

**Kriittiset materiaalit
kaupunkien kiertotaloudessa**

Akatemiaohjelma 2022-2025

Ohjelmamuistio



SUOMEN AKATEMIA

Sisällys

1.	Perustelut ja tausta	3
2.	Tavoitteet	5
3.	Teemat.....	5
3.1.	Kiertotalouden kriittiset materiaalivirrat	5
3.2.	Korkean teknologian tuotteet ja palvelut kiertotaloudessa	6
3.3.	Kiertotalouden eri toimijoiden yhteistyö ja toiminnan ohjaus.....	7
3.4.	Kiertotalous ja kaupungistuminen.....	7
4.	Ohjelman vaikuttavuus	8
5.	Ohjelman aikataulu ja rahoitus	8
6.	Muiden rahoittajien toimet aihealueella	9
7.	Lisätietoa	10

1. Perustelut ja tausta

Globaalitalous ja kaupungistuminen sen megatrendinä lisäävät luonnonvarojen kysyntää. Kaupunkien toiminnallisuuden varmistamisen kannalta kriittisiä materiaaleja tarvitaan paitsi kotitalouksissa, rakennuksissa ja eri infrastruktuureissa, myös korkean teknologian tuotteissa. Tuotteiden elinkaaren loppuvaiheessa nämä kriittiset materiaalit tulee saada kiertoon, uusio- tai toisiokäyttöön. Tietotekniikan, viestinnän sekä uusien ympäristö- ja energia-tekniikoiden sovelluksissa tarvittavien metallien luotettava ja häiriötön saatavuus on yhä tärkeämpää. Sähköautoissa käytettävät akut, aurinkoenergian tuotannossa käytettävät paneelit ja tuulienergiatuotannossa käytettävät suuritehoiset kestopagneetit sisältävät kriittiseksi luokiteltuja harvinaisia maametalleja ja muutoin kestäväen kehityksen tai kiertotalouden kannalta tulevaisuudessa kriittiseksi tulevia alkuaineita.

Näiden strategisesti tärkeiden metallien ja muiden alkuaineiden huono saatavuus voi johtua monesta eri syystä. Mineraalivarannot saattavat olla niukat tai keskittyä maantieteellisesti ongelmallisille alueille (esim. harvinaiset maametallit, fosfori tai koboltti), metallien käyttö identifioitujen luonnonvarojen kokoon nähden kasvaa uusien sovellusten kautta eksponentiaalisesti (koboltti, hopea), tai metalleja voidaan ottaa talteen ainoastaan perusmetallituotannon sivujakeissa (esim. indium, gallium).

Osaa kriittisistä ja teknologiametalleista puolestaan ei pystytä kierrättämään taloudellisesti kannattavasti, koska metalleja saattaa tuotteissa olla ainoastaan pieni määrä (litium, indium). Julkiseen keskusteluun ja lainvalmisteluun ovat nousseet myös niin sanotut konfliktimineraalit ja niiden malmit, kuten tina, tantaali, volframi ja kulta. Myös näitä mineraaleja käytetään laajasti korkean teknologian tuotteissa.

Eurooppa on riippuvainen metallien tuonnista. Tuotannon voimakas keskittyminen luo uhkakuvia metallien saatavuudesta ja hintakehityksestä. Esimerkiksi Kiina on vaikutusvaltaisin maa harvinaisten maametallien suhteen, yli 90%:n markkinaosuudella. Kiinassa myös valmistetaan suurin osa kestopagneeteista. Palladiumin ja platinan tuotanto on voimakkaasti keskittynyt Venäjälle ja Etelä-Afrikkaan, kobolttivarannot keskittyvät puolestaan Kongoon. Metallien lisäksi fosfori on eräs Euroopan komission listaamista kriittisistä alkuaineista, jonka korvattavuuteen, saatavuuteen ja talteenottoon liittyy merkittäviä riskitekijöitä. Euroopan unionin sisällä käytetystä fosforista yli 90% tuodaan muualta. Sekä Euroopan unionissa että Suomessa on havahduttu kriittisten metallien ja niiden arvoketjujen strategiseen merkitykseen ja liiketaloudelliseen potentiaaliin.

Euroopan unionin tavoitteena on varmistaa raaka-aineiden turvattu, kestävä ja kohtuuhintainen saatavuus. Eurooppalainen kaivosteollisuus ei kykene turvaamaan kaikkien teknologioiden tarvitsemia raaka-aineita. Samoin nykyinen kierrätystaso ei vastaa EU:n kriittisten raaka-ainetarpeiden kysyntätasoa. Metallien tehokas kierrätys on siten välttämätöntä raaka-aineiden

toimitusvarmuuden parantamiseksi. Tällä hetkellä tuotannon kannalta riskiä kasvattaa etenkin raaka-aineiden heikko korvattavuus ja matala kierrätysaste. Euroopan unioni ylläpitää ja päivittää kriittisten raaka-aineiden luetteloa, joka päivitetään kolmen vuoden välein. Kriittiseksi arvioitujen raaka-aineiden lukumäärä on kasvanut jokaisen päivituksen yhteydessä. Vuoden 2020 luettelossa on nimetty 30 raaka-ainetta, joista valtaosa on metalleja. Vain kuudessa vuodessa lista on kasvanut kymmenellä.

Käyttökelpoisten materiaalien erottelu kaupunkijätteestä (urbaani louhinta) on yksi tapa pyrkiä varmistamaan tuotannon tarvitsemat raaka-aineet. Elektroniikkajäte on usein moninkertaisesti malmia rikkaampaa tiettyjen metallien suhteen (esimerkiksi piirilevyt kuparin, kullan, platinan, palladiumin ja hopean suhteen), ja talteenoton ollessa kustannustehokasta urbaani louhinta voikin olla varsinaista malmin louhintaa halvempaa. Toisaalta tiettyjä teknologiametalleja on tuotteissa erittäin vähäisissä määrin (esim. indium ohutnäytöissä, koboltti piirilevyissä), minkä takia suuri määrä alkuaineita hukataan kierrätysprosesseissa. Tällöin taloudellisen talteenoton mahdollistamiseen tarvitaan uusia innovaatioita ja liiketoimintamalleja. Myös kaupunkien energiateknologian jätteenkäsittelyprosesseja ja analyysimenetelmiä tulee kehittää, jotta metalleja saadaan talteen. Kaupungeilla tulisi olla merkittävämpi rooli toimivan kiertotalousketjun turvaajina, ja siinä että kaikki kriittiset materiaalit saataisiin talteen ja kiertoon.

Kaupunkialueiden rakenteiden (rakennukset, yhdyskuntatekniset rakenteet, mukaan lukien maanalaiset putket ja johdot, sähkö- ja elektroniikkajäte) materiaalien hyötykäyttö edellyttää kaupunkien toiminnallisuuden ymmärtämistä, materiaalikoostumuksen tuntemista ja suunnittelu- ja päätöksentekojärjestelmiin vaikuttamista. Keskeisenä tutkimuksellisenä haasteena on selvittää hyvin erilaisista jätemateriaaleista, miten haluttua alkuainetta voidaan kerätä talteen ympäristöystävällisesti ja taloudellisesti kannattavasti tai miten muuten materiaalien uusio- tai toisiokäyttö voidaan ratkaista. Toimiva kiertotalous on kestävä kehityksen edellytys.

Materiaalien kierrätyksen esteenä on usein sen mittakaava, joka ei aina mahdollista taloudellista kannattavuutta. Toisaalta aktiivisten kuluttajien vaatimuksesta yritykset muuttavat toimintamallejansa ja panostavat kierrätykseen samalla kun kaupunkisuunnittelu mahdollistaa osaltaan tehokkaamman kierrätyksen. Kiertotalousvaatimukset edellyttävät uusien teknologioiden, tuotteiden ja kierrätysmekanismien ja liiketoimintamallien käyttöönottoa.

2. Tavoitteet

Ohjelman keskeisiä tavoitteita ovat

- tuottaa uutta tieteellistä tietoa ohjelman teema-alueilla
- ohjata tutkimusta kaupunkien kiertotalouden kannalta merkittävillä sovellusalueilla
- lisätä kaupunkien kiertotalouden kehittämisen mahdollistavaa korkeatasoista tutkimusta

Ohjelman yhteiskunnallisia ja toiminnallisia tavoitteita ovat myös

- ohjata tutkimusta kohti teeman kannalta keskeisten tutkimusongelmien ratkaisuja, luoden mahdollisuuksia näiden ratkaisujen suurimittaiseen hyödyntämiseen
- ohjata tutkimusta YK:n kestävän kehityksen Agenda 2030:n tavoitteiden suuntaan
- muodostaa monitieteisiä tutkimusryhmiä ja tutkimuksen kansallisia ja kansainvälisiä yhteistyöverkostoja
- edistää tutkijakoulutettavien ja tutkijoiden verkottumista ja liikkuvuutta
- parantaa yhteistyön kautta tutkimuksen ja elinkeinoelämän kansainvälistä kilpailukykyä ja kaupunkien elinvoimaisuutta
- edistää avointa tiedettä ja tutkimusta

3. Teema-alueet

Kaikilla ohjelman teema-alueilla kannustetaan poikkitieteelliseen eri tieteidenalojen lähtökohdista rakentuvaan yhteistyöhön.

3.1. Kiertotalouden kriittiset materiaalivirrat

Teemassa tutkitaan kriittisten alkuaineiden esiintymistä ja materiaalivirtojen kemiallista koostumusta ja luonnetta eri matriiseissa, sekä kehitetään kestävän kehityksen periaatteiden mukaisia ja taloudellisesti kannattavia

prosesseja erityisesti kriittisten alkuaineiden rikastukseen, erotukseen, talteenottoon ja puhdistukseen. Tutkittavat aiheet voivat liittyä muun muassa elektroniikan, kestopagneettien, akkujen tai aurinkokennojen kiertotalouteen. Toisaalta voidaan tarkastella myös edellä kuvattujen arvokkaiden alkuaineiden tai yhdisteiden erottamista jätevesistä, lietteistä tai kaatopaikkajäännösten polttoprosessin tuhkasta. Aihetta voidaan tutkia esimerkiksi prosessikehityksen ja –mallinnuksen kautta, systeemiteoreettisesti, teollisen ekologian tai kierrätyksen arvonmuodostuksen näkökulmista.

Esille nousee esimerkiksi seuraavia kiertotalouden ja kriittisten materiaalien kannalta aiheellisia kysymyksiä:

- Millaisista matriiseista löytyy kriittisiä alkuaineita?
- Miten kehitetään taloudellisesti kannattavia metallien rikastus-, erotus-, talteenotto- ja puhdistusprosesseja?
- Millaisilla kiertotaloutta tukevilla teknologisilla, taloudellisilla ja muilla ratkaisuilla turvataan muun muassa elektroniikan, kestopagneettien, akkujen tai aurinkokennojen raaka-aineiden saatavuus?
- Miten kiertotalouden materiaalivirtoja voidaan mallintaa?

3.2. Korkean teknologian tuotteet ja palvelut kiertotaloudessa

Teemassa tutkitaan tuotteiden suunnittelua ja konseptointia siten, että niitä voidaan käyttää useaan kertaan, kierrättää ja elinkaaren päättyessä niistä voidaan ottaa kattavasti talteen eri materiaalit. Tällöin tavoitteena on, että tuotteesta jää mahdollisimman vähän kierrätykseen kelpaamatonta ainesta. Uudet tuote- ja palveluratkaisut tuottavat eri sidosryhmille lisäarvoa. Esille nousee esimerkiksi seuraavia kiertotalouden ja kriittisten materiaalien kannalta aiheellisia kysymyksiä:

- Millaisia uusia tuotteita ja palveluita voidaan kehittää kestävän kehityksen periaattein?
- Miten uusien tuotteiden omistajuus määräytyy?
- Millaisia liiketoimintamalleja tulisi kehittää?
- Millaisia kiertoihin perustuvia toimitusketjuja tulisi rakentaa?
- Miten sääntelyä tulisi kehittää tukemaan kiertotalouden innovaatioita?

3.3. Kiertotalouden eri toimijoiden yhteistyö ja toiminnan ohjaus

Kaupunkeihin kasaantuu runsaasti erilaisia materiaaleja, millä voi olla taloudellista merkitystä kaupunkien asukkaille ja muille toimijoille. Esille nousee esimerkiksi seuraavia kiertotalouden ja kriittisten materiaalien kannalta aiheellisia kysymyksiä:

- Millaista uutta yhteistyötä ja organisoitumista tarvitaan eri osapuolten kesken?
- Millaisin taloudellisin ja strategisin vaikuttamiskeinoin eri osapuolia voitaisiin ohjata ja kannustaa?
- Miten julkinen, yksityinen ja kolmas sektori voivat osallistua kestävään arvomuodostukseen?
- Millaisin paikallisin, kansallisin ja kansainvälisin institutionaalisin järjestelyin toivottua kehitystä voidaan edistää?

3.4. Kiertotalous ja kaupungistuminen

Teeman fokus ulottuu virtojen, prosessien ja materiaalien seuraamisesta kaupunkeihin monien tuotannollisten toimintojen alustana. Kaupungistumisen näkökulma mahdollistaa kiertotalouden muutosprossien ja murroksen uudenlaisen tutkimisen muuttuvissa toiminnallisissa rakenteissa. Kaupunkia tarkastellaan materiaalien kasaumana ja toiminnallisena kokonaisuutena; sen rakenne ja erilaiset yhteydet niin kaupunkiseudun sisällä, seutujen välillä, kuin globaalilla tasollakin. Kulutuskäyttäytymisen ymmärtämisen lisäksi tarvitaan uutta tietoa ihmisten ja ympäristön vuorovaikutuksesta, yhteiskunnan haavoittuvuudesta ja ihmisten urbaanista arjesta. Tutkimustee- maan liittyvät myös kaupunkien toimintaan ja hallintaan vaikuttavat lakiuudistukset. Ohjelmassa etsitään tarkempaa ymmärrystä kaupunkien ja kaupunkiseutujen toiminnallisuuteen ja merkitykseen kiertotalouden alustana. Esille nousee esimerkiksi seuraavia kiertotalouden ja kriittisten materiaalien kannalta aiheellisia kysymyksiä:

- Millaiset kaupunkien fyysiset, aineettomat ja toiminnalliset rakenteet ja prosessit tukevat kaupunkien kiertotalouden varantoja ja virtoja?
- Miten kaupunki jäsentyy alueellisen kiertotalouden rakennettuna ympäristönä, tilana ja alustana?
- Miten ihmisten järjestäytyminen, verkostot ja materiaalivirrat muuttuvat?
- Miten kiertotalous kaupungin strategisen hallinnan kysymyksenä kytkeytyy kaupungin muuhun strategiseen toimintaan?

- Minkälaisia riskejä kiertotalouden ja kriittisten materiaalien prosessit voivat synnyttää?
- Mikä merkitys näillä muutoksilla on materiaalikierrolle, hallinnollisille ja liiketoimintaratkaisuille?

Ohjelmassa arvostetaan erityisesti luonnontieteellisen, teknologisen ja ihmistieteellisen tutkimuksen yhdistämistä. Hakijoiden toivotaan myös huomioivan kaupunkien kiertotalouden systeemisen luonteen. Hankkeissa voidaan tutkia kaupunkien kiertotalouden rakenteita ja prosesseja sekä kriittisiä materiaaleja luonnontieteellisillä ja teknologisilla menetelmillä. Ohjelmassa kannustetaan erityisesti tieteidenvälisiä ja poikkitieteellisiä tutkimusryhmiä, jotka kykenevät tarkastelemaan kaupunkien kiertotaloutta sekä niin kierrätettävien kriittisten materiaalien, yrittäjyyden ja organisoitumisen, kuin myös yhteiskunnallisten instituutioiden (lainsäädäntö, kulttuuri, poliittinen päätöksenteko, yhteiskunnallinen ohjaus) näkökulmista.

4. Ohjelman vaikuttavuus

Kehittämällä materiaalien kierrätystä elektronisten laitteiden keräyksestä aina kriittisten raaka-aineiden talteenottoon ja uusiokäyttöön voimme vähentää uusiutumattomien luonnonvarojen käyttöä ja hiilidioksidipäästöjä, joita lisääntyvä kaivostoiminta ja metallien jalostus aiheuttaa. Kierrätysprosessien kehitystyö mahdollistaa myös useiden metallien talteenoton, joita ei nykyään lainkaan kierrätetä. Erityisen paljon hyödyntämätöntä potentiaalia löytyy akkujen kierrätyksessä.

Ohjelma luo tieteellisen tutkimuksen kautta pohjaa uusio- ja toisiokäytön sekä jätteenkierrätyksen tulevaisuuden ratkaisuihin, mitkä luovat uudenlaisia teollisia ja kaupallisia mahdollisuuksia. Kiertotalous tarjoaa Suomelle kilpailuvaltin meille tärkeillä painopistealueilla, kuten metallien jalostuksessa.

5. Ohjelman aikataulu ja rahoitus

Ohjelma on Suomen Akatemian rahoittama ja koordinoima akatemiaohjelma. Akatemian hallitus on varannut ohjelman rahoittamiseen 8 miljoonaa euroa. Ohjelmassa rahoitetaan enintään nelivuotisia hankkeita ja konsortiohankkeita. Hankkeiden 2021 haun rahoituskausi alkaa 1.1.2022 ja päättyy viimeistään 31.12.2025.

6. Muiden rahoittajien toimet aihealueella

Suomessa akatemiaohjelman aihepiiri koettu tärkeäksi ja Business Finlandin Bio and Circular Finland -ohjelma (2019 – 2022) tukee yrityksiä kansainvälistymisessä monin eri tavoin. Ohjelma tukee kilpailukykyisten bio- ja kiertotalousratkaisujen ja ekosysteemien kehitystä sekä neuvoo EU-rahoituksen hakemisessa. Tavoitteena on kasvattaa bio- ja kiertotalousratkaisujen vientiä. Uusien innovaatioiden kehittämistä tuetaan kiertotalouden eri sektoreilla ja erityisesti tekstiilien ja rakentamisen uusissa sovelluksissa. Business Finland on myöntänyt vuonna 2019 BATCircle (Finland-based Circular Ecosystem of Battery Metals) -konsortiolle noin 10 miljoonan euron rahoituksen. Aallon johtama konsortio kehittää kaivosteollisuuden, metallinjalostuksen ja akkukemikaalien tuotantoprosesseja ja lisää litiumioniakkujen kierrätystä. Se vahvistaa yhteistyötä yritysten ja tutkimusorganisaatioiden välillä sekä löytää uusia liiketoimintamahdollisuuksia. Business Finlandin ohjelma päättyy, kun akatemiaohjelma alkaa.

Sitra jatkaa kansainvälisesti palkittua työtänsä kiertotalouden edistämiseksi. Sitrassa keskitytään reilun kiertotaloussiirtymän vaikutusten ja tarvittavien toimenpiteiden määrittelyyn, digitalisaation systeemitason ympäristövaikutusten ymmärtämiseen, kiertotalouteen kannustavan toimintaympäristön vahvistamiseen sekä globaalin siirtymän vauhdittamiseen erityisesti kauppa- ja investointisopimusten sekä kehityspankkien kautta.

Työ- ja elinkeinoministeriön painopistealueen “biotalous ja puhtaat ratkaisut” alla on kiertotalous ja materiaalitehokkuus. Työ- ja elinkeinoministeriö myöntää avustusta innovatiivisten tulevaisuuden kiertotalousratkaisujen edistämiseen. Avustuksiin on myönnetty määrärahaa 1 000 000 euroa. Hankkeen toteuttamiseen voidaan myöntää käyttöaikaa 30.6.2022 saakka.

Euroopan unionissa on kiertotalous ytimessä. Aihepiirin tutkimus- ja innovaatiotoiminnalle on luotu EIT RawMaterials eli Euroopan innovaatio- ja teknologiainstituutin (EIT) osaamis- ja innovaatioyhteisö (KIC), jonka avulla tuetaan innovointia ja yrittäjyyttä sekä pyritään uudistamaan korkeakoulujen, tutkimuslaitosten ja elinkeinoelämän yhteistyötä.

Euroopan komissio hyväksyi 11.3.2020 uuden kiertotaloutta koskevan toimintasuunnitelmansa. Se on yksi kulmakivistä Euroopan vihreän kehityksen ”Green Deal”-ohjelmassa, joka on EU:n tuore kestävä kasvun ohjelma. Ensimmäisen kiertotalouden toimintasuunnitelmansa EU julkaisi vuonna 2015. Uudessa kiertotalouden toimintasuunnitelmassa esitetään tuotteiden koko elinkaaren kattavia uusia aloitteita, joilla pyritään nykyaikaistamaan ja muuttamaan talouttamme ja samalla suojelemaan ympäristöä. Sen tavoitteina on antaa kuluttajien saataville pitkään kestäviä tuotteita ja tarjota kansalaisille mahdollisuus osallistua täysimääräisesti kiertotalouteen ja hyötyä sen synnyttämistä myönteisistä muutoksista.

EU:n Pellolta pöytään -strategialla edistetään kiertotaloutta ja komission tiedonanto kriittisistä materiaaleista tukee Akatemian ohjelmaa. Tiedonanto ”kriittisiin raaka-aineisiin liittyvä häiriönsietokyky: miten lisätä toimitusvarmuutta ja kestävyyttä” julkaistiin 3.9.2020.

Koko tutkimuksen ja innovoinnin puiteohjelmassa Horisontti Euroopassa (2021-2027) yhtenä visiona on kestävä kehityksen tavoitteiden saavuttaminen EU:ssa. Puiteohjelman kaikkien pilareiden kautta tavoitellaan kestävä kehitystä kuten myös ainakin neljän Missio-aihealueen kautta. Puiteohjelmaan tulee myöhemmin tutkimus- ja innovaatiohakuja.

M-ERANET 3 on aloittanut 2020 ja se painottuu materiaalitieteisiin. Sen teemoihin kuuluvat sekä kiertotalous että akut. Suomen Akademia on mukana M-ERA-NET 3:ssa.

Myös OECD on kokenut kaupunkien kiertotalouden tärkeäksi aihepiiriksi. OECD julkaisi raportin ”The Circular Economy in Cities and Regions” 4.11.2020. Kaupungit ovat tärkeässä roolissa, kun lineaaritaloudesta siirrytään kiertotalouteen. Synteesiraportti käsittelee 51 kaupunkia, joista yksi on Uumaja. Akademiaohjelman tutkivassa työpajassa 27.8. Liv Öberg esitteli Uumajan kiertotaloutta.

7. Lisätietoa

Tämän ohjelmamuistion saa Suomen Akatemian verkkosivuilta osoitteesta: www.aka.fi/kiertotalous.

ohjelmapäällikkö Saira Seppo p. 029 533 5109

ohjelmapäällikkö Risto Vilkkö p. 029 533 5136

Sähköpostiosoitteet: etunimi.sukunimi@aka.fi

Postiosoite:

Suomen Akademia

PL 131 (Hakaniemenranta 6)

00531 Helsinki