekehitysten tukemiseksi ja asukaslatauksen tutkiminen.
2. Suurteholataus sisältäen varikkolatauksen erityisesti raskaille ja kaupallisille ajoneuvoille, sekä työkoneille.
3. Yhteiskäyttöinen latausinfra eri ajoneuvoluokkien ja käyttäjien kesken, esim. TEN-T -kuljetuskäytävillä (Valtioneuvosto (2021))
4. Henkilö- ja hyötyajoneuvojen langaton staattinen ja dynaaminen lataus, sekä raskaan kaluston automaattisesti kytkeytyvä lataus.
5. Kaksisuuntainen lataus, ladatun akkuenergian syöttäminen takaisin verkkoon (V2G) tai yleisesti mihin tahansa käyttöön (V2X).
6. Autonomisten ajoneuvojen latausjärjestelmät.
7. Vesi- ja ilma-alusten latausjärjestelmät.

Tähän kehitykseen liittyen on tunnistettu useita latauskohteita, ja ne on esitetty taulukossa 4.

4.4.1.1 Latauksen testiympäristöt

Latauksen testiympäristönä toimivat sekä varsinaiset laboratoriot että erilaiset testialustat (testbeds). Laajemmin testialustoina voivat toimia erilaiset elävät laboratoriot (living labs).

Tarve erilaisille testiympäristöille on tällä hetkellä merkittävä. Pieniä latauksen testiympäristöjä (vain yksi tai muutama latauspaikka) on tällä hetkellä olemassa useita, mutta laajoja on vain vähän. Laajaksi testiympäristöksi voidaan määritellä esimerkiksi yli viiden latauspaikan testiympäristö. Lisäksi muutamat olemassa olevat useamman latauspaikan testiympäristöt tukevat latauksen osalta vain henkilöautotasoisten ajoneuvojen hidas- tai peruslatausta.

Eriytinen tarve olisi saada käyttöön lataukseen liittyvää ajoneuvo- ja akkudataa, jonka avulla voidaan erityisesti arvioida akkuteknologian kehitystarpeita ja kehittää akkuja. Latausoperaattorit keräävät tämän tyyppistä dataa omista järjestelmistään, mutta sen käytettävyys ja saatavuus tutkimuskäyttöön on rajallista.

Kehitettävän tutkimusinfrastruktuurin kannalta olisi tärkeää päästä nykyistä paljon suurempien lataustehojen testialustoihin, joiden avulla voitaisiin tutkia myös kaupallisten ajoneuvojen ja raskaan kaluston lataukseen liittyviä kysymyksiä, ja erityisesti akkujen toimintaa. Suuriin lataustehoihin liittyvä standardointi- ja määrittelytyö on parhaillaan nopeassa kehitysvaiheessa, ja sillä tulee olemaan merkittävä vaikutus seuraavan viiden vuoden liiketoimintamahdollisuuksiin.

Yhtenä erityisenä kehityskohteena on langaton lataus. Sen potentiaali arvioidaan merkittäväksi jo lähitulevaisuudessa, erityisesti autonomisiin ajoneuvoihin, pieniin työkoneisiin sekä hyötyajoneuvoihin liittyen. Erilaisten koelaitteistojen saatavuus on vielä erittäin rajallista, mutta tarve erilaisille langattoman latauksen testialustoille tulee olemaan lähivuosina merkittävä.

Yhteiskäyttölataus (charging interoperability), jolla tarkoitetaan mahdollisuutta ladata erityyppisiä ajoneuvoja samalla latauskentällä, on myös merkittävä infran tutkimus- ja kehityskohte. Yhteiskäyttölatauksessa voidaan esimerkiksi ladata pieniä ajoneuvoja sähköbussien latauspysäkkien tai raitiotien läheisyydessä. Yhteiskäyttölatauksen haasteena ovat toimintamallien kehittäminen ja latausjärjestelmien käytännön operointi.

Sähköisten tai osittain sähköistettyjen (hybridi) vesi- ja ilma-alusten latausjärjestelmien kehittämisen tarpeet ovat hyvin moninaiset. Skaala ulottuu vesialuksissa pienistä veneistö- ja lauttoihin ja edelleen suuriin laivoihin. Siten lataustarpeet ovat hyvin toisistaan poikkeavia. Lautat ja laivat tarvitsevat suuren lataustehon takia usein automatisoituja latausjärjestelmiä satamissa tai lähtöpaikoissaan, ja niiden tutkimusinfra kehittäminen olisi tarpeen. Ilma-aluksissa merkittäviä ovat erilaiset dronit (drones) ja varsinaiset sähkölentokoneet.

Sähköverkon ja akkutekniikan kehittämisen kannalta tärkeä infran tutkimuksen kehityskohte ovat akkuvarastot ja kaksisuuntainen lataus, ajoneuvoista verkkoon (V2G) tai ajoneuvoista mihin tahansa muuhun kohteeseen (V2X). Akkuvarastot ja kaksisuuntainen lataus tukevat toisiaan, ja mahdollistavat eri latausskenaarioiden kokeilun.

4.4.1.2 Latauksen kyberturvallisuus

Lataukseen ja latausdatan (myös akkudatan) hyödyntämiseen liittyvä kyberturvallisuus (cyber security) on noussut merkittäväksi tekijäksi latausverkoston nähtävissä olevan voimakkaan laajenemisen takia. Jo nykyisin ajoneuvon ja latausaseman välinen dataliikenne on salattua ISO 15118-2:2014 -standardin mukaisesti (ISO (2014)), mutta mm. kvanttitietokoneiden kehitys voi aiheuttaa tarvetta päivittää salausalgoritmeja ja kryptografiaa.

Acharaya (2020) ja Antoun (2020) ovat tuoneet esille useita latauksen kyberturvallisuuteen liittyviä asioita ja nykyisiä ongelmakohtia. Kyberturvallisuuteen liittyvä sekä lataustapahtuman tietoturva että mahdollisesti suuren datamäärän (big data) reaaliaikainen tai jälkikäteen tapahtuva käsittely, ja molempiin liittyvää tutkimusinfrastruktuuria tulisi vahvistaa, ennen kuin latausinfrastruktuurin voimakas laajentuminen aiheuttaa laajoja turvallisuusongelmia.

Aloitteen eurooppalaisen latausverkoston kyberturvallisuuteen liittyen on tehnyt *The European Network for Cyber Security* (ENCS (2019)). Siinä ehdotetaan useita toimenpiteitä latausverkoston kyberturvallisuuden parantamiseksi.

4.4.2 Akkuvarastojen tutkimukseen osana joustavaa sähköjärjestelmää tarvitaan laajempi ja avoimesti hyödynnettävä testiympäristö

Akkuvarastojen teknologia- ja palveluliiketoiminnan kehittämistä on mahdollista ohjata lainsäädännöllä tai kehittämällä lainsäädännöllisiä hiekkalaatikoita, eli tutkimushankkeita, jotka voidaan toteuttaa nykyisestä lainsäädännöstä poiketen uusien toimintamallien ja palvelujen pilotointiin. Esimerkkejä tällaisista lainsäädännöllisistä hiekkalaatikoista voisivat olla akkuvarastojen hyödyntäminen sähköverkon osana, sekä kiinteistörajat ylittävien energiayhteisöjen kokeilut. Tämän hetken lainsäädäntö sallii kiinteistörajat ylittävän energiayhteisön, jos kyseisellä energiayhteisöllä on vain yksi liityntäpiste muuhun sähköverkkoon.

Vastaavasti tarvitaan lisää eri käyttäjiä ja kehittäjiä yhdistäviä avoimia testiympäristöjä, joissa kehitetään myös akkuvarastoja osana joustavaa energiajärjestelmää. Avoimia testiympäristöjä kaipaavat myös teknologia kehittäjät, jotka haluaisivat kehittää omia tuotteitaan aidossa ympäristössä. Kuten korkeakouluja ja tutkimuslaitoksia käsitelleessä kappaleessa kuvattiin, joustaviin energiajärjestelmiin liittyvä laboratoriotutkimuksen osaaminen ja laitteisto ovat varsin korkealla tasolla.

Uusiutuvien energialähteiden kuten tuuli- ja aurinkoenergian lisääntyessä sähköverkossa korostuu tarve varastoida energiaa tuotantohuippujen aikana, jotta sitä voitaisiin hyödyntää matalan tuotannon tai suuren kulutuksen hetkinä. Akkuenergiavarastojen soveltuvuutta ja käyttäytymistä joustavassa sähköjärjestelmässä olisi kannattavaa tutkia, ja sitä varten olisi jatkettava suuremman skaalan testiympäristöjen kehitystä, jotka ovat avoimesti käytettävissä ja yhdistävät akkuenergiavarastoja, tuotantoa ja kuormia. Testiympäristössä olisi myös hyvä olla asiakasliityntöjä erilaisille kuormille tai tuotantoyksiköille, joihin eri toimijat voivat tuoda omia laitteita testattavaksi, sekä sektori-integraation tutkimuksen mahdollisuus. Testiympäristön käytettävyyttä lisäisi mahdollisuus erikokoisille akkuvarastoille (100 kW–500 kW), jotta voitaisiin tutkia erilaisia akkuvarastoja erilaisiin käyttötarkoituksiin.

Edellä kuvatulla testiympäristöllä voitaisiin tutkia akkuenergiavarastoja sekä niiden vaikutusta tulevaisuuden sähköjärjestelmässä, jossa tuotanto on stokastista ja maantieteellisesti hajaantunutta. Testiympäristöllä edistettäisiin akkujen kehitystä sähköjärjestelmäkäytössä sekä mahdollistettaisiin edistynyttä mikroverkkojen ja joustavan sähköjärjestelmän tutkimusta.

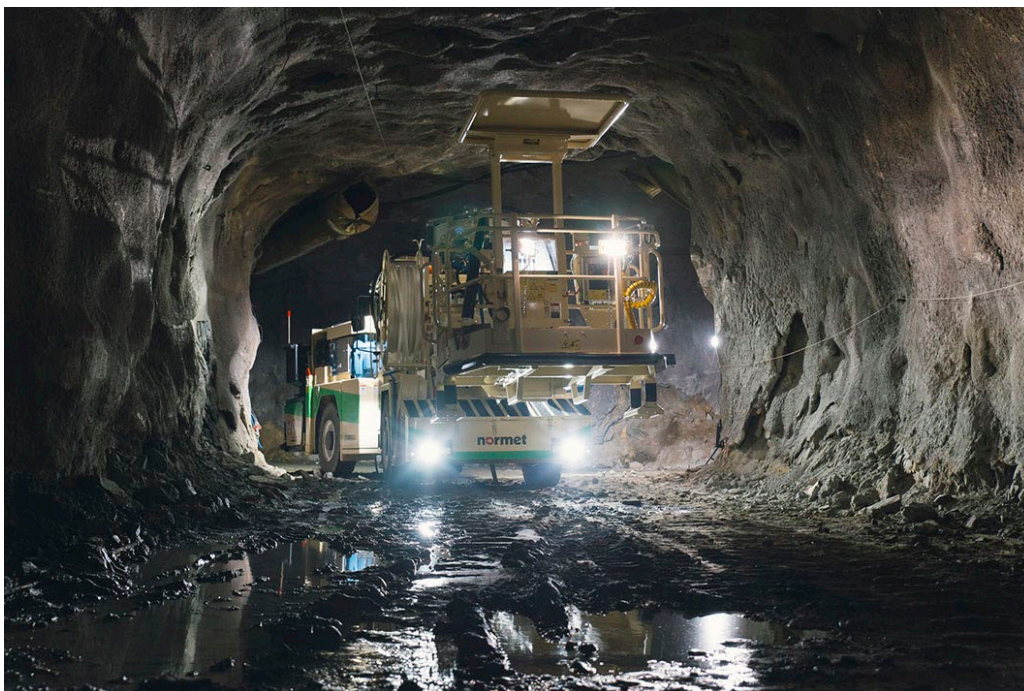
4.4.3 Testikaivokset sähköisille työkoneille

Testikaivokset ovat testiympäristöjä, joissa voidaan tehdä erilaista teknologia- ja järjestelmäkehitystä vaativissa kaivosolosuhteissa. Sandvik Tampereella ja Pyhäjärven Callio tarjoavat mahdollisuuksia tällaisiin testikaivos olosuhteisiin (Sandvik, 2021; Calliolab, 2021). Akkuklusterin näkökulmasta on merkittävää, että työkonesektorin sähköistämässä päästään etenemään kitkattomasti ja testikaivosten kehittäminen edesauttaa tätä tavoitetta. Testikaivosten osalta erilaisten sähköisten työkoneiden ympäristöjen kehittämistä tulisi tukea ja testikaivokset tulisi verkottaa osaksi akkuklusterin infrastruktuuria, sekä houkutella verkottuneen infrastruktuurin avulla kansainvälisiä toimijoita arvoketjun eri osaluilta tekemään kehitystyötä ja invest-in -toimintaa Suomessa.

Pyhäjärven Callio tarjoaa monipuolisia mahdollisuuksia erilaisten testiympäristöjen toteuttamiseksi vaativiin kaivosolosuhteisiin. Uusimpia avauksia ovat esimerkiksi Business Finlandin Testbed rahoituksen vuosille 2021 - 2023 saanut FireLab, jonka toteuttamiseksi on perustettu yhteisaloitteena osuuskunta (Pyhäjärven Callio, 2021 a). Vastaavaa yhteistyömallia voisi hyödyntää akkuklusterilla laajemminkin. Toisena esimerkkinä samaan testikaivokseen rakennetusta kokonaisuudesta on Calliolab, joka on osa Suomen Akatemian tiellä olevaa FIN-EPOS tutkimusinfrastruktuuria (Suomen Akatemia, 2020). Työkoneiden sähköistymisen ja akkuklusterin kannalta erityisen tarkkaan seurattava hanke on valmistelussa oleva FutureMine, jota valmistellaan käynnissä olevassa TestMine-hankkeessa (Pyhäjärven Callio, 2021b). FutureMine-hankkeen tavoitteena on selvittää kaivosteknologian innovaatioiden tulevaisuus ja testaustarpeet. Callion testikaivosta hyödyntää aktiivisesti esimerkiksi Normet, mutta kaivoksen koko potentiaali akkuklusterin tavoitteiden edistämiseksi tulisi hyödyntää ja tukea infrastruktuurin verkottumista, sekä sähköistymisen kehitystä vaativissa kaivosolosuhteissa.

Vastaavasti Tampereella sijaitsee Sandvikin monipuolinen testikaivos, joka tarjoaa mahdollisuudet sähköisten työkoneiden kehityksen lisäksi monipuolisesti erilaisten digitaalisten ratkaisujen kehittämiseen (Sandvik, 2020). Sandvik on myös mukana SIX työkoneklusterissa, jonka kautta osittain myös infrastruktuurin verkottuminen voi edetä. Akkuklusterin kannalta olisi hyödyllistä nähdä nämä testikaivokset merkittävänä osana akkuklusterin tutkimusinfrastruktuuria ja tukea niiden jatkokehitystä. Testikaivoksia voisi hyödyntää osana kansainvälistä markkinointia Suomen akkuklusterin tunnettuuden parantamiseksi, sekä uusien toimijoiden houkuttelemiseksi Suomeen kehittämään työkoneiden sähköistymisen ratkaisuja, sekä muita arvoketjun osia.

Kuvio 12. Kuva Calliolabista, kuvan omistaa Callio Pyhäjärvi



4.5 Tarve akkuklusterin data-alustalle

Akkuklusterille tulisi sopia pelisäännöt tutkimusdatan keräämiselle ja hyödyntämiselle yhteisen data-alustan avulla ja toteuttaa data-alusta toimijoiden käyttöön. Toimeenpanossa tulisi huomioida esimerkiksi seuraavat näkökulmat:

- Tutkimusprojekteissa tuotetun datan pitkäjänteinen hyödyntäminen mahdollisimman laajasti, datan jakaminen myös teollisuuden käyttöön tukemaan tuotekehitystä
- Todellisen käyttödatan kerääminen sovelluksesta tutkimuskäyttöön
- Erityisesti tekoälyn hyödyntämisessä tarve suurelle määrälle dataa
- Tarve datan keräämiseen tutkimus- ja tuotekehityskäyttöön eri osapuolille avoimeen tietokantaan
- Datat omistajuus, käyttöoikeudet, yhteiset käytännöt

Datainfrastruktuurin osalta pitäisi pyrkiä kattavuuteen, jolla maksimoidaan sen aikaansaama arvonlisä ja innovointikapasiteetin lisäys. Kansallisesti tämä tarkoittaisi askeleita, joilla akkuklusterin datanhallintaan kehitettäisiin hyödynnettäviä ratkaisuja. Välittömiin

datan omistajuuskysymyksiin mm. julkisesti rahoitetun tutkimuksen osalta löytyy toimivia ratkaisuja eurooppalaiselta tasolta, kysymys on enemmänkin päätöksestä ja toimenpiteistä alkaa keräämään tulosaineistoa ja tämän jälkeen alkaa jalostamaan eteenpäin menetelmiä ja datainfrastruktuuria hyödynnettäväksi. Monilta kansallisilta toimijoilta, kuten CSC, löytyy eurooppalaisia ratkaisuja tukevaa infrastruktuuria ja osaamista. Vastaavasti, panostuksia tarvittaisiin kansallisen infrastruktuurin ja käytäntöjen luomiseen, jotka ovat yhteismitallisia ja hyödynnettävissä yhdessä kansainvälisten datanhallinnan ohjelmien ja hankkeiden kanssa.

EU tason Battery 2030+ verkosto ajaa jopa voimallisesti datan hyödyntämisen kasvattamista akkuihin liittyvässä TKI-toiminnassa. Keskittyminen on pitkälti tulevissa projekteissa ja toisaalta tietokannoissa ja tulosaineistoissa, jotka on jo kuratoitu riittävällä tasolla. Varsinaisen historiadatan hyöty verrattuna resurssivaatimukseen sen tuomiseksi hyödynnettäväksi on todennäköisesti useammassa tapauksissa kyseenalainen. Pääpaino täten tulisikin olla nykyisten ja tulevien hankkeiden osalta tietovarantojen hyödynnettävyydessä hankkeen jälkeen. Jotta tämä kyetään toteuttamaan, vaadittavien tietohallinnollisten ratkaisujen ja käytäntöjen pitää olla laajoja ja akkuklusterin tasoisia. Yksittäisten projektien työtä pitäisi helpottaa siten, että projekteilla on käytössään data-alusta mihin tulosaineisto voidaan viedä. Toimijat esimerkiksi Aasiassa ja Pohjois-Amerikassa ja eurooppalaiset ohjelmat hyödyntävät tällaisia järjestelmiä ja käytäntöjä.

5 Yhteenveto ja johtopäätökset

Selvityksen aikana toteutettiin kysely akkuklusterin tutkimusinfrastruktuureista, nykytilan määrittely akkuklusterin teema-alueiden tutkimusinfrastruktuureista kansallisesti ja internet-katsaus eurooppalaisiin referensseihin. Lisäksi käytiin keskusteluja eri asiantuntijoiden kanssa VTT:n tutkimusryhmissä ja hankkeen ohjausryhmässä. Selvityksen perusteella tunnistettiin tiettyjä aukkoja infrastruktuureissa ja infrastruktuurien verkottumisessa. Näiden lisäksi tunnistettiin myös mahdollisuuksia kehittää tutkimusinfrastruktuureja ja niiden verkottumista sekä kumppanuuksia. Ehdotettavat toimenpiteet edesauttavat akkuklusterin tavoitteen saavuttamista: Suomessa on vuonna 2025 edelläkävijä akkuklusteri.

Taulukkoon 5 on muodostettu toimenpidelista selvityksen perusteella. Toimenpiteistä on valittu 5 kärkihanketta. Selvityksen koko toimenpidelista on kuitenkin akkuklusterin käytävissä jatkokeskusteluun ja kaikkien valittujen toimenpiteiden osalta nähdään potentiaalia edesauttaa eurooppalaisessa vauhdissa pysymistä ja akkustrategian tavoitteiden saavuttamista. Toimenpiteinä esitetyt investointikohteet edustavat selvityksen tekijöiden näkemystä aukoista tutkimusinfrastruktuurissa, mutta mukaan on mahtunut myös kansallisesta näkökulmasta täysin uudentyypisiä tutkimusmahdollisuuksia tarjoavia ehdotuksia.

Toimenpiteille on kuvattu lyhyen aikavälin tavoite, sekä kuvattu tehtävät vaiheistettuna useaan alatehtävään, mikäli se on nähty tarpeelliseksi. Lisäksi kärkitoimenpiteet on kytketty akkustrategian tavoitteisiin ja kaikille muille toimenpiteille on annettu lyhyt selitys, miten niiden nähdään tukevan akkustrategian toteutumista. Toimenpiteet on valittu siten, että kynnys niiden toteuttamiseen olisi alhainen ja niiden edistäminen mahdollista lyhyellä aikajänteellä. Vaikka erilaisia mittaristoja ei ole asetettu, niin pidemmällä aikavälillä voidaan toimenpiteiden seurauksena nähdä erilaisten yhteenliittymien muodostumista ja verkostomallisen toiminnan voimistumista, päällekkäisyyksien välttämistä, laitteistojen käyttöasteen parantumista ja yhteiskäyttöisyyttä.

Kärkihankkeiden numerointia ei ole tarkoitettu priorisointiin niiden keskinäisestä merkityksestä. Sähköajoneuvojen latauksen testiympäristöt, sekä muut testiympäristöt, on jätetty tässä kärkiehdotusten ulkopuolella. Osittain valintaa ohjasi testiympäristöjen fokuointi eri akkuteknologian sovellusalueisiin, joita ei ole käsitelty työssä laajasti. Testiympäristöt tulisi siis huomioida sovellusalueiden tarpeiden mukaan, jossa ne voivat olla huomattavasti tärkeämpiä, kuin tässä valitut akkuarvoketjun aiempiin vaiheisiin kohdistuvat kärkihankkeet. Ehdotetun data-alustan hyötyjinä voidaan nähdä koko akkuklusterin

arvoketjun toimijat. Toimenpidelistä on tarkoitettu hyödynnettäväksi akkuklusterin tutkimusinfrastruktuurien seuraavista askeleista keskusteltaessa. Yhteistyöllä ja osaamisella rakennetaan hyvät perusedellytykset edelläkävijänä toimivalle akkuklusterille.

Taulukko 5. Selvityksen perusteella ehdotettavat toimenpiteet

Toimenpide	Tavoite	Tehtävät	Akkustrategia
Kärkihanke 1. 1. Akkuklusterin data-alustan toteuttaminen	Lisätään tutkimuksen arvon tuottoa ja innovaatiokapasiteettia parantamalla akkudatan keräämistä, hyödyntämistä ja käytettävyyttä	1. Pelisääntöjen luominen akkuklusterin tutkimusdatan keräämiseen ja jakamiseen 2. toteutetaan data-alusta	Strateginen tavoite 7.1: Suomen akkusektori soveltaa digitaalisia ratkaisuja kehittäessään uusia teknologioita ja tuotteita markkinoille Mittari M7.1 Dataan perustuvan liiketoiminnan kasvu liikevaihdolla, viennillä ja yritysten määrällä mitattuna (lisäksi M3.2 Testialustojen valmiudet, määrä ja laatu)
Kärkihanke 2. 2. Toteutetaan akkujen ja akkukennojen turvallisuustestauksen infrastruktuuri Suomeen	Pienennetään akkuvalmistajien sijoittumiskustannuksia ja parannetaan akkujen turvallisuuden TKIO-edellytyksiä toteuttamalla turvallisuustestauksen infrastruktuuri	1. Keskustelu kiinnostuneiden tutkimuslaitosten, korkeakoulujen, yritysten, viranomaisten ja rahoittajien kesken 2. Turvallisuustestauslaboratorion toteutus Suomeen	Strateginen tavoite 3.1: Tehokkaampi monialainen yhteistyö tutkimuksen ja yrityskentän kesken Mittari M3.2 Testialustojen valmiudet, määrä ja laatu
Kärkihanke 3. 3. Akkuklusterin tutkimusinfrastruktuurien verkottaminen kansallisesti ja kansainvälisesti, sekä kansainvälisten toimijoiden TKIO-hankkeiden ja investin-toiminnan houkuttelu	Lisätään kokeellisen toiminnan infrastruktuurien hyödyntämistä kansainvälisissä hankkeissa	1. Luodaan yhteinen markkinointimateriaali akkuklusterin tutkimusinfrastruktura ja kokeellisesta tutkimuksesta, markkinointi eri kansainvälisissä kanavissa 2. Pidemmällä aikajänteellä kehitetään yhden luukun periaatetta ja yhteistä infran kehittämistä, sekä liittymistä Pohjoismaisiin tai Eurooppalaisiin infra-verkostoihin.	Strateginen tavoite 3.1: Tehokkaampi monialainen yhteistyö tutkimuksen ja yrityskentän kesken Mittari M3.2 Testialustojen valmiudet, määrä ja laatu (Lisäksi 4.1 ja 4.2 Valovoimainen brändi)

Toimenpide	Tavoite	Tehtävät	Akkustrategia
Kärkihanke 4. 4. Akkujen mekaanisen kierrätyksen infrastruktuurien toteutus	Akkujen kierrätyksen eri vaiheiden infrojen saataavuus Suomessa: mekaaninen lajittelu ja purku, orgaanisten materiaalien, anodi- ja katodimateriaalien erotus, automatisointi ja diagnostiikka	1. Keskustelu tarpeista tutkimuslaitosten, korkeakoulujen ja yritysten kesken 2. Akkujen mekaanisen kierrätyksen infrojen toteutus	Strateginen tavoite 3.1: Tehokkaampi monialainen yhteistyö tutkimuksen ja yrityskentän kesken Mittari M3.2 Testialustojen valmiudet, määrä ja laatu
Kärkihanke 5. 5. Kehitetään in-operando ja in-situ analytiikkaa akkumateriaalien tutkimukseen	Täytetään Suomessa infrastruktuurista puuttuva aukko materiaalien karakterisointiin lataus- ja purkutestien aikana (in-situ ja in-operando)	1. Keskustelu tarpeista tutkimuslaitosten, korkeakoulujen ja yritysten kesken 2. In-situ ja in-operando analytiikan infrojen toteutus	Strateginen tavoite 3.1: Tehokkaampi monialainen yhteistyö tutkimuksen ja yrityskentän kesken Mittari M3.2 Testialustojen valmiudet, määrä ja laatu
6. Tehdään laajat ja ajantasaiset testiympäristöt sähköistymisen teknologia- ja järjestelmäkehitykseen	Parannetaan edellytyksiä tehdä teknologia- ja järjestelmäkehitystä Suomessa sähköistymisen osaluilla korkean kasvupotentiaalin alueilla	Toteutetaan: 1. latauksen testiympäristöt 2. akkujen ja joustavan sähköjärjestelmän testiympäristöt 3. testikaivokset 4. Parannetaan koordinoitua yhteiskehittämistä ja testiympäristöjen hyödyntämiselle ja operoinnille	Strateginen tavoite 3.1: Tehokkaampi monialainen yhteistyö tutkimuksen ja yrityskentän kesken Mittari M3.2 Testialustojen valmiudet, määrä ja laatu
7. Selvitys kennovalmistuksen pilot-mittakaavan tutkimusinfrastruktuurista	Selvitetään tarve pilot-mittakaavan tutkimusinfrastruktuurille kennovalmistukseen. Tukemaan TKI-toimintaa, jos Suomeen halutaan omaa kennovalmistusta	1. Tehdään selvitys yritysten kiinnostuksesta hyödyntää pilot-mittakaavan kennovalmistuksen infrastruktuuria, määritellään konseptitasolla pilot-infrastruktuurin tekninen toteutus ja tavoitteet, sekä alustava toteutusmalli ja kustannukset	Strateginen tavoite 3.1: Tehokkaampi monialainen yhteistyö tutkimuksen ja yrityskentän kesken Mittari M3.2 Testialustojen valmiudet, määrä ja laatu
8. Tutkimusinfrastruktuuri- rahoituksen ohjaaminen akkuklusterille	Pyritään lisäämään innovaatioklustereiden, testiympäristöjen ja tutkimusinfrastruktuurien saamaa rahoitusta akkuklusterille, hyödynnetään nykyisten rahoitusmuotojen mahdollisuudet täysimittaisesti	1. Lisätään akkuklusterin toimijoiden tietämystä ja ajankohtaista ymmärrystä tarjolla olevista rahoituksista	Mahdollistaja muille ehdotuksille

Toimenpide	Tavoite	Tehtävät	Akkustrategia
9. Yhteistyön, vuorovaikutuksen ja tiedon jakamisen lisääminen tutkimusinfrastruktuurien kehittämiseksi	Lisätään kansallisesti toimijoiden parempaa keskinäistä tuntemusta ja luodaan näin edellytyksiä yhteiskäyttöisyydelle ja yhteiselle hanke- ja investointisuunnittelulle	<ol style="list-style-type: none"> Järjestetään akkuklusterin seminaareja ja muita tilaisuuksia toimijoiden tutustumiseen Viedään infrastruktuurien kuvaukset yhteiseen tietokantaan ja ylläpidetään tietoja Jaetaan tietoa erilaisista toimintamalleista ja onnistuneista kumppanuuksista 	Mahdollistaja muille ehdotuksille
10. Lisätään suomalaisten ja kansainvälisten yritysten osallistumista infrastruktuurien kehittämiseen ja erilaisten yhteistyömallien hyödyntämistä	Parannetaan panostusten vaikuttavuutta yhdistämällä julkista- ja yritysrahoitusta	<ol style="list-style-type: none"> Kerätään käynnissä olevista eri hankkeista parhaat käytännöt yhteen esitykseen akkuklusterin käyttöön Tuetaan erityisesti infrastruktuuri hankkeita, joilla on laaja yritysten osallistuminen, tuki tai sitoutuminen hyödyntämiseen 	Mahdollistaja muille ehdotuksille
11. Kehitetään teknistä osaamista tutkimusinfrastruktuurien käyttämiseen ja huippututkimukseen, sekä mahdollistetaan infrastruktuurien hyödyntäminen oppimisympäristöinä	Infrastruktuurien käyttämiseen tarvitaan monipuolista osaamista ja huippututkimusta, samalla infrastruktuurit voivat toimia oppimisympäristöinä uusien akkualan osaamistarpeiden koulutuksessa	<ol style="list-style-type: none"> Kootaan akkuklusterin osaamisselvityksen ja muiden hankkeiden kokeellista toimintaa tukevat aloitteet toteutettavaksi Seurataan ja järjestetään koulutusta infrastruktuurien tekniselle henkilökunnalle ja uusille alan opiskelijoille Panostetaan akkuklusterin kokeelliseen tutkimukseen ja koulutukseen, alan opiskelijoiden tutkijapolkuihin ja tutkijavaihtoihin kansallisesti ja kansainvälisesti infrastruktuureja hyödyntäen koulutuskokonaisuuksia hyödyntäen infrastruktuureja oppimisympäristöinä 	<p>Strateginen tavoite 3.1: Tehokkaampi monialainen yhteistyö tutkimuksen ja yrityskentän kesken</p> <p>Mittari M3.2 Testialustojen valmiudet, määrä ja laatu</p>

Liite 1. Hankkeessa toteutettu kysely

Kysely Suomen akkustrategiaa tukevista julkisista ja yksityisistä tutkimusinfrastruktuureista

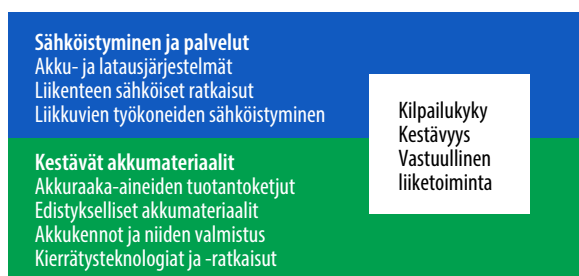
Tällä kyselyllä kerätään tietoa kartoitukseen Suomen akkuklusterin julkisista ja yksityisistä tutkimusinfrastruktuureista. Kartoituksen pohjalta tehtävä selvitys johtopäätöksineen julkaistaan tammikuussa 2022, ja se tukee osaltaan Suomen akkustrategian toteutusta.

[Kansallinen akkustrategia 2025](#) julkaistiin tammikuussa 2021. Strategian tavoitteena on luoda Suomeen edelläkävijänä toimiva akkuklusteri, joka tukee Suomen siirtymistä vähähiiliseen talouteen. Strategian toimeenpanon edistämiseksi on asetettu [akkualan kansallinen yhteistyöelin](#), joka kokoaa yhteen akkusektorin eri toimijat.

Akkustrategian yhtenä tavoitteena on kehittää alan huippututkimusta ja edistää alan innovaatioiden syntymistä. Tutkimusinfrastruktuurit ovat tutkimuksen tekemisen ja innovaatioiden syntymisen perusedellytyksiä. Akkustrategiassa todetaan, että alan julkiset ja yksityiset tutkimusinfrastruktuurit tulisi verkottaa ja tunnistaa näissä olevat puutteet. Tämän kehittämistyön pohjaksi Työ- ja elinkeinoministeriö on tilannut selvityksen nykyisistä akkuklusterin julkisista ja yksityisistä tutkimusinfrastruktuureista. Tutkimusinfrastruktuureja ovat tutkimuksen ja kehitystyön eri vaiheissa käytössä olevat laboratoriot, testiympäristöt ja tutkimuksen käytössä olevat data-alustat.

Akkuklusterilla tarkoitetaan tässä akkuarvoketjua ja siihen läheisesti liittyvää liikenteen ja työkonien sähköistymistä. Akkuklusteri voitaisiin ymmärtää myös akku- ja sähköistymisklusterina, sillä ne liittyvät laajasti toisiinsa. Selvitykseen sisältyvät tutkimusinfrastruktuurit, jotka tukevat kuviossa esitettyjä akkustrategian fokusalueita.

Kuvio. Akkustrategian toimeenpanon fokusalueet tiivistettynä.



Tähän kyselyyn vastaamalla organisaatiot osallistuvat akkustrategian käytännön toteutukseen ja voivat tuoda esiin näkemyksensä tutkimusinfrastruktuurien kehitystarpeista. Lisäksi kyselyyn vastanneiden organisaatioiden tutkimusinfrastruktuureista tehdään kuvaukset loppuraportin liitteeksi. Näin syntyy hakemisto akkuklusterin tutkimusinfrastruktuureista, johon vastanneiden organisaatioiden infrastruktuurit saadaan näkyville. Vastaajilla on mahdollisuus kommentoida organisaationsa tutkimusinfrastruktuurin kuvausta ennen julkaisua. Kyselyyn sisältyy myös osioita kumppanuuksista ja tulevaisuuden suunnitelmista, joita ei sellaisenaan julkaista vaan hyödynnetään kokonaiskuvan muodostamiseen. Tietoja kerätään hankkeen ajan eri kanavista, ja halutessanne antaa tietoja mieluiten puhelimitse tai sähköpostilla, voitte mainita tämän kyselylomakkeella.

Kyselytutkimuksen suorittaa VTT. Kysely on avoinna 21.9.2021–10.11.2021 ja kyselyn täyttämiseen kuluva aika on noin 15–30 min. Kyselyssä on halutessaan mahdollisuus liittää tietoja, jotka sisältävät kuvauksia tutkimusinfrastruktuureista. Yhteystietojen jättämisellä varmistat, että kyselyn tekijät voivat tarvittaessa olla yhteydessä tarkentavien kysymysten merkeissä.

Lisätietoja selvityksestä ja kyselystä antavat Johanna Särkijärvi (Liikenneneuvos, Työ- ja elinkeinoministeriö, johanna.sarkijarvi@tem.fi) ja Taneli Fabritius (teknologiapäällikkö, VTT, taneli.fabritius@vtt.fi, 0406615719).

Olen lukenut ja hyväksyn VTT:n tietosuojakäytännön.

Hyväksyn, että tietoni tallennetaan ja käsitellään tietosuojakäytännön mukaisesti.

Osa 1/3: Vastaaja, organisaatio ja yhteystiedot

1. Vastaajan tiedot

Etunimi

Sukunimi

Matkapuhelin

Sähköposti

Organisaatio

nimike/rooli organisaatiossa

2. Organisaation tyyppi:

Vaihtoehdot:

- Ammattikorkeakoulu
- Yliopisto
- Tutkimuslaitos
- Yritys
- Kaupunki
- muut toimijat, mikä?

Osa 2/3: Yleiset tiedot tutkimusinfrastruktuurista

Kyselyn tämän osan vastauksia hyödynnetään hankkeen loppuraportissa akkuklusterin tutkimusinfrastruktuureista julkaistavien yleistajuisien ja teknisluontoisten kuvausten tuottamiseen. Kuvauksia ei kuitenkin julkaista loppuraporttiin suoraan kyselystä, vaan VTT kirjottaa kyselyn vastausten pohjalta loppuraporttiin soveltuvat kuvaukset selvitykseen sisältyvistä infrastruktuureista. Vastaaajaorganisaatioilla on halutessaan mahdollisuus kommentoida vastauksia omalta osaltaan ennen julkaisua.

3. Kysymys: Yleisluontoinen tiivis kuvaus tutkimusinfrastruktuurista

Kirjoita tiivis yleistajuinen kuvaus tutkimusinfrastruktuurista ja sen mahdollistamasta tutkimuksesta. Esimerkki yleistajuisesta kuvauksesta on GTK:n tutkimuslaboratorion kuvaus [täällä](#).

4. Teknisluontoinen kuvaus tutkimusinfrastruktuurista

Teknisluontoinen kuvaus tutkimusinfrastruktuurista on yksityiskohtaisempi kuvaus siitä, mitä tutkimusinfrastruktuuri sisältää. Laboratoriolla, testiympäristöllä ja data-alustalla kuvauksessa korostuvat asiat voivat olla erilaisia. Esimerkiksi:

- Laboratorio: Laitteet ja tilat
- Testiympäristö: Asennetun infran lisäksi muut ympäristön tarjoamat hyödyt
- Tietovarannot ja data-alustat: Kuvaus data-alustan sisällöstä ja käytöstä

Kuvauksissa tulisi kuvata keskeiset kyvykkyydet, sekä minkälaisia TKI-hankkeita/palveluja ne mahdollistavat. Lisäksi halutaan selvittää, minkä kokoluokan toimintaan tutkimusinfrastruktuuri on tarkoitettu (esimerkiksi prototyyppien vai teollisen mittakaavan testaus). Liitteisiin on mahdollista lisätä esimerkiksi Powerpoint-esityksiä tai pdf/Excel-listoja, joista selvityksen tekijät voivat poimia keskeisiä teknisiä tietoja tai tietoa tarjottavista palveluista. Esimerkki teknisluontoisesta kuvauksesta on VTT:n IntelligentEnergy testbed -kuvaus [täällä](#).

Tutkimusinfrastruktuurin internet-osoite:

5. Kysymys: Tutkimusinfrastruktuurin omistaja(t)

6. Kysymys: Missä tutkimusinfrastruktuuri sijaitsee (paikkakunta, muu tarkennus)

7. Kysymys: Mikä on akkustrategian teema-alue, johon tutkimusinfrastruktuuri kytkeytyy

Vaihtoehdot (voit valita yhden tai useampia):

- Akkuraaka-aineiden tuotantoketjut

- Akkuraaka-aineiden tuotannolla tarkoitetaan tässä akuissa käytettävien, kaivoksista louhittavien mineraalien rikastamista ja jalostamista sekä akkukemikaalien valmistusta. Keskeisiä mineraaleja ovat mm. nikkeli, litium ja koboltti.
- Edistykselliset akkumateriaalit
 - Edistyksellisillä akkumateriaaleilla tarkoitetaan tässä uudenlaisia, vähäkobolttisia akkumateriaaleja, joiden käyttöönoton mahdollisuuksia tutkitaan.
- Akku- ja tuotantoteknologiat
 - Akku- ja tuotantoteknologioilla tarkoitetaan tässä esimerkiksi akkukennojen valmistusta ja akkujen kokoonpanoa, sekä kokonaisia akku- ja latausjärjestelmiä. Vaikka akkustrategian peruslinjauksena on, että litiumioniakut säilyttävät asemansa johtavana akkuteknologiana strategiakaudella 2021–2025 ja hyvän aikaa tämän jälkeen, Suomessa tutkitaan laajasti myös uusia akkuteknologioita. Tutkimus kehittää myös akkuteollisuuden käyttämiä teknologioita ja prosesseja kotimaisille ja kansainvälisille markkinoille.
- Liikkuvien työkonien sähköistyminen
 - Raskaiden työkonien sähköistyminen tarjoaa mahdollisuuksia Suomen taloudelle. Akkujärjestelmät, sähköiset voimalinjat ja latauksen teknologiat auttavat uudistamaan vientiteollisuuden tuotteita niin, että ne vastaavat tulevaisuuden kysyntään.
- Liikenteen sähköiset ratkaisut
 - Liikenteen sähköistyminen järjestelmäratkaisuna tarjoaa suomalaiselle teollisuudelle ja palveluliiketoiminnoille runsaasti mahdollisuuksia ja on välttämätöntä ilmastotavoitteiden saavuttamiseksi. Suomelle erityisen potentiaalisina alueina näemme liikkuvien työkonien, raskaan liikenteen ja merenkulun sähköistymisen sekä tarkoituksenmukaiset sähköverkkoyhteydet joustavassa sähkömarkkinassa.
- Kierrätysteknologiat ja -ratkaisut
 - Kierrätysteknologioilla ja -ratkaisuilla tarkoitetaan tässä erityisesti litiumin, koboltin, nikkelin ja mangaanin kierrätykseen ja uudelleen hyödyntämiseen liittyviä vähähiilisiä ratkaisuja.
- Muu

8. Kysymys: Mikä on tutkimusinfrastruktuurin tyyppi

- Laboratorio
- Testiympäristö (ml. living labit, testbedit, koeympäristöt, testialustat...)
- Tietovaranto (ml. simulointi&mallinnus, data-alustat, datapalvelut, tietokannat)
- Muu: avoin vastaus

Osa 3/3: Tutkimusinfrastruktuurin avoimuus ja kehittämissuunnitelmat

Kyselyn vastauksia 9–13 ei julkaista tai hyödynnetä sellaisenaan selvityksessä, vaan ne ovat pohjana kokonaiskuvan luomiseen sekä johtopäätösten tekemiseen. Yksittäisiä vastauksia ei myöskään julkaista selvityksessä tunnistettavina, paitsi julkisesti saatavilla olevien tietojen osalta (esimerkiksi Suomen Akatemian FIRI-infrat).

9. Kysymys: Onko tutkimusinfrastruktuuri ulkopuolisten käytettävissä. Jos on, niin millaisilla ehdoilla tai sopimusmalleilla.

10. Kysymys: Mitä kumppanuuksia tai yhteiskäyttösopimuksia tutkimusinfrastruktuurilla on?

Tällä kysymyksellä kartoitetaan, millaisia erilaisia yhteiseen hyödyntämiseen tähtäviä järjestelyjä ja kumppanuuksia tällä hetkellä on käytössä, esimerkiksi Suomen Akatemian FIRI-tutkimusinfrastruktuurit tai muut kumppanuudet.

11. Kysymys: Millaisia suunnitelmia organisaatiollanne on nykyisten tutkimusinfrastruktuurien kehittämisestä ja uusien rakentamisesta?

12. Kysymys: Millaisia suunnitelmia organisaatiollanne on nykyisten tutkimusinfrastruktuurien kumppanuuksien/yhteiskäytön kehittämisestä? Jos organisaatiollanne ei ole olemassa olevia tai suunnitelmissa yhteiskäytön kehittämistä, minkälaisesta yhteistyöstä olisitte kiinnostuneita?

13. Kysymys: Miten akkuklusteria tukevaa kansallista tutkimusinfrastruktuuria pitäisi mielestänne kehittää tulevana vuosina?

Liite 2. Akkuklusterin tutkimusinfrastruktuurit

Sisällys

Aalto-yliopisto	77
Akkurate	80
Beneq	82
Centria-ammattikorkeakoulun Chemplant -koetehdas.....	82
Etteplan	84
Eurofins	86
Feasib	88
Geologian tutkimuskeskus (GTK).....	89
Jyväskylän yliopisto.....	92
Lapin AMK	93
LUT-yliopisto	96
Metropolia	100
Metso Outotecin tutkimuskeskus.....	101
Oulun Ammattikorkeakoulu – NUVE-LAB.....	103
Oulun yliopisto.....	105
Proventia	108
Pulsedion	108
Pyhäjärven Callio testikaivos.....	109
Sandvikin testikaivos.....	110
Tampereen yliopisto.....	110
Turun Ammattikorkeakoulu	115
Turun yliopisto	117
Itä-Suomen yliopisto (UEF)	118
Vaasan AMK	121
Vaasan yliopisto	122
Teknologian tutkimuskeskus VTT.....	124
X-Ray Mineral Services Finland.....	136
Åbo Akademi	138

Aalto-yliopisto

Insinöörیتیeteiden tutkimusinfrastruktuurit

Yleiskuvaus kokonaisuudesta

Aalto-yliopiston tutkimusinfrastruktuuri sisältää mm. ajoneuvodynamometrin sekä laitteistoja akkujen kokeelliseen tutkimukseen. Vuoden 2022 lopulla on valmistumassa uudet sähköisen liikkumisen ja sähköistyvien työkoneneiden aihepiirien tutkimusta tukevat tilat osoitteeseen Puumiehenkuja 5. Lisäksi merkittävä resurssi on opiskelijoiden ja tutkijoiden yhteisö sekä muut ympäröivät laboratoriot ja naapurikorttelissa oleva A Grid kasvuyrityskeskus.

Ulkopuolisten toimijoiden infran käyttömahdollisuudet: Sopimuksen mukaan.

Akkutestaus ja sähköiset ajoneuvot

Yleiskuvaus lyhyesti

Akkupakettien tutkimukseen sääkaappeja, kennotason testeri, ajoneuvodynamometri sekä voimalinjapenkki.

Teknisempi kuvaus

Akkutesteri:

- Arbin, 24 kanavaa
- Gamry, EIS-mittari

Ajoneuvodynamometri:

- rullan halkaisija 1,2 m
- akselipaino 10 ton
- 80 kW vaakavoima
- max 140 km/h

Sijainti: Espoo

Puumiehenkuja 5 autonomous mobility lab

Yleiskuvaus lyhyesti

Vuoden 2022 lopulla valmistuu Aalto-yliopiston kampuksella Puumiehenkuja 5 -rakennuksen peruskorjaus ja laajennus. Uusiin tiloihin tulee auto- ja työkonetekniikan sekä liikennetekniikan yhteinen laboratorio (autonomous mobility lab), jossa toimivat yhdessä automaattiajamisen, sähköisen voimansiirron ja liikenteen professorit (ENG & ELEC: Tammi, Kyrki, Visala, Roncoli, Mladenovic, Vaaja, Jäntti, Xiao, Särkkä). Useita sähköisen liikkumisen ja sähköistyvien työkoneneiden aihepiirien teknisten ratkaisujen opettamiseen, tutkimiseen, kehittämiseen ja testaamiseen soveltuvia infroja.

Teknisempi kuvaus

Keskeisimpiä infroja (suunnitteilla):

- polttomoottorien koeajosellit
- sähkökonesali
- kylmähuone
- alustadynamometri

Sijainti: Puumiehenkuja 5, Espoo

Omistaja: Aalto-yliopisto

WWW:

Aalto-yliopiston Circular Raw Materials -infrastrukturi

Yleiskuvaus kokonaisuudesta

Aalto-yliopiston Circular Raw Materials infrastrukturi (RAMI) käsittää laboratoriomittakaavan laitteistot akkukierrätystutkimuksen tarpeisiin sisältäen tyypillisen infran mineraalien ja sekundääristen raaka-aineiden prosessointiin ja mekaaniseen esikäsittelyyn, samoin kuin hydrometallurgiseen, pyrometallurgiseen ja sähkömetallurgiseen jalostukseen tarvittavat laitteistot. Lisäksi Aalto-yliopistossa on turvallinen LIB LAB -tila teollisen akkumateriaalikierrätyksen tutkimiseen.

Akkututkimukseen liittyen Aalto-yliopistossa on laboratoriotilat myös aktiivisten materiaalien synteisiin, akkujen kokoamiseen sekä sähkökemiallisiin tutkimuksiin laboratoriomittakaavassa. Lisäksi Aalto-yliopistossa on kattava analyysilaitteisto materiaaleille ja näytteille.

Ympäristössä on myös osaamista sekä ohjelmistot, jotka tukevat akkumateriaalien jalostukseen ja kierrätykseen liittyvää prosessikehitystä sekä prosessimallinnusta ja ympäristöanalyysiä (esim. CO₂-päästöt).

Ulkopuolisten toimijoiden infran käyttömahdollisuudet

Aalto-yliopiston tutkimusinfrastruktuuria hyödynnetään opetuksessa ja tutkimuksessa. Ulkopuolisten toimijoiden on mahdollista sopia käytöstä vapaaksi jäävän kapasiteetin puitteissa Aalto-yliopiston laitekäyttösopimuksella. Yliopiston resurssit eivät kuitenkaan mahdollista palvelumittauksia.

Infran yhteiskäyttöjärjestelyt

Circular Raw Materials -tutkimusinfrastrukturi on osa RAMI-infrastruktuuria, joka kuuluu Suomen Akatemian kansalliselle tutkimusinfrastruktuureiden tiekartalle 2021–2024. Aalto-yliopiston lisäksi RAMI-tutkimusinfrastrukturi käsittää osaamista, tutkimusmenetelmiä ja laitteistoja, jotka ovat Geologisen tutkimuskeskuksen (GTK) sekä Teknologian tutkimuskeskuksen (VTT) isännöimiä. Yhdessä partnerit uudistavat epäorgaanisten materiaalien ja

metallien tutkimusta ja luovat uutta liiketoimintaa niiden kierrätykseen ja talteenottoon Circular Raw Materials Hub -yhteislaboratoriossa.

Sähkökemiallinen energian muuntaminen ja varastointi

Yleiskuvaus lyhyesti

Tutkimusinfrastruktuuri kattaa materiaalien synteessin, niiden rakenteen ja sähkökemiallisten ominaisuuksien karakterisoinnin sekä integroinnin laboratoriomittakaavan laitteisiin sisältäen akut, polttokennot, elektrolyysit ja superkondensaattorit.

Teknisempi kuvaus

Tutkimusinfrastruktuuri sisältää laitteistoja akkumateriaalien synteesiin laboratoriomittakaavassa, esimerkiksi korkean lämpötilan uuneja (1 000–1 600°C) eri kaasuvirtauksilla ja atomikerroskasvatusreaktoreita. Käytössä on kattava valikoima menetelmiä materiaalien karakterisointiin sisältäen esimerkiksi röntgendiffraktion, partikkelikoko- ja pinta-analyysin, termovaa'an ja kalorimetrin sekä erilaisia optisia, kromatografisia ja spektroskopisia menetelmiä.

Akkukennojen valmistaminen sisältää menetelmät elektrodien valmistukseen laboratoriomittakaavassa sekä nappikennojen kokoamisen argonilmakehässä (sekä puolikennot että kokokennot). Ympäristö sisältää mahdollisuuden sähköiseen ja sähkökemialliseen karakterisointiin (esim. pintaresistanssi, syklinen voltammetria (CV), sähkökemiallinen impedanssispektroskopia (EIS), galvanostaattinen syklaus). Mittauslaitteisto käsittää akkutesterin nappikennoille ja pienille pussikennoille (80 mittauskanavaa), Maccorin akkutesterin suuremmille kennoille sekä useita potentiostaatteja sähkökemiallisella impedanssispektroskopialla varustettuna. Sähkökemiallinen karakterisointi voidaan suorittaa olosuhdekaapissa eri lämpötiloissa. Lisäksi on mahdollisuus kolmielektrodimittauksiin.

Sijainti: Tutkimusinfrastruktuuri sijaitsee Otaniemessä, Espoossa, osoitteessa Kemistintie 1, 02150 Espoo.

Hydrometallurgia

Yleiskuvaus lyhyesti

Tutkimusinfrastruktuuri sisältää menetelmiä metallien talteenottoon akuista ja muista sekundäärisistä materiaalivirroista, kuten laitteistot akkujen prosessointiin ja mekaaniseen esikäsitelyyn sekä hydrometallurgiseen, pyrometallurgiseen ja sähkömetallurgiseen jalostukseen tarvittavat laitteistot.

Teknisempi kuvaus

Tutkimusinfrastruktuuri sisältää useita liuotusreaktoreita sekä jatkuvatoimisen liuotusase-man, joka sisältää 5 kpl 5 litran titaanireaktoreita (varustettu erillisillä sekoittajilla sekä lämpötilasäätimillä), joilla voidaan myös suorittaa vastavirtaliuotusta. Lisäksi on 1,1 l titaanista

valmistettu (grade 2) autoklaavireaktori (maksimilämpötila 250° ja maksimipaine 60 bar) paineliuotusta varten. Autoklaaviin on happi- ja typpisyöttö sekä näytteenottojärjestelmä.

Lisäksi tutkimusinfrastruktuuri sisältää sähkökemiallisia laitteistoja (potentiostaatit, virtalähteet, kennot) ja analyysimenetelmiä, kuten kvartsikidemikrovaaka, kosteusanalysaattori, näytteenvalmistusasema sekä atomiabsorptiospektroskooppi liuosanalytiikkaan.

Sijainti: Tutkimusinfrastruktuuri sijaitsee Otaniemessä, Espoossa, osoitteessa Vuorimiehen-
tie 2, 02150 Espoo.

Omistaja: Aalto-yliopisto Kemian tekniikan korkeakoulu

WWW: <https://www.aalto.fi/fi/kemian-tekniikan-korkeakoulu/rami-raw-materials-research-infrastruktuuri>

<https://www.aalto.fi/fi/kemian-ja-materiaalitieteen-laitos/sahkokemiallinen-energian-muuntaminen-ja-varastointi>

<https://www.aalto.fi/en/department-of-chemical-and-metallurgical-engineering/hydro-met-facilities>

<https://www.aalto.fi/fi/tutkimuksen-ja-opetuksen-infrastruktuurit/raaka-aineiden-tutkimusinfrastruktuuri>

<https://www.gtk.fi/tutkimusinfrastruktuuri/circular-raw-material-hub-yhteislaboratorio/>

Akkuraten akkulaboratorio

Yleiskuvaus kokonaisuudesta

Akkulaboratorio, jota voidaan hyödyntää litiumioniakkukenojen ja pienten akkumoduulien tai akkupakettien suorituskyvyn, turvallisuuden ja eliniän testaukseen, analyyseihin, laadunvarmistukseen ja akkumallien kehitykseen.

Ulkopuolisten toimijoiden infran käyttömahdollisuudet: Hinnaston mukaan.

Infran yhteiskäyttöjärjestelyt

Yleiskuvaus lyhyesti

- Akkutestaus- ja analyysilaboratorio 30 kW maksimitehoon asti
- Laaja ymmärrys akkujen ikääntymisestä, suorituskyvystä ja turvallisuudesta
- Testauskyvykkyydet:
- Akkukenojen karakterisointi
- Sykli-elinikätestit
- Sähkökemiallinen impedanssispektroskopia (EIS)
- Lämpöstabiliisuusanalyysi ja lämpöominaisuuksien karakterisointi (Accelerating Rate Calorimeter)
- 2D/3D röntgenkuvaus

- Erilaisia turvallisuustestejä kuten neuläläpäisytesti, kuumennustesti ja ylilataustesti (nail penetration, hot oven, over charge)
- Varastointitestit
- Akkukennojen avaus
- Laadukkaat testilaitteistot (Maccor, Chroma, Espec, Thermal Hazard Technologies)

Teknisempi kuvaus

Akkujen analytiikka

- Vika- ja riskianalyysi: Useita testejä ja menetelmiä ikääntyneiden akkujen analysointiin.
- 2D-röntgenanalyysi: Akun tai elektronisen laitteen sisäisen rakenteen analysointiin. Hyödyllinen menetelmä akkukennojen tasalaatuisuuden varmistuksessa ja laadunvalvonnassa.
- 3D-röntgenanalyysi: Voidaan tehdä kannettavien laitteiden, kuten älypuhelimien, akuille tai 18650-sylinterikennoille. 3D-menetelmä mahdollistaa akkukennon sisäisten rakenteiden analysoinnin ilman kennon avaamista.
- Purkuanalyysi: Akkupakettien tai -kennojen purkuanalyysi on tehokas tapa arvioida akun suunnittelun ja tuotannon laatua.
- SEM/EDX: Yksityiskohtainen elektrodimateriaalin rakenteen analysointi (SEM) ja materiaalien koostumuksen analysointi (EDX).
- FMEA-analyysi: Tehokas työkalu akkukennojen, -moduulien ja -pakettien suunnittelu- tai valmistusprosessin mahdollisten riskien paljastamiseen.
- Lämpöanalyysi: Esimerkiksi kennojen lämpökapasiteetti mitataan akkumoduulien- ja pakettien lämmöntuotannon simuloimiseksi.

Lähde: <https://www.akkurate.fi/consulting-and-testing/analysis/>

Turvallisuustestaus

- EV+ ja tavallinen ARC-kalorimetri: Soveltuvat erilaisiin akkukennojen lämpötesteihin, kuten kennon lämpökapasiteetin ja lämpöstabiiliuden mittaus tai kennon lämmöntuotto käytön aikana. EV+ ARC-kalorimetrillä voidaan testata myös suurempia sähköautojen akkukennoja ja tehdä turvallisuustestejä kuten neuläläpäisytesti, kuumennustesti, oikosulkutesti ja ylilataustesti (nail penetration, hotbox, short-circuit, over charge).
- Suojapiirin verifiointi: Varmistetaan että akun suojapiiri toimii oikein akkunolle tai akkupaketille määriteltyjen turvarajojen mukaisesti.
- Vika- ja väärinkäyttöttestit: Erilaisia vika- ja väärinkäyttöttestejä, kuten ylilataustesti, kuumennustesti tai neuläläpäisytesti, joita voidaan tehdä laboratorion turvakammioissa.

Lähde: <https://www.akkurate.fi/consulting-and-testing/safety-testing/>

Sijainti: Kaarikatu 8B, 20760 Kaarina

Omistaja: Akkurate Oy

WWW: <https://www.akkurate.fi/consulting-and-testing/>

Beneq

Yleiskuvaus kokonaisuudesta

Beneqin ALD (atomic layer deposition, atomikerroskasvatus) pinnoituspalvelut sisältävät asiakkaan tuotteen koko elinkaaren, alkaen ohutkalvokehityksestä ja pinnoituspalvelusta tutkimuslaitteisiin ja teollisiin laiteitoimituksiin. Beneqillä on vahva ALD-kehitysorganisaatio, jonka käytössä on 15 ALD-laitetta Beneqin puhdastiloissa. Kehitysorganisaation asiantuntemusta hyödynnetään yhteistyöhankkeissa, Beneqin omissa tutkimusprojekteissa sekä asiakkaiden toimeksiannoissa globaalisti.

Ulkopuolisten toimijoiden infran käyttömahdollisuudet

ALD-pinnoituksia tehdään ulkopuolisten tutkimusorganisaatioiden ja asiakkaiden kanssa projekteissa, joissa hyödynnetään ALD-pinnoituksia uusien tehokkaampien ja turvallisempien akkurakenteiden kehityksessä. Projektit ovat julkisrahoitteisia tai asiakkaan tilaamia. ALD-kehityspalvelu räätälöidään aina sisällöltään tilaajan tarpeiden mukaiseksi.

Teknisempi kuvaus

ALD kehitysorganisaatiolla on käytössä 15 ALD-laitetta Beneqin puhdastiloissa. Akkututkimukseen soveltuva ALD-tutkimuslaite on TFS 200 (<https://beneq.com/en/products/research/tfs200/>), joka on yhdistetty Argon-suojakaasukaappiin ja jossa substraatin koko on 200 x 200 mm. Lisäksi on kompakti ALD tutkimuslaite R2 (<https://beneq.com/en/products/research/r2/>).

Sijainti: Espoo, Olarinluoma 9

Omistaja: Beneq Oy

WWW: www.beneq.com

Centria-ammattikorkeakoulun Chemplant -koetehdas

Yleiskuvaus kokonaisuudesta

Centrian Chemplant-koetehdaspalvelut kattavat kemianteollisuuden prosessikehityksen laboratoriomittakaavasta pilot-mittakaavaan sisältäen tutkimukset esiselvityksistä lähtien. Koetehdasympäristö perustuu kahteen pilot-kokoluokan reaktoriin, jotka mahdollistavat esimerkiksi kemiallisten saostus- ja rikastusilmiöiden tutkimuksen. Reaktoreiden ohella monipuolinen ympäristö sisältää myös esikäsittely- ja erotuslaitteistot. Käytössä

on monipuolinen materiaali- ja koostumusmääritysympäristö tuotteiden karakterisointiin. Pilot-laitteistosta saadaan prosessitietoja ABB-automaatiojärjestelmästä. Valmistettavia tuote-eriä voidaan käyttää esimarkkinointiin tai laajaan tuotetestaukseen. Lisäksi voidaan tunnistaa potentiaalisia tehdastuotannon ongelmia sekä saadaan tietoa tuotteiden prosessoitavuudesta ja laboratoriomittakaavan kokeiden skaalautuvuudesta. Koe-toiminta tukee prosessointivaihtoehtojen valintaa, sillä voidaan laajentaa tehdasprosessin hallinnan osaamista ja sen aikana voidaan tehdä alustavia laite- ja materiaalivalintoja tehdastuotantoon.

Ulkopuolisten toimijoiden infran käyttömahdollisuudet

Tutkimusinfrastruktuuri on ulkopuolisten käytettävissä. Palveluita voidaan ostaa Centria-ammattikorkeakoululta. Tutkimustoiminnasta annetaan asiakkaan tarpeiden mukaan tarjous.

Teknisempi kuvaus

Chemplant-koetehdas sisältää seuraavat laitteistot ja kyvykkyydet:

- Panosreaktori: noin 200 litraa, materiaali 904L, normaali-ilmakehän painealue, lämpötila-alue +4 - +140 °C, mittaukset: pH, lämpötila, redox, sekoittimen pyörimisnopeus ja momentti, pystysekoitin, reaktori Atex-alueella.
- Panosreaktori: noin 80 litraa, materiaali 904L, käyttöpaine noin 115 millibar (abs.) - 6 bar (abs.), lämpötila-alue +4 - +140 °C, pystysekoitin, mittaukset: pH, lämpötila, sekoittimen pyörimisnopeus, paine, reaktori Atex-alueella.
- Tislauskolonni: halkaisija 215 mm, materiaali haponkestävä teräs 316/316L, maksimikäyttö-lämpötila +150 °C, normaali-ilmanpainealueella toimiva, lämmitysteho max. 10 kW, esilämmitin: kuparikierukka ja vesihaude 2 kW, täytekappaleet Sulzer Mellapak Plus M452Y, teoreettisten pohjien lukumäärä 10 kpl (6 syöttöpohjan yläpuolella, 4 alapuolella), laskennallinen kapasiteetti noin 120 litraa/h, mittaukset: lämpötila (pohja, syöte, tisle) ja paine-ero, palautussuhde säädettävissä, näytteenottomahdollisuus, kolonni on Atex-alueella.
- Kaasunpesuri: haponkestävä teräs 316L ja polypropeeni, kaksivaiheinen (venturi + täytekappalekolonni, 3 teoreettista pohjaa), kolonnin täytekappaleet Sulzer Mellapak Plus M452Y, venturisuutin BETE TF 12 NN, 60° suihku, mittaukset: pinnankorkeus, lämpötila, pH ja paine-ero, pesuri on Atex-alueella.
- Painesuodatin: Filtrox-kehysuotopuristin, haponkestävä teräs (suodinlevyt), suodinpinta-ala noin 0,45 m², maksimipaine 10 bar (+140 °C).
- Leukamurskain: Retsch, leukamateriaali mangaaniteräs, kapasiteetti 300 kg/h, syötteen halkaisija max. 90 mm, leuka-aukon koko 0–30 mm, teho 1,5 kW, mittaukset: energiankulutus.
- Kuulamyly: Baan Machines en Installaties BV, materiaalit: posliini 3 litraa, teräs 6 litraa, pyörimisteho 0,37 kW, mittaukset: pyörimisnopeus, energiankulutus.
- Seulontalaitteisto: Retsch-laboratorioseulasarja ja ravistelija, seulapinnan halkaisija 300 mm, seulakoko 38 µm–noin 40 mm, märkäseulontamahdollisuus.

- Materiaalinkäsittelyyn: kalvopumppu, monopumppu, keskipakopumppu, mäntäpumppu, letkupumppu, lämpökaappi, muoviset sekoitussäiliöt (noin 10 L, noin 30 L ja noin 80 L), neste-neste-uuttolaitteisto: materiaali: lasi, (lämmitys+jäähdytys, 3 uuttokennoa, 2 takaisinuuuttokennoa, kolme syöttöpumpua), vaa'at, ekstruuderit (compounder) muoviseosten ruiskumuovaamiseen.
- Materiaalien karakterisointi: mm. partikkelikokoanalyysointilaitteisto, ICP-MS-spektrofotometri, AAS-spektrofotometri, GC-MS-kaasukromatografi, DSC-kalorimetri, termogravimetri, dynaamis-mekaaninen analyysointilaitteisto, reometri, XRD-diffraktometri, FTIR-spektrofotometri, UV-Vis-spektrofotometri, ionikromatografi, refraktometri, elektronimikroskoopi (SEM+EDS), valomikroskoopit.

Sijainti: Keski-Pohjanmaa, Kokkola ja Pohjois-Pohjanmaa, Ylivieska

Omistaja: Centria-ammattikorkeakoulu

WWW: <https://tki.centria.fi/kehittamispalvelut/tuotannon-ja-prosessien-kehittamispalvelut>
<https://tki.centria.fi/kehittamispalvelut/tuotannon-ja-prosessien-kehittamispalvelut/chemplant-kemian-koetehda>

Etteplanin testilaboratorio

Yleiskuvaus kokonaisuudesta

Etteplan Test Laboratory Jyväskylässä on akkreditoitu olosuhdetestauksen, tuoteturvallisuustarkasteluiden ja EMC/RF-testien osalta. Teemme hyvin laajasti tuotetestausta jääkaappia pienemmille tuotteille, minkä lisäksi myös suuremmista järjestelmistä voidaan testata kriittinen osakokonaisuus.

Mahdollisuus suorittaa lähestulkoon kaikki tuotehyväksyntöihin tarvittavat testit sulautetuille tuotteille.

Akkujen testaamiseen ei nykyisellään ole kyvykkyyttä silloin, kun testeihin sisältyy turvallisuusriskiä. Testilaboratoriossa on kuitenkin mahdollista testata dummyakkuja, akkuihin liittyviä järjestelmiä ja akkujen suorituskykyä. Suunnitelmassa on laajentaa akkutestauskyvykkyyttä yhdessä yhteistyökumppanin kanssa.

Ulkopuolisten toimijoiden infran käyttömahdollisuudet

Saatavilla tarjouksen mukaan.

Infran yhteiskäyttöjärjestelyt

Ympäristöolosuhdetestaus

Yleiskuvaus lyhyesti

Ympäristöolosuhdetestauksella pystytään simuloimaan erilaisia käyttöympäristöjä. Testattava tuote voidaan altistaa erilaisille lämpötiloille ja ilmankosteuksille sekä niiden muutoksille, tärinälle, UV-valolle, kemikaaleille, mekaanisille iskuille ym. Teemme myös kotelointiluokitustestejä, joilla tutkitaan laitteen suojausta kosteutta ja pölyä vastaan sekä vaarallisten osien kosketussuojausta.

Teknisempi kuvaus

<https://www.etteplan.com/fi/palvelumme/testaus-ja-testilaboratorio/akkreditoitu-ymparistoololosuhdetestaus>

<https://www.etteplan.com/sites/default/files/inline-files/Etteplan-test-laboratory-brochure-2020.pdf>

Sijainti: Mattilanniemi 6–8, Jyväskylä

Vika-analyysit ja laadunvarmistus

Yleiskuvaus lyhyesti

Etteplanin laboratoriossa voidaan nopeasti tutkia täyttääkö prototyyppi standardi-, laite- tai komponenttikohtaiset laatuvaatimukset. Vika-analyysin rinnalla prototyypille voidaan tehdä monipuolisia ympäristöolosuhdetestejä, joiden avulla tuotteessa mahdollisesti ilmenneviä ongelma-kohtia voidaan entistä kattavammin havaita.

Teknisempi kuvaus

<https://www.etteplan.com/fi/palvelumme/testaus-ja-testilaboratorio/vika-analyysit-ja-laadunvarmistus>

https://www.etteplan.com/sites/default/files/inline-files/Etteplan-test-laboratory-brochure-2020_4.pdf

Sijainti: Mattilanniemi 6–8, Jyväskylä

Akkreditoitu EMC- ja RF-testaus

Yleiskuvaus lyhyesti

Sähkömagneettisen yhteensopivuuden testauksella eli EMC-testauksella varmistetaan, että elektroniikkaa sisältävä laite on standardien ja lainsäädännön mukainen. Etteplan tarjoaa monipuolista valikoimaa EMC- ja RF-testauksia automatisoiduilla mittalaitteilla erityisissä testiympäristöissä. Testauksen piiriin kuuluvat esimerkiksi ESD (staattisen sähköön purkauksien sieto), EFT (sähköisten transienttien sieto), ylijänniteaaltojen sieto, radiosäteilyhäiriöiden sieto, radiosäteilyn emissiomittaus ym.

Teknisempi kuvaus

<https://www.etteplan.com/fi/palvelumme/testaus-ja-testilaboratorio/akkreditoit-dut-emc-testauspalvelut>

https://www.etteplan.com/sites/default/files/inline-files/Etteplan-test-laboratory-brochure_5.pdf

Sijainti: Mattilanniemi 6-8, Jyväskylä

Omistaja: Etteplan

WWW: <https://www.etteplan.com/fi/palvelumme/testaus-ja-testilaboratorio>

English translation (optional)

Eurofins

Yleiskuvaus kokonaisuudesta

Tuemme asiakkaitamme tuotteiden ja palvelujen elinkaaren kaikissa vaiheissa. Autamme tuotteiden kehityksessä, markkinoille viennissä sekä niiden ylläpidon aikana.

Ulkopuolisten toimijoiden infran käyttömahdollisuudet

Saatavilla tarjouksen mukaan

Infran yhteiskäyttöjärjestelyt

Rasitustestaus elinkaaren aikana

Yleiskuvaus lyhyesti Testauksen asiantuntijapalvelut:

Autamme asiakkaitamme jo tuotekehitysvaiheessa ja yhdessä selvitämme, millaisia rasituksia tuote joutuu kokemaan elinkaarensa aikana:

- Ympäristöolosuhterasetusten määrittely
- Testausvaatimusten määrittely
- Testausohjelmien suunnittelu
- Testiympäristön suunnittelu ja kiinnitysten suunnittelu
- Tuotteen mekaniikkasuunnittelun tuki
- Ympäristötestaus

Tuotteeseen kohdistuu sen toimintaympäristössä sekä kuljetuksen ja varastoinnin aikana ilmastollisia sekä mekaanisia rasituksia. Niiden vaikutuksia tuotteeseen ja sen pakkaukseen voidaan arvioida erilaisilla lämpö-, kosteus- ja korroosiotesteillä sekä värinä- ja iskutesteillä.

Teknisempi kuvaus

Tärinä- ja iskutestaus: <https://www.eurofins.fi/expertservices/palvelut/testaus-ja-tarkastus/elektroniikka/taerinae-ja-iskutestaus/>

Ympäristötestaus: <https://www.eurofins.fi/expertservices/palvelut/testaus-ja-tarkastus/elektroniikka/ympaeristoetestaus/>

Sijainti: Suomessa Espoo, Vihti, Salo, Oulu ja Tampere

Olosuhdetestaus

Yleiskuvaus lyhyesti

Teemme olosuhdetestauksia Vihdissä Vakolan toimipisteessä yli 30 vuoden kokemuksella. Kaikkien tilojen ilmasto-olot ovat säädettävissä ja testiohjelma suunnitellaan asiakkaan tarpeen mukaiseksi. Tiloissa on ajanmukaiset tiedonkeruulaitteet, joilla lämpötiloja voidaan mitata ilmasta, nesteistä ja rakenteista. Myös sähköisten suureiden sekä nesteiden ja ilman paineiden ja virtausten mittaus on mahdollista. Tulokset tallennetaan haluttuun muotoon. Testaattaja voi käyttää myös omia mittauslaitteitaan.

Lisätietoja: <https://www.eurofins.fi/expertservices/palvelut/testaus-ja-tarkastus/liikennevaelineet-ja-koneet/olosuhdetestaus/>

Teknisempi kuvaus

Pakkashalli

- Pakkashalli voidaan jäähdyttää -40 C-asteeseen. Kylmätestien lisäksi hallissa tehdään kuumatestejä. Tällöin hallin lämpötilaa voidaan korottaa aina +55 C-asteeseen. Lisäksi hallin ilmankosteutta voidaan säätää.
- Pakkashallin pituus on 14,2 m (16,0 m), leveys 5,5 m ja korkeus 5,1 m. Oviaukon koko on 4,7 x 4,7 metriä, joten halliin mahtuu suurikin kone.
- Pakkashallissa tehdään muun muassa koneiden toimintakokeita kylmässä ja kuumassa, kylmäkäynnistyskokeita, lämmitys- ja jäähdytyslaitetekokeita, elintarvikeautojen k-arvon määrittämiä ja jäähdytystehon mittauksia.

Kylmähuone

- Pieniä koneita ja koneen osia testataan kylmähuoneessa. Kylmähuoneen lämpötila voi olla -40... ± 0 °C. Huoneen pituus on 2,8 m, leveys 1,9 m ja korkeus 2,4 m. Oviaukon koko on 0,9 m x 2,0 m.

Sijainti: Vakolantie 55, 03400 Vihti

Palotestaushalli

Yleiskuvaus lyhyesti

Testaustoiminnan mahdollistaa käytössämme oleva palotestihalli Espoon Otaniemessä.

Halli tarjoaa erinomaiset puitteet monimuotoisten palotapahtumien toteuttamiseen kontrolloiduissa olosuhteissa. Palotapahtumien seuranta on mahdollista turvallisesti ja savuttomasti erillisestä mittaustilasta teknisten apu- ja mittalaitteiden välityksellä.

Teknisempi kuvaus

- Kokonaistilavuus noin 6 000 m³
- Korkeussäädettävä välikatto (maksimi noin 11,5 m)
- Yli 100 kanavan tiedonkeruujärjestelmä
- Vesimäärät jopa 1 500 l/min asti
- Sähköä isoillekin pumppuyksiköille
- Uudet sekä tehokkaat savukaasujen ja sammutusvesien puhdistuslaitteistot
- Nykyaikaiset työturvallisuusratkaisut (työskentely mahdollista jopa 11,5 m korkealla)

Lisätietoja: <https://www.eurofins.fi/expertservices/palvelut/testaus-ja-tarkastus/monipuolinen-testausympaeristoe/palotestaustilat/iso-palotestaushalli/>

Sijainti: Kivimiehentie 4, 02150 Espoo

Omistaja: Eurofins Expert Services Oy

WWW: <https://www.eurofins.fi/expertservices/>

Feasib

Yleiskuvaus kokonaisuudesta

Feasib Analytics tarjoaa epäorgaanista metalli-, ravinne- ja anionianalytiikkaa sekä sertifioitua näytteenottopalvelua. Kivinäytteiden esikäsittely ja rikastuksen vaahdotustestit kuuluvat myös repertuaariin.

Feasib Analyticsin toimintaperiaate perustuu räätälöityihin tutkimuspalveluihin erilaisille maaperän, kaivannaisjätteiden ja kierrätysmateriaalien kineettisille testeille reaaliaikaisesti.

Feasib Consulting puolestaan tarjoaa vaativia ympäristöjohtamisen konsultointipalveluita, sisältäen myös uusien teknologioiden teknis-taloudellista arviointia ja kehittämispalveluita mm. kaivosteollisuudelle sekä energia-, jätehuolto- ja julkiselle sektorille.

Ulkopuolisten toimijoiden infran käyttömahdollisuudet

On käytettävissä. Täysin asiakaskohtaisten sopimusten mukaan; täyden palvelun testeistä neliövuokriin.

Infran yhteiskäyttäjärjestelyt

Feasib on mukana mm. Ylivieskan Battery Recycling Innovation Park ja sen kumppaniverkostossa sekä Centrian SAAROB – Sähköautojen akkujen robotisoitu purkamisen -hankkeessa.

Teknisempi kuvaus

Laboratoriossa on peruslaitteistot märkäkemialliseen epäorgaaniseen analytiikkaan ja runsaasti neliöitä erilaisille räätälöidyille laboratorio- ja pilot-mittakaavan testausvälineistöille. Tilat muokataan asiakasprojektille soveltuvaksi.

Feasib tarjoaa lisäksi mahdollisuuden eri kokoluokkien testeihin (esim. vedenkäsittelyssä) Hituran kaivosalueella. Lisäksi tarjolla on erillisten sopimusten mukaan myös on-site-palveluja.

Tietovarantoina Feasibilla on mm. erittäin kattava data-aineisto nikkeli-kaivoksen kaivannaisjätealueen pitkäaikaiskäyttämisenä.

Sijainti: Laboratorio: Kummuntie 8, 85560 Nivala

Testausalueet: Hituran kaivosalue, 85560 Nivala

Mahdollisuus myös paikallisiin palveluihin ja näytteenotto kattaa tarvittaessa koko Suomen.

Omistaja: Feasib Oy

WWW: <https://feasib.com>

Geologian tutkimuskeskus (GTK)

Yleiskuvaus kokonaisuudesta

Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) Tutkimuslaboratorio Espoossa on kansallinen tutkimusinfrastruktuuri, joka tuottaa geologian analyysi- ja asiantuntijapalveluita. Laboratorion päätoimintalinjat ovat isotooppigeologia ja sovellettu mineralogia.

GTK:n keskeisin mineraali- ja kiertotalousalan tutkimusinfrastruktuuri on Outokummussa sijaitseva laboratoriokokonaisuus ja mineraaliprosessoinnin koetehdas GTK Mintec, joka kehittää uutta osaamista mineraalien jauhatus- ja rikastusprosesseihin sekä tuottaa tutkimuspalveluja teollisuuden tarpeisiin.

Ulkopuolisten toimijoiden infran käyttömahdollisuudet

GTK:n tutkimuslaboratorio on ulkopuolisten käytettävissä kaupallisten sopimusmallien mukaisesti sekä yhteisrahoitteisten projektien ja yhteistyöverkoston puitteissa. Sopimusmalli vieraileville tutkijoille on olemassa.

GTK Mintecin tutkimusinfrastruktuuri on ulkopuolisten käytettävissä sopimusten perusteella. Laitteet ja infrastruktuuri vaativat kuitenkin osaavat ja perehtyneet käyttäjät, joten pääasiassa laitteita käyttävät GTK:n tutkijat ja muu henkilökunta myös asiakasprojekteissa.

Infran yhteiskäyttöjärjestelyt

GTK:n tutkimusinfrastruktuurit ovat osa FIRI-RAMI infrastruktuuria ja Circular Raw Materials Hubia. GTK:n tutkimuslaboratorion sisällä toimii Suomen geotieteiden tutkimuslaboratorio (SGL), johon kuuluvat kotimaiset geotieteitä opettavat yliopistot. GTK Mintec kuuluu lisäksi Outokumpu Sustainable Mining Solutions – Business Hub -yhteistyöverkoston. Kumppanuuksia ja yhteistyösopimuksia on myös useiden alan yritysten kanssa.

Tutkimuslaboratorio

Yleiskuvaus lyhyesti

GTK:n Tutkimuslaboratorio käsittää useita laboratorioyksiköitä, jotka ovat keskittyneet geologian analyysi- ja asiantuntijapalveluihin. Laboratorion työntekijöillä on kansainvälisesti korkeatasoista geologisten materiaalien analysointi- ja tutkimusosaamista.

Toimialalle olennaisen menetelmäkehityksen perustana ovat asiakkaiden ja yhteistyökumppaneiden tarpeet. Tutkimuslaboratorion asiantuntemusta hyödynnetään yhteistyöhankkeissa, GTK:n omissa tutkimusprojekteissa ja ulkopuolisten asiakkaiden toimeksiannoissa.

Ulkopuolisia asiakasryhmiä ovat malminetsintäyhtiöt, kaivannais- ja jatkojalostusteollisuus, energiateollisuus, rakentaminen, konsulttiyritykset, vesihuolto, yliopistot ja muut tutkimuslaitokset.

Teknisempi kuvaus

Tutkimuslaboratorio sisältää kattavan valikoiman menetelmiä mineraalisten materiaalien analysointiin, kuten:

- Röntgenlaitteistot ja -laboratoriot:
 - röntgendiffraktio (XRD) kiteisten faasien identifiointiin
 - röntgenfluoresenssi (XRF) kemialliseen analytiikkaan
 - röntgentomografia (XCT) 3D-kuvantamiseen
 - micro-XRF alkuainejakaumakartoitukseen
- Elektronioptiset tutkimuslaitteistot ja -laboratoriot
 - alkuaineanalysointilaitteistoihin (EDS) yhdistetyt pyyhkäisyelektronimikroskoopit (LV-SEM ja FE-SEM) näytteiden faasikoostumuksen analysointiin ja kuvantamiseen
- Isotooppigeokemian tutkimuslaitteistot ja -laboratoriot
- laser-herätteinen massaspektrometri (SC-ICPM-MS) hivenalkuaine- ja U-Pb-isotooppianalytiikkaan kiinteistä näytemateriaaleista ja liuoksista

- laser-herätteinen massaspektometri (MC-ICPMS) isotooppianalytiikkaan kiinteistä näytemateriaaleista ja liuoksista
- CRDS-laitteisto vesinäytteiden stabiili-isotooppien analytiikkaan
- Näytteiden esikäsittelytilat ja muut laboratoriot
- murskaus, jauhatus ja selektiivinen fragmentointi
- magneettinen ja raskasnesteseparointilaboratorio
- tekniset fasilitetit näytepreparaattien valmistukseen
- mikroskopointilaboratorio
- fluidisulkeumalaboratorio
- 3D-printtauslaboratorio
- puhtaslaboratoriotilat kromatografiaan

Sijainti: Espoo, Otaniemi, Circular Raw Materials Hub

GTK Mintec

Yleiskuvaus lyhyesti

GTK Mintec käsittää tutkimusinfrastruktuurin, jossa koko mineraaliesiintymän tai kiertotalousmateriaalin hyödyntämiseen tarvittava rikastusprosessi pystytään testaamaan tutkimusongelman edellyttämässä mittakaavassa. Viime vuosina mm. erilaiset akkumineraalien rikastustutkimukset ja koeajot tutkimusprojekteissa ja suorissa asiakastoimeksiannoissa ovat olleet hyvin yleisiä.

GTK Mintec sisältää:

- Prosessimineralogian laboratorio, jossa pystytään tutkimaan myös epäorgaanisia kiertotalouden materiaaleja
- Rikastustekniikan laboratorio, jossa tehdään rikastustutkimuksia bench-scale mittakaavassa
- Minipilot, jota käytetään jatkuvatoimiseen prosessikehitykseen pienille materiaalierille
- Koetehdas, jossa pystytään tekemään jatkuvatoimisia koeajoja jopa tuhansien tonnien materiaalierille sekä tuottamaan tarvittavat lopputuotteet esim. feasibility-tutkimuksissa
- Kemian analytiikkapalvelut alihankintana ostettuna.

Teknisempi kuvaus

Tutkimusinfrastruktuuri sisältää pääpiirteissään:

- Mineralogisen tutkimuksen laitteet ja tilat (näytteenvalmistus, XRD, Raman mikroskooppi), pyyhkäisyelektronimikroskoopit (SEM, FE-SEM) ohjelmistoinen (MLA, QEMSCAN, Amics)
- Laboratoriomittakaavan rikastustutkimuksen laitteet ja tilat (murskaamot, jauhatuksen, yksikköprosessit ym.)
- Jatkuvatoimisen minipilot-laitteiston

- Yksikköprosessien laitteet ja tilat koetehtaalla sisältäen mm. murskauksen (n. 40 t/h), jauhatuksen, luokituksen, painovoimaerotuksen laitteet, raskasväliaine-erotuksen, magneettierotuksen, vaahdotuksen ja vedenpoiston.
- Kokonaisprosessin testaamiseen liittyvät laitteet ja tilat koetehtaassa sisältäen edellä mainittujen lisäksi mm. prosessiautomaatiojärjestelmän ja rikastushiekka-altaat läjitystä sekä vedenkierrätystä varten.
- Kemian analytiikan laitteet ja tilat sisältäen mm. Fire-assay, XRF, ICP-OES, C/S ja epäorgaanisen märkäkemian menetelmät

Tutkimusinfrastruktuuri mahdollistaa kotimaiset ja kansainväliset tutkimusprojektit sekä suorat asiakastoimeksiannot (kaivannais-, metalli-, kemian-, energia- ja kiertotalousteollisuuden aloilta). Koetehdas mahdollistaa yhteistyön myös laite- ja teknologiakehityksessä alan yhtiöiden kanssa.

Sijainti: Tutkijankatu 1, Outokumpu

Omistaja: Geologian tutkimuskeskus GTK

WWW: <https://www.gtk.fi/tutkimusinfrastruktuuri/tutkimuslaboratorio/>

<https://www.gtk.fi/tutkimusinfrastruktuuri/outokummun-koetehdas-ja-laboratoriot-gtk-mintec/>

Jyväskylän yliopisto

Yleiskuvaus kokonaisuudesta

Jyväskylän yliopiston kiertotalouden tutkimusinfrastruktuuri koostuu kansainvälisesti korkealaatuisesta rakenne- ja alkuaineanalytiikkakannasta sekä synteesi- ja talteenotto-laboratorioista. Suuremman mittaluokan koetoimintaa varten on myös kattavat talteenottolaitteistot sisältävä hydrometallurginen bench scale-laitteistokokonaisuus. Tutkimusinfrastruktuuri palvelee sekä perustutkimusta, soveltavaa tutkimusta että yritysyritystä ja tilausanalyysipalvelutoimintaa.

Ulkopuolisten toimijoiden infran käyttömahdollisuudet

Ulkopuolisten toimijoiden kanssa voidaan tehdä yhteistyöhankkeita tai toteuttaa tilausanalytiikkaa tai -tutkimusta.

Teknisempi kuvaus

Tutkimusinfrastruktuuri sisältää hydrometallurgisen bench scale -laitteiston, joka mahdollistaa erilaisten hydrometallurgisten kierrätysratkaisujen tutkimisen perinteistä laboratoriota suuremmassa mittakaavassa:

- Liuotus/saostusreaktorit, Lamella-selkeyttimet, suotopuristimet, neste-neste-uttolaitteistot, elektrolyysi, ioninvaihto

- Soveltuu bench scale-tutkimukseen, maksimitilavuus reaktoreissa: 5 L

Lisäksi tutkimusinfrastruktuuri sisältää seuraavat analytiikkalaitteistot:

- ICP-OES (2), ICP-MS, GFAAS, AAS, PXRD, SEM-EDXRF, HIM: kvantitatiiviseen analytiikkaan ja kuvantamiseen
- Kansainvälisesti ainutlaatuiset yksikide- ja NMR -laitteistot, kattavat massa-spektrometria ja termogravimetrialaitteistot rakennetutkimukseen

Sijainti: Jyväskylä

Omistaja: Jyväskylän yliopisto

WWW: <https://www.jyu.fi/science/en/chemistry/research/infrastructure>

Lapin AMK:n tutkimusinfrastruktuuri

Yleiskuvaus kokonaisuudesta

Lapin AMK:n tutkimusinfrastruktuuri kattaa useita laboratoriokokonaisuuksia, joista akku-klusterin teemojen kannalta keskeisimpinä elektroniikka- ja materiaalilaboratorio ELMA sekä sähkölaboratorio Kosmos.

Ulkopuolisten toimijoiden infran käyttömahdollisuudet

Mahdollisuus ostaa palveluja sekä vuokrata tiloja ja laitteita käyttöön sopimusten mukaan.

Infran yhteiskäyttöjärjestelyt

Yhteiskehittämistä tiloissa tehdään asiakkaiden kanssa erilaisten TKI-hankkeiden kautta.

Elektroniikka- ja materiaalilaboratorio

Yleiskuvaus lyhyesti

ELMA-laboratorio tarjoaa yrityksille, opiskelijoille ja tutkimusryhmille monipuoliset testaus- ja analysointipalvelut. Laboratoriossamme on nykyaikaiset ja osiltaan ainutlaatuiset laiteressurit testauksen ja analysoinnin eri osa-alueille. Laboratorio on keskittynyt elektroniikan komponenttien ja moduulien, sekä materiaalien (mm. teräs ja komposiittimateriaalit) testaamiseen, analysointiin ja tutkimukseen.

Teknisempi kuvaus

Palvelut:

- Karakterisointi: ESD (HBM, MM), impedanssimittaukset ja -analyysit, kovuusmittaukset.
- Olosuhdetestaus: suolasumu, kosteus, lämpötila.
- Materiaalitestaus: materiaalin koestus, instr. iskuvasara, muovattavuus.

- Näytteen valmistus: hieen valmistus (kuuma- ja kylmävalu), komponenttien aukaisu (mekaaninen ja kemiallinen), näytteen leikkaus.
- Mikroskopia: röntgen (2D ja uCT), FE-SEM ja EDS, materiaali- ja stereomikroskoopit, emissiomikroskooppi ja SIMS, NDT menetelmät.

Laiteresurssit:

- ESD/Latch up: ESD/Latch-up-testeri Thermo Keytek Zapmaster Mk.2, ESD-simulaattori EMC Partner ESD 3000, Punnusanturit 2 kpl, Rengasanturi.
- ESD: Ionisaattori Simco Aerostat PC, Kentänvoimakkuusmittari Wolfgang Warmbier EFM 022, Varausanalysointilaite Monroe 288, Nopea kentänvoimakkuusmittari Trek 400, ESD-ranneke- ja jalkinetesteri Armeka A-750, ESD-maadoitusmittarisarja Megger BMM2000-ESD-KIT/R.
- Mikroskoopit yms.: Stereomikroskooppi Leica MZ 16 Plan Apo, Mikroskooppikamera Deltapix Infinity X, Mikroskooppikamera Olympus ColorView Illu, Röntgen Phoenix x-ray Nanome|x + CT, Emissiomikroskooppi, Hamamatsu Phemos-1000, Kemiallinen mikroskooppi Millbrook MiniSIMS.
- Virta/signaalilähteet: Modulaarinen DC-power Agilent N6700A, 14-bit funktiogeneraattori/ARB Agilent 33220A, 6 GHz vektorisignaali-generaattori Rohde & Schwarz SMU200A, 40 GHz signaali-generaattori Anritsu MG3694B.
- Mittarit: Elektrometri Keithley 6514, Nanovoltti/mikro-ohmimittari Agilent 34420A, Kosteus-lämpötilaloggeri, Testo 175 TH-2, Kosteus-lämpötilamittari Vaisala HM70, PCI-skooppikortti National Instruments PCI-4070, PCI Express DAQ-kortti National Instruments PCIe-6259, Oskilloskooppi Tektronix 7704B, Impedanssi/materiaalianalysointilaite Agilent E4991A, Vektorispektrianalysointilaite Agilent E4446A, Antennimittari Promax ProLink 4C.
- Olosuhdetestauslaitteet: Olosuhdekaappi Espec EGNX12-6CWL, Lämpötilapakotuslaitteisto Thermonics-2500E.
- Komponenttien aukaisu: Komponenttien aukaisulaite Ultra Tec ASAP-1.
- Näytteen valmistuslaitteisto: Hionta-, hiertämis- ja kiillotuslaitteisto Labopol 6, Vakuumimuovituslaitteisto Epovac, Kuuma- ja kylmävalutarvikkeet.
- Tietokonelaitteet ja ohjelmistot: GPIB-Ethernet -muunnin Agilent E5810A, GPIB-Ethernet -muunnin National Instruments GPIB-ENET/100, Ohjelmointiympäristö National Instruments Labview 7.1, Ohjelmointiympäristö Agilent VEE 7.0 pro, Mittari"kirjasto" Agilent IntuiLink, Testo Comfort Software Basic PC, MI70 Link Interface Software PC, UPS APC BACK-UPS RS 1500VA, Wireless Ethernet Adapter ZyXEL ZyAIR G-405.
- Muut: Vahvistimet ja vaimentimet, Kaapelit, kHz/MHz-mittauskortteja (PCI-express) ja USB2.0, Esivahvistin, jännite- & kapasitanssijako 40 GHz, Säädettävä alipäästösuodin 0.40 GHz.

<https://www.lapinamk.fi/fi/Yrityksille-ja-yhteisöille/Kehittämisymparistot/Elektroniikka--ja-materiaalilaboratorio-ELMA>

Sijainti: Tietokatu 1, Kemi

Sähkölaboratoriot Kosmos

Yleiskuvaus lyhyesti

Opetusta, laboratoriopalveluita ja henkilöstön kurssitusta. Kosmos-talon laboratorioita on kahdeksan: sähkövoimatekniikan laboratorio, kiinteistösähköistyksen laboratorio, vesiprosessi/automaatiotekniikan laboratorio, energiatekniikan laboratorio, ohjaustekniikan laboratorio, koneautomaation laboratorio, elektroniikan laboratorio, Cads-suunnittelulaboratoriot. Laboratoriot fasiliteetteineen ovat myös yritysten käytössä ja valmiita mittaus- ja analyysipalveluita tarjotaan myös ulkopuolisille.

Teknisempi kuvaus

- Sähkön tuotantolaitteistot: dieselgeneraattori 32 kVA, aurinkopaneelit teho 3,2 kW, ja tuulivoimasimulaattori. Laitteistoilla voidaan tutkia mm sähkön tuotantoon liittyviä ilmiöitä kuten aurinkosähkön vuosivaihtelua alueella, tuotetun sähkön verkkovaikutuksia ja verkkohäiriöitä, varavoimakäyttöjä.
- Sähkösiirto ja jakelu: 110kV demokenttä, 10kV kojeisto, muuntajat, ilmalinja 20kV, generaattori-, moottori- ja muuntajalähdöt sekä MicroScada -sähkölaitosautomaatio. Laitteistolla voidaan opiskella mm uusinta sähkön jakelutekniikkaa, demonstroida verkon vika- ja jälleenkytkentätilanteita, varavoimalakäyttötilanteita, nykyaikaisten sähköverkon suojausreleiden toimintaa ja sähkölaitosautomaatiota. Järjestelmään voidaan liittää myös AC800M automaatiojärjestelmä.
- Saarekekonvertteri, joka mahdollistaa useita eri käyttövariaatioita mm. saarekekäytön (kun vikatilanne, jossa valtakunnan verkko on jännitteetön) ja syötön valtakunnan verkkoon
- Sähköauton latausasema: Laitteistolla voidaan opiskella ja tutkia sähköauton latausverkoston vaatimuksia, latauksen vaikutuksia verkkoon, toimintaa häiriötilanteissa.
- Mittalaitteistot ja verkkohäiriöanalysointilaitteistot, suojauslaitteisto mahdollistavat opiskelijoiden opiskelun sähkötekniikan uusimmilla mittauslaitteistoilla, tutkimus-, testaus- ja vianhaun yhteistyökumppaneiden kanssa jatkokehitys- ja koulutustoiminnassa.
- Älykäs moottorikeskus MNS iS mahdollistaa Simocode, UMC- ja MNSiS-ohjaukset joko suorina ohjauksina tai väyläohjattuina eri moottorilähdöille. Moottoreita voidaan ohjata Siemens S7 logiikan tai ABB:n AC800M -automaatiojärjestelmän väyläohjausten avulla

- Kiinteistösähköistyksen laboratorio: Kuitutekniikan oppimisympäristö nykyaikaisella varustetasolla mahdollistaa kuituhitsausliitosten teon ja kuitusignaalin mittauksen ja analysoinnin. Omakotitalon, paritalon ja yleiskaapeloinnin oppimisympäristöt, sähköasennusten käyttöönottomittaukset ja vianhaut
- Älykkäät valaistusjärjestelmät: Valopään Led -valaistus, valaistustekniikan laitteisto.
- KNX-kiinteistöautomaation oppimisympäristö, Ouman-järjestelmä, WAGO- ja Bechhoff -järjestelmät kiinteistöjen väyläohjaukseen.
- Ohjaustekniikan laboratorio: väylätekniikan oppimisympäristöt, Beckhoff -järjestelmä ja servo-ohjaus, Siemens S7 + TIA-porttaali -järjestelmä, teollisuuden taajuusmuuttajakäytöt, moottoriohjaukset, Alpha Mitsubishi-logiikka.
- Cads-suunnittelulaboratorio: Cadsin koulutus, verkko-opetuspaketit
- Automaatiotekniikan laboratorio: vesiprosessin ohjaus S7- ja metsoDNA-järjestelmällä. Sähkömoottoreiden kunnossapitoon liittyen linjauslaitteistot
- Energiatekniikan laboratorio: Aurinkosähkön pientuotanto, tuulivoimala (pientuotanto), uusiutuvat energiat; tehokkuus eri energiatuonnoilla (hake-, öljy-, sähkö)
- Etävalvomo: ABB AC800M automaatiojärjestelmä ja kaivossimulaattorin oppimisympäristö ja MetsoDNA Loue biokaasulaitoksen etämonitorointi
- Koneautomaatio: Feston hydrauliiikka- ja pneumatiikkalaitteistot.

<https://www.lapinamk.fi/fi/Yrityksille-ja-yhteisoille/Kehittamisymparistot/Sahkolaboratoriot-Kosmos>

Sijainti: Tietokatu 1, Kemi

Omistaja: Lapin AMK

WWW: www.ardico.fi

<https://www.lapinamk.fi/fi/Yrityksille-ja-yhteisoille/Kehittamisymparistot>

LUT-yliopisto

School of Engineering Science

Yleiskuvaus kokonaisuudesta

LUT-yliopiston School of Engineering Sciencen akkumateriaalitutkimuksesta vastaavat Erotustekniikan osasto ja Fysiikan laitos. Erotustekniikan osastolla tutkimus keskittyy pääasiassa akkumetallien erotusteknologioiden (esim. neste-nesteuutto, ioninvaihto, kalvoerotus, suodatus, kiteytys) tutkimiseen. Fysiikan laitoksella tutkimus keskittyy akkujen materiaalikehitykseen.

Näillä yksiköillä on käytössä tilat ja laitteistot lähes kaikkiin akkumetallien jalostuksen arvoketjuun liittyviin yksikköoperaatioihin. Laitteistojen mittakaavat vaihtelevat koeputkimittakaavasta jatkuvatoimisiin kuutiokonttimittakaavan erotuslaitteistoihin.

Ulkopuolisten toimijoiden infran käyttömahdollisuudet

LUT-yliopiston School of Engineering Sciencen tutkimusinfrastruktuuri on ulkopuolisten käytettävissä sopimuksen mukaan. Käyttöehdot määritellään tapauskohtaisesti ja sopimuksia voidaan tehdä joko kertaluonteisesti yhdelle projektille tai pidempiaikaisina puitesopimuksina.

Infran yhteiskäyttöjärjestelyt

Yhteiskäyttösopimukset yritysten kanssa tehdään tyypillisemmin tapauskohtaisesti. Yritykset vuokraavat tyypillisesti laiteaikaa (joko yliopiston tiloissa tai siirtävät laitteen testauspaikalle) tai suoraan palvelua omiin tarpeisiinsa. Organisaatiolla on strategista infrastruktuuriyhteistyötä 2-5 akkuarvoketjussa mukana olevan yrityksen kanssa. Tämä tarkoittaa pääasiassa yhteisten tutkimusprojektien kautta tapahtuvaa tutkimusinfrastruktuurien yhteiskäyttöä.

Teknisempi kuvaus

Kaikkiaan LUT-yliopiston fyysinen tutkimusinfrastruktuuri kattaa 2 800 m²:n pilot- ja laboratoriotilat. Tilat sijaitsevat LUT-yliopiston Lappeenrannan kampuksen 2. rakennuksessa, sekä uudessa Mikkelin kampuksen rakennuksessa. Tiloissa on yli 350 tutkimuslaitetta, joista suurin osa soveltuu tavalla tai toisella akkumateriaalien tutkimukseen. Tilat ja laitteistot yhdessä mahdollistavat yhteistyön tutkijoiden, yritysten ja opiskelijoiden kesken.

Infrastruktuuri mahdollistaa kaikenlaiset T&K-hankkeet tilaustutkimustestauksista julkisiin tutkimushankkeisiin. Myös mittauksen skaala voi vaihdella asiakkaan tai tutkimushankkeen tarpeista riippuen koeputkimittakaavasta aina kuutiokonttimittakaavan pilotdemonstrointeihin. Kaikki LUT-yliopiston mittaus- ja analyysilaitteet on esitelty tarkemmin osoitteessa <https://infra.lut.fi/equipment/>. Huomionarvoista on esimerkiksi erittäin laaja-alainen ja korkealaatuinen kemiantekniikan analyysilaitetekanta.

Sijainti: Lappeenranta, Mikkelä

Omistaja: LUT-yliopisto

WWW: <https://infra.lut.fi/equipment/>

LUT School of Energy Systems

Yleiskuvaus kokonaisuudesta

LUT-yliopiston School of Energy Systems -tutkimusinfrastruktuurit sisältävät erilaisia suunnittelu-, mallinnus- ja testausympäristöjä energiajärjestelmien, älykkäiden sähköverkkojen sekä sähköisten ja hybridivoimalinjojen aihepiireistä.

Ulkopuolisten toimijoiden infran käyttömahdollisuudet

Sopimuksen mukaan. Käyttöehdot määritellään tapauskohtaisesti ja sopimuksia voidaan tehdä joko kertaluonteisesti yhdelle projektille tai pidempiaikaisina puitesopimuksina.

Infran yhteiskäyttöjärjestelyt

Yhteiskäyttösopimukset yritysten kanssa tapauskohtaisesti. Vuokrattavissa joko laiteaikaa tai palvelua. Yhteisten tutkimusprojektien kautta tapahtuvaa tutkimusinfrastruktuurien yhteiskäyttöä käynnissä akkuarvoketjussa toimivien yritysten kanssa.

Yleiskuvaus lyhyesti

LUT-yliopiston School of Energy Systems tutkimus painottuu energijärjestelmien mallinnukseen, älykkäisiin sähköverkkoihin sekä liikkuvien työkoneiden sähköistykseen. LUT yliopistolla on pitkäaikainen kokemus sekä tarvittavat ohjelmistot energijärjestelmien mallinnukseen. Ajallisesti vaihtuvat energialähteet ja energiavarastot ovat keskeinen osa näitä malleja. Sähköisten ja hybridivoimalinjojen suunnitteluun LUT-yliopistolla on kattavat simulointi-, emulointi- ja testausvalmiudet 2 MW:n teholuokkaan asti. Sähkövoimakoneissa tutkimus on suuntautunut etenkin suurnopeuskoneisiin. Teollisten yhteistyökumppanien kanssa tehoelektronikan ja sähkökoneiden testausvalmiudet ovat aina 12 MW(AC) ja 24 MW(DC) asti. Lisäksi verkostomme mahdollistaa EMC ja olosuhdetestaukset (esim. tärinä, kosteus, suola). Akkuja voidaan testata myös osana älykkäitä sähköverkoja.

Teknisempi kuvaus*Energijärjestelmien mallinnus*

LUT-yliopiston energijärjestelmämallinnuksessa käytetään pääasiassa yliopistossa kehitettyä LUT Energy System Transition Model -ohjelmistoa, johon voidaan liittää kiinteitä energiavarastoja sekä täyssähköisiä ja pistokehybridikulkuneuvoja (henkilö-, paketti-, kuorma- ja linja-autot. Ohjelmisto on kuvattu tarkemmin esim. seuraavissa julkaisuissa:

<https://doi.org/10.1016/j.futures.2020.102644>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0306261920316639>

<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544221007167>

Fusion Grid off-grid sähköverkon testausympäristö LUT:n laboratoriossa ja pilot-järjestelmä Namibiassa:

- 2.88 kWp aurinkovoimalaitos (talvella syöttö virtalähteestä, auringonpaisteen emuloinnilla)
- 8 kWh LiFePO4 akusto (2x 4 kWh FreedomWon Lite, sis. BMS, 48 V)
- 48/5000 VE EasySolar MPPT-Invertteri 5 kW AC outputilla
- Kuormina keittolevy, jääkaappi, kännykän lataus, ja muita kulutuskojeita
- Energiamittarointi, kuormien ohjaus, järjestelmän etämonitorointi ja hallinta
- On-line close-to-real-time datan siirto kentältä ja labrasta GC tietokantaan

LUT:in sähkövoimakoneiden testausympäristö:

- Suurnopeuskoneiden testaus
- Maksimiteho 2 MW
- Pyörimisnopeus 20.000 rpm
- Konvertteriteholähde sinisuodatuksella 2.6 kA
- Kuorma vaihdelaatikolla 2 MW
- Betoniseinillä suojattu testaustila
- Standardien mukaiset testaukset
- Energiatehokkuusluokitukset
- DOL- ja konvertterikäyttöiset koneet
- Suorituskyky
- Tehoelektroniikan ja voimalinjojen energiatehokkuus
- IEC 61800-9-2
- Input-output menetelmä
- Kalorimetrinen menetelmä
- Sähkökonekuormia tehoelektroniikan ja akkujen testaukseen 315 kW

Hybridivoimalinjojen suunnitteluympäristö:

- Suunnittelu koostuu kolmesta osasta:
- Komponenttien karkea mitoitus kuormaprofilien mukaan
- Komponenttien dynaaminen simulointi mukaan lukien sähköverkko ja mekaaniset komponentit, Simulink SimScape -ohjelmisto
- Komponenttimallien korvaaminen emulaattor(e)illa. Voidaan käyttää esim. AC-verkkoa laivaympäristössä tai DC-verkkoa sähkötyökoneille.
- Hybridibussialusta CAMBUS
- Sarjahybridi, jossa rinnakkaishybridimahdollisuus
- 36 kWh LTO-akku
- Voidaan käyttää liikenteessä esim. optimointeihin tai säätöjen kehittelyyn
- Käytetään myös energiavarastona laboratorioemulaattoreiden osana

Sijainti: Lappeenranta, Lahti, Namibia, Oniipa, Revon-C alue

Omistajat: LUT-yliopisto, School of Energy Systems

Fusion Grid Namibian pilotti: LUT-yliopisto, yhdessä Aalto-yliopiston kanssa

WWW: <https://www.lut.fi/web/en/school-of-energy-systems>

Metropolian tutkimusinfrastruktuurit

Yleiskuvaus kokonaisuudesta

Ulkopuolisten toimijoiden infran käyttömahdollisuudet

On mahdollista sopimuksen mukaan

Infran yhteiskäyttöjärjestelyt

Metropolian Myyrmäen kampus

Yleiskuvaus lyhyesti

Metropolian Leiritien kampukselle rakennetussa olosuhdekammiossa on mahdollista mitata lämpötilakontrolloidussa tilassa kokonaista ajoneuvoa sekä ajoneuvojen osakokonaisuuksia. Kylmälaboratoriomme ei ole rajoittunut pelkästään ajoneuvopuolen tutkimukseen ja olemme toimineet palveluntarjoajana myös muille aloille, joissa vaaditaan testausta erityisesti kylmäolosuhteissa.

Teknisempi kuvaus

Kylmälaboratorion yhteydessä on Rototestin valmistama nelivetonapadynamometri joka on erityisesti suunniteltu ajoneuvoteollisuuden sykliseen testaukseen eri lämpötiloissa.

Tutkimusinfrastruktuurin tehostamiseksi Metropolia on budjetoanut vuodelle 2022 akkuemulaattorin/syklarin hankinnan kylmälaboratorion yhteyteen. Tämän avulla kykenemme simuloimaan sähköajoneuvoille akustoa sekä kuormittamaan syklisesti akkumoduleita sekä akustoja.

Kylmälaboratorio :

- -46C -> +60C

Napadynamometrit:

- Rototest Energy 230-CP 4WD
- Käyttölämpötila-alue: -31C -> 40C
- Teho 2WD: 230kW/120kW (hetkellinen/jatkuva)
- Teho 4WD: 450kW/240kW (hetkellinen/jatkuva)
- Vääntömomentti 2WD: 2800Nm
- Vääntömomentti 4WD: 5600Nm
- Max 1/min: 2500

Projektoitu akkuemulaattori:

- Maksimiteho: 300kW
- Maksimijännite: 1000V

Sijainti: Leiritie 1, Vantaa

Metropolia Workshop Espoon Koskelossa

Yleiskuvaus lyhyesti

Metropolia Workshop on ainutlaatuinen ja joustava projektityötila auto- ja kuljetustekniikan tuotekehitysprojekteille. Tiloissamme voidaan toteuttaa tuotekehitysprojekteja osaan henkilöstömme ja opiskelijoidemme voimin pienistä kokeiluista aina massiivisiin rakennusprojekteihin.

Metropolia Workshop toimii myös tukikohtana automaattisten ajoneuvojen, kuten robottibussien, tieliikennekokeiluja varten, ja henkilöstölle onkin kertynyt kansainvälisestikin mitattuna ainutlaatuinen tietotaitopohja automaattisen liikenteen soveltamista avoimessa tieliikenteessä.

Ketteräksi ja joustavaksi viritetty työpajaorganisaatio kykenee vastaamaan yritysten ja projektien tuotekehitys- ja kokeiluhaasteisiin hyvin nopeallakin aikataululla ja Metropolia Ammattikorkeakoulun laaja opintotarjonta takaa tehokkaita opinnollistamismahdollisuuksia osana tuotekehitystyötä, mikäli asiakas niin haluaa.

Teknisempi kuvaus

Erityisenä vahvuutena Metropolia Workshopissa on erilaisten ajoneuvojen

- sähköisten voimalinjojen ja akkupakettien rakentaminen
- hybridisaatio
- täyssähköistäminen - esimerkiksi tiivis yhteistyö BRP Finlandin kanssa, sähkö- ja hybridimönkijät, harveri-hybridisaatio, sekä Nuuskija 2 -projektin hybridisaatio
- prototyypin ja mallien valmistaminen

<https://www.metropolia.fi/fi/asiakastyot-ja-palvelut/auto-ja-kuljetustekniikan-tuotekehityspalvelut>

Sijainti: Koskelon teollisuusalue, Espoo

Omistaja: Metropolia

WWW: <https://www.metropolia.fi/fi/tutkimus-kehitys-ja-innovaatiot>

Metso Outotecin tutkimuskeskus

Yleiskuvaus kokonaisuudesta

Metso Outotecin tutkimuskeskus Porissa on koko kaivos- ja metalliteollisuuden arvoketjun alueella toimiva asiantuntija- ja tutkimusorganisaatio, jolla on erikoistuneet henkilöstö- ja

laboratoriokyvykkyudet hydrometallurgian, pyrometallurgian, materiaalitutkimuksen ja rikastusteknologian eri alueille. Tutkimuskeskuksella on yllä kuvatun alueen tutkimus- ja koetoimintaa tukevat analytiikan laboratoriot ja laitteistot. Laboratoriomittakaavan lisäksi tutkimuskeskuksella on kattavat mahdollisuudet koetehdasmittakaavan koetoimintaan pyro- ja hydrometallurgian teknologia-alueilla.

Ulkopuolisten toimijoiden infran käyttömahdollisuudet

Laitteistot eivät ole ulkopuolisten käytettävissä. Metso Outotec myy tutkimuspalveluja asiakkailleen edistääkseen yhteistyötä heidän kanssaan. Muutoin laitteistot ja palvelut ovat Metso Outotecin oman tutkimus- ja kehitystoiminnan käytössä.

Teknisempi kuvaus

Tutkimuskeskuksessa on mahdollista tutkia prosessiteknologian yksikköprosesseja ja kemiallisia reaktioita niissä. Tutkimuskeskuksessa on kattavat menetelmät materiaalien karakterisointia varten sisältäen esimerkiksi kemiallisen koostumuksen (esimerkiksi ICP-OES/MS, XRF, IC), rakenteen (XRD, SEM EDS/WDS) sekä partikkeli- ja alkuainejakauman analyysin.

Mineraalien prosessointiin löytyy menetelmiä ja laitteita jauhatuksesta erilaisiin rikastus- ja erotusprosesseihin (mm. vaahdotus, fysikaalinen erotus ja magneetti- ja painovoimaerottelu) ja prosessisuunnitteluun. Mineraalien rikastusprosesseja voidaan kehittää sekä panos- että locked cycle kokein. Lisäksi monien rikastukseen liittyvien yksikköprosesien testaamista ja kehittämistä voidaan toteuttaa myös suuremmassa mittakaavassa koetehdasympäristössä.

Tutkimuskeskuksesta löytyy myös mahdollisuudet laboratorio-, pöytäpilot- ja koetehdasmittakaavan koetoimintaan pyro- ja hydrometallurgian teknologia-alueilla. Keskeisimpiä prosessikehityksessä käytettäviä menetelmiä ja laitteita ovat seuraavat:

Pyrometallurgin tutkimuksen tavoitteena on suunnitella ja mitoittaa uusia ja olemassa olevia prosesseja ja laitteita, sekä arvioida uusien raaka-aineiden vaikutuksia prosessiin ja laitteisiin. Tyypillisiä tutkimuskeskuksessa käytettäviä yksikköprosesseja ja laitteita ovat:

- Pyrometallurgiset prosessisysteemit
- Kuivaus ja esilämmitys
- Induktio-, kammio- ja putkiuunit
- Leijupetiuuni
- Pelletointi, sintteröinti ja rumpu-uuni prosessit
- Valokaariuunit (AC & DC)
- Liekkusulatus ja konvertointi
- Märkä granulointi

Hydrometallurgisen tutkimuksen tavoitteena on kehittää prosessikonsepteja ja -laitteita suunnittelun ja laitemitoituksen perusteeksi ja testata uusia innovaatioita. Koetointia on mahdollista suorittaa panos- ja jatkuvatoimisesti ympärivuorokautisesti. Tyypillisiä tutkimuskeskuksessa käytettäviä yksikköprosesseja ja -laitteita ovat:

- Monipuoliset laitteet ja laboratoriot, joihin kuuluu kaikki perusyksiköt, joita tarvitaan hydrometallurgisiin ratkaisuihin (mm. paine ja atmosfääriset liuotus- ja saostusreaktorit, neste-neste uutot, neste-kiintoaine-erotukset, haihdutukset ja kiteytykset)
- Kemikaalien käsittely- ja annostelusteemit
- Prosessiautomaatio (Proscon)

Tutkimuskeskusta löytyy osaaminen ja laitteisto myös teollisen vesienkäsittelyteknologioiden testaamiseen ja validifiointiin, virtausdynamiikan testauslaboratorio, prosessisimulointi ja materiaalitutkimus.

Sijainti: Pori, Kupariteollisuuspuisto

Omistaja: Metso Outotec

WWW: www.mogroup.com

Oulun Ammattikorkeakoulu – NUVE-LAB

Yleiskuvaus kokonaisuudesta

NUVE-LAB on kansallinen tutkimusinfrastruktuuri, joka tuottaa ajoneuvo- ja työkonevalmistajille analyysi- ja asiantuntijapalveluita. Laboratorion päätoimintalinjat ovat erilaiset voimanlähde- ja voimalinjaratkaisujen sekä kuppetajaa avustavien järjestelmien ja autonomisen ajamisen tutkimus ja kehitys.

Ulkopuolisten toimijoiden infran käyttömahdollisuudet

Tutkimusinfra on avoimesti ulkopuolisten käytettävissä, yhteishankkeiden tai palvelutoiminnan muodossa. Sovellettavat sopimusmallit tapauskohtaisesti.

NUVE-LAB

Yleiskuvaus lyhyesti

NUVE-LAB mahdollistaa kokonaisen ajoneuvon/työkoneen tai voimalinjan testauksen ja kehittämisen. Nopeusalueina sekä työkone- että maantieliikenteen nopeusalueet ovat mahdollisia. Ympäristö soveltuu monipuolisesti erilaisiin TKI-hankkeisiin sekä prototyyppien kuin myös teollisen mittakaavan testaukseen.

Teknisempi kuvaus

Laboratorion ytimenä on 4-pyörä aktiividynamometri:

- maksimi kokonaisteho 1,2 MW, akselikohtainen maksimiteho 600 kW
- testattavan ajoneuvon maksimipaino 65 tn
- maksimi pyöräkohtainen vääntömomentti (pyörimisnopeudella 0–100 rpm) 25 000 Nm; (0-500 rpm) 5000 Nm
- renkaan pyörimisnopeusalue 0–2000 rpm
- ajoneuvon akseliväli 1,3 m–8,0 m
- ajoneuvon raideleveys 1,8 m–3,5 m
- ajoneuvon suurin pituus 12 m, maksimileveys 3,5 m
- ajoneuvon suurin korkeus 4,2 m

Kuljettajaa avustavien järjestelmien ja autonomisen ohjauksen kehittämiseksi alustadynamometriin on liitetty seuraavat ohjelmistoympäristöt:

- MEVEA digitalinen simulointiympäristö
- MATLAB Simulink ympäristö
- ROS kommunikointirajapinta
- UNITY mallinnus- ja visualisointiympäristö
- BECKHOFF PLC I/O rajapintaan

Laboratorioympäristö pitää sisällään myös

- nostokraana 10 tn sekä ajoneuvon nostolaitteet 4 x 10 tn
- termostaattiohjattu raitisilmajäädytys
- tarvittavan sähkösyötön esim. lataukselle
- mahdollisuus polttoainetäydennykseen (polttoöljy, moottoribensiini, kaasu)
- tarvittavat työskentelytilat asiakkaan kehitysryhmälle
- testauksen etävalvonta/-käyttö mahdollisuus
- 5G suljettu testiverkko etäkäytön/M2M yhteyksien kehittämiseen ja tutkimiseen
- Linnanmaan kampusalueen ravintola ja neuvotteluhuonepalvelut sekä Oulun korkeakouluyhteisön resurssit ja osaaminen
- monipuolinen laitekanta tarvittaville ajoneuvo-, työkone- ja laitemuutoksille (mm. konepaja ja piirilevyvalmistus)

Sijainti: Biologintie 4, Oulu

Omistaja: Oulun ammattikorkeakoulu Oy ja Oulun yliopisto

WWW: <https://www.oamk.fi/en/partnership/rdi-projects/nuvelab>

Oulun yliopisto

Yleiskuvaus kokonaisuudesta

Oulun yliopiston tutkimusinfrastruktuuri käsittää useita yksiköitä, jotka ovat erikoistumisalansa asiantuntijoiden johtamia. Laboratorioiden tutkijoilla on kansainvälisesti korkea-tasoinen akkumateriaalien valmistus-, karakterisointi-, analysointi- ja tutkimusosaaminen. Laadukkaan tutkimustyön tekee mahdolliseksi monipuolinen valikoima nykyaikaisia tutkimuslaitteistoja.

Ulkopuolisten toimijoiden infran käyttömahdollisuudet

Tutkimuslaboratorioiden asiantuntemusta hyödynnetään kansallisissa ja kansainvälisissä yhteistyöhankkeissa, yliopiston omissa tutkimusprojekteissa ja yritysten tilaustutkimuksena hankkeissa. Ulkopuoliset voivat hyödyntää infrastruktuuria ostopalvelun kautta tai tilaustutkimuksen kautta Tutkimusinfra on pääosin myös ulkopuolisten käytettävissä siten, että tutkimuspalvelut tarjotaan yliopiston tutkijoiden ja asiantuntijoiden toimesta (esimerkiksi OMS tutkimuskeskus pilotti, Materiaalianalyysikeskus, akkukemian tutkimuspalvelut Kokkolassa).

Käytön kustannus määräytyy nk. omakustannuslaskentaa (+tuottovaatimus). Tilaustutkimus perustuu puolestaan kokonaiskustannusmalliin.

Akkumateriaalien tutkimusympäristö (Kokkola/Oulu)

Oulun yliopistolla on osaamista akkumineraalien jalostukseen, akkukemikaalien valmistukseen ja karakterisointiin sekä akkukennojen valmistukseen liittyen. Osa tutkimuslaitteista sijaitsee Kokkolassa (Oulun yliopisto on vuokrannut käyttöönsä tiloja Centria-ammattikorkeakoululta sekä yrityskylästä). Kokkolassa sijaitsevat akkulaboratorio, lämpökäsittelylaboratorio ja saostuslaboratorio tarjoavat ainutlaatuisen ympäristön akkumateriaalien tutkimukseen. Laboratorioissa on nykyaikaiset tilat akkumateriaalien valmistamisesta sähkökemialliseen akkukennojen testaamiseen. Laboratorioissa työskentelevillä Oulun yliopiston Kestävän kemian tutkijoilla on vahva teoreettinen akku- ja saostuskemian osaaminen ja monivuotinen käytännön osaaminen.

Saostuslaboratorio mahdollistaa uusien akkukemikaalien valmistuksen, erityisesti katodiprekursorien jatkuvatoimisen keraosaostuksen sekä siihen liittyvän tarpeellisen analytiikan. Materiaalien lämpökäsittelyt ja litiointit tehdään korkealämpötilauunissa tarkasti kontrolloiduissa olosuhteissa. Yliopistolla on useita lämpökäsittelyyn soveltuvia uuneja, ja anodihiiltä valmistetaan mm. biomassasta pyörivässä rumpu-uunissa.

Akkukennojen valmistamiseen ja karakterisointiin on käytettävissä akkulaboratorio, joka on kuivatila asianmukaisine välineineen ja laitteineen (akkumateriaalien tutkimusympäristön kuvaus on löydettävissä myös: <https://elmoenf.eu/fi/innovaatioalustat/akkumateriaalien-tutkimusymparisto/>). Laboratorioon kuuluu mm. pastan sekoittamiseen, elektrodien

päällystämiseen, akkukennon kasaukseen ja kennojen sähkökemialliseen testaamiseen liittyvät laitteistot. Laboratoriossa voidaan valmistaa ja testata sekä nappi- että pussikenoja. Kennojen valmistusta ja testausta voidaan räätälöidä asiakkaan tarpeiden mukaan, ja tarvittaessa voidaan tehdä testausta olosuhdekaapeissa.

Oulun yliopistolla on lisäksi tutkimusinfra Linnanmaan kampuksella Oulussa, jossa sijaitsee mm. saostusreaktoreita, akkutesteri, impedanssilaitteistot sekä kennojen valmistuksessa käytettäviä painatuslaitteita, mm. 3D-tulostimet ja silkkipainatuslaitteet kahden eri tiedekunnan infraana.

Sijainti: Kokkola; Linnanmaan kampus, Oulu

Oulu Mining School (OMS tutkimuskeskus), Oulun yliopisto

OMS tutkimuskeskus on Oulun yliopiston teknillisen tiedekunnan alainen infrastruktuuri, jossa sijaitsee akkumineraalien mekaaniseen käsittelyyn ja karakterisointiin liittyviä laitteistoja. OMS tutkimuskeskus tarjoaa liuotus- ja vaahdotuslaboratorion palveluita, geokemiallisia palveluita, kaivosteknisiä palveluita ja koulutuspalveluita, kuten koko tiedekuntakin. Tutkimuskeskuksen sydän on pilottitehdas, joka soveltuu akkumineraalien vaahdotustutkimukseen.

Lisää tietoa OMS tutkimuskeskuksen palveluista ja laitteista:

<https://www.oulu.fi/oms/node/58852> ja <https://www.oulu.fi/katk/node/57941>

Sijainti: Oulu

Hivenainelaboratorio (Oulun yliopisto, Kestävä kemia)

Hivenainelaboratoriossa tehdään tarkkaa epäorgaanisen kemian analytiikkaa, ja määritetään mm. akkukemikaalien tarkat metallisuhteet. Laboratoriossa on vuonna 2020 hankitut uudet epäorgaanisen hivenaineanalytiikan laitteistot. Metallianalytiikka sisältää ICP-OES, ICP-MS ja AAS-laitteistot, kationi/anionianalytiikka (IC), alkuaineanalyysit (CHNO(S)). Laboratoriossa työskentelee kaksi analyttisen kemian osaajaa.

Lisää tietoa: <https://www.oulu.fi/sustainablechemistry/node/54725>

Sijainti: Oulu

Oulun yliopiston teknillinen tiedekunta, tiedekuntalaboratorio

Laboratoriossa sijaitsee erilaisia panos- ja jatkuvatoimisia reaktoreita (saostusreaktorit, adsorptiokolonnit), analysointilaitteita (kuten TPR, DRIFT, Raman) sekä materiaalien esikäsittelyyn soveltuvia laitteita (myllyt, murskaimet). Tiedekuntalaboratorioon kuuluu myös erilaiset ohjelmistot, joita voidaan hyödyntää akkumineraalien jalostuksen arvoketjun mallinnuksessa.

Sijainti: Oulu

Materiaalianalyysikeskus (Oulun yliopisto, Oulu)

Materiaalikeskus on koko yliopiston yhteistä infraa ja se palvelee laajasti tutkijoita ja sisältää paljon erilaisia materiaalien valmistukseen ja karakterisointiin liittyviä laitteita (elektro-nimikroskoopit, röntgenlaitteet, muut).

Tarkemmat tiedot palveluista, puhdistilasta ja laitteista: <https://www.oulu.fi/mt/>

Sijainti: Oulu

Additiivisen valmistustekniikan -tutkimusinfrastruktuuri

Additiivisen valmistustekniikan tutkimusinfrastruktuuri on osa kansallisella infrastruktuuritiekartalla olevaa kokonaisuutta (FiRi-PiI), joka mahdollistaa elektroniikan valmistamisen lisäävillä valmistusmenetelmillä, erityisesti painotekniikoilla. Infrastruktuuria on sovellettu erityisesti uudensukupolven akkukennojen kestäväen ja resurssi- ja kustannustehokkaan valmistuksen kehittämiseen.

Tutkimusinfrastruktuuri sisältää laitteistoja seuraaviin akkumateriaalien valmistuksen ja karakterisoinnin vaiheisiin:

- Akkukemikaalien formulointi (rheologiset ominaisuudet, kuivuminen, stabiilisuus jne.)
- Akkumateriaalien karakterisointi (morfologia, sähkökemialliset ominaisuudet jne.)
- Akkukennojen additiivinen valmistus (silkipaino, mustesuihku, 3D-tulostus jne.)
- Akkukennojen sähköisen toiminnan karakterisointi (kennojen syklaus)

Tutkimusympäristö on osa Suomen Akatemian FiRi-PiI hanketta, jota Oulun yliopisto koordinoi. Lisäksi infrastruktuurin yhteiskäytöstä on sopimus PrintoCent-teollisuusklusterin¹ perustajajäsenten kanssa (VTT ja OAMK).

Lisää tietoa: <https://www.oulu.fi/eeng/oemlab/facilities>

Sijainti: Oulu

Muut

Lisäksi Oulun yliopistossa on valmistus- ja prototyypipalveluita, kuten FabLab (<https://www.oulu.fi/fablab/about>) ja paja (<https://www.oulu.fi/paja/>).

Omistaja: Oulun yliopisto

WWW: <https://www.oulu.fi/yliopisto/tutkimus-ja-laboratoriopalvelut>

¹ PrintoCent-infrastruktuuri on esitelty tarkemmin VTT:n akkukennojen valmistuksen infrastruktuurin yhteydessä.

Proventia

Yleiskuvaus kokonaisuudesta

Proventian tutkimusinfrastruktuuri akkupakettien testaamiseen.

Ulkopuolisten toimijoiden infran käyttömahdollisuudet

Infraa voidaan vuokrata eteenpäin. Sopimusmallit tapauskohtaisesti, mutta esim. tunti-perustainen veloitus (kammion vuokra + tekniikoiden työ).

Infran yhteiskäyttöjärjestelyt

Kammiota voidaan myös testata yhteistyössä, jos halukkaita operaattoreita löytyy pyörittämään testausta, valmistelua, datan keruuta ja käsittelyä.

Olosuhdetestaus

Yleiskuvaus lyhyesti

Olosuhdekammio isojen akkupakettien testaamiseen. Kammio soveltuu pääasiassa durability-tyyppiseen testaamiseen.

Teknisempi kuvaus

Olosuhdekammion ominaisuudet

- 2 500 mm x 2 800 mm x 3 600 mm
- -40C - +90C
- 250kW/700A/1100Vdc
- automation system with remote monitoring possibility
- fluid conditioning with 6kW cooling capacity

Sijainti: Tietotie 1, Oulunsalo

Omistaja: Proventia Oy

WWW: <https://www.proventia.com/>

Pulsedeon

Yleiskuvaus kokonaisuudesta

Pulsedeon kehittää materiaaliratkaisuja seuraavan sukupolven litiumioniakkuihin ja tutkimusinfrastruktuuri sisältää näiden uusien akkuratkaisujen ja -materiaalien valmistukseen käytettävät pinnoitus- ja materiaalien prosessointilaitteet.

Ulkopuolisten toimijoiden infran käyttömahdollisuudet

Vain kaupallisin ehdoin ts. vuokraamalla tai toimeksiannoin.

Tampereen teknologiakeskus

Tampereen teknologiakeskus sisältää kohtiomateriaalien valmistusteknologiat, pulverien sekoitus- ja kompaktointimenetelmät, sekä kyvykkyydet pinnoitteiden mekaaniseen ja termomekaaniseen jatkokäsittelyyn.

Sijainti: Tampere, Yliopiston kampus, Hervanta

lin teknologiakeskus, Micropolis

lin teknologiakeskus (Micropolis) sisältää pulssilaser pinnoituslaitteet (3 kpl), laitteisiin integroidut hanskakaapit, rullalta rullalle valmistusteknologian, sekä karakterisointilaboratorion, joka sisältää mm. pyyhkäisyelektronimikroskoopit, optiset mikroskoopit, profiilimetrit, ionijohtavuusmittauslaitteet ja permeabiliteettimittauslaitteet.

Sijainti: li, Micropolis

Omistaja: Pulsedeon Oy

WWW: www.pulsedeon.com

Pyhäjärven Callio testikaivos

Yleiskuvaus kokonaisuudesta

Pyhäjärven Callio on maailmanlaajuisesti ainutlaatuinen, monialainen toimintaympäristö. Pyhäjärven Callio sijoittuu 1 445 metriä maan pinnan alapuolelle ulottuvaan Pyhäsalmen kaivokseen sekä sitä ympäröiville maa-alueille. Pyhäjärven Callion tilat ovat syvimpiä tunnettuja paikkoja Euroopassa. Se tarjoaa monipuolisia menestymisen mahdollisuuksia sekä uusille innovatiivisille hankkeille että vakiintuneille, uusia toimintatapoja tavoitteleville yrityksille, samoin kuin koulutus-, tutkimus- ja tuotekehitystoiminnalle.

Ulkopuolisten toimijoiden infran käyttömahdollisuudet

Infran yhteiskäyttäjärjestelyt

Pyhäjärven Callio testikaivos

Yleiskuvaus lyhyesti

Teknisempi kuvaus

Laboratoriot: Maanalaista testitilaa, kaivosolosuhteet, yli 150 km maan alaisia tunneleita ja tiloja. Tutkimuslaboratorioita yhdessä korkeakoulujen ja yliopistojen kanssa esim. CallioLAB. Suuria huoltohalleja ja varastoja.

Vinotunneli: 11 km pitkä vinotunneli maan päältä, kaivoksen pohjalle. Jyrkkyys 1:7. Voi ajaa vaikka kuorma-autolla.

Data-alustat: Telia 3G verkko 1400m syvyydessä päätasolla. Wifi verkko eri tasoilla.
Radiopuhelinverkko.

Sijainti: Pyhäjärvi, Pyhäsalmen kaivos, Mainarintie 2.
Omistaja: Pyhäjärven kaupunki ja Pyhäsalmi Mine Oy.
WWW: www.callio.info

Sandvikin testikaivos

Yleiskuvaus kokonaisuudesta

Sandvik Test Mine, maanalainen kaivoslaitteiden ja ratkaisujen testaus- ja kehitysympäristö.

Soveltuu monelle muullekin teollisuuden alalla haastavan ympäristön vuoksi.

Ulkopuolisten toimijoiden infran käyttömahdollisuudet
Infran yhteiskäyttäjärjestelyt

Sandvikin testikaivos

Yleiskuvaus lyhyesti

Maanalainen kaivoslaitteiden ja ratkaisujen testaus- ja kehitysympäristö.

Teknisempi kuvaus

- protopajat
- connectivity /tiedonsiirtoratkaisut
- autonomisten koneiden alue
- maanalaista tunneliverkostoa eri korkeuseroilla, tukee sähköistymis- ja digitalisaatioasioita

Sijainti: Pihtisulunkatu 9, 33310 Tampere

Omistaja: Sandvik

WWW: <https://www.rocktechnology.sandvik/en/innovation-in-mining/test-mine/>

Tampereen yliopisto

Akkumateriaalit

Yleiskuvaus kokonaisuudesta

Tampereen yliopiston materiaaliopin tutkimusryhmien tutkimuksessa on paljon yhtymäkohtia akkumateriaalikehitykseen, etenkin prosessointiin ja karakterisointiin. Tutkimus keskittyy erityisesti epäorgaanisten (keraamisten) ja orgaanisten yhdisteiden prosessointiin,

pinnoitustekniikkaan ja toiminnallisiin ominaisuuksiin. Lisäksi Tampereen yliopiston Mikroskopiakeskuksessa (Tampere Microscopy Center, TMC) voidaan analysoida erilaisten materiaalien rakenteita ja kemiallisia koostumuksia jopa atomitasolla.

Ulkopuolisten toimijoiden infran käyttömahdollisuudet

Tutkimusinfrastruktuuri on ulkopuolisten toimijoiden käytettävissä yhteisrahoitteen tutkimuksen kautta, mutta myös tilaustutkimuksena.

Mikroskopiakeskus TMC tarjoaa laitteistoja ja palveluita Tampereen yliopiston tutkijoille ja opiskelijoille sekä tutkimusyhteistyön kautta myös muille tutkimuslaitoksille ja yrityksille.

Teknisempi kuvaus

Materiaaliopin toiminta kattaa tutkimuksen ja kehityksen perusilmiöistä ja -karakterisoinneista aina teollisen mittakaavan pinnoitusprosesseihin asti (pinnoitustekniikan ryhmä sekä paperi- ja pakkaustekniikka). Esimerkkeinä valmistusmenetelmistä:

- Paksujen pinnoitteiden termiset ja kineettiset valmistusmenetelmät teollisessa mittakaavassa, mukaan lukien ainetta lisäävä valmistus (esim. DED)
- Paperin pinnoitus- ja pintakäsittelymenetelmät rullalta rullalle menetelmin demonstraatiomittakaavassa
- Polymeerien ja komposiittien prosessointi ja muodonanto esim. ekstruusio ja ruiskuvalu demonstraatio- ja teollisessa mittakaavassa
- Epäorgaanisten materiaalien kemiallinen ja partikkelisynteesi laboratoriomittakaavassa
- Ylikriittisen hiilidioksidin avulla tapahtuva prosessointi (partikkelisynteesi, liuotukset ja kasvatukset)
- Kolloidinen prosessointi
- Keraamisten materiaalien spraykuivaus teollisessa mittakaavassa
- Keraamien ainetta lisäävä valmistus (stereolitografia, sideaineen suihkutus)
- Uuneja eri atmosfääreillä aina 2 200 °C lämpötilaan asti.
- Laseravusteinen prosessointi: työstö, ablaatio ja reaktiivinen interferenssikuvointi

Karakterisointimenetelmäesimerkkejä:

- Partikkelien ominaispinta-ala, partikkelikoko, kiderakenne, alkuaineanalyysit ja morfologia (mikroskopia)
- Reologia ja kolloidiset mittaukset
- Termiset analyysit TGA/DTA, dilatometria, lämmönjohtavuus, TMA
- Mekaaniset ominaisuudet:
 - In-situ testaus mikroskoopissa (laaja lämpötila alue ja muodonmuutosnopeus)
 - makroskooppinen nopea muodonmuutos laajalla lämpötila-alueella

- mikro- ja makromittakaavan perinteinen mekaaninen testaus.
- impedanssispektroskopia
- Kulumistestaus ja tribologiset mittaukset mikrotasosta aina teolliseen mittakaavaan

Mikroskopiakeskuksen tutkimusmenetelmät sisältävät:

- analyyttinen pyyhkäisyelektronimikroskopia (SEM+EDS+EBSD+nanoindentaatio),
- analyyttinen ionisuihkumikroskopia (FIBSEM+EDS),
- analyyttinen läpivalaisuelektronimikroskopia (S/TEM+EDS+EELS),
- Raman-mikroskopia,
- röntgenfluoresenssimikroskopia (mikro-XRF),
- atomivoimamikroskopia (AFM)
- sekä kyseisiin menetelmiin liittyvä näytteenvalmistus.

Sijainti: Tampere, Hervannan kampus

Omistaja: Tampereen yliopisto, Tekniikan ja luonnontieteiden tiedekunta

WWW: <https://www.tuni.fi/en/about-us/engineering-materials-science#switcher-trigger--research>

<https://www.tuni.fi/fi/tutkimus/keramimateriaalit>

<https://www.tuni.fi/en/research/tampere-microscopy-center>

Tampereen yliopiston sähköistymisen tutkimusinfrastruktuurit

Yleiskuvaus kokonaisuudesta

Tampereen yliopiston tutkimusinfrastruktuurit sisältävät mikroverkkolaboratorion, akkulaboratorion, työkonoiden testiradan sekä laboratorion työkonoiden tutkimukseen.

Ulkopuolisten toimijoiden infran käyttömahdollisuudet

Sopimuksen mukaan.

Infran yhteiskäyttöjärjestelyt

Yhteiskäyttöä muiden yliopistojen, VTT:n sekä yritysten kanssa yhteisissä tutkimushankkeissa.

Mikroverkkolaboratorio

Yleiskuvaus lyhyesti

Mikroverkkolaboratoriossa on Tesvoltin akku ja SMA:n invertteri. Näiden avulla voi ajaa mikroverkkoa saarekkeessa. Erityinen mielenkiinto kohdistuu mikroverkon resurssien väliseen tiedonvaihtoon ja automaatioon, jotta mikroverkon resurssit saataisiin tehokkaampaan käyttöön esimerkiksi välttämällä ylimitoitusta.

Teknisempi kuvaus

Muita resursseja mikroverkossa ovat aurinkoemulaattori, sähköauton latauspisteitä, ohjattavia kulutuskohteita ja sarjahybridi dieselgeneraattori, joka voi mallintaa myös sähköistä työkonetta.

Lisäksi mikroverkko on yhdistettävissä reaaliaikaiseen sähköjärjestelmän simulointiympäristöön, jossa voidaan mallintaa laajempaa sähköjärjestelmää, sen säätöä ja yhdistää automaatio- ja tietoliikennelaitteita.

Tutkimusympäristöön liittyy myös laaja joukko kenttämittauksia sähkönlaadusta, kiinteistöautomaatiosta, sähköverkon asiakkaista, auringon säteilystä, jne. Mittausdataa hyödynnetään sekä laboratoriotesteissä emuloimalla oikeaa käyttäytymistä että hyödyntämällä sitä simuloinneissa.

Sijainti: Tampere

Akkulaboratorio*Yleiskuvaus lyhyesti*

Tutkimusinfrastruktuuri sisältää erilaisia laitteita, joilla voidaan analysoida akkujen dynamiikkaa. Käytetyt menetelmät ovat pääasiassa erilaisia signaalinkäsittelyyn perustuvia tekniikoita.

Teknisempi kuvaus

Laitteita ovat esimerkiksi erilaiset signaaligeneraattorit ja datankeruukortit. Laitteistona on käytettävissä myös esimerkiksi olosuhdekaappi, jonka avulla tutkittavalle akulle voidaan emuloida erilaisia toimintaympäristöjä (lämpötila, kosteus). Näiden lisäksi olemme rakentaneet kustomoituja mittaussetuppeja, joiden avulla on voitu analysoida määrättyjä akkuja. Kokonaisuus soveltuu tällä hetkellä vain prototyyppien testaamiseen eikä teollinen mittakaava ole mahdollista.

Sijainti: Hervannan kampus, Tampere

Työkoneiden testirata*Yleiskuvaus lyhyesti*

Innovative Hydraulic Automation (IHA) tarjoaa erinomaiset tilat kenttärobotiikan tutkimukselle, sillä kampuksen alueella on koekenttä ja useita instrumentoituja liikkuvia työkoneita. Suljetulla 4 000 m²:n koekentällämme on työskentelyalue kaivamiseen, erilaisia pintoja sorasta asfalttiin sekä mäki, jossa on kolme erilaista rinnettä noin 18 asteen jyrkkyyteen asti. Esimerkiksi autonomisia pyöräkuormaajia on kolme. IHA:lla on nopea kehitys- ja prototyyppiympäristö ohjausteknologioille, jolla testataan ja demonstroidaan ohjausalgoritmeja liikkuvissa työkooneissa. Voimme mitata reaaliaikaisia koneiden päästöjä ja polttoaineenkulutusta työn aikana.

Teknisempi kuvaus

Kenttärobotiikan tutkimuksen koekenttä:

- Noin 4 000 m²
- 250 m rata
- Asvalttia ja hiekkaa
- Kolme erilaista rinnettä: 10 %, 16 % ja 32 %
- Kaivuu- ja lastausalue
- Valvontakontti
- Aidattu alue

Tutkimuskäytössä olevat liikkuvat työkoneet:

- 21 tn pyöräkuormaaja
- Wille-monitoimikuormaaja
- 2 kpl AvantTecho -minikuormaajaa
- Valtran traktori
- Ponssen metsäkuormatraktori
- Haulotten monitoiminostin

Mitä voimme testata:

- Ohjausmenetelmät ja sensorijärjestelmät
- Voimansiirron ohjaus
- Ajo ylä- ja alamäkeen
- Työn aikana
- Puomin ohjausjärjestelmät
- Autonominen toiminta erilaisissa tehtävissä
- Navigointi
- Esteiden välttäminen
- Reitin suunnittelu ja toteutus
- Monen koneen yhteiskäyttö
- Energiatehokkuus ja päästöt
- Polttoaineenkulutus todellisessa työssä
- Todelliset päästöt työn aikana
- Kaivuu, kuormausta, ajo
- Ihmisen ohjaama tai autonominen

Lähde: <https://research.tuni.fi/iha/facilities/mobile-laboratory/>

Sijainti: Hervannan kampus, Tampere

Työkoneet ja innovatiivinen hydraulikka – heavy laboratory

Yleiskuvaus lyhyesti

Heavy laboratory – Laboratorio työkoneiden tutkimukseen.

Teknisempi kuvaus

<https://research.tuni.fi/iha/facilities/heavy-laboratory/>

Sijainti: Tampere

Omistaja: Tampereen yliopisto

WWW: <https://research.tuni.fi/iha/facilities/>

Turun Ammattikorkeakoulun infrastruktuurit

Yleiskuvaus kokonaisuudesta

Vuodesta 2020 lähtien, kaikki Turun ammattikorkeakoulun laboratoriot ovat sijainneet saman katon alla uudella EduCity-kampuksella Kupittaaalla. Kampuksen pohjakerros on varattu tutkimusta, kehitystä ja innovaatioita edistävälle eri alojen laboratorioille.

Ulkopuolisten toimijoiden infran käyttömahdollisuudet

Laboratorioita hyödynnetään yrityksille ja yksityishenkilöille tuotettaviin palveluihin, erilaisiin julkisiin tutkimushankkeisiin sekä opetuksen tarpeisiin.

Uuden energian tutkimuskeskus

Yleiskuvaus lyhyesti

Maailma on energiamurroksessa ja tarvitsee uusiutuvaa energiantuotantoa, älykästä energijärjestelmien ohjausta sekä kestäväää liikennettä. Uusiutuvalle energiantuotannolle on tyypillistä tuotannon voimakas vaihtelu. Tämä ja sähköisen liikenteen lisääntyminen luo aivan uudenlaisia mahdollisuuksia ja haasteita älykkääseen energiantuotantoon ja käyttöön. Näihin haasteisiin vastaaminen on New Energy -tutkimusryhmän päätavoite. Tavoite edellyttää tulevaisuuden hajautettujen energijärjestelmien tutkimusta, jonka painopiste-alueita ovat

- hajautettu energiantuotanto (aurinko- ja tuulivoima)
- konvertteriteknikka
- energiantuotannon verkkointegraatio
- sähköisen liikenteen integraatio
- sähkön ja lämmön varastointi
- energianhallintajärjestelmät ja kysynnän jousto

Käytössä ovat uusimmat digitaliset työvälineet, kuten Hardware-In-the-Loop ja Rapid Prototyping -ympäristöt sekä simulointiympäristöt.

Teknisempi kuvaus

Tutkimusryhmä ylläpitää New Energy Research Center Turku (NERC Turku) tutkimusinfrastruktuuria, joka käsittää kaksi osakokonaisuutta:

Distributed Energy Systems DES Lab

- Sähköverkkosimulaattori (Regatron ACS 50 kVA) ja akkusimulaattorit (Delta Elektronika 1500V, 180 kW) konvertterien ja muun tehoelektronikan sekä oheislaitteiden testaukseen
- Korkean resoluution transienttitallennin (HBM Genesis 12 chl.)
- Sähkölaatuanalysointilaitteet
- OPAL-RT Real Time Target Control, Hardware in the Loop (CHIL) ja Power Hardware in the Loop (PHIL) testiasetelmien ohjaukseen
- Olosuhdetestikammio 3,6 m³ vahvistetulla lattialla (500 kg kuorma), lämpötestaus -65...+150 C (4 C /min) 8 kW lämpökuorman kompensointikyky, olosuhdetestaus %RH 10 to 98 (+10...+90 C)
- MATLAB Simulink ja Power Factory simulointiohjelmistot

SOLAR Lab

- Korkealaatuinen A+A+A+ LED-pohjaisella valonlähteellä varustettu Mobile SOLAR Lab aurinkopaneelien testaamiseen kentällä ja laboratoriossa.
- Long Pulse Xenon A+A+A+ aurinkosimulaattori aurinkopaneelien laboriotestaukseen
- Korkean resoluution EL-kamera kennovirheiden ja laadun epätasaisuuden tunnistamiseen
- Aurinkokennosimulaattori kahdella valonlähteellä
- Aurinkopaneelien mekaaninen testilaitteisto tuuli- ja lumikuormien simulointiin
- Alipainelaminaattori prototyyppipaneelien valmistukseen
- Aurinkopaneelien ulkotestikenttä pitkän aikavälin mittausjaksoihin
- Auringon säteilysuureiden mittausasema
- MATLAB, Python, PV Sol ja PV Syst simulointiohjelmistot

Sijainti: Joukahaisenkatu 7, 20520 Turku

Moottori- ja voimalinjalaboratorio*Yleiskuvaus lyhyesti*

Moottori- ja voimalinjalaboratorio tuottaa kokeellista tutkimusta ajoneuvojen ja työkonien moottoreille sekä voimalinjakomponenteille. Laboratoriossa tutkitaan moottoreiden ja muiden komponenttien suorituskykyä, sekä niiden käytön aikaisia päästöjä.

Teknisempi kuvaus

Laboratoriossa on 4 kpl moottoridynamometreja, joista yksi on AC-tyyppinen ja kolme pyörrevirtadynamometriä. Dynamometrien kapasiteetit ovat alueella 200...400 kW ja tarkoitettu nopeakäyntisten moottoreiden tutkimukseen.

Laboratoriossa on lisäksi mahdollisuus sähköisten voimalinjakomponenttien käyttöön joko sinällään tai polttomoottoreiden yhteydessä, sähköteho 180 kW maks. ja laitteistoon kuuluu DC -teholähteet joilla voidaan generoida 1 500 V jännite teho 180 kW Laboratoriossa on 3 kpl kaasumaisten päästöjen mittausteistoja sekä paljon muuta pakokaasupäästöjen mittaamiseen soveltuvaa laitteistoa

Sijainti: Joukahaisenkatu 7, 20520 Turku

Omistaja: Turun Ammattikorkeakoulu

WWW: Uuden energian tutkimuskeskus <http://nerc.turkuamk.fi/infrastructure/>

Moottori- ja voimalinjalaboratorio <https://www.turkuamk.fi/fi/tyoelamapalvelut/palvelut/moottori-ja-voimalinjalaboratorio/>

Turun yliopisto

Materiaalitekniikka

Yleiskuvaus kokonaisuudesta

Sähkökemian ja virtausakkujen laboratorio sisältää tutkimusinfrastruktuurin, joka mahdollistaa akkumateriaalien ja akkujen sähkökemiallisen karakterisoinnin, myös hapettomissa oloissa. Tämän lisäksi on infrastruktuuri valmistaa ja karakterisoida pieniä määriä materiaaleja. Tutkimusryhmä on perustettu 2020 ja tällä hetkellä tutkimus on keskittynyt virtausakkuihin, ja tarkemmin virtausakku-elektrolyyttien kehittämiseen.

Ulkopuolisten toimijoiden infran käyttömahdollisuudet

On, sopimuksen mukaan

Teknisempi kuvaus

Tutkimusinfrastruktuuri sisältää seuraavat laitteet materiaalien sähkökemialliseen karakterisointiin:

- 7 potentiostaattia sähkökemiallisiin mittauksiin, max 15 V 0.6 A ja yksi 10 V 4 A. (voltammetria, EIS; GITT jne.)
- 6 akkusykleriä, 8 kanavaa per sykleri, max. 5 V 5 A, automaattinen neliportainen 0.1 mA – 5 A virta-alueen säätö. Prototyypin ja materiaalien testaukseen.
- 2 hansakaappia (typpi-ilmakehä)

- Sähkökemiallinen pyyhkäisymikroskooppi (scanning electrochemical microscope) pintojen sähkökemiallisen aktiivisuuden mittaamiseen
- Pyörivälevy-rengas-elektrodi (rotating ring disk electrode) virtausakku-elektrolyyttien sähkökemialliseen karakterisointiin

Materiaalien valmistukseen on käytettävissä kemian laboratorio, jossa syntetisoidaan orgaanisia materiaaleja ja metallikomplekseja virtausakkuihin:

- Schlenkin linja hapettomaan työskentelyyn
- OT-2 pipetointirobotti metallikompleksien kombinatoriaaliseen valmistukseen

COMSOL-lisenssi akkujen sähkökemialliseen mallinnukseen.

Lisäksi Turun yliopistolla on materiaalinkarakterisointi-infra CasualBee.

Sijainti: Quantum, Quantuminkuja 1, Yliopistonmäki, Turku

Omistaja: Materiaalitekniikka, Turun yliopisto

WWW: <https://www.utu.fi/en/university/faculty-of-technology/mechanical-and-materials-engineering/research/battery-materials-and-technologies>

<https://sites.utu.fi/casualbee/en/equipment/>

Itä-Suomen yliopiston (UEF) tutkimusinfrastruktuurit

Yleiskuvaus kokonaisuudesta

Itä-Suomen yliopiston akkututkimukseen soveltuvat tutkimusinfrastruktuurit sisältävät laitteistoja akkujen aktiivimateriaalien synteisiin eri menetelmillä niin laboratorio- kuin myös pilot-mittakaavassa. Tutkimusinfrastruktuuri sisältää lisäksi elektrodien valmistuksen ja nappikennojen kokoamisen infrastruktuurin sekä kattavan valikoiman analyysimenetelmiä kennojen sähkökemialliseen karakterisointiin että materiaalien kemialliseen ja rakenteelliseen analyysiin.

Ulkopuolisten toimijoiden infran käyttömahdollisuudet

Tutkimusinfrastruktuuri on ulkopuolisten toimijoiden käytössä tapauskohtaisesti yhteistyön kautta, sekä laitevuokrauksen tai tilaustutkimuksen puitteissa yliopiston vahvistaman hinnoittelun pohjalta.

Infran yhteiskäyttäjärjestelyt

Sovelletun fysiikan laitoksen infrastruktuuri

Yleiskuvaus lyhyesti

Itä-Suomen yliopiston Sovelletun fysiikan laitoksella tehtävä tutkimus tähtää grafiitin

korvaamiseen piillä, jolloin anodin kapasiteetti 10-kertaistuisi. Piin materiaaliominaisuuksista johtuvien haasteiden selättämiseksi johtoajatuksena on hyödyntää piihin räätälöityä nanohuukoista rakennetta, joka mahdollistaisi yli tuhat lataus/purkaus-sykliä kapasiteetin pysyessä yli 80 %. Tutkimuksessa hyödynnetään sekä synteettistä piitä ja biogeenistä eli luonnon itsensä valmistamaa nanorakenteista piitä. Laitoksella on kattava arsenaali materiaalien karakterisointimenetelmiä sekä 24 kanavaa nappikenojen sähkökemiallista testusta ja impedanssipektroskopiaa varten.

Infrastruktuuri on ulkopuolisten käytössä tilaustutkimuksen puitteissa yliopiston vahvistaman hinnoittelun pohjalta.

Teknisempi kuvaus

Tutkimusinfrastruktuuri on laboratoriomittaskaalan tutkimuskäyttöön soveltuva. Anodi-materiaalien (nanohuukoinen pii) valmistusmenetelmät sisältävät piikiekkujen sähkökemiallisen syövyttämisen ja pii-partikkelien kemiallisen syövyttämisen (eräkkö max. 10 grammaa).

Infrastruktuuri mahdollistaa nappikenojen valmistamisen alusta asti ja sähkökemiallisen testauksen (ml. EIS) ja post-mortem materiaalitutkimukset. Infrastruktuuri käsittää Ar-hanskakaapin.

Materiaalien karakterisointimenetelmät käsittävät XRD:n, termiset analyysit (DSC ja TG), kaasuaSORPTIOMÄÄRITYKSET huokoskokojakauman ja pinta-alan määrittämiseksi, laser-sironnan (nanopartikkelien koko ja pintavarauus), termomekaaniset testaukset, optiset ja spektroskopiset menetelmät (FTIR ja Raman), elektronimikroskopiat (SEM ja TEM) sekä lisäksi spektroskopisista menetelmistä EDS ja XRF, sekä 2022 otetaan käyttöön myös XPS-laitteisto.

Tarkemmat tiedot: <https://sites.uef.fi/ppg/equipment/>
<https://www.uef.fi/fi/yksikko/sib-labs>

Sijainti: Kuopio, Itä-Suomen yliopisto, Sovelletun fysiikan laitos

Pienhiukkas- ja aerosoliteknikan laboratorion infrastruktuuri

Yleiskuvaus lyhyesti

Itä-Suomen yliopiston Pienhiukkas- ja aerosoliteknikan laboratorio (FINE Lab) tutkii ja kehittää kestävä kehityksen mukaisia materiaaleja ja materiaaliratkaisuita ja niiden hyödyntämistä energia- ja resurssitehokkaiden teknologioiden sovelluksissa. Käytössä oleva tutkimusinfrastruktuuri koostuu uusien materiaalien kehittämiseen, synteesiin, karakterisointiin ja sovellustestaukseen (Li-ioni ja tulevaisuuden akut) liittyvistä laitteistoista (<https://sites.uef.fi/fine/front-page/research-areas/nanotechnology-facilities/>). Pilot-mittakaavan materiaalien tutkimuksen ja valmistuksen mahdollistaa FunktioMat pilot

laboratorio (<https://sites.uef.fi/fine/front-page/funktiomat/>), jossa voidaan tuottaa jopa 1 kg/h nanomateriaaleja sovellustestauksiin yhteistyössä teollisuuden kanssa.

Tutkimusinfrastruktuuri on käytettävissä yhteistyössä Pienhiukkas- ja aerosolitekniiikan laboratorion kanssa. Ulkopuoliseen käyttöön on olemassa erilaisia mahdollisuuksia kuten yritysprojekti, vuokraus, jotka sovitaan aina tapauskohtaisesti.

Teknisempi kuvaus

Materiaalien synteisiin käytössä olevat laitteistot sisältävät kaasufaasisynteesimenetelmiä (mm. spray pyrolyysi ja kuivaus, liekkisumupyrolyysi); korkean lämpötilan uuneja (putki-reaktorit, induktiokuumennus), jotka mahdollistavat mm. pyrolyysin ja grafitisoinnin; hydrotermisiä menetelmiä, solvolyyysi, ym. perussynteesejä. Lisäksi materiaalien valmistukseen ja tutkimukseen on käytössä FunktioMat pilot laboratorion laitteistot, jotka mahdollistavat jopa 1kg/h nanomateriaalien tuotannon, tehokkaan keräyksen pussisuodatinjärjestelmällä ja käsittelyn sekä testauksen yhteistyössä teollisuuden kanssa.

Materiaalien karakterisointiin käytettävät laitteistot kattavat kaikki materiaalitutkimukseen tarvittavat peruslaitteistot, kuten elektronimikroskopia, Raman, FTIR, XRD, ominaispinta-ala ja termogravimetriset määrittelyt. Lisäksi FINE laboratoriossa on uusimmat aerosoli- eli suoriin kaasufaasimittauksiin käytettävät mittauslaitteistot, jotka mahdollistavat mm. hiukkasten pitoisuuksien sekä lukumäärä- ja massakokojakaumien määrittelyt, kaasujen koostumuksen ja reaktiossa syntyneiden tuotteiden suoran analysoinnin.

FINE laboratoriossa on akkumateriaalien testaukseen liittyvä kattava laitekokonaisuus, mikä sisältää jauheiden käsittelyyn liittyvät laitteistot kuten kuulamylyt, jauheiden tap density mittaukset, elektrodien valmistukseen käytettävien seosten valmistuksen ja optimoinnin sekä sähkökemialliset mittauslaitteistot. Näiden laitteistoiden avulla on mahdollista kattavasti suorittaa akkumateriaalien testausta (kapasiteetti, impedanssia, käyttöikä, energia- ja tehotehiys) ja optimointia erilaisissa käyttöolosuhteissa olosuhdekammioiden avulla, mikä mahdollistaa testaukset myös eri lämpötiloissa ja ääriolosuhteissa.

Sijainti: Tutkimusinfrastruktuuri sijaitsee Itä-Suomen yliopiston Kuopion kampuksella osoitteessa Yliopistonranta 1, 70210 Kuopio.

FunktioMat pilot laboratorio sijaitsee Novapoliksen tarjoamissa tiloissa osoitteessa Mikrokatu, 70210 Kuopio.

Omistaja: Itä-Suomen yliopisto

WWW: <https://sites.uef.fi/ppg/equipment/>; <https://www.uef.fi/fi/yksikko/sib-labs>; <https://sites.uef.fi/fine/>; <https://sites.uef.fi/fine/front-page/funktiomat/>

Vaasan AMK tutkimusinfrastrukturi

Yleiskuvaus kokonaisuudesta

Vaasan ammattikorkeakoulun, Yrkeshögskolan Novian ja Vaasan yliopiston Techno-bothnia-laboratorio on tutkimusinfra, joka on ensisijaisesti opetuskäyttöön tarkoitettu. Älykäs sähkötekniikkaverkot ja energiavarastointi (akut).

Ulkopuolisten toimijoiden infran käyttömahdollisuudet

Infran yhteiskäyttöjärjestelyt

Energiatekniikan laboratorio

Yleiskuvaus lyhyesti

Tässä laboratoriossa pääpaino on uusiutuvan energian tuotannossa. Tutkimme, optimoimme ja kehitämme tuuli-, aurinko- ja vesivoimaratkaisuja. Yhdistämällä nämä älykkäisiin ohjauksjärjestelmiin saavutetaan mahdollisimman tehokas ja ympäristöystävällinen ratkaisu energiantuotantoon.

Teknisempi kuvaus

Esimerkkejä laboratoriolaitteistoista:

- Edibon, tietokoneohjattu Pelton-turbiini
- H-Tec Education -laitteisto (solar-hydrogen energy cycle)
- Armfield -lämmönvaihdinlaitteisto (concentric tube heat exchange)
- ABB micro SCADA, seuranta- ja valvontajärjestelmä

Lähde: <https://www.technobothnia.fi/technical-collaboration/the-laboratories/energy-technology-and-smart-grid-laboratory/>

Sijainti: Puuvillakuja 3, Vaasa

Älyverkkolaboratorio

Yleiskuvaus lyhyesti

Tämä laboratorio keskittyy älykkäisiin automaatio-, suojaus- ja ohjauksjärjestelmiin. Olemme kehittäneet reaaliaikaisen simulaattorin (hard-wired in the loop), johon on mahdollista kytkeä kytkimiä ja releitä ja testata niitä realistisissa olosuhteissa.

Teknisempi kuvaus

Lisätietoja: <https://www.technobothnia.fi/technical-collaboration/the-laboratories/energy-technology-and-smart-grid-laboratory/>

Sijainti: Puuvillakuja 3, Vaasa

Omistaja: Vaasan AMK

WWW: <https://www.technobothnia.fi/>

Vaasan yliopiston tutkimusinfrastruktuurit

Yleiskuvaus kokonaisuudesta

Vaasan yliopiston VEBIC tutkimusalueella toimiva FREESI-laboratorio on monipuolinen laboratoriokokonaisuus erityisesti älykkäiden sähköverkkojen ja joustavien energiarekursien tutkimiseen. Laboratorio sisältää myös akkukennojen testauslaitteiston.

Ulkopuolisten toimijoiden infran käyttömahdollisuudet

On käytettävissä. Sopimukset laaditaan tapauskohtaisesti.

Infran yhteiskäyttöjärjestelyt

FREESI-laboratorio on DERLab verkoston jäsen.

FREESI-laboratorio (VEBIC tutkimusalueesta)

Yleiskuvaus lyhyesti

Laboratoriossa hyödynnetään nykyaikaisia reaaliaikaisimulaattoreita tutkittaessa sähköverkon suojaus- ja automaatiojärjestelmiä sekä kehitettäessä uusia ohjaustekniikoita tehoelektroniikkaan perustuvien laitteille. Laitteistot mahdollistavat myös älykkäiden energijärjestelmien tietoliikenteen ja tietoturvaratkaisujen testaamisen.

Näiden lisäksi laboratoriossa on monipuolinen akkukennojen testauslaitteisto. Akkutesauksen tutkimuskohteita ovat akun/superkondensaattorin ekvivalenttipiirimallien kehittäminen, ikääntymismallien kehittäminen ja akkujen suorituskyky erilaisissa käyttöolosuhteissa (esim. verkko- ja sähköajoneuvosovellukset).

Teknisempi kuvaus

FREESI-laboratorio koostuu useista osakokonaisuuksista:

1) Reaaliaikaisimulaattori

- OPAL-RT OP5600 seuraavilla ohjelmistoilla: RT-LAB, eMEGASim ja ePHASORsim software. Viestintäprotokollat: IEC 61850, DNP3, IEC104, CAN, ModBus, ja C37.118. Analoginen lähtö ja tulo (16 kanavaa). Digitaalinen lähtö ja tulo (32 kanavaa). Aikasykronointikortti (IEC 1588). Omicron-vahvistimet (2 kpl).

2) Tehoelektroniikka ja mikroverkot

- Kaksisuuntaisia DC/DC-muuntimia (2 kpl), kaksisuuntainen DC/AC-muunnin, dSPACE MicroLabBox -ohjausyksikkö, dSPACE DS1104 -ohjausyksikkö. Laajennus käynnissä: kaupallisia muuntimia (Danfoss) ja OPAL-RT reaaliaikainen simulaattori reaaliaikaisen ohjauksen prototyyppien tekemiseen, akku- ja PV-emulaattorit (ohjattavat DC-lähteet).

3) Suojaus, automaatio ja viestintä

- IEC 68150 pohjaiset testiräkit, joissa on useita suojauslaitteita eri valmistajilta (ABB, Arcteq, Siemens, VAMP, Schneider Electric). Ohjauskeskus Schneider Electric PACIS- ja ABB MicroSCADA Pro -järjestelmillä.
- 4) Akkukennojen testaus
- Laitteistot: Neware BTS8000 kennotestauslaitteisto: 4 kanavaa, 5V ja 300A, ohjausasema ja datapalvelin, lämpökammio: -10 °C - +90 °C.
 - Testausmahdollisuudet: kapasiteetin kalibrointi, kennojen syklaus, kiihdytetty ikäännyttäminen, sisäinen tasavirtavastus, hybridipulssitehokarakterisointi, ajosyklin/kuorman emulointi.
- 5) Kyberfyysisen turvallisuuden tutkimusympäristö
- Sähköjärjestelmän ja tietoliikenneverkon reaaliaikainen simulaatio. Laitteisto: OPAL-RT OP5700. Ohjelmisto: OPAL-RT HYPERSIM sähköenergiajärjestelmän simulaattori, SCALABLEn EXata -tietoliikenneverkon emulointialusta.

Sijainti: Vaasa, Vaasan yliopisto, Technobothnia- ja VEBIC-rakennukset.

Omistaja: Vaasan yliopisto

WWW: <https://infrastructure.der-lab.net/vaasa>

<https://www.uwasa.fi/en/research/research-platforms/vebic/vebic-laboratories>

English translation (optional)

FREESI laboratory consists of different parts including various facilities listed below:

- 1) Real time simulator
 - OPAL-RT OP5600 target with RT-LAB, eMEGASim and ePHASORSim software. Communication protocols: IEC 61850, DNP3, IEC104, CAN, ModBus, and C37.118. Analog output and input (16 channels). Digital output and input (32 channels). Time synchronization card (IEC 1588). Omicron amplifiers (2 pcs).
- 2) Power electronics & microgrids
 - Bidirectional DC/DC converters (2 pcs), bidirectional DC/AC converter, dSPACE MicroLabBox control unit, dSPACE DS1104 control unit. Expansions going on: commercial converters (Danfoss) and OPAL-RT real time simulator for real time control prototyping, battery and PV emulators (controllable DC sources).
- 3) Protection, automation & communication
 - IEC 68150 based test racks with several protection IEDs from different vendors (ABB, Arcteq, Siemens, VAMP, Schneider Electric). Control center with Schneider Electric PACIS and ABB MicroSCADA Pro systems.
- 4) Battery cell testing
 - Facilities: Neware BTS8000 cell testing equipment: 4 channels, 5V and 300A, Control station and data server, Thermal chamber: -10 °C to +90 °C.

- Testing capabilities: Capacity calibration, cell cycling, accelerated aging, direct current internal resistance, hybrid pulse power characterization, driving cycle/load emulation.
- 5) Cyber physical security research environment
- Real time co-simulation of power system and communication network. Hardware: OPAL-RT OP5700. Software: OPAL-RT HYPERSIM power system simulator, SCALABLE's EXata communication network emulation platform.

Teknologian tutkimuskeskus VTT tutkimusinfrastruktuurit

VTT Hydrometallurgia

Hydrometallurgian infrastruktuuri sisältää mekaanisen esikäsitteilyn, liuotus-, saostus-, uutto- ja ioninvaihtolaitteistot sekä erotustekniikan laitteet metallien talteenottoon ja vesien puhdistukseen. Infrastruktuuriin kuuluvat laboratoriomittakaavan koelaitteet sekä isomman mittakaavan pilottilaitteet panos- ja jatkuvatoimisiin kokeisiin. Käsiteltävät materiaalivirrat voivat olla kaivosteollisuuden materiaalivirtoja sekä kierrätysmateriaaleja.

Ulkopuolisten toimijoiden infran käyttömahdollisuudet

Avoin: tutkimuspalvelut sopimuksen mukaan

Infran yhteiskäyttöjärjestelyt

Hydrometallurgian pilotti

VTT:n hydrometallurgian pilotti on kokonaisuus, johon kuuluvat erilaiset sarjaan kytkettävät liuotus- ja saostusreaktorit (kukin 5 tai 10 L), 12 kennoa sisältävä uuttolaitteisto, sekoittimet sekä tarpeellinen instrumentaatio (lämpötila, Redox, kaasuvirtaukset, nestevirtaukset, sekoitus, kaasu-neste-kiinteä dispersio analytiikka). Kokonaisuus on modulaarinen ja muunneltavissa eri tarkoituksia varten. Reaktorien lisäksi on mahdollisuus käyttää kolonneja simuloimaan kasaliuotusta. Laitteiston yhteydessä on ICP nopeaan analytiikkaan. Particle track G600L -laite mahdollistaa partikkelien seuraamisen suoraan liuoksesta kiteytyksen ja saostuksen yhteydessä. Lisäksi käytössä on ioninvaihtokolonneja. Kokeellinen pilotointi yhdistetään prosessimallinnukseen, johon VTT:llä on käytössä useita HSC-Sim lisenssejä.

Hydrometallurgian pilottitoiminnot sijaitsevat VTT:n Bioruukki-pilotointikeskuksessa osoitteessa Ruukinmestarintie 2, Espoo. Video laitteistosta löytyy osoitteesta <https://www.vtt-research.com/en/ourservices/hydrometallurgy>

Hydrometallurgian, mekaanisen käsittelyn ja karakterisoinnin laboratorio

Mekaanisen käsittelyn infrastruktuuri sisältää murskaimia yhdistettynä niissä syntyvien kaasujen analysointiin sekä murskauslämpötilan tarkkailuun, seuloja, vaahdotuskennon, magneettierottimen ja pyörrevirtaerottimen. Hydrometallurgian laboratoriossa tehdään laboratoriomittakaavan liuotus-, saostus- ja ioninvaihtokokeita. Infrastruktuuriin kuuluvat myös jätteiden karakterisoinnin laitteet.

Infrastruktuuri sijaitsee: Circular Raw Materials Hubissa osoitteessa Vuorimiehentie 2, Espoo.

Biohydrometallurgia

VTT:llä on molekyylibiologian ja biotekniikan tilat biohydrometallurgian (bioliuotus ja biologinen saostus) tarpeisiin. Infrastruktuuri sisältää tarvittavien reaktorien lisäksi molekyylibiologiaan ja aseptiseen työskentelyyn tarvittavaa laitteistoa, kuten sentrifuugit ja laminaarikaapit, PCR- ja qPCR-laitteiston DNA:n monistamiseen ja mikrobien kvantifioimiseen, Illumina iSeq 100 -sekvensointilaitteen, bioinformatiikan työkalut ja datan laskentaklusteri, ja erilaiset mikroskoopit. VTT:llä on kantakokoelmassa yli 6 000 kantaa (hiivat, sienet ja bakteerit), jotka ovat osa MICCO:a (Finnish Microbial Resource Center Organisation), Euroopan kantakokoelmaa (ECCO) ja kansainvälistä kantakokoelmaa (WFCC).

Infrastruktuuri sijaitsee: Tietotie 2, Espoo.

Erotustekniikka

VTT ratkoo haasteellisia erotustekniikan ongelmia eri teollisuuden aloilla tekemällä niihin teknisesti toimivia konsepteja, jotka täyttävät kestäväen kehityksen periaatteet. VTT:llä on käytössään kattava joukko erotusteknologioita, niihin liittyvää asiantuntemusta, IPR:ää ja erilaisia tutkimusympäristöjä. Konsepteja rakennetaan kiinteään, nesteeseen ja kaasun erotukseen niin, että menetelmillä saadaan pää- ja sivuvirroista talteen haluttuja tuotteita.

VTT:llä on erotustekniikkaan sekä panos- että jatkuvatoimisia tutkimusympäristöjä. Ympäristöt koostuvat tutkimuslaitteista, joita on laboratoriomittakaavasta aina pilot-mittakaavaan asti. Tutkimuslaitteita löytyy neste/kiintoaineen erotukseen, kalvosuodatukseen, adsorptioon, haihdutukseen ja kuivaukseen. Esimerkkeinä voisi mainita sakan erottaminen painesuotimilla ja sentrifugeilla, emäksen/hapon valmistaminen natriumsulfaatista elektrodialyysilaitteistolla (BMED), erilaisten liuosten puhdistaminen ja konsentroida kalvosuodattimilla (MF, UF, NF, RO, FO, MD, MC) ja saatujen jakeiden jatkotuotteistaminen falling film -haihduttimella tai spray-kuivurilla. Nämä tekniikat ovat keskeisiä yksikköprosesseja akkumateriaalien ja käytettyjen akkujen kierrätyksessä ja niihin liittyvien prosessi ja ympäristöratkaisujen tehostamisessa.

Laitteet sijaitsevat pääasiassa kiinteästi Jyväskylässä VTT:n tiloissa ja osa on liikuteltavissa vaikkapa asiakkaan tiloihin. Suurimmassa osassa laitteistoista löytyy instrumentointi online-mittauksiin ja -ohjauksiin.

VTT Akkukennojen ja -materiaalien valmistuksen infrastruktuuri

VTT:n akkukennojen valmistuksen kehitysympäristö tarjoaa mahdollisuuden joustavien elektrodien valmistukseen erilaisia painatus- ja pinnoitusvalmiuksia hyödyntäen. Käytössä on painoteknisiä rulla- ja arkkipinnoitusmenetelmiä sekä ekstruusiopinnoitus. Lisäksi VTT:llä on valmiudet nappi- ja pussikennojen kokoonpanoon sekä niiden sähköiseen ja rakenteelliseen karakterisointiin. Lisäksi tutkimusinfrastruktuuri sisältää mahdollisuuden elektrodimateriaalien valmistukseen erilaisilla korkean lämpötilan prosesseilla.

Akkuhiilien valmistus

VTT:n pilottilaitos Bioruukki tarjoaa mahdollisuuden akkuhiihin tarvittavan elektrodihiihen tutkimukseen ja valmistukseen. Käytössä on laboratoriomittaluokan putkiuuni (Carbolite Gero GHC 12/750), jolla pystytään joustavasti optimoimaan bio- ja aktiivihiilien valmistukseen liittyviä hiiltoparametrejä sekä valmistamaan pienimuotoisesti (grammamittaluokka) bio- ja aktiivihiiliä loppukäyttöttestaukseen. Maksimilämpötila uunilla on 1 200 °C. Lisäksi käytössä on pilot-mittakaavan batch-tyyppinen hidas pyrolyysi ja aktivointiuuni, jolla voidaan bio- ja aktiivihiilien tuotantoa skaalata kilogrammamittaluokkaan, maksimilämpötila 900 °C. Kummallakin uunilla voidaan valmistaa niin kemiallisesti kuin fysikaalisesti aktivoituja hiiliä, mahdolliset käytettävät kaasut pitävät sisällään typen, hiilidioksidin ja vesihöyryn. Uuneja voidaan käyttää niin sopimustutkimuksissa sekä yhteisrahoitteisten projektien tarpeisiin.

Powder Piloting

VTT Powder Piloting kehitysympäristö tarjoaa moninaiset mahdollisuudet jauhemaisien materiaalien syntetisointiin, modifiointiin ja karakterisointiin alkaen pienen mittakaavan kokeista aina pilot-mittakaavan testeihin. Jauheiden syntetisoinnille on olemassa useita rinnakkaisia menetelmiä, kuten kemialliset synteetit, erilaisiin sekoittimiin perustuvat menetelmät sekä jauheiden muodon antoon spray-kuivaus ja plasmapallotus. Jauhemaisille raaka-aineille voidaan myös tehdä joustavasti erilaisia modifiointikäsittelyjä lähtien esimerkkinä kemialliset pintakäsittelyt sekä lämpökäsittelyt erilaisissa kaasuatmosfääreissä aina 2 000 °C lämpötilaan asti. Tutkimusympäristön laitekanta mahdollistaa näytemateriaalien käsittelemisen osin myös inertissä atmosfäärissä, mahdollistaen näin myös reaktiivisten materiaalien käsittelyn. Laboratorio on varusteltu myös jauhemaisien materiaalien karakterisointiin tarvittavilla analyysilaitteilla. www.vtt.fi/powder

Akkuelektrodien valmistus

Painetun älyn "Printocent" pilottitehdas tarjoaa ainutlaatuisen rullalta rullalle (R2R) pilottivalmistusympäristön elektrodien valmistukseen. Tämä pilottitehdas on ns. "open access"

tutkimusympäristö ja se on osa VTT:n käynnistämää PrintoCent-ekosysteemiä ja VTT:n Painetun älyn (Printed Intelligence) -tutkimuskontekstia. Tutkimusympäristössä yhdistyy ainutlaatuisesti yli 100 moniteknologisen asiantuntijan osaaminen ja maailmanluokan paljattu pilottitehdas. Printocent pilottitehtaan kautta painetun älyn tutkimustulosten nopea implementointi teolliseen käyttöön mahdollistuu, samanaikaisesti teollinen valmistettavuus voidaan näyttää toteen. Infrastruktuuri tarjoaa yrityksille myös mahdollisuuden kehittää ja kokeilla ketterästi tuoteprototyyppejä. Esim. Printocent pilottitehtaan toiminnassa on mukana lähes 100 yritystä 4 eri mantereelta vuosittain sopimustutkimuksessa ja tuotekehityksessä ja yli 200 yritystä yhteisrahoitteisissa projekteissa.

Koemittakaavan valmistuslinjat sijaitsevat VTT:llä Oulussa ja ekstruusiopinnoituksen osalta VTT:llä Tampereella.

Akkukennojen kasaaminen

VTT:n kehitysympäristössä on mahdollisuus nappi- ja pussikennojen kasaamiseen argon-ilmakehässä (kuva 3), sijainti Tietotie 3 Espoo. CR20XX-nappikennoja voidaan kasata puolikennoina (metallinen litium vastaelektrodina) tai täyskennoina. Pussikennot voidaan toteuttaa kahtena eri variaationa: pienikokoinen kenno, jossa on 3,7 cm² arkkia kohden ja enintään 5 kaksipuoleisesti päällystettyä katodia (yhteensä 37 cm²) ja suurempi kenno, 28 cm² per arkki, jossa enintään 9 kaksipuoleisesti päällystettyä katodia (yhteensä 500 cm²). Molempiin vaihtoehtoihin on valmiina tarvittavat leikkausterät ja muovatut kotelot. Kolmielektrodikennoja (litium referenssielektrodilla) voidaan koota ja analysoida lämpötila-alueella -20–150 °C.

Akkujen karakterisointi

Akkukerrostojen rakenteelliseen karakterisointiin on saatavilla useita menetelmiä kuten optinen ja elektronimikroskopia (SmartScope, SEM, TEM ja konfokaalinen mikroskopia) ja pinta-analyysi (kerroksen paksuus, pinnan karheus, adheesio, kontaktikulma).

Ympäristö sisältää myös mahdollisuuden sähköiseen ja sähkökemialliseen karakterisointiin (esim. pintaresistanssi, syklinen voltammetria (CV), sähkökemiallinen impedanssispektroskopia (EIS), galvanostaattinen syklaus ja musteiden reologinen analyysi).

Laboratoriomittakaavaisen sähkökemiallisen karakterisoinnin (Tietotie 3, Espoo) kapasiteettia päivitetään parhaillaan ja se tullaan nostamaan 8 kanavasta yhteensä 40 kanavaan Q1/2022 mennessä. Laajennuskanavissa on monivirta-alueominaisuus (10 µA–1 A), mikä mahdollistaa erityisen tarkan lataus/purku nopeusanalyysin. Tämä karakterisointilaitte on suunniteltu nappikennojen ja pienten pussikennojen analysointiin. Suurempien kennojen ja akkukennostojen analysointiin on saatavilla 116 kanavan syklauskapasiteetti monivirta-alueominaisuudella (Tietotie 4, Espoo). Molemmissa laboratorioissa potentiostaatit mahdollistavat esimerkiksi korkean tarkkuuden CV- ja EIS-kokeet.

VTT IntelligentEnergy testbed

Yleiskuvaus lyhyesti

VTT:n IntelligentEnergy-laboratorio on tutkimusympäristö, joka tarjoaa testausmahdollisuuksia hajautetun tuotannon järjestelmien ja tuotteiden kehitykseen, käyttöhyväksyntään ja yleiseen testaukseen. Testialusta on joustava ja voidaan muovata eri tarkoituksiin. Yhteydet asiakastason älykkääseen sähköverkkoon, kommunikaatiotestiverkkoihin ja akkustestaukseen mahdollistavat monia eri testausmahdollisuuksia liittyen esimerkiksi mikroverkkoihin, kuormanhallintaan, energiavarastoihin sekä uusien ohjausjärjestelmien ja käyttöliittymien kehitykseen.

Teknisempi kuvaus

- 400 V / 50 Hz sähköverkko yhdistettynä 20 kV jakeluverkkoon, saarekeoperointi mahdollinen
- Verkkoemulaattori, AC/DC, 400 V, 30 kVA
- Sähkökuorma, AC/DC, 400 V, 30 kVA
- Joustava verkko mahdollistaa nopean ja helpon erilaisten laitteistojen verkkoasetusten toteuttamisen
- Turvallinen ympäristö verkon erilaisten toimintahäiriöiden ja vikojen havaitsemiseen
- Saatavilla laaja valikoima suojaustoimintoja
- Testattavien laitteiden nopea ja helppo integrointi ohjausjärjestelmään
- Virranlaatuanalyysi useissa mittauspisteissä
- Integroitu DC-verkkoliitäntä saarekemoodilla
- Reaaliaikainen simulaattori RTDS PHIL- ja CHIL-kokeille vahvistimilla reletestausta varten
- ABB SSC600 keskitetty suojaus älykkäille sähköasemille IEC 61850 -pohjaiseen suoja- ja ohjauskehitykseen GOOSE- ja SMV-pohjaisilla mittauksilla ja ohjauksilla
- Yhteys 5G-testiverkkoihin erilaisiin testaustarkoituksiin, mukaan lukien heikkolaatuisten langattomien verkkojen vaikutus (latenssi ja luotettavuus) sähköjärjestelmien suojaukseen ja ohjaukseen
- Virtuaalinen yhteys VTT Smart Grid -laboratorioon Oulussa joustavuustestausta varten
- Aikasynkronointiyhteys MIKES-atomikelloihin kuituliitännällä

IEC61850 -testaus: Laboratorio on varustettu 14 ABB:n suojaareleella, sisältäen sähköaseman automaatioyksikön koordinoitulle suojaukselle (ABB SSC600) sekä automaation ohjausyksikön (ABB COM600). Näihin laitteisiin on liitetty RTDS -reaaliaikasimulaattori sekä jännite- ja virtavahvistimet testausta varten. Tällä yhdistelmällä voidaan toteuttaa testausta IEC61850-pohjautuvaan suojaukseen ja ohjaukseen, mukaan lukien GOOSE-viestintä.

Testiympäristössä on myös GPS- ja valokuituyhteydet MIKESin atomikelloon mahdollistaen aikasykronoinnin.

Kommunikaatiotestaus: Testiympäristö on kehitetty mahdollistamaan 5G-kommunikaation testausta voimajärjestelmien käyttöön. Testiympäristö on osa Suomen 5G-testiverkkoa ja yksi ensimmäisistä 5G-piloteista. VTT on läheisesti mukana 5G-kehityksessä ja IntelligentEnergy-testiympäristö on integroitu 5G-testiverkkoon.

Sijainti: Tietotie 4C, Otaniemi, Espoo

Omistaja: VTT

WWW: <https://cris.vtt.fi/en/equipments/intelligentenergy-testbed>

VTT Sähköisten voimalinjojen ja energiavarastojen tutkimusinfrastruktuuri

Yleiskuvaus kokonaisuudesta

VTT:n sähköisten voimalinjojen ja energiavarastojen tutkimusinfrastruktuuri tarjoaa mahdollisuuden sähköisten voimalinjojen ja akkujärjestelmien testaus- ja kehitystyöhön sekä sähköajoneuvojärjestelmien suunnitteluun. Käytössä on dynamometrejä moottoreiden ja ajoneuvojen testaamiseen, akkutestausrakenteita kenno-, moduuli- ja pakettitasolla, sähköajoneuvojen latauslaitteita, tietovarantoja sekä VTT Smart eFleet -laskentatyökaluja sähköajoneuvojärjestelmien mallinnukseen ja suunnitteluun.

Ulkopuolisten toimijoiden infran käyttömahdollisuudet

Sopimuksen mukaan.

Infran yhteiskäyttäjärjestelyt

Yhteiskäyttö mahdollista mm. yhteisten tutkimusprojektien kautta.

Akkutestauslaboratorio

Yleiskuvaus lyhyesti

VTT:n akkutestauslaboratoriossa voidaan testata akkukennojen, -moduulien ja -pakettien sähköistä suorituskykyä ja lämmönhallintaa sekä tehdä pitkäkestoista elinikätestausta erilaisilla kuormitusprofiileilla yksinkertaisemmista lataus-purkusykleistä aina sovelluksen todellisen käyttöprofiilin mukaan ohjelmoituun testisykliin. Akkujen suorituskykyä ja elinikää eri lämpötiloissa voidaan testata hyödyntäen olosuhdetestauskaappeja (akkukennot ja -moduulit) tai olosuhdetestauskonttia (akkupaketit). Akkutestauslaboratorion laitteistoja voidaan käyttää myös esimerkiksi sähköisten akkumallien tai akkujen lämpömallien parametrisointiin.

Teknisempi kuvaus

VTT:n akkutestauslaboratoriossa on kaksi kennotesteriä (yhteensä 104 kanavaa / 50 A

/ 5 V), liikuteltava kennotesteri (250 A, 3 kanavaa, EIS-mittaus kullekin kanavalle), moduulitesteri (50 A / 100 V, 12 kanavaa), kaksi pakettitesteriä (600 A / 1000 V / 320 kW ja 240 A / 1500 V / 108 kW), kaksi olosuhdetestauskaappia (kennoille ja moduuleille), olosuhdetestauskontti (akkupaketille) ja kaksi pientä lämpökaappia (kennoille). Laboratoriossa on myös potentiostaatti, jolla voidaan tehdä korkean tarkkuuden sähkökemiallisia impedanssispektroskopiamittauksia (EIS). Akkutestereiden testausprofiilit voidaan ohjelmoida vastaamaan akun kuormitusprofiilia sovelluksessa, jolloin voidaan testata akun suorituskykyä todellista käyttöä vastaavissa olosuhteissa. Akkujen suorituskykytestien tuloksia voidaan verrata VTT:llä testattujen kaupallisten akkukennojen testituloksista koottuun akkutietokantaan. Akkujen elinikätesteissä on mahdollista seurata akun kapasiteetin laskua ja impedanssin kasvua ikääntymisen seurauksena, ja ikääntymisen aiheuttamia muutoksia voidaan todentaa myös VTT:llä suoritettavilla akkukennojen post mortem -analyysillä.

Sijainti: VTT:n akkutestauslaboratorio sijaitsee osoitteessa Tietotie 4 E, 02150 Espoo.

Ajoneuvo- ja voimalinjatutkimus

Yleiskuvaus lyhyesti

Ajoneuvo- ja voimalinjatutkimuksen infrastruktuuri VTT:llä koostuu kahdesta eri kokoluokan alustadynamometristä, kahdesta eri kokoluokan sähköisestä moottoripenkistä (eDyno) sekä kolmesta sähköajoneuvosta.

Alustadynamometreistä toinen on suunniteltu kevyille, toinen raskaille ajoneuvotyypeille. Kevyt alustadynamometrijärjestelmä soveltuu ensisijaisesti M1 ja N1 -luokkien (henkilöautot ja pakettiautot) sekä niitä kevyempien ajoneuvojen ominaisuuksien testaamiseen, kun taas raskas alustadynamometrijärjestelmä on suunniteltu M2 ja N2 -luokkien (linja-autot ja kuorma-autot) sekä niitä raskaampien ajoneuvojen mittaamiseen. Ajoneuvo- ja voimalinjatutkimuksen infrastruktuuri mahdollistaa monipuolisesti eri tutkimusaiheita, muun muassa olotilavakioituja suorituskykymittauksia, vertailevia analyysijä sekä ajoneuvojen komponenttitason tarkasteluita (esim. ajoakun elintilamääritykset).

Sähköisiä moottoripenkkejä on kaksi erilaista: 186 kW kuormalla varustettu eDyno, sekä pieni 11 kW kuormalla varustettu kevyt eDyno (Light eDyno). Molemmat moottoripenkit on tarkoitettu nopeaan tuotekehitykseen ja säätöjärjestelmien kehitykseen. eDynoon voidaan liittää sähkömoottoreiden lisäksi myös polttomoottoreita.

VTT:llä on kolme erityyppistä sähköajoneuvoa, jotka toimivat pääasiassa ajoneuvoihin liittyvien tutkimuksien testialustoina. Sähköajoneuvoihin kuuluu M3-luokan kaupunkibussi, M1-luokan henkilöauto sekä MTK-luokan kauhakuormaaja. Näillä testialustoilla pystytään testaamaan ajoneuvojen komponentteja ja järjestelmiä todellisissa toimintaympäristöissä.

Testialustoja on hyödynnetty esimerkiksi latauksen diagnostiikassa, robottiajamisen alustana ja voimalinjan komponenttien testaamisessa tieolosuhteissa.

Teknisempi kuvaus

Alustadynamometrijärjestelmät

VTT:n ajoneuvotutkimuksen alustadynamometrilaboratoriot sisältävät seuraavat mittalaitteet: kevyt ja raskas alustadynamometri, vakiotilavuuskeräimet, pakokaasuanalysaattorikokonaisuudet, ajoviimalaitteistot, renkaiden ja painejärjestelmän ilmanpainemittarit, hiukkaskeräinlaitteistot, ilmanpaine-, kosteus- ja lämpötilamittarit, mikrovaat sekä sähkötehoanalysaattori. Tämän lisäksi kevyt alustadynamometrilaboratorio on varustettu höyrystimin, joiden avulla huoneen lämpötila voidaan laskea -20 °C:een.

Alustadynamometreillä pystytään simuloimaan ajoneuvon massaa (inertia) sekä ajovastuksia, joita ajoneuvoihin kohdistuu tiellä ajettaessa. Ajoneuvojen omamassan lisäksi kuorman vaikutus voidaan huomioida vastusmallinnuksessa, sillä massalla on suuri vaikutus energiankulutukseen ajosykleissä, joissa nopeus on vaihtelevaa.

Molemmissa alustadynamometreissä on rulla, jota kuormitetaan sähköisen inertiasimuloinnin avulla. Kevyessä alustadynamometrissä rullan halkaisija on 1,0 metriä, raskaassa 2,5 metriä. Kevyellä alustadynamometrijärjestelmällä pystytään simuloimaan ajoneuvoja 450 kg:sta 2 750 kg:aan asti ja suurin jatkuva pyöräteho dynamometrille on 100 kW. Raskaalla järjestelmällä pystytään simuloimaan ajoneuvoja 2 500 kg:sta 60 000 kg:aan asti, suurin jatkuva pyöräteho dynamometrille on 300 kW, lyhytaikainen huipputeho on 360 kW.

VTT käyttää ajovastusmalleja, jotka perustuvat ajoneuvojen rullausmittauksiin maantiellä. Maantiellä suoritettujen mittausten perusteella olemme määrittäneet ajoneuvoille kokonaisajovastusarvot F0, F1 ja F2. Näistä arvoista F0 on staattinen arvo Newtonina ja arvot F1 ja F2 on vastusvoimakertoimia ajonopeuden suhteen. Ajoneuvon vastuksista (F_{kok}) aiheutuva voima lasketaan seuraavalla kaavalla:

$$F_{\text{kok}} = F_0 + F_1 \times \text{nopeus} + F_2 \times \text{nopeus}^2$$

Alustadynamometrin asetuksien (F0, F1, F2) määrittämiseksi suoritetaan alustadynamometrillä vetävän akselin vierimisvastusmittaus. Tämän vastusmittauksen tulos vähennetään ajoneuvon kokonaisajovastuksista. Mittaukset suoritetaan VTT:n omilla mittarenkailla, joilla pystytään minimoimaan renkaista aiheutuvat eroavaisuudet lopputuloksissa.

Moottoripenkit

VTT:llä on kaksi moottoripenkkiä: 186 kW kuormalla varustettu eDyno, sekä pieni 11 kW kuormalla varustettu kevyt eDyno (Light eDyno). Molemmat moottoripenkit ovat

monipuolisia testilaitteita, ja ne on instrumentoitu NI:n cRIO-kontrollerilla sekä käyttäjän konfiguroitavissa olevalla Labview-ohjelmistolla.

eDyno on erityisesti tarkoitettu HIL-testaukseen (hardware-in-the-loop). Sen suurin vääntömomentti on 933 Nm, ja suurin pyörimisnopeus 3 800 1/min. Se on modulaarinen ja kompakti, ja tarvittaessa se on mahdollista siirtää myös asiakkaan luona tehtäviä testauksia varten. eDyno sijaitsee VTT:llä moottorilaboratoriossa, ja siihen voidaan liittää testattavaksi myös polttomoottoreita.

Kevyt eDyno on tarkoitettu lähinnä kevyiden sähköisten voimalinjojen ja niiden komponenttien tutkimukseen, testaukseen ja kehitykseen. Kevyen eDynon suurin vääntömomentti on noin 35 Nm, ja suurin pyörimisnopeus 2 900 1/min.

Sähköajoneuvot testialustoina

M3-luokan sähköbussi toimii raskaan kaluston komponenttien ja järjestelmien testialustana. Ajoneuvo on sähkökäyttöinen matalalattiakaupunkibussi Linkker 13LE. Bussi on varusteltu CCS-standardin mukaisella kattoon asennetulla pantografilla (Schunk) ja 55 kWh LTO-akustolla, mikä mahdollistaa ajoneuvon lataamisen 300 kW teholla. Ajoneuvo on 13-metriä pitkä, sen omamassa on 10-tonnia ja moottorin nettoteho 208 kW. Bussissa on yhteensä 77 matkustajapaikkaa, joista istumapaikkoja 44.

M1-luokan sähköauto toimii henkilöautojen komponenttien ja järjestelmien testialustana. Ajoneuvo on Volkswagen e-Golf, ja tunnetaan myös nimellä eLvira. Auto on varustettu vuoden 2019 alussa ajamaan sekä etäohjatusti että automaattisesti. Autoon on asennettu anturointi ja älykkyyssiten, että sitä voidaan käyttää sähköisen latauksen ja etäoperoinnin testaamiseen toimeksiannoissa. Lisäksi ajoneuvoa käytetään etäohjauksen ja tekoälyn rakentamisessa.

MTK -luokan sähköajoneuvo on Avant e6 -kauhakuormaaja. Täyssähköisen kuormaajan ajoakkuna toimii 13,8 kWh/288 Ah litium-ioniakku, jota voidaan ladata pikalaturilla. Valmistajan mukaan latausaika 20 %–100 % lataussyklissä on noin tunti. Voimansiirto on hydraattinen niin ajolaitteille kuin työlaitteelle, jonka nostokyky on 900 kg ja nostokorkeus 2,8 m. Ajoneuvo on 2,57 metriä pitkä, 1,13 metriä leveä, painaa 1 400 kg ja sen ajonopeus on rajoitettu nopeuteen 10 km/h. Avant-kauhakuormaajan käyttö VTT:llä keskittyy aluksi ihmisen ja sähköisen automaattityökoneen rajapinnan tutkimiseen.

Sijainti: Alustadynamometrit, eDyno ja M3-luokan sähköbussi sijaitsevat osoitteessa Tietotie 4 C, 02150 Espoo.

Kevyt eDyno sijaitsee osoitteessa Tietotie 4 E, 02150 Espoo.

M1-luokan henkilöauton sekä MTK kauhakuormaajan sijainti on Niittyhaankatu 8, 33720 Tampere.

Latausratkaisut

Yleiskuvaus lyhyesti

Sähköajoneuvojen latausratkaisujen infrastruktuuri VTT:llä sisältää kiinteitä ja liikuteltavia DC-pikalatauspisteitä. Kiinteä Pantograph-latauspiste on VTT:n bussihallissa. Bussihallissa on myös siirrettävä Kempower-pikalaturi, jota voidaan siirtää eri toimipisteisiin tai tarvittaessa kentälle ja asiakkaan luokse. Kiinteä DC-pikalatausasema valmistuu talven 2022 aikana VTT:n Futurehubin testilatauskentälle (test bed). Kyseisellä testilatauskentällä on myös muita valmiiksi sähköistettyjä paikkoja erilaisiin living lab-tyyppisiin latauskokeiluihin.

Lisäksi latausratkaisuihin kuuluu Keysight-latausanalysointilaite, jolla voidaan monitoroida CCS-pikalatauksen kulkua ja lataustapahtumia.

Teknisempi kuvaus

Kiinteä Pantograph-latauskupu on VTT:n bussihallissa, ja se voidaan kytkeä mihin tahansa CCS-liitäntäiseen latausasemaan. Tällä hetkellä se on kytkettynä Kempowerin siirrettävään 40 kW latausasemaan ja lisäksi myös Keysight-analysointilaite on kytkettävissä latausketjuun.

Kiinteä Kempowerin DC-pikalatausasema on kokonaisteholtaan 100 kW, ja siinä on kaksi latauspistettä. Latausasema on täysin konfiguroitavissa, ja sillä voidaan tehdä erilaisia latauskokeiluja, sekä kerätä dataa lataustapahtumista.

Yhdessä eri latausasemat muodostavat VTT:n yhteentoimivuuslaboratorion (Interoperability Laboratory). Niiden avulla testaamme ja kehitämme sähköajoneuvojen latausjärjestelmien yhteensopivuutta ja yhteentoimivuutta.

Sijainti: Pantograph-lataus, Keysight CCS-analysointilaite sekä siirrettävä Kempowerin 40 kW DC-pikalatausasema sijaitsevat osoitteessa Tietotie 4 C, 02150 Espoo.

Kiinteä Kempowerin 100 kW DC-pikalatausasema on osoitteessa Tekniikantie 21, 02150 Espoo, VTT:n Futurehubin testilatauskentällä.

VTT Smart eFleet

Yleiskuvaus lyhyesti

VTT Smart eFleet on VTT:n kehittämä digitaalinen simulaatiotyökalu, jolla pystytään mallintamaan kokonaisten ajoneuvojärjestelmien toimintaa. Mallinnettaviin ajoneuvojärjestelmiin kuuluu ensisijaisesti tarkastelussa olevat ajoneuvot, latausjärjestelmät ja muu toiminnan kannalta olennainen infrastruktuuri sekä toimintaympäristö sisältäen mallinnuksia muun muassa liikenteestä, ulkolämpötiloista, vuodenaajoista ja reitin ominaisuuksista. Lopputuloksena on tarkka ja täysin muokattavissa oleva malli ajoneuvojärjestelmästä, jonka avulla voidaan selvittää järjestelmän toimintaa kuvaavia tunnuslukuja kuten

kokonaiskustannuksia ja toimintavarmuutta sekä optimoida niitä järjestelmän suunnitteluparametrejä muokkaamalla.

Tämän lisäksi VTT Smart eFleetilla voidaan rakentaa todellisten ajoneuvojärjestelmien rinnalla toimivia digitaalisia kaksosia, jotka edesauttavat toiminnan reaaliaikaista ohjausta ja optimointia sekä mahdollistavat erinäisten tukipalveluiden käytön. VTT Smart eFleetin digitaalisen kaksosen avulla voidaan esimerkiksi ennakoida poikkeustilanteiden vaikutuksia toimintaan ja selvittää etukäteen toimintastrategioita haitallisten vaikutusten minimoimista varten.

Teknisempi kuvaus

VTT Smart eFleet hyödyntää monia eri lähteitä mallien rakentamisessa. Simuloinnissa käytetään simulaatiosovelluksen omaa toimintaympäristömallia, jossa reitit voidaan muodostaa esimerkiksi mitatuista GPS-reiteistä tai yksittäisistä karttakoordinaateista, valmiiden digitaalisten kartta-aineistojen perusteella (OpenStreetMap) tai karttapohjaisista aineistoista riippumattomista vektorisarjoista tai nopeusohjeista. Näin reitit voidaan muodostaa olemassa olevien tai kokonaan hypoteettisten järjestelmien ja datan pohjalta. Reittimalleja ja toimintaympäristöä voidaan täydentää automaattisesti eri tietopalveluiden ohjelmointirajapintojen avulla muun muassa reittisuuksien liikennevirtojen, korkeuspisteiden, latauspisteiden, liikennevalojen ja ulkolämpötilojen osalta, mikä mahdollistaa laajojenkin alueiden mallintamisen kustannustehokkaasti. Luonnollisesti kaikki toimintaympäristön ominaisuudet ovat myös käsin määriteltävissä.

VTT Smart eFleet:n ajoneuvojen voimalinjojen mallinnus perustuu alalla vakiintuneisiin menetelmiin, minkä lisäksi VTT Smart eFleet:n sähköisten voimalinjojen mallinnus on validoitu erikseen vertaisarvioituissa julkaisuissa. VTT on laajentanut mallinnettavien voimalinjatyyppien tarjontaa, akkusähköajoneuvojen lisäksi VTT Smart eFleet:lla voidaan simuloida polttomoottorista tai vetypolttokennosta ajoenergiansa saavia ajoneuvoja. VTT:llä on erityyppisille ajoneuvoille pohjamallikirjasto, joka sisältää valmiita ajoneuvotyyppisiä kevyistä nelipyöristä raskaisiin ajoneuvoyhdistelmiin. Uusia ajoneuvomalleja rakennetaan asiakkaiden ja hankkeiden tarpeiden mukaisesti.

Sijainti: VTT:n tietojärjestelmät

VTT MIKES metrologia

Yleiskuvaus lyhyesti

VTT MIKES pitää huolta mittayksiköiden toteuttamisesta ja mittaustulosten luotettavuudesta. Se tarjoaa huippuluokan mittausnovaatioita, osaamista ja työkaluja mittausten laadun osoittamiseen sekä maailmanlaajuisesti tunnustettuja mittauksia ja kalibrointeja. VTT MIKESin kalibrointi- ja mittauspalvelut täyttävät testaus- ja kalibrointilaboratorioiden pätevyysvaatimuksia kuvaavan standardin ISO/IEC 17025 vaatimukset. VTT MIKES täyttää

myös laadunhallintajärjestelmiä käsittelevän standardin ISO 9001 vaatimukset ja on sertifioitu sen mukaan.

Teknisempi kuvaus

VTT MIKESissä voidaan kalibroida akkuinfraan liittyvät mittaus- ja testauslaitteistot. Tulokset ovat jäljitettäviä SI-yksiköihin ja suurelta osin hyväksytyjä MRA-sopimuksen mukaisesti muissa sopimuksen allekirjoittaneissa maissa. Kalibroimme DC-teholähteet ja -kuormat sekä virta- ja jänniteanturit. Pystymme tuottamaan DC-virtaa 900 A saakka ja kuormittamaan 240 V teholähteitä 150 A virralla, siten että kokonaisteho on korkeintaan 2 kW. DC-virta-antureiden kalibrointeja varten VTT MIKESissä on kyky tehdä jäljitettäviä mittauksia 3kA asti käyttämällä referenssianturina nollavuomuunninta ja riittävää määrää virtakierroksia. DC-jänniteantureiden kalibrointialue ylittää useisiin kilovoltteihin. Teemme myös impedanssianalysaattorien kalibrointeja pienilläkin taajuuksilla ja milliohmien suuruusluokassa. Impedanssianalysaattoreista pystymme mittaamaan niin magnitudin kuin vaiheenkin virheen.

Sijainti: Tekniikantie 1, 02150 Espoo

Omistaja: VTT

WWW: www.vtt.fi; <https://www.vttresearch.com/fi/palvelut/akkuteknologiat>;

<https://www.vttresearch.com/fi/palvelut/sahkoajoneuvot-ja-sahkoajoneuvojarjestelmat>

VTT properTune akkujen ja materiaalien mallinnuksen ja suunnittelun infrastruktuuri

VTT:n akkuihin ja materiaaleihin, erityisesti materiaaliperspektiivistä, keskittyvä laskennallinen infrastruktuuri on koottu VTT properTune tuoteympäristön alle. Kokonaisuus on esitetty alla kuvassa 1. properTune kokonaisuus mahdollistaa suunnitteluun, operointiin, eliniän hallintaan ja optimointiin liittyvien laskennallisten mallinnuspohjaisien ratkaisujen nopean kehityksen tyypillisesti seuraaviin ongelmatyyppeihin:

- Uusien materiaalien, kuten akkujen tapauksessa elektrodien ja elektrolyyttien kehitys, tai vaikkapa rajapintafaasien optimointi.
- Valmistusmenetelmien simulointi ja ko. prosessikehitys.
- Suorituskykypohjaiset tarkastelut, kuten eliniän hallinnan ja optimoinnin ratkaisut.
- Tekoälyn, digitaalisten kaksosten ja datanhallinnan ja hyödyntämisen menetelmät. Mm. AI pohjaiset suunnittelumenetelmät, hybridimenetelmät käytön optimointiin ja hallintaan, käytönaikaisen datan reaaliaikainen hyödyntäminen ja yhdistäminen mallidataan.

Yo. lisäksi VTT properTune soveltuu laaja-alaisesti erilaisten materiaalikeskeisten ongelmien ja suunnittelutehtävien ratkaisuun. VTT properTune infrastruktuuria hyödyntää tällä hetkellä kymmeniä kansainvälisiä ja kotimaisia yrityksiä.

Materiaalisuunnittelu

Laaja-alaisin ongelmakenttä VTT properTune:lle on uusien materiaalien tai materiaaliratkaisujen kehitys ja sovellusoptimointi. Tämä voi sisältää hyvinkin perustavaalaatuisia tehtäviä, kuten mallipohjaisen akkukeminoiden, elektrodimateriaalien ja elektrolyyttien kehityksen jossa mallipohjaisuutta ja simulointia käytetään erityisesti kehitysprosessin nopeutukseen ja siihen liittyvien kehityskustannusten alentamiseen. Tällöin hyödynnetään erilaisia fysiikka-pohjaisia lähestymistapoja, kuten mm termodynaamis-kineettistä, atomistista tai mikrorakennelaskentaa ja simulointia. Tieto, tiedonhallinta ja hyödyntämismekanismit liittyvät tiiviisti tekoälyn hyödyntämiseen ovat tyypillisesti keskeisessä osassa.

Akkusovelluksien kehitys ja optimointi

Mallinnuksen ja simuloinnin lähestymistavoilla voidaan tarkastella useita akkujen käytön kannalta kriittisiä metriikoita, kuten esimerkiksi ikääntymistä ja lataussykliä vaikutusta. Tällöin voidaan tähdätä joko akku-sovelluskehitykseen ja suorituskyvyn parantamiseen, tai mm. parempaan eliniän hallintaan paremmin ennustuskykyisten menetelmien kautta. Tyypillisesti ratkaisut ovat ns. "monitasoisia", eli materiaalikeskeisiä ratkaisuja yhdistetään kenno- ja akkutasojen malleihin kokonaisuutta ajatellen. Vastaavasti voidaan tarkastella esimerkiksi valmistuksen ja suorituskyvyn välisiä korrelaatioita ja pyrkiä laaja-alaiseen sovellusoptimointiin.

Tekoäly, tiedonhallinta ja digitaaliset kaksoiset

Tietoon, tiedonhallintaan ja tekoälyyn liittyvät sovellukset ovat luonnollinen osa VTT properTune lähestymistapaa. Usein tällöin tekoälyn hyödyntäminen liittyy yo. tehtäviin, eli tekoälyllä haetaan esimerkiksi suunnittelumenetelmien nopeutusta, parempia menetelmiä vuorovaikuttamaan tarvittaessa reaaliaikaisesti käytön kanssa tai esimerkiksi laajojen tietomassojen analytiikkaa ja eri tiedonlähteiden yhdistämistä. Tekoälyaihepiiriin liittyy myös laajempien prosessien mallinnus ja ohjaus sekä optimointiratkaisujen luominen jotka vaikuttavat reaaliaikaisesti tuotteiden ja prosessien kanssa tarjoten ohjaus- ja optimointityökaluja.

Omistaja: VTT

WWW: www.vttresearch.com/propertune

X-Ray Mineral Services Finland

Yleiskuvaus kokonaisuudesta

X-Ray Mineral Services Finland (XMS Finland) on osa Hafren Scientific Groupia, joka toimii maailmanlaajuisesti. XMS Finlandin Espoon toimisto on perustettu 2020 ja se tuottaa analyysi- ja asiantuntijapalveluita akkuarvoketjun ja muiden sektorien tarpeisiin. Yrityksellä on monipuolinen tutkimusinfrastruktuuri, jolla voidaan tutkia erilaisten liuosten, mineraalien

ja materiaalien kemiallista, mineralogista ja teksturaalista koostumusta. Analyysimenetelmät kattavat sekä laboratoriomenetelmät, että kannettavat ja käsikäyttöiset laitteet. Tämänhetkinen analyysilaboratorioinfrastruktuuri on Iso-Britanniassa ja tavoitteena on myöhemmin perustaa uusi laboratorio Suomeen. Pelkän raakadatan tuottamisen lisäksi XMS Finland tarjoaa myös tulosten tulkintaa ja raportointia sekä konsultointia. Asiakasryhmät sisältävät esimerkiksi malminetsintäyhtiöt, kaivannais- ja jatkojalostusteollisuuden, kierrätysalan yritykset, yliopistot ja tutkimuslaitokset.

Ulkopuolisten toimijoiden infran käyttömahdollisuudet

XMS Finland tarjoaa analyysi- ja asiantuntijapalveluita. Tutkimusinfrastruktuuri on käytävissä asiakkaiden toimeksiannossa sekä yhteistyöhankkeissa.

Teknisempi kuvaus

Yhdistelemällä erilaisia analyysimenetelmiä XMS Finland voi tuottaa kattavaa materiaalien ja mineraalien karakterisointia. Tutkimusinfrastruktuurilla voidaan karakterisoida sekä laboratoriossa, että asiakkaan luona, erilaisia mineraaleja ja materiaaleja akkujen raaka-aineista prekursoreihin, valmiisiin tuotteisiin, tuotannon jätevirtoihin sekä kierrätettäviin materiaaleihin. Tyypillisiä tutkittavia materiaaleja ovat mm. malmit, konsentraatit, metallurgiset näytteet, kuona, rikastushiekka, kierrätysjakeet ja valmiit akkumateriaalit, esim. pinnoitetut elektrodit.

Tutkimusinfrastruktuuriin sisältyy laboratoriotilat Britanniassa, sekä laitteistokantaa täydentäviä sisarlaboratorioita Britanniassa, Yhdysvalloissa ja Kanadassa. Yrityksellä on myös useita erilaisia kannettavia ja käsikäyttöisiä analyysilaitteita, joita voidaan hyödyntää kentällä, esimerkiksi malminetsinnässä, kaivoksilla ja kierrätyslaitoksilla.

Erilaisilla laboratoriomenetelmillä voidaan analysoida tuhansia näytteitä vuosittain, ja käsikäyttöisillä laitteilla jopa kymmeniä tuhansia näytteitä vuosittain. Laittekanta sisältää mm. seuraavat menetelmät: ICP-OES, ICP-MS, LA-ICP-MS, TESCANA-TIMA, AMICS, QXRD, XRF, Raman, FTIR, LIBS, TOC, SEM-EDS, jne. Erilaiset näytteiden esikäsittelyt kuuluvat olennaisena osana laboratorioiden rutiinityöhön. Tulosten tulkintaa ja analytiikkaa tehdään erilaisilla datan käsittelyohjelmistoilla esimerkiksi datan visualisoimiseksi ja raportoinnin työkaluna.

Yrityksellä on monipuolista kokemusta esimerkiksi grafiitin, fosfaatin, litiumin, harvinaisten maametallien, kobolttin, kullin, nikkelin sekä akkuraaka-aineiden, kierrätysjakeiden ja materiaalien kattavasta karakterisoinnista eri menetelmillä.

Sijainti: Laboratoriot Britanniassa

Toimisto Espoossa Suomessa, jossa hoidetaan asiakassuhteita, analytiikkaa ja tulosten tulkintaa.

Omistaja: Hafren Scientific Group

WWW: <http://xrayminerals.fi/>

Åbo Akademi

Yleiskuvaus kokonaisuudesta

Åbo Akademin Luonnontieteiden ja tekniikan tiedekunnassa on suuri määrä erilaisia laitteita, jotka sopivat erilaisten akkumateriaalien analysointiin ja testaamiseen. Åbo Akademin tutkimusinfrastruktuuri soveltuu parhaiten laboratoriomittakaavan testeihin ja mittauksiin. Mahdolliset hankkeet voivat vaihdella aina perustutkimuksesta yksittäisen yrityksen kanssa tehtäviin tuotekehitysprojekteihin.

Ulkopuolisten toimijoiden infran käyttömahdollisuudet

Ehdot ja sopimusmallit määritellään tapauskohtaisesti. Turun korkeakoulut toimivat yhteistyössä eri infrojen suhteen.

Teknisempi kuvaus

Tutkimusinfrastruktuuri sisältää laajan valikoiman laitteistoa materiaalien karakterisointiin, esimerkiksi

- Nano- ja mikropartikkelien ominaisuuksien määritykset: varaus, kokojakauma, huokoisuus
- Kristallografia ja mikroskopia: röntgendiffraktio ja -sironta, atomivoimamikroskopia, kuva- ja karheusanalyysi
- Sähkökemialliset analyysit: potentiostaatit, galvanostaatit, sähkökemiallinen impedanssispektroskopia, sähkökemialliset sensorit
- CHNS, IC (ionikromatografia), ICP-OES
- UV-Vis-NIR, FTIR, Raman
- NMR, LC-MS/MS

Åbo Akademiassa on myös Functional Printing Center, joka sisältää tilat materiaalien printtaukseen sekä materiaalien ja rakenteiden kehitykseen erilaisilla menetelmillä. Functional Printing Center on osa FIRI-PII -tutkimusinfrastruktuuria.

Sijainti: Turku

Omistaja: Åbo Akademi ja osittain Åbo Akademi yhdessä Turun Yliopiston kanssa

WWW: <https://www.abo.fi/en/laboratory-of-molecular-science-and-engineering-research-and-personel/>; <https://www.abo.fi/en/abo-akademi-functional-printing-center/>; <https://instrumentcentre.utu.fi/>

LÄHTEET

- Acharya, S. et al. (2020) 'Cybersecurity of Smart Electric Vehicle Charging: A Power Grid Perspective', IEEE Access, 8, pp. 214434–214453. doi:10.1109/ACCESS.2020.3041074.
- AIT (2021) Electrode preparation and cell production.
Saataavilla: <https://www.ait.ac.at/en/labs/cell-production> (Viitattu: 20.12.2021)
- Akkupuisto (2021). Saataavilla: <https://batteryark.fi/fi/> (Viitattu: 20.12.2021)
- Antoun, J. et al. (2020) 'A Detailed Security Assessment of the EV Charging Ecosystem', IEEE Network, 34(3), pp. 200–207. doi:10.1109/MNET.001.1900348.
- BATCircle (2021). Saataavilla: <https://batcircle.aalto.fi/en> (Viitattu 17.12.2021).
- Battery 2030+ (2021). Saataavilla: <https://battery2030.eu/> (Viitattu 16.12.2021).
- BF - Business Finland (2021). Saataavilla: <https://www.businessfinland.fi/ajankohtaista/haut/2021/rrf-infra-struktuurit-haku> (Viitattu: 16.12.2021).
- Calliolab (2021) Saataavilla: <https://calliolab.com/> (Viitattu: 20.12.2021)
- CharIN (2021) Megawatt Charging System (MCS).
Saataavilla: <https://www.charin.global/technology/mcs/> (Viitattu: 26.11.2021).
- CICEnergiGUNE (2021) Saataavilla: <https://cicenergigune.com/en/x-ray-diffraction> (Viitattu: 20.12.2021)
- DERlab (2021) Saataavilla: <https://infrastructure.der-lab.net/> (Viitattu: 20.12.2021)
- DNV (2021) DNV and Dutch emergency services to open battery safety test lab, Saataavilla: <https://www.dnv.com/news/dnv-and-dutch-emergency-services-to-open-battery-safety-test-lab-203662> (Viitattu: 20.12.2021)
- EARTO - European Association of Research and Technology Organisations (2018). European Innovation Hubs: An Ecosystem Approach to Accelerate the Uptake of Innovation in Key Enabling Technologies.
Saataavilla: <https://www.earto.eu/wp-content/uploads/EARTO-Paper-European-Innovation-Hubs-Final.pdf> (Viitattu 16.12.2021).
- EERA (2021) Storage Research Infrastructure Eco-System,
Saataavilla: <https://www.eera-energystorage.eu/stories.html> (Viitattu: 20.12.2021)
- ENCs (2019) Security architecture for EV charging infrastructure. EV-201-2019, p. 28. European Network for Cyber Security. Saataavilla: <https://encs.eu/wp-content/uploads/2021/09/EV-201-2019-Security-architecture-for-EV-charging-infrastructure.pdf> (Viitattu: 24.11.2021).
- ERA-Net (2021) Validation network with living labs and testbeds.
Saataavilla: https://www.eranet-smartenergysystems.eu/Partners/Living_Labs (Viitattu: 20.12.2021)
- ESFRI (2021) Roadmap 2021 - Strategy report on research infrastructures.
Saataavilla: <https://roadmap2021.esfri.eu/media/1295/esfri-roadmap-2021.pdf> (Viitattu: 20.12.2021)
- ESFRI – the European Strategy Forum on Research Infrastructures (2019). Roadmap 2018 strategy report on research infrastructures. Saataavilla: <http://roadmap2018.esfri.eu/media/1066/esfri-roadmap-2018.pdf> (Viitattu 16.12.2021).
- EU Science Hub (2021) Battery Energy Storage Testing for Safe Electric Transport. Saataavilla: <https://ec.europa.eu/jrc/en/research-facility/battery-energy-storage-testing-safe-electric-transport> (Viitattu: 20.12.2021)
- EURA (2021) Euroopan aluekehitysrahaston (EAKR) rahoittaman hankkeen kuvaus. South Carelian Electric Test Laboratory (SCET-LAB). Saataavilla: <https://www.eura2014.fi/rrtiepa/projekti.php?projektkoodi=A76604> (Viitattu: 20.12.2021)
- FiTech (2021) FiTech tarjoaa energian varastointiin ja konversioon liittyvää opetusta työelämässä oleville osaajille. Saataavilla: <https://fitech.io/fi/fitech/fitech-energy-storage/> (Viitattu: 20.12.2021)
- Fraunhofer (2021) Research Fab Battery Cells. Saataavilla: <https://www.forschungsfertigung-batteriezele.fraunhofer.de/en.html> (Viitattu 20.12.2021)
- Fraunhofer HHI (2021) Battery and Sensor Test Center (BST). Saataavilla: <https://www.hhi.fraunhofer.de/en/departments/fs/research-groups/energy-storage-sensor-technology/battery-and-sensor-test-center-bst.html> (Viitattu: 20.12.2021)
- Gaia Consulting ja Spinverse (2019) Batteries from Finland – Final report. Saataavilla: https://www.businessfinland.fi/49cbd0/globalassets/finnish-customers/02-build-your-network/bioeconomy--cleantech/batteries-from-finland/batteries-from-finland-report_final_62019.pdf (Viitattu 16.12.2021).
- GTK (2021). Suomen geotieteiden tutkimuslaboratorio – SGL. Saataavilla: <https://www.gtk.fi/tutkimusinfrastrukturi/suomen-geotieteiden-tutkimuslaboratorio-sgl/> (Viitattu: 20.12.2021)
- GTK (2020) Kiertotalouden yhteislaboratorio avautui Otaniemessä. Saataavilla: <https://www.gtk.fi/ajankoh-taista/kiertotalouden-yhteislaboratorio-avautui-otaniemessa/> (Viitattu 20.12.2021).

- Hola (2021) High performance charging for long-haul trucking.
 Saatavilla: <https://www.hochleistungsladen-lkw.de/hola-en/project/> (Viitattu 16.12.2021)
- ISO (2014). ISO 15118-2:2014. Road vehicles – Vehicle-to-Grid Communication Interface – Part 2: Network and application protocol requirements, vol. 15118–2:2014.
- LiPLANET (2021) Saatavilla: <https://www.liplanet.eu/> (Viitattu: 20.12.2021)
- MATINE (2021) Saatavilla: https://www.defmin.fi/matine_-_maanpuolustuksen_tieteellinen_neuvottelukunta#a95e0778 (Viitattu: 20.12.2021)
- Merinova (2021) SUNDOM SMART GRID.
 Saatavilla: <https://www.merinova.fi/hanketoiminta/sundom-smart-grid/> (Viitattu: 20.12.2021)
- Mobility2grid – The Mobility2grid research campus. Saatavilla: https://www.forschungscampus.bmbf.de/research_campuses/mobility2grid (Viitattu 16.12.2021)
- NextGenBat (2021) Saatavilla: <https://www.aalto.fi/en/departement-of-chemistry-and-materials-science/next-genbat> (Viitattu 17.12.2021)
- Opetus- ja kulttuuriministeriö (2021) – Kansallisen tutkimuksen, kehittämisen ja innovaatioiden päivitetty tiekartta. Päivitetty 14.12.2021. Saatavilla: <https://okm.fi/documents/1410845/22508665/Kansallinen+tutkimuksen,+kehitt%C3%A4misen+ja+innovaatioiden+p%C3%A4ivitetty+tiekartta.pdf/b47931b4-3490-01a4-b2e2-83193329c5ef/Kansallinen+tutkimuksen,+kehitt%C3%A4misen+ja+innovaatioiden+p%C3%A4ivitetty+tiekartta.pdf?t=1639483581267> (Viitattu 15.12.2021)
- Oulun yliopisto (2021a) Printed Intelligence Infrastructure. Saatavilla: <https://www oulu.fi/pii/> (Viitattu: 20.12.2021)
- Oulun yliopisto (2021b) Callio Lab. Saatavilla: <https://www oulu.fi/fi/yliopisto/kerttu-saalasti-instituutti/callio-lab> (Viitattu: 20.12.2021)
- Printocent (2021) Saatavilla: <https://www.printocent.net/> (Viitattu 20.12.2021)
- Pyhäjärven Callio (2021a) FireLAB. Saatavilla: <https://callio.info/fi/invest-opportunities/firelab/> (Viitattu: 20.12.2021)
- Pyhäjärven Callio (2021b) FutureMINE, Saatavilla: <https://callio.info/fi/invest-opportunities/futuremine/> (Viitattu 20.12.2021)
- RAMI (2021) Saatavilla: <https://rami-firi.fi/> (Viitattu 20.12.2021)
- RISE (2021) Swedish Electric Transport Laboratory (SEEL). Saatavilla: <https://www.ri.se/en/test-demo/seel> (Viitattu 20.12.2021)
- RISE (2022) Search Test & Demo. Saatavilla: https://www.ri.se/en/search?types=test_demo&view=grid (Viitattu 3.1.2021)
- RTOs - GTS, VTT, RISE and SINTEF Position Paper by Nordic Research and Technology Organisations (2020). Paving the way towards sustainable economy - alleviating the "Valley of Death" through Nordic Testbed collaboration. Saatavilla: https://en.gts-net.dk/wp-content/uploads/2020/03/WP2-Nordic-Testbeds-Position_Paper.pdf (Viitattu 16.12.2021).
- SA - Suomen Akatemia (2018). Suomen tutkimusinfrastruktuurien strategia ja tiekartta 2014–2020. Väliarviointi 2018. Saatavilla: <https://www.aka.fi/globalassets/2-suomen-akatemian-toiminta/4-julkaisut/julkaisut/suomen-tutkimusinfrastruktuurien-strategia-ja-tiekartta-2014-2020-valiarviointi-2018.pdf> (Viitattu 16.12.2021).
- Sandvik (2021) Saatavilla: <https://www.rocktechnology.sandvik/en/innovation-in-mining/test-mine/> (Viitattu: 20.12.2021)
- Sandvik (2020) Sandvik Test mine virtual tour. Saatavilla: https://www.youtube.com/watch?v=ka2es_wy0Vk (Viitattu: 20.12.2021)
- SENECC (2021) Smart Energy Systems Competence Center. Saatavilla: <https://www.senecc.fi/> (Viitattu 20.12.2021)
- SESKO ry (2021) Sähköajoneuvojen lataussuositus 2021. Saatavilla: https://www.sesko.fi/standardit/standardoinnin_aihealueita/sahkoautot_ ja_latausjarjestelmat/lataussuositus (Viitattu: 19.11.2021).
- SFS (2019) SFS-EN IEC 61851-1:2019:en. Electric vehicle conductive charging system - Part 1: General requirements.
- SFS (2014a) SFS-EN 62196-3-2014:en Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets - Conductive charging of electric vehicles - Part 3: Dimensional compatibility and interchangeability requirements for d.c. and a.c./d.c. pin and contact-tube vehicle couplers.
- SFS (2014b) SFS-EN 62196-1-2014:en Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets - Conductive charging of electric vehicles - Part 1: General requirements.
- SFS (2017a) SFS 6000-7-722:2017. Pienjännitesähköasennukset. Osa 7-722: Erikoistilojen ja -asennusten vaatimukset. Sähköajoneuvojen syöttö.
- SFS (2017b) SFS-EN 62196-2-2017:en Plugs, socket-outlets, vehicle connectors and vehicle inlets - Conductive charging of electric vehicles - Part 2: Dimensional compatibility and interchangeability requirements for a.c. pin and contact-tube accessories.

- SINTEF (2021) New laboratory and SINTEF's battery researchers will boost Norwegian competitiveness on batteries. Saatavilla: <https://www.sintef.no/en/latest-news/2021/new-laboratory-and-sintefs-battery-researchers-will-boost-norwegian-competitiveness-on-batteries/> (Viitattu: 20.12.2021)
- SIX (2021) Liikkuvien työkoneiden klusteri käyntiin – iso toimiala, huikeat mahdollisuudet Suomelle. Saatavilla: <https://www.six.fi/post/liikkuvien-ty%C3%B6koneiden-klusteri-k%C3%A4yntiin-iso-toimiala-huikeat-mahdollisuudet-suomelle> (Viitattu: 20.12.2021)
- Smart Energy Åland (2021) Saatavilla: <https://smartenergy.ax/> (Viitattu: 20.12.2021)
- Smart Otaniemi (2021) Saatavilla: <https://smartotaniemi.fi/> (Viitattu: 20.12.2021)
- Suomen Akatemia (2020) Kansallisten tutkimusinfrastruktuurien tiekartalle 2021–2024 valitut tutkimusinfrastruktuurit. Saatavilla: <https://www.aka.fi/globalassets/2-suomen-akatemian-toiminta/5-ajankohtaista/1-tiedotteet-ja-uutiset/2020/kansallisten-tutkimusinfrastruktuurien-tiekartalle-2021-2024-valitut-tutkimusinfrastruktuurit.pdf> (Viitattu: 20.12.2021)
- TEM - Työ- ja elinkeinoministeriö (2021). Kansallinen akkustrategia 2025, Suomi vastuullisen akkutuotannon ja kestäväen sähköistymisen kärkimaaksi: strategiset tavoitteet ja toimenpiteet. Saatavilla: <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/162684> (Viitattu 16.12.2021).
- TestbedSweden (2022). Swedish testbeds. Saatavilla: <https://swedishtestbeds.com/en/about-swedish-testbeds/> (Viitattu 3.1.2021).
- Tieteentekijöiden liitto (2021). Työtilojen ja yhteisöllisyyden tulevaisuus huolettavat tieteenekijöitä – Yhteisön hiljainen tieto ei siirry virtuaalisissa kohtaamisissa | Saatavilla: <https://www.sttinfo.fi/tiedote/työtilojen-ja-yhteisöllisyyden-tulevaisuus-huolettavat-tieteenekijöitä---yhteisön-hiljainen-tieto-ei-siirry-virtuaalisissa-kohtaamisissa?publisherId=69818395&releaseId=69915555> (Viitattu: 16.12.2021).
- Tulanet – Tutkimuslaitosten yhteenliittymä (2021). Tutkimuslaitosten tutkimusinfrastruktuurit 2021. Saatavilla: <http://tulanet.fi/wp-content/uploads/2021/03/Tutkimuslaitosten-tutkimusinfrastruktuurit-2021-final.pdf> (Viitattu 16.12.2021).
- Valtioneuvosto (2021) Valtioneuvoston kirjelmä eduskunnalle komission ehdotuksesta Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukseksi vaihtoehtoisten polttoaineiden infrastruktuurin käyttöönotosta ja direktiivin 2014/94/EU kumoamisesta (AFIR), LVM/2021/107.
- VTT (2022). Virtual Wolrd. Saatavilla: <https://www.vttresearch.com/en/vtt-world/> (Viitattu 3.1.2022)
- ZSW (2021), Saatavilla: <https://www.zsw-bw.de/en/research/batteries/topics/production-and-process-research.html#c2141> (Viitattu: 20.12.2021)

Verkkajulkaisu
ISSN 1797-3562
ISBN 978-952-327-674-1

Sähköinen versio: julkaisut.valtioneuvosto.fi
Julkaisumyynti: vnjulkaisumyynti.fi