

Suomen kaivannaisalan tutkimusstrategia

Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja
Konserni
27/2015



TYÖ- JA ELINKEINOMINISTERIÖ
ARBETS- OCH NÄRINGSMINISTERIET
MINISTRY OF EMPLOYMENT AND THE ECONOMY

RAIMO LAHTINEN – TIMO HAAPALEHTO – EEVA JERNSTRÖM –
ASMO VARTIAINEN – JARMO VESANTO – SAKU VUORI

Suomen kaivannaisalan tutkimusstrategia

Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja

Konserni

27/2015

Tekijät Författare Authors Työryhmä: Raimo Lahtinen, GTK (puheenjohtaja) Timo Haapalehto, VTT Eeva Jernström, Lappeenrannan teknillinen yliopisto Asmo Vartiainen, Outotec Jarmo Vesanto, Boliden Saku Vuori, GTK (sihtteeri)	Julkaisu aika Publiceringstid Date Huhtikuu 2015 Toimeksiantaja(t) Uppdragsgivare Commissioned by Työ- ja elinkeinoministeriö Arbets- och näringsministeriet Ministry of Employment and the Economy Toimielimen asettamispäivä Organets tillsättningsdatum Date of appointment
Julkaisun nimi Titel Title Suomen kaivannaisalan tutkimusstrategia	
Tiivistelmä Referat Abstract <p>Primääristen raaka-aineiden tarve säilyy globaalisti korkealla vielä pitkään ja kaivannaisalan tulee kehittää uusia läpimurto tuotteita ja -palveluja sekä liiketoimintamalleja koko arvoketjun sekä materiaali kierron osalta. Kaivannaisalan kotimaisen tutkimuksen tavoite olla globaalisti merkittävä osaaja ja yritystoiminnan edistäjä edellyttää, että Suomi tarjoaa maailmanluokan edellytykset korkeantason osaamisen luomiselle ja soveltamiselle. Tämä onnistuu vain vahvojen ja globaalisti tunnettujen osaamiskeskittymien kautta, jotka tukeutuvat yrityselämän näkyvään osallistumiseen ja yhteistyössä luovat kansainvälisesti avoimia innovaatioyhteisöjä.</p> <p>Suomen kaivannaisalan tutkimusstrategian vision mukaan korkeatasoinen tutkimus ja osaaminen luovat Suomelle uutta kestäväää kasvua ja globaalisti merkittävää liiketoimintaa. Vision toteutuminen edellyttää vahvaa raja-aitoja kaatavan systeemisen ajattelun kehittymistä, mutta optimointiin ja teknologiseen kehitykseen liittyvä T&K-toiminta on myös tulevaisuudessa kaivannaisalaan liittyvän teollisen toiminnan tukiranka.</p> <p>Tutkimusteemoilla – 1) Suomen resurssipohjan turvaaminen ja laajentaminen tutkimuksen avulla, 2) Primääristen ja sekundääristen mineraaliainesten materiaali ominaisuudet osana kiertotaloutta, 3) Jätteistä varallisuudeksi, 4) Energia ja resurssitehokkuus, 5) Digitalisaatio kaivannaisalan arvoketjussa ja 6) Ennakointi ja hyväksyttävyyys – keskitetään kansalliset voimavarat hyvin valituille fokusaloille, jotka toteuttavat tutkimusstrategian päämääriä. Tutkimuksen tulee hyödyntää arvoketjun kehittämisen lisäksi rajapintoja ylittävää ongelman asettelua, materiaalien ominaisuuksien käyttöä teollisessa suunnittelussa, systeemistä koko materiaali kierron hallintaa (kiertotalous), virtuaalista suunnittelua, teollista internetiä, sekä vastattava uuden teollisen tuotannon asettamiin haasteisiin ja mahdollisuuksiin.</p> <p>Strategiassa esitetään konkreettiset toimenpiteet kansallisen yhteistyön kehittämiseen, tutkimuskeskittymien ja tutkimusinfra vahvistamiseen sekä tutkimuksen rahoitukseen.</p> <p>Kaivannaisalan tutkimusstrategian toteutus vastaa kaivannaisteollisuuden nykyisiin tarpeisiin, luo edellytyksiä tulevaisuuden teolliselle toiminnalle ja estää alan teollisen toiminnan hiipumisen ja siirtymisen Suomen ulkopuolelle.</p> <p>Strategia on hyväksytty kestävään kaivannaisteollisuuden toimenpideohjelman ohjausryhmässä Strategian toteutuksesta vastaavat asianomaiset ministeriöt ja organisaatiot sovittujen toimintaprosessien ja valtuuksien mukaisesti.</p> <p>Työ- ja elinkeinoministeriön yhteyshenkilö: Elinkeino- ja innovaatio-osasto/Juho Jokinen, puh. 029 504 7069</p>	
Asiasanat Nyckelord Key words Kaivannaisteollisuus, strategia, tutkimus, osaaminen, kaivosteollisuus, kiviteollisuus, kiviainesteollisuus, mineraalien jalostus, kiertotalous	
Painettu julkaisu Inbunden publikation Printed publication ISSN 1797-3554 ISBN 978-952-227-981-1	Verkkojulkaisu Nätpublikation Web publication ISSN 1797-3562 ISBN 978-952-227-982-8
Kokonaissivumäärä Sidoantal Pages 61	Kieli Språk Language Hinta Pris Price Suomi, Finska, Finnish 18
Julkaisija Utgivare Published by Työ- ja elinkeinoministeriö Arbets- och näringsministeriet Ministry of Employment and the Economy	Kustantaja Förläggare Sold by Edita Publishing Oy / Ab / Ltd

Esipuhe

Globaali väestön kasvu jatkuu voimakkaana vielä seuraavien vuosikymmenten ajan. Tämä yhdistettynä kaupungistumiseen ja kehittyvien maiden pyrkimykseen nostaa kansalaistensa elintasoja kasvattaa raaka-aineiden kysyntää. Kierrätyksen tehostaminen ja materiaalitehokkuuden parantaminen vastaavat vain osin tähän kysyntään, joten myös primääristen raaka-aineiden tarve säilyy korkeana vielä pitkään. Kasvava raaka-aineiden ja niistä tehtyjen tuotteiden käyttö sekä toisaalta ympäristö- ja ilmasto-asteiden ratkaiseminen edellyttää voimakasta panostusta materiaali- ja resurssitehokkuuteen sekä kierrätettävyyteen koko kaivannaisalan arvoketjussa. Alaan liittyvien kestävien käytäntöjen kehittäminen ja sosiaalisen vuorovaikutuksen lisääminen ovat avainasemassa haettaessa laajamittaista sosiaalista hyväksyntää.

Metallien jatkojalostus ja tähän liittyvä teknologiateollisuus ja palvelut ovat erittäin tärkeä osa Suomen taloutta ja vientiteollisuutta. Kaivostoiminta on kasvanut ja kiviaines- ja luonnonkiviteollisuus ovat yhä merkittäviä tekijöitä Suomen taloudessa. Koko kaivannaisteollisuuden kasvupotentiaali on Suomessa huomattava, mutta kestävä kasvu ja edelläkävijäys edellyttävät vahvaa panostusta pitkäjänteiseen ja monipuoliseen koulutukseen ja tutkimukseen. Huhtikuussa 2013 julkistetuissa Suomi kestävä kaivannaisteollisuuden edelläkävijäksi -toimintaohjelmassa päätettiin yhtenä toimenpiteenä (nro 16) luoda kaivannaisalan tutkimusstrategia.

Tutkimusstrategian päämääränä on varmistaa suomalaisen kaivannaisosaamisen ja tutkimuksen korkea taso, ydinosaamisen kehittäminen ja huippututkimuksen ylläpitäminen ja luominen keihäänkärkialoilla. Kansainvälisten verkostojen kehittyminen ja kansainvälisen tutkimusrahoituksen varmistaminen ja lisääminen edellyttävät aktiivisuutta niin Euroopassa kuin globaalisti. Tutkimusstrategian toteutuksen vastuutahoiksi määriteltiin tutkimuslaitokset, yliopistot, ammattikorkeakoulut, kaivannaisyhtiöt, järjestöt, sidosryhmät, Tekes ja Suomen Akatemia. Tärkeimmiksi indikaattoreiksi asetettiin ajantasainen strategia, toteutuneet tutkimushankkeet, parantunut tietopohja sekä uusi puhtaampi ja kilpailukykyisempi teknologia.

Tutkimusstrategian tulee kaivannaisteollisuuden nykyisten tarpeiden turvaamisen lisäksi luoda edellytyksiä tulevaisuuden teolliselle toiminnalle. Tämä vaatii systeemistä ja eko-innovatiivista lähestymistapaa, jolloin tutkimus on osa laajempaa koko yhteiskuntaa koskettavaa suuntautumista kohti kestävä kehitystä ja kiertotaloutta. Myös kiertotaloudessa primääristen raaka-aineiden tarve säilyy globaalisti korkealla vielä pitkään. Tämä korostuu uusien teknologioiden kehittymisen mukanaan tuomissa uusissa materiaaliarpeissa joiden tyydyttämiseen ei ole olemassa kierrätettäviä varantoja. Kaivannaisalalla on tarve optimoinnin ja teknologisten innovaatioiden lisäksi olla mukana kehittämässä systeemisten innovaatioiden kautta uusia läpimurtotuotteita ja -palveluja sekä liiketoimintamalleja. Kestävä

kaivannaisteollisuus huomioi myös muun maankäytön (maa-, metsä-, kala- ja riistatalous sekä matkailu) tarpeita.

Suomi kestävä kaivannaisteollisuuden edelläkävijäksi – toimenpide-ohjelman tavoitteiden toteuttamiseksi tutkimusstrategiassa on lähtökohtana ydintoimintojen ja -osaamisen tunnistaminen sekä niistä tulevien tutkimustarpeiden kehittäminen kestävä kasvun edellytyksiksi. Näiden rinnalle nostetaan esiin myös liitynnät muiden tutkimusalojen tutkimusteemoihin, joista keskeisimpiä ovat ympäristö-, yhteiskunta-, oikeus- ja taloustieteelliset tutkimusalat eri alateemoineen. Kaivannaisalan yhteiskunnallista merkitystä, raaka-aineiden saannin ja tulevaisuuden ennakkointia sekä sosiaalisen hyväksyttävyyden kehittämistä tarkastellaan monissa EU-tason ohjelmissa (mm. Horisontti2020, LIFE). Tutkimusaloja laajasti yhdistävään tutkimustoimintaan ja -yhteistyön kehittämiseen merkittävimmät mahdollisuudet avautuvatkin Euroopan tasolla.

Kaivannaisalan tutkimustarvekartoituksia ja strategioita on laadittu useissa eri foorumeissa mm. Pohjoismaissa, kansallisesti ja EU-tasolla. Näitä on hyödynnetty tässä työssä kuitenkin keskittyen tunnistamaan Suomen tarpeet. Työn puolivälissä tehtiin tärkeimmille sidosryhmille suunnattu verkkokysely, jonka tuloksia hyödynnettiin laajasti. Strategian alustavaa versiota esiteltiin 25.11.2014 Säätytalolla pidetyssä kaivannaisalan seminaarissa. Seminaarissa saatu palaute ja laajan kommenttikierroksen (12.12.2014–15.1.2015) tulokset on otettu huomioon tässä lopullisessa strategiassa. Strategia hyväksyttiin kestävä kaivannaisteollisuuden toimenpideohjelman ohjausryhmässä 10.3.2015 toimenpideohjelman kohdan 16 ehdotuksen tutkimusstrategiaksi, jonka toteutuksesta vastaavat asianomaiset ministeriöt ja organisaatiot sovittujen toimintaprosessien ja valtuuksien mukaisesti.

Helsingissä 21.4.2015

ERKKI VIRTANEN

Kansliapäällikkö

MAIIJA UUSISUO

Kehittämispäällikkö

Sisältö

Esipuhe.....	5
Yhteenveto.....	9
A Tarpeet ja nykytilanne.....	12
A 1 Kaivannaisalan merkitys.....	12
A 2 Yhteenveto tehdyistä strategioista ja ohjelmista.....	14
A 3 Kansainvälinen tutkimusympäristö	16
A 3.1 Yleistä	16
A 3.2 Etsintä- ja kaivosteollisuus	16
A 3.3 Kiviainesteollisuus.....	18
A 3.4 Luonnonkiviteollisuus.....	19
A 3.5 Mineraalialan teknologiateollisuus ja palvelut sekä jatkojalostus metalleiksi ja tuotteiksi.....	20
A 3.6 EU:n raaka-aineisiin liittyvät aloitteet ja merkitys kaivannaisalan tutkimustoimintaan.....	22
A 3.7 Pohjoismaat.....	23
A 4 Kotimaisen teollisuuden t&k -tarpeet ja alan tulevaisuuden kehityksen haasteet.....	25
A 4.1 Yleistä	25
A 4.2 Kaivosteollisuus.....	25
A 4.3 Kiviainesteollisuus.....	27
A 4.4 Luonnonkiviteollisuus.....	28
A 4.5 Mineraalialan teknologiateollisuus ja palvelut sekä jatkojalostus metalleiksi ja tuotteiksi.....	29
A 5 Kaivannaisalan tutkimuskenttä ja rahoitus Suomessa	30
A 5.1 Yliopistot	30
A 5.2 Tutkimuslaitokset.....	31
A 5.3 Ammattikorkeakoulut	32
A 5.4 Rahoittajat – rahoitusinstrumentit.....	33
B Suomen kaivannaisalan tutkimusstrategia.....	36
B 1 Suomen kaivannaisalan tutkimuksen visio.....	36
B 2 Strategiset tavoitteet ja instrumentit	39
B 2.1 Kansainvälisen tason tutkimusalueita.....	40
B 2.2 Tutkimusinfra ja rakenteet	43
B 2.3 Rahoitus.....	45
B 3 Kaivannaisalan tutkimustoiminnan strategiset vaikutukset alan kehittymiseen.....	49
B 3.1 Kestävä yritystoiminta.....	49
B 3.2 Liikevaihto, vienti ja osaaminen	49

B 3.3 Uudet innovaatiot ja liiketoiminta.....	51
B 3.4 Tutkimustoiminnan vaikutus – hallinnolliset prosessit	52
B 4 Strategiset toimenpiteet	53
Lyhenteet.....	57
Lähteet.....	59
Linkkejä	59

Yhteenveto

Kaivannaisalan tutkimusstrategian toteutuminen vastaa kaivannaisteollisuuden nykyisiin tarpeisiin, luo edellytyksiä tulevaisuuden teolliselle toiminnalle ja estää alan teollisen toiminnan hiipumisen ja siirtymisen Suomen ulkopuolelle. Materiaalikierron ja kaivannaisalan arvoketjun rajapintojen hallinta ja hyödyntäminen ovat avainasemassa pyrittäessä kohti systeemistä ja eko-innovatiivista lähestymistapaa, jolloin tutkimus on osa laajempaa koko yhteiskuntaa koskettavaa suuntautumista kohti kestävästä kehitystä ja kiertotaloutta. Primääristen raaka-aineiden tarve säilyy globaalisti korkealla vielä pitkään ja kaivannaisalan tulee kehittää uusia läpimurtotuotteita ja -palveluja sekä liiketoimintamalleja koko arvoketjun sekä materiaali-kierron osalta. Vision toteutuminen edellyttää vahvaa raja-aitoja kaatavan systeemisen ajattelun kehittymistä, mutta optimointiin ja teknologiseen kehitykseen liittyvä T&K-toiminta on myös tulevaisuudessa kaivannaisalaan liittyvän teollisen toiminnan tukiranka. Systeemisiä innovaatioita ovat ympäröiviin järjestelmiin ja ympäristöön kytkeytyneet tuotteet, palvelut tai ratkaisut, jotka edellyttävät systeemien kokonaisvaltaista ymmärtämistä ja kykyä muuttaa niitä. Tämä on samalla haaste ja mahdollisuus suomalaiselle teollisuudelle.

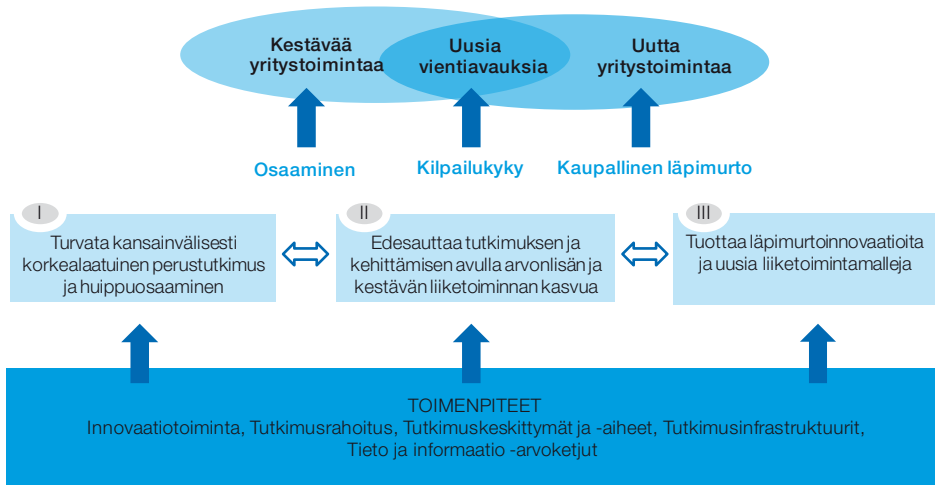
Kaivannaisala käsittää kaivosteollisuuden, kiviainesteollisuuden, luonnonkiviteollisuuden, jatkojalostuksen metalleiksi tai tuotteiksi sekä mineraalialan teknologiateollisuuden ja palvelut.

Kaivannaisalan tutkimusstrategian visio:

Kaivannaisalan korkeatasoinen tutkimus ja osaaminen luovat Suomelle uutta kestävästä kasvusta ja globaalia liiketoimintaa

Vision saavuttaminen edellyttää yhtenäistä kansallista tahtotilaa ja tutkimusagenda, jossa teollisuuden tarpeet, lyhyen aikavälin soveltava sekä keski- ja pitkän aikavälin korkeatasoinen tieteellinen tutkimus yhtyvät jatkumoksi turvaten nykyisten toimijoiden kasvun edellytykset sekä tuottaen uusia teknologia- ja palveluinnovaatioita. Tärkein päämäärä on luoda Suomelle uutta kestävästä kasvusta ja kasvattaa globaalia liiketoimintaa. Tätä tukeva tutkimus tapahtuu jatkossakin osin ongelmallaisemmin, mutta yhä enenevässä määrin tutkimuksessa on keskityttävä hyödyntämään koko mineraalitalouden syklin ymmärtämistä, asiakkaiden tarpeita pitkällä tähtäimellä sekä linkitystä teolliseen suunnitteluun ja kierrätykseen. Kansallinen tutkimusstrategia tekee kaivannaisalan tutkimuksesta nykyistä korkeatasoisempaa, kansainvälisempää, innovatiivisempaa ja tuottavampaa sekä luo tätä kautta

uutta teollista kasvua. Tutkimusstrategian tavoitteet ovat jaettu kolmeen päätavoitteen, jotka tukevat vision toteutumista.



Tutkimusteemoilla keskitetään kansalliset voimavarat hyvin valituille fokusaloille, jotka toteuttavat tutkimusstrategian päämääriä. Meidän tulee hyödyntää arvoketjun kehittämisen lisäksi rajapintoja ylittävää ongelman asettelua, materiaalien ominaisuuksien käyttöä teollisessa suunnittelussa, systeemistä koko materiaalikierron hallintaa (kiertotalous), virtuaalista suunnittelua, teollista internetiä, sekä vastattava uuden teollisen tuotannon asettamiin haasteisiin ja mahdollisuuksiin. Tutkimuksen tulee osaltaan mahdollistaa systeemisten innovaatioiden kehittymistä sekä kaivannaisalan arvoketjussa että laajemmin materiaalien hyödyntämisessä.

Tutkimuksen pääteemat

- 1) Suomen resurssipohjan turvaaminen ja laajentaminen tutkimuksen avulla
- 2) Primääristen ja sekundääristen mineraaliainesten materiaaliominaisuudet osana kiertotaloutta
- 3) Jätteistä varallisuudeksi
- 4) Energia- ja resurssitehokkuus
- 5) Digitalisaatio kaivannaisalan arvoketjussa
- 6) Ennakointi ja hyväksyttävyyys

Olemme ryhmitelleet toimenpiteet neljän pääalueeseen. Strategisten päätavoitteiden toteuttaminen ja vision saavuttaminen edellyttää, että pääalueet ja toimenpiteet niiden sisällä toteutetaan laajamittaisesti ja yhtäaikaaisesti. Kaivannaisalan kotimaisen tutkimuksen tavoite olla globaalisti merkittävä osaaja ja yritystoiminnan

edistäjä edellyttää, että Suomi tarjoaa maailmanluokan edellytykset korkeantasoin osaamisen luomiselle ja soveltamiselle. Tämä onnistuu vain vahvojen ja globaalisti tunnettujen osaamiskeskittymien kautta, jotka tukeutuvat yrityselämän näkyvään osallistumiseen ja yhteistyössä luovat kansainvälisesti avoimia innovaatioyhteisöjä. Osaamiskeskittymien toiminnassa korostuu sekä ydinosaamisen syventäminen että huippuosaamisen kehittäminen, jotka molemmat ovat edellytyksiä pitkäjänteiselle kansainväliselle tutkimusyhteistyölle. Vahva verkottuminen osaamiskeskittymien ja muiden kansallisten tutkimusorganisaatioiden välillä tukee koko arvoketjun hallintaa. Monipuolinen rahoitus yhdistää yritysten tarpeet tutkimuksen suuntaamisessa ja toisaalta perustutkimusyksiköiden tarpeet tuottaa tieteellisiä tuloksia ja läpimurtoja. Läpinäkyvyys, kilpailu sekä tieteellinen ja teollisen vaikuttavuuden arviointi ovat edellytyksiä jatkuvalla parantamisella ja kansainvälisen tason huippututkimukselle.

Kansallinen yhteistyö	Tutkimuskeskittymät	Tutkimusinfra	Tutkimusrahoitus
Tutkimuksen perusrahoitus turvataan	Tuetaan osaamiskeskittymien kehittämistä ja teknisten yliopistojen työnjakoa	Kehitetään kotimaista tutkimus- ja pilotointi -infraa	Tekes-ohjelma keskeisten tutkimusaiheiden toteuttamiseksi 100 M€ / 5 vuotta
OKM:n ja TEM:n yhteistyö tutkimuksen kehittämiseksi	Tuetaan verkottunutta toimintatapaa kotimaisten toimijoiden ja keskittymien välillä	Tehostetaan kansallisesti merkittävän tutkimusinfraan yhteiskäyttöä	Mahdollinen suunnattu Akatemia haku kolme kertaa 5 M€ / vuosi
Yhteiset päämäärät EU:ssa ajettavista tavoitteista tutkimuksen suhteen	Luodaan edellytyksiä kansainväliseen yhteistyöhön ja verkottumiseen	Osallistutaan valikoituihin pohjoismaisiin ja eurooppalaisiin tutkimusinfraan kehittämishankkeisiin	Strategisen tutkimuksen neuvoston aihealueiksi kaivannaisalalle tärkeitä aiheita
Julkisen tieto- ja tutkimusaineiston saatavuus	Luodaan tutkimuspohjaisten yritysideoiden kasvualustoja	Tuetaan pk-yrityksiä hyödyntämään tutkimus- ja pilotointi -infrastruktuureja	Tutkimuksen riskirahoitus: Tekes ja Akatemia yhdessä (2-10 M€ vuosi/vuosi vuotta)
			Kaivannaisalaaan liittyvien strategisten huippuosaamiskeskittymien (SHOK) rahoitus turvataan

A Tarpeet ja nykytilanne

A 1 Kaivannaisalan merkitys

Suomen kaivannaisala on merkittävä tekijä nyt ja tulevaisuudessa Suomen taloudelle (taulukko 1). Kaivoslouhinnan ja muun louhinnan (kiviaines, luonnonkivi) määrä tulee kasvamaan ja pyrkimyksenä on metallijalosteiden viennin määrän kasvattaminen tulevaisuudessa. Vaikka mineraaliresurssien loppuminen ei ole ongelma lyhyellä ja keskipitkällä aikavälillä niin taloudelliset, sosiaaliset, ympäristölliset ja teknologiset haasteet kasvavat koko ajan koko kaivannaisalan arvoketjun osalta. Tämä ei ole pelkästään haaste vaan antaa Suomelle myös mahdollisuuden olla edelläkävijä kestäväan kehitykseen perustuvien teknologioiden, palveluiden ja liiketoimintamallien kehittämisessä. Tähän liittyvät voimakkaasti cleantech-teknologiat, digitalisointi ja resurssi- ja energiatehokkuus koko arvoketjun osalta sekä linkittyminen bio- ja vesialaan (kuva 1).

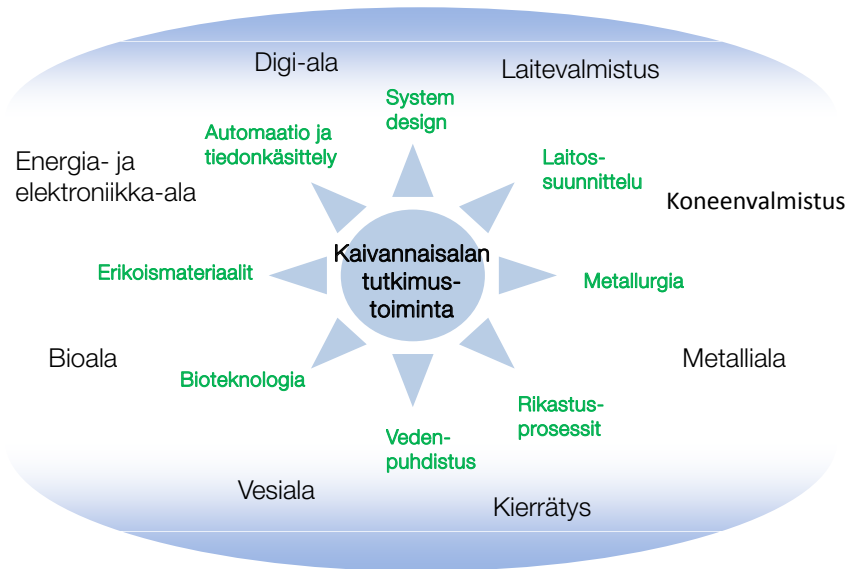
Taulukko 1. Eräiden kaivosteollisuutta lähellä olevien toimialojen liikevaihto vuosina 2007–2013.

Liikevaihto* Mrd€	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013**
(B) Kaivostoiminta ja louhinta	1,30	1,29	1,21	1,55	1,86	1,90	1,62
(237) Kiven leikkaaminen, muotoilu ja viimeistely	0,19	0,19	0,17	0,17	0,17	0,16	0,18
(24) Metallien jalostus	9,92	9,14	4,87	7,39	7,84	7,51	7,51
(2892) Kaivos-, louhinta- ja rakennuskoneiden valmistus	1,72	1,95	1,12	1,38	1,84	2,48	2,24
Yhteensä	13,1	12,6	7,4	10,5	11,8	12,1	11,6

Lähde: Tilastokeskus, Yritysrekisterin vuositilasto – Toimipaikkatiedot, TOL 2008, TEM toimialatilastot (2014) ja 2013 ennakkotiedot: tilastokeskus.

Tutkimusstrategian yhtenä päämääränä on edesauttaa nykyisten kansainvälisen tason osaamisalueiden säilyminen huipulla ja laajentuvan sekä luoda näin kestävä kasvua. Toisaalta meidän on hyödynnettävä arvoketjun rajapintojen ylittävää ongelman asettelua, materiaalien ominaisuuksien käyttöä teollisessa suunnittelussa, systeemistä koko materiaalikierron hallintaa (kiertotalous), virtuaalista suunnittelua, teollista internetiä sekä vastattava uuden teollisen tuotannon asettamiin haasteisiin ja mahdollisuuksiin.

Kuva 1. Esimerkkejä kaivannaisalan tutkimustoiminnan yhteyksistä muihin toimialoihin tai teemoihin.



A 2 Yhteenveto tehdyistä strategioista ja ohjelmista

Kaivannaisala sisältää Suomi kestäväan kaivannaisteollisuuden edelläkävijäksi –toimintaohjelman rajausten mukaisesti kaivosteollisuuden, kiviainesteollisuuden, luonnonkiviteollisuuden, jatkojalostuksen metalleiksi tai tuotteiksi sekä mineraalialan teknologiateollisuuden ja palvelut. Suomen mineraalistrategia (2010) ja myös ETLA:n raportti (Hernesniemi ja muut, 2011) käsitteli metallien jalostusta asiakkaana (kuva 2). Mineraalistrategian tutkimus- ja kehitystoimintaan liittyvänä toimenpideehdotuksena oli mineraalialan Tekes-ohjelman perustaminen, joka on toteutunut Tekesin Green Mining-ohjelmana (2011-2016). Vuonna 2010 valtioneuvosto antoi eduskunnalle luonnonvaraselonteon ”Älykäs ja vastuullinen luonnonvaratalous”. Hallitusohjelmassa (2011-2015) todetaan kaivosteollisuuden merkittävä kasvupotentiaali ja kaivostoimintaa tukevan kaivosteknologian ja laitevalmistuksen sekä palveluiden osalta myös merkittävä vientipotentiaali. Valtiolla tulisi olla keskeinen rooli osaamisohjan ylläpitämisessä ja laajentamisessa.

Vuonna 2013 julkaistu Suomi kestäväan kaivannaisteollisuuden edelläkävijäksi –toimenpide-ohjelma näkee kaivannaisteollisuuden mahdollisuutena Suomelle ja korostaa tutkimuksen merkitystä. Sitran vetämä Kestäväan kaivostoiminnan verkosto-hanke valmistelee kaivosalan ja sen sidosryhmien keskustelu- ja yhteistyöfoorumia ja kestävämmän kaivostoiminnan mahdollistamiseksi. Suomen arktinen visio (Valtioneuvosto 23.8.2013) korostaa arktisen alueen luonnonvarojen hyödyntäminen hallittua hyödyntämistä ottaen huomioon taloudelliset, sosiaaliset, kulttuuriset ja ympäristövaikutukset. Työ- ja elinkeinoministeriön ja ympäristöministeriön asettama työryhmä luovutti joulukuussa 2013 ehdotuksensa Suomen kansalliseksi materiaalitehokkuusohjelmaksi.

Metallinjalostajat ry esitti 10.4.2014 Suomelle ”Metallien kasvuohjelman” perustamista, jolla tuettaisiin jo olemassa olevia vahvuuksia – huipputason osaamista, energiatehokkuutta ja kestävää elinkaariajattelua. Metallien jalostuksen arvoketjussa nähdään yhä vahva kasvupotentiaali. Tätä tukee huippututkimus ja uuden innovaatiot sekä arvoketju kaivoksilta erikoismetallien elinkaarikäyttöön. Kaivannaisteollisuus kokonaisuudessa nähdäänkin yhtenä kestäväan kasvun kivijalkana edellyttäen, että sitä kehitetään taloudellisesti, sosiaalisesti ja ympäristöllisesti kestävästi. Valtioneuvoston luonnonvaraselonteon ”Älykäs ja vastuullinen luonnonvaratalous” linjausten päivitys 2014 lähetettiin eduskunnalle 30.10.2014. Vuoden 2015 alussa valmistui kone- ja metalliteollisuuden strategisen huippuosaamisen keskitymän FIMECC:n uusi strateginen tutkimusagenda (SRA).

Strategioiden ja ohjelmien kaivannaisalan tutkimus- ja kehitystoiminnan ytimenä on yhä toimintojako: etsintä ja arviointi (mineraalit, kiviaines, luonnonkivet), louhinta ja irrotus (mineraalit, kiviaines, luonnonkivet), mineraalien prosessointi,

metallurgia sekä kierrätys ja korvaaminen. Toimintojaon alaiset osatavoitteet ovat joko:

- **Konkreettisia:** Automaatio/ITC, toiminnanohjaus, sensorit/online, mallintaminen ja optimointi, tekniikat ja teknologiat, ”mukautuvat prosessit”, yms.
- **Geneerisiä:** innovaatiot, materiaali- ja energiatehokkuus, toimintamallit/logistiikka, haittojen vähentäminen, kierrätys, hyväksyttävyyys, työturvallisuus, ennakointi, toiminnan lopettaminen, riskinhallinta, yms.

Tutkimustoiminnan ja uusien innovaatioiden lähteenä nähdään kuitenkin enenevässä määrin koko materiaaliketjun hallinta, kestävä kehitys sekä täysin uusien tuotteiden ja palvelujen tuottaminen. Kuvassa 2 on esitetty yhteenveto olemassa olevien strategioiden ja ohjelmien sisällöstä ja tavasta jäsentää aihetta.

Kuva 2. Kooste tarkastelluista tausta-aineistoista.



A 3 Kansainvälinen tutkimusympäristö

A 3.1 Yleistä

Kaivannaisala koostuu tuotantoketjusta alkaen kaivosteollisuudesta, erillisaloina kiviaines- ja luonnonkiviteollisuus, jatkojalostukseen metalleiksi tai tuotteiksi sekä näihin liittyvät mineraalialan teknologiateollisuuden ja palvelut. Kansainvälinen tutkimusympäristö on myös jakaantunut, joten yllä olevaa jaottelua hyödynnetään tässä. Tämä katsaus ei pyri olemaan kaiken kattava vaan tuomaan esiin ne maat ja toimijat, joilla voidaan katsoa olevan suurta merkitystä Suomen kaivannaisteollisuudelle joko vertailukohtana ("bench marking"), yhteistyökumppanina tai kilpailijana

A 3.2 Etsintä- ja kaivosteollisuus

Merkittävien kaivosmaiden joukossa on vain muutama kehittyneet maa, jossa tehdään kaivannaisteollisuuteen liittyvää korkeatasoista tutkimus- ja kehitystyötä. Näistä olemme valinneet Australian, Kanadan, Etelä-Afrikan ja Ruotsin, joista Ruotsi on myös EU-tasolla merkittävä toimija yhdessä Suomen kanssa. Näiden maiden tutkimuskenttää ja rahoitusta käsitellään hyvin yleisellä tasolla keskittyen alan megatrendeihin tutkimuksen osalta (kuva 3).

Australia on vientiteollisuuden osalta hyvin riippuvainen kaivannaisteollisuuden tuotannosta, jossa huomattavaa on rikasteiden suuri osuus viennistä. Mineraaliala tuottaakin lähes puolet Australian viennistä. Toisaalta 80 %:a Australian mineraalialan tuotannosta tulee kaivoksista, jotka on löydetty yli 30 vuotta sitten. Tämä näkyy kaivannaisalan tutkimusrahoituksen fokusoinnissa, jossa yhtenä tärkeimpänä päämääränä on edesauttaa uusien esiintymien löytämistä. Australian ensimmäinen kansallinen tutkimusprioriteetti on "Ympäristön suhteen kestävä Australia", jossa on etsintä- ja kaivosteollisuuteen liittyvää korkean prioriteetin päämäärä "Maankuoren syvien varantojen hyödyntäminen". Australiassa normaalin perustutkimusrahoituksen lisäksi tärkeitä ovat liittovaltion CRC:n (Cooperative Research Centres) kautta rahoittamat tutkimuskeskittymät. Niiden tarkoituksena on luoda kriittinen massa, jossa T&K-toiminta keski- ja pitkän aikavälin päämäärineen tapahtuu loppukäyttäjien ja tutkijoiden yhteistyönä. Tässä rahoitusmuodossa on yhteneväisyyksiä TEKES-hankkeiden kanssa (osin lähempänä SHOK:ä), mutta näihin liittyy lisäksi vahva koulutuksellinen funktio, josta esimerkkinä väitöskirjatöiden rahoitus

Kanada on Australian tavoin myös vahvasti riippuvainen kaivannaisalasta ja sillä on pitkä historia alaan liittyvästä tutkimuksesta. Alan perustutkimusrahoituksen yksi T&K-prioriteettialue on luonnonvarat ja energia. Suuri osa kaivannaisalan

tutkimuksesta kanavoituu ”National Research Council (NRC)” :n kautta, joka on Kanadan valtion tärkein T&K-organisaatio. NRC on lanseerannut aloitteen Green Mining Initiative (2009-), jossa on yhteisrahoitteisina hankkeina kehitetty teknologioita ja prosesseja päämääränä Kanadan johtava asema globaalisti vihreän teknologian ja käytäntöjen alueilla. Tällä hetkellä yksi tärkeimmistä alan T&K-ohjelmista on ”Korkean hyötysuhteen kaivos”, jossa tähdätään kustannustehokkuuden lisäämiseen syrjäisten alueiden ja yhä alhaisempien pitoisuuksien malmiesiintymien hyödyntämisessä. NRC rahoittaa myös tutkimusohjelmia luonnonvarojen potentiaalin selvittämiseen ja syvämalminetsintämenetelmien kehittämiseen yhteistyössä kaivosyhtiöiden kanssa.

Australiassa perustettu AMIRA International ja kanadalainen CAMIRO (Canadian Mining Industry Research Organization) ovat merkittäviä globaaleja toimijoita kaivannaisalan tutkimuksessa. Niiden päämääränä on tehdä korkealaatuista tutkimusta jäsenyrityksistä koostuvalle konsortiolle, jolloin yksittäisen yhtiön rahoitusriski pienenee. Projektien ja tutkimusaiheiden generointi tapahtuu joko tutkijoiden, jäsenyrityksen tai organisaatioiden tutkimusjohtajien aloitteesta. Tutkimus voi olla luonteeltaan joko perustutkimusta tai soveltavaa tutkimusta, mutta useissa tapauksissa näihin liittyy myös opinnäytteiden teko.

Kuva 3. Kooste etsintä- ja haivosteollisuuden tutkimuksen suhteen johtavien maiden tutkimusintresseistä

Etsintä- ja kaivosteollisuus			
Johtavat maat	Australia, Kanada, Ruotsi, Etelä-Afrikka		
Arvoketju	Etsintä	Kaivostoiminta	Prosessointi
Keskeisiä teemoja ja tutkimusohjelmia	Innovatiivinen syvämalminetsintä, uudet etsintäteknologiat, ennakoiva mallintaminen	Virtuaalinen kaivos - ”Common mine model”, näkymätön syväkaivos, korkean hyötysuhteen kaivos, vesien hallinta	Prosessien optimointi, alhaisten pitoisuuksien ja kompleksisten esiintymien rikastus, strategiset ja kriittiset metallit, vesien hallinta
Keskeisiä toimijoita (yliopistot ja tutkimuslaitokset)	Australia: AMIRA, CSIRO, UQ, UWA, USA, U Tasmania; Canada: NRC, CAMIRO, U Laurentia, UBC, U Toronto, U Queens, U Alberta, U Saskatchewan, U McGill; South Africa: Mintek, U Cape Town, U Johannesburg; Ruotsi: Luleå Technical University		

Myös Etelä-Afrikka on riippuvainen mineraalien tuotannosta, joka muodostaa merkittävän osan maan viennistä. Tärkein kansallinen teknologiaan keskittyvä tutkimuslaitos on Mintek, joka on myös kansainvälisen tason tutkimusorganisaatio

mineraalien prosessoinnissa. Maahan on myös vuoden 2014 alusta perustettu huipputyöryhmä ”Mineraali- ja energiavarantojen arviointi” Johannesburgin yliopistoon.

Ruotsissa on vahvat historialliset perinteet kaivostoiminnassa ja Ruotsi tuottaa n. 90% Euroopassa tuotetusta rautamalmista ja on merkittävä lyijyn, sinkin, hopean ja kuparin tuottaja Euroopassa. Päämääränä on vuoteen 2025 mennessä kolminkertaistaa raudan ja kaksinkertaistaa muiden metallien tuotanto (SVEMIN, 2012). Ruotsin ja Suomen alan toimijat ovat olleet vahvasti mukana kehittämässä EU- ja Pohjoismaa-tasoisia aloitteita ja yhteishankkeita kaivosalan tutkimus- ja kehitystoiminnassa, esimerkkeinä ProMine ja IzMine. Ruotsissa toteutettiin yhteistyössä alan toimijoiden kanssa kehitysohjelma ”Sustainable Mining and Innovation for the Future (SMIFU)”. Tähän työhön pohjautuen luotiin keväällä 2013 Ruotsissa uusi kaivos- ja metallinjalostusalan tutkimusagenda (STRIM).

Yhteenvedon voidaan todeta, että kuvassa 3 esitetyt kansainväliset teemat ovat tärkeitä myös Suomen kaivannaisalan kannalta. Näiden maiden ja toimijoiden kanssa on jo osin olemassa yhteistyötä, mutta Suomelle tärkeiden tutkimusteemojen suhteen konkreettista yhteistyötä on syytä lisätä. Tämä ei tietysti poista tarvetta laajempaan yhteistyöhön EU:n sisällä (esim. Puola, Espanja, Portugali, Kreikka) sekä myös muiden EU:n ulkopuolisten maiden ja toimijoiden kanssa. Esimerkkeinä ovat Yhdysvallat (arviointi, materiaalivirrat), Japani (harvinaiset maametallit) sekä suu- rina tuottajamaina myös Kiina ja Venäjä.

A 3.3 Kiviainesteollisuus

Kiviainesteollisuuden tutkimuskenttä voidaan jakaa kolmeen keskeiseen alueeseen jotka liittyvät betonirakentamisessa sekä väylä- ja aluerakentamisessa käytettävien kiviainesten materiaaliominaisuuksiin. Kuvaan 4 on koostettu alan tutkimusaiheita. Kiviainekset voidaan jakaa alkuperänsä mukaan primääreihin (kalliomurske, sora ja hiekka), sekundäärisiin (esim. teollisuuskuonat) ja kierrätyskiviaineksiin (esim. murskattu betoni). Tällä hetkellä yhtenä kiviainestutkimuksen nousevana teemana onkin juuri sivu- tai jätemateriaalien korvaava käyttö primääriraaka-aineiden sijasta. Kiviainestutkimuksen fokuksessa on perinteisesti ollut käyttökohteenmukaisten laatuominaisuuksien parantaminen tai testaaminen sekä testausmenetelmien kehittäminen. Sertifiointi ja standardointi ovat kiviainesten laadunvarmistamisen keskiössä, ja siihen liittyvä tuotteistus ja kehittäminen tapahtuvat pääosin yritysten toimesta omana T&K-toimintana tai yhteistyössä eri yliopistojen tai tutkimuslaitosten kanssa. Viime aikoina perinteiset materiaaliominaisuuksiin liittyvät tutkimusteemat ovat saaneet rinnalleen myös runsaasti erilaisia kiviainestoitinnan ympäristövaikutuksiin ja mm. sosiaalisen toimiluvan kehittämiseen liittyviä kokonaisuuksia.

Kuva 4. Kooste kiviainesteollisuuden tutkimuksen suhteen johtavien maiden tutkimusintresseistä.

Kiviainesteollisuus			
Johtavat maat	Yhdysvallat, Ruotsi, Norja		
Arvoketju	Etsintä/arviointi	Louhinta ja ottotoiminta	Murskaus ja lajittelu
Keskeisiä teemoja ja tutkimusohjelmia	Kiviainesten materiaaliominaisuudet	Sivu- tai jättemateriaalien korvaava käyttö primäärraaka-aineiden sijasta, ympäristöhaittojen hallinta	Energiätehokkuus, sertifiointi ja standardointi
Keskeisiä toimijoita (yliopistot ja tutkimuslaitokset)	Sintef, Swedish Cement and Concrete Research Institute (CBI) TNO, International Center for Aggregate Research (ICAR)		

Kiviainesten käyttöä EU-alueella ohjaavat yhteiseurooppalaiset harmonisoidut tuotestandardit sekä niiden rinnalla käytettävät tarkentavat kansalliset ohjeet ja vaatimukset. CE-merkintä on vuodesta 2013 lähtien ollut kiviainesten virallinen tuotehyväksyntämenetelmä koko EU-alueella. Euroopan mittakaavassa raaka-aineissa, ilmasto-oloissa, käyttökohteissa sekä käyttötavoissa suuria alueellisia eroja, mikä näkyy myös tutkimustoiminnalle tyypillisenä tietynlaisena hajanaisuutena, kun optimoidaan usein paikallisia tuotteita paikallisiin olosuhteisiin. Samalla myös mekanistisen testauksen merkitys korostuu varsinaisen akateemisen tutkimuksen kustannuksella.

A 3.4 Luonnonkiviteollisuus

Luonnonkiviteollisuuden tutkimuksen keskiössä ovat tuotteiden laatuominaisuuksien sekä ottotoiminnan hyötysuhteen parantaminen. Näihin vaikuttavia tekijöitä ovat itse kivimateriaalin ja sen saatavuuden lisäksi louhintateknologiat ja irrotusmenetelmät, raaka-blokeiksi saattaminen, sivukivien tuotteistaminen, sahauksen ja muun kivityöstön menetelmät sekä lopputuotteen ominaisuuksien parantamiseen tähtäävien mahdollisten viimeistelykäsittelyjen tms. hyödyntäminen. Lisäksi kiviainesten tapaan ominaisuuksien testaamisella sekä testausmenetelmien ja laatusandardien kehittämällä on tärkeä ohjaava vaikutus tutkimukseen sekä tuotekehitykseen panostettaessa. Tutkimusta ja testausta tehdään sekä toiminnanharjoittajien toimesta että yhteistyönä yliopistojen ja tutkimuslaitosten kanssa. Kuvaan 5 on koostettu alan tutkimusaiheita.

Noin kolmasosa maailman luonnonkivituotannosta tulee EU:n alueelta, jossa Italia, Kreikka, Espanja ja Portugali ovat ylivoimaisesti merkittävimmät tuottajamaat. Tutkimuksen osalta merkittäviä keskittymiä on Italiassa, Espanjassa, Belgiassa, UK:ssa, Ranskassa, Saksassa sekä pohjoismaissa Ruotsissa, Suomessa ja Norjassa. Aasiassa luonnonkivitutkimusta tehdään kasvavissa määrin Kiinassa mutta toistaiseksi aika hajanaisesti.

Kuva 5. Kooste luonnonkiviteollisuuden tutkimuksen suhteen johtavien maiden tutkimusintresseistä.

Luonnonkiviteollisuus			
Johtavat maat	Euroopassa: Italia, Espanja, Belgia, UK, Ranska, Saksa, Ruotsi, Suomi ja Norja, Aasiassa luonnonkivitutkimusta tehdään kasvavissa määrin Kiinassa		
Arvoketju	Etsintä/arviointi	Irroitus	Jatkojalostus
Keskeisiä teemoja ja tutkimusohjelmia	Raaka-aineiden saatavuus, materiaaliominaisuudet	Ottotoiminnan hyötysuhteen parantaminen, sivukivien hyödyntäminen, ympäristöhaittojen hallinta	Lopputuotteen ominaisuuksien parantaminen, testausmenetelmien ja laatustandardien kehittäminen, tuotteistaminen
Keskeisiä toimijoita (yliopistot ja tutkimuslaitokset)	Sintef, TÜV Rheinland LGA Bautechnik GmbH, Deutsche Naturstein verband (DNV), IMM Carrara, Polytechnic of Torino ja University of Torino, BBRI, Swedish National Testing and Research Institute (SP), Swedish Standards Institute (SIS), Instituto Geológico y Minero de España (IGME) Centro Tecnológico da Pedra Natural de Portugal (CEVALOR), Centre Technique pour les Matériaux Naturels de Construction (CTMNC), Aalborg University		

A 3.5 Mineraalialan teknologiateollisuus ja palvelut sekä jatkojalostus metalleiksi ja tuotteiksi

Kansainvälinen mineraalialan teknologiateollisuus panostaa vahvasti tuotteiden ja prosessien resurssitehokkuuteen (energia, vesi, materiaalit), ympäristöystävällisyyteen ja laajenevassa merkityksessä kestävään kehitykseen. Raaka-aineiden monimuotoisuus, malmien metallipitoisuuden aleneminen, sivuvirtojen ja jätealueiden uudelleen hyödyntäminen tuovat paineita nykyisten valmistusmenetelmien parantamiselle ja uusien valmistusmenetelmien kehittämiselle. Digitaalisuus kaikissa muodoissa tulee mukaan jalostusketjuun kehittyneen prosessinohjauksen, prosessimonitoroinnin ja "big datan" kautta. Prosessien ja tuotantovaiheiden simulointi, yksikköprosessien yhdistely, mallinnuksen hyödyntäminen jne. ovat useiden tutkimuslaitosten kehittelyn keskiössä (Kuva 6).

Metalleja ja materiaaleja käytetään yhä haastavammassa ympäristöissä ja kulu-
tuskestävyys sekä taloudellisuus ohjaavat kehitystä. Myös funktionaalisten metal-
lien soveltaminen eri käyttökohteissa on voimakkaan tutkimuksen kohteena. Mate-
riaalien elinkaariajattelu ohjaa systeemiseen ajatteluun, jolloin jo suunnitteluvai-
heessa huomioidaan muun muassa materiaalien valinta, materiaalien elinkaari ja
kierrätysmahdollisuudet.

Näitä kaikkia tutkimusaihioita tutkitaan maailmalla, pitkälti samojen tutkimus-
laitosten toimesta, joita on kuvattu edellä kohdassa A 3.2. Etsintä- ja kaivosteolli-
suus. Materiaalien ominaisuuksia ja uusia materiaaleja kehitetään esim. Saksassa
Fraunhoferilla ja Max-Planck Instituutissa, Ruotsissa Kungliga Tekniska Högskolan
(KTH), ja tietysti Yhdysvalloissa useassakin yliopistossa. Kierrätyksessä Belgian KU
Leuven on merkittävä toimija.

Kuva 6. Kooste mineraalialan teknologiateollisuuden, palveluiden, jatkojalos-
tuksen tutkimuksen suhteen johtavien maiden tutkimusintresseistä.

Mineraalialan teknologiateollisuus ja palvelut sekä jatkojalostus metalleiksi ja tuotteiksi			
Johtavat maat	Euroopassa: Saksa, Ruotsi, Suomi. Muut: Australia, Etelä-Afrikka, Yhdysvallat (materiaalitutkimus), Japani		
Arvoketju	Metallien prosessointi	Metallit ja tuotteet	Kierrätys
Keskeisiä teemoja ja tutkimus- ohjelmia	Resurssitehokkuus (energia, materiaalit, vesi) ja kestävä kehitys, digitalisointi, uudet valmistusmenetelmät	Uudet materiaalit (funktionaaliset, korvaavat jne.), materiaalit vaativissa olosuhteissa, systeemijattelu	Keräys- ja esikäsitellyn tehokkuus, elektronikka- romu, elinkaariajattelu
Keskeisiä toimijoita (yliopistot ja tutkimuslaitokset)	Australia (CSIRO, AMIRA, JKMRC, Curtin Uni, Ian Wark Research Institute), Etelä-Afrikka (Mintek, SAMMIRI), Saksa (Helmholz Inst.Freiberg, Fraunhofer, Betriebsforschungsinstitut VDEh-Institut für angewandte Forschung GmbH, Max-Planck-Institut, RWTHAachen), Ruotsi (Luleå University, Uppsala University, KTH, SWEREA Mefos), Norja (Sintef), Puola (IMN), Belgia(VITO), Alankomaat (TNO, U Delft), Sveitsi (Empa), Itävalta (Montanuniversität Leoben), Yhdysvallat (MIT ym.)		

Keskeiset EU:n kaivannaisalan tutkimustoimintaa suuntavat alustat ja ohjelmat

- Euroopan raaka-aine innovaatiokumppanuus (EIP-RM, 2012-)
- Tutkimuksen puiteohjelma Horizon 2020 (2014-)
- Julkisen ja yksityisen sektorin kumppanuus Sustainable Process Industry through Resource and Energy Efficiency (SPIRE, 2012-)
- Euroopan innovaatio ja teknologiainstituutti, Raaka-aineaiheinen Osaamis- ja innovaatioyhteisö (EIT Raw Materials 2015-)
- Euroopan tutkimusalueen verkko - Network on the Industrial Handling of Raw Materials for European Industries (ERA-MIN 2011-)
- Eurooppalainen teknologiayhteisö (ETP-SMR 2008-, uusin SRA 2013)
- Hiili- ja terästeollisuuden erityisohjelma (RFCS)

A 3.6 EU:n raaka-aineisiin liittyvät aloitteet ja merkitys kaivannaisalan tutkimustoimintaan

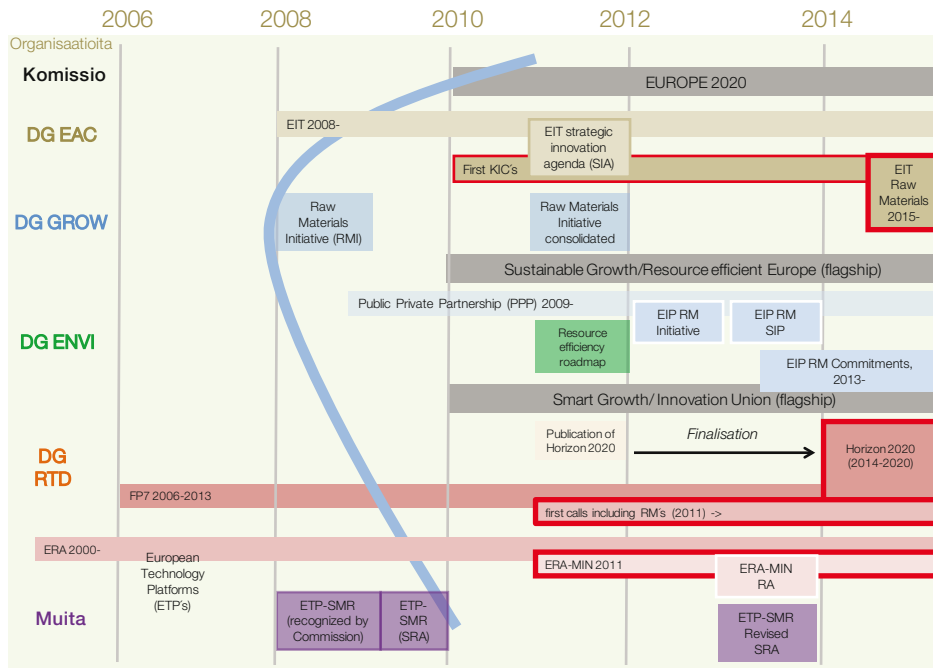
Kansallisen kaivannaisalan tutkimusstrategian kannalta on tärkeää huomata kaksi EU-tasolla tapahtunutta muutosta. Ensinnäkin tutkimuksen puiteohjelma on nivottu tiukasti EU:n poliittisten agendojen toimeenpanoon ja toiseksi mineraaliperäisten raaka-aineiden saatavuuden turvaaminen eurooppalaisen kilpailukyvyyn perustana on noussut EU:n poliittiselle agendalle (Kuva 7; RMI).

Eurooppa2020 strategian toimeenpano rakentuu siihen, että käytetään kaikkia käytössä olevia instrumentteja, mukaan lukien tutkimuksen puiteohjelma, EU:n poliittisten agendojen toimeenpanoon. Tämä tarkoittaa sitä, että tutkimushankkeiden tulosten käytettävyydelle ja käyttöönotolle asetetaan tiukempia ja tarkempia tavoitteita sekä panostuksen lisäämistä tutkimustulosten siirtämiseen markkinoitaviksi tuotteiksi ja palveluiksi. Samaan aikaan puiteohjelman hakujen sisällöt määrittyvät pitkälti sektoristrategioiden tavoitteiden mukaisesti.

Raaka-aineiden, etenkin muiden kuin energia- ja maatalouspohjaisten, saatavuus on noussut EU:n poliittiselle agendalla viimeisten kymmenen vuoden aikana. Vuonna 2008 komissio julkaisi raaka-aineita koskevan aloitteen (RMI), joka pyrkii löytämään vastauksia mineraalisten raaka-aineiden saatavuuteen liittyviin haasteisiin.

EU:n perustamissopimuksen mukaan kaikki EU:n tutkimusrahoitus ohjataan erityisen puiteohjelman kautta. Vuoden 2014 alusta sen nimi on ollut Horizon2020 ja sitä edelsi 7. tutkimuksen puiteohjelma. Puiteohjelmassa ei kaivannaisalalla ole omaa otsikkooaan vaan siihen liittyvät haut jakautuvat useampaan osioon. Vastavasti hakujen sisältöjä valmistellaan useiden kanavien kautta. Osana Innovaatiounioni- lippulaivahanketta komissio käynnisti Eurooppalaisen innovaatiokumppanuuden myös raaka-ainesektorille, jonka tavoitteena on tuoda yhteen kaikki olennaiset EU:n ja jäsenmaiden toimet ja sitä kautta selkeyttää tätä kokonaisuutta. Kuvassa 7 on esitetty keskeisiä kaivannaisalaan liittyviä EU:n aloitteita ja strategioita.

Kuva 7. Havainnekuva keskeisistä aloitteista, strategioista tai tapahtumista mineraaliraaka-ainealaaan liittyen. Punaisella kehyksellä on indikoitu tutkimusrahoituksen instrumentteja. (DG EAC = Koulutus pääosasto, DG ENVI = Ympäristöpääosasto, DG GROW = Yritys- ja teollisuustoimintapääosasto, DG RTD = Tutkimus- ja innovaatiopääosasto, RMI = Raw Materials Initiative, EIT = Euroopan innovaatio- ja teknologiainstituutti, KIC = Osaamis- ja innovaatioyhteisö, SIA = Strateginen innovaatioagenda, EIP RM = Euroopan raaka-aine innovaatiokumppanuus, SIP = Strateginen innovaatio suunnitelma, FP = Tutkimuksen puiteohjelma, ERA-MIN = Euroopan tutkimusalueen ohjelmajhteistyöverkko, RA = Tutkimusagenda, RM = Raw material, ETP-SMR = Mineraalialan eurooppalainen teknologia-alusta, SRA = Strateginen tutkimusagenda.)



A 3.7 Pohjoismaat

Mineraaliin raaka-aineisiin liittyvän poliittisen kiinnostuksen kasvu EU:ssa ei ole jäänyt huomiotta Pohjoismaissa. Yksi Euroopan raaka-aine aloitteen aihepiiriin kuuluva aloite on ollut Pohjoismaiden ministerineuvoston 2013 rahoittama NordMin-ohjelma. Sen fokuksena on Pohjoismaisen kaivannaisteollisuuden kestävä kehittäminen kilpailukyvyyn ja kasvun edistämiseksi. Ohjelman ydin on NordMin-asiantuntijaverkosto ja verkostolle myönnetty rahoitus vuosille 2013-2016 (n.4 M€). Mukana on teollisuuden, tutkimusalan, hallitusten ja alueiden edustajia eri Pohjoismaista. NordMin -ohjelman ja sen kautta syntyneen verkoston avulla pyritään ohjaamaan ja kehittämään kaivannaisalaaan liittyvää Pohjoismaista tutkimusta, kehittämistä, innovaatioita, koulutusta sekä yleisesti aihepiiriin yhteistyötä.

Tutkimusrahoituksen osalta vuoden 2016 jälkeen Luulajan yliopiston koordinoiman verkoston tulisi toimia itsenäisesti. Suomalaisia toimijoita on ollut mukana verkoston toiminnassa (mm. LUT, VTT, Outotec). Verkosto on yksi potentiaalinen alusta löytää kumppanuuksia muodostettaessa konsortioita EU-tutkimusrahoitushakuihin.

Ministerineuvoston tasolla kestävän kaivannaistoiminnan pitäminen esillä keskusteluissa erityisesti arktisilla alueilla voinee rakentaa pitkän aikavälin kysyntää Suomalaiselle osaamiselle. NordMin -verkoston toimintaan vaikuttaminen taas on mahdollista ohjausryhmän kautta, jossa Suomella on edustus.

A 4 Kotimaisen teollisuuden t&k -tarpeet ja alan tulevaisuuden kehityksen haasteet

A 4.1 Yleistä

Kaivannaisalan tutkimusstrategian tulee kattaa sekä nykyiset tunnistetut tutkimustarpeet että luoda edellytyksiä uusille avauksille ja niihin perustuville sovelluksille. Kansainvälisesti perinteisesti vahvoja osaamisen alueita Suomessa ovat olleet kaivos- ja rikastusteknologia, metallurgia sekä tiedonkäsittely- ja hallinta. Viimeisen viiden vuoden aikana alan tutkimus on laajentunut kattamaan myös muun muassa ympäristöpolitiikan, sosiaalisten vaikutusten, sääntelyn, terveyden ja hyvinvoinnin, sekä maankäytön aihepiirejä. Yleisesti kaivannaisalan sekä siihen liittyvän tutkimuksen määrä on kasvanut ja monipuolistunut, mitä on tukenut omalta osaltaan kansainvälisesti katsoen vahva yhteistyö yritysten, yliopistojen sekä tutkimuslaitosten välillä.

A 4.2 Kaivosteollisuus

Kaivosteollisuus voidaan jakaa etsintäyhtiöihin, etsintä-kaivosyhtiöihin ja pelkästään kaivostoimintaan keskittyviin yhtiöihin. Yhtiöiden koko vaihtelee PK-yrityksistä globaaleihin suuryrityksiin. Tältä osin myös tutkimustarpeet vaihtelevat lyhytkestoisista pienistä tutkimushankkeista pitkäjänteiseen tutkimustoimintaan. Ulkomaisilla yhtiöillä on osin kiinteät tutkimusyhteistyöverkostot ulkomaisten tutkimusorganisaatioiden kanssa, joiden toteuttamissa hankkeissa he toimivat usein tärkeänä rahoittajana. Nämä tutkimuskonsortiot ovat sekä kilpailijoita että vertailukohtia kotimaiselle tutkimukselle. Toisaalta yhteistyö näiden organisaatioiden kanssa luo suomalaisille tutkimusorganisaatioille mahdollisuuden verkottua ja kehittää omaa toimintaansa ja osaamistaan.

Tekesin Green Mining -ohjelmassa on tehty kaivosyhtiöiden haastattelututkimuksen yhteenvetoraportti, jossa on kuvattu yhdentoista kaivosyhtiön kehitystarpeita ja kuinka kaivosyhtiöt näkevät suomalaisen laite-, teknologia- ja palvelutarjoajien potentiaalin sekä kansallisen innovaatioekosysteemin kehityksen.

Green Mining-ohjelman haastatteluiden tulosten perusteella voidaan todeta seuraavaa:

- Suomella on mahdollisuus kehittyä kaivos- ja kaivannaisalan edelläkävijämaaksi, mutta kehitys edellyttää nykyistä koordinoitumpia kehityspanostuksia, pitkäjänteisempää tutkimus- ja kehityspanostuksia sekä eri toimijoiden tiivistä yhteistyötä.

- Aiemmasta kaivosalan kultakaudesta periytynyt osaaminen alkaa olla käytetty ja tarve olisi uuden osaamisen kehittämiseksi.
- Yritysten pitäisi investoida riittävään kansainvälisesti uskottavaan osaamisen tasoon ja harkita yhteistarjoamien kehittämistä muiden yritysten kanssa.
- Kaivosyhtiöt eivät näe merkittäviä markkina-/liiketoimintatarpeiden muutoksia, mutta ympäristöasioiden, kestäväen kaivostoiminnan ja sosiaalisen toimiluvan merkitys korostuu. Muuten merkittävimmät kehitystarpeet liittyvät kaivosten energiankulutukseen sekä huolto- ja kunnossapitotoiminnan kehittämiseen.
- Haastattelututkimuksessa hyödynnettiin liiketoimintalähtöistä elinkaarinäkemyä, jonka hyödyntämiselle nähtiin tarvetta laajemmin kaivosyhtiöiden keskuudessa.

Keskeisiä usean kaivosyhtiön tunnistamia kehityskohteita ovat:

- Kaivosenergia:
 - Louhinnan kehittäminen: Selektiivinen ja reaaliaikainen ohjaus
 - Kaivosten ilmastointi ja hukkaenergian hyötykäyttö
- Huolto- ja kunnossapitopalvelut
- Kaivos ICT ja elinkaarinäkemykset
- Kaivosten toiminnanohjaus: HSQE

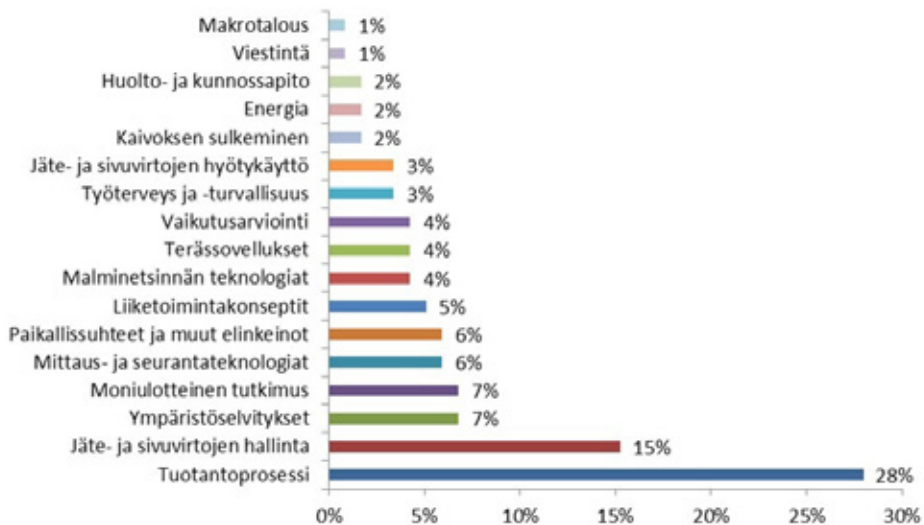
Lisäksi tutkimusstrategian laadintaan liittyvässä verkkokyselyssä esiin tulivat yllä olevien lisäksi seuraavat asiakohdat:

- Syvämalminetsintä ja tehokkaamman malminetsintäteknologiat
- Köyhien/pienien pitoisuuksien malmioiden hyödyntäminen (esim. kemiallinen saostus, uudet rikastusmenetelmät) ja tuottavimmat prosessilaitteistot
- Kaivos ja rikastustoiminnan digitalisaatio eli kaivosautomatisaatio ja rikastusautomatisaation kehittäminen (mm. datan talteenotto ja käyttö sekä kokonaisprosessien mallintaminen ja simulointi). Suomessa olevan teknologian (esim. ICT) muokkaaminen kaivosalan sovelluksiin.
- Vesien hallinta laajasti ymmärrettynä (veden määrän minimointi, vesipäästöjen minimointi, vedenpuhdistusteknologiat, vähävetiset/vedettömät prosessit, pienten metallipitoisuuksien mittaaminen, poisto).
- Rikastustekniikan yhdistäminen / linkittäminen tiiviimmin metallien jalostukseen.
- Kaivosten ympäristöteknologia ja jätteiden vähentäminen ("enemmän vähemmästä") päämääränä jätteen ja huomaamaton kaivos.

Läpikäyvänä piirteenä kaivosteollisuuden tutkimus- ja kehitystarpeissa ovat kestävä kehitys ja resurssitehokkuuden näkökulmat; energiankulutuksen minimointi, resurssitehokkuus ja toiminnan ympäristöturvallisuus. Lisäksi esiin tuli ajatus kiertotaloudesta ja sen antamista uusista mahdollisuuksista kaivostoiminnalle.

Sitra on kartoittanut keväällä 2014 kaivosalan tutkimusta. Hankkeiden kirjo pelkästään Suomessa on valtava puhumattakaan kansainvälisestä kentästä. Sitra jaoteli hankkeet tutkimusteemoihin, jotka eivät ole toisiaan poissulkevia tai absoluuttisia. Useimmat hankkeista liittyvät seuraaviin tutkimusteemoihin (kuva 8): tuotantoprosessi, jäte- ja sivuvirtojen hallinta, ympäristöselvitykset, moniulotteinen tutkimus, mittaus- ja seurantateknologiat, paikallisuhteet ja muut elinkeinot sekä liike-toimintakonseptit. Lisäksi tunnistettiin seuraavia pienempiä tutkimusteemoja: malminetsinnän teknologiat, terässovellukset, vaikutusarviointi, työterveys ja -turval-lisuus, jäte- ja sivuvirtojen hyötykäyttö, kaivoksen sulkeminen, energia, huolto- ja kunnossapito viestintä sekä makrotalous.

Kuva 8. Tutkimusteemojen osuudet kartoitetuista kaivosalan tutkimushankkeista (Sitra).



Hankkeista yli puolet (58 %) ovat luonteeltaan teknologisia. Noin viidennes (23 %) hankkeista liittyy jollain tavalla veteen, 13 % vaikutusarviointiin, 10 % liiketoimintakonseptien kehittämiseen, 10 % vesien puhdistamiseen, 9 % rikastamiseen, 8 % sosiaaliseen toimilupaan ja 7 % online-mittausteknologioihin. Kansainvälistä yhteistyötä tehdään noin viidenneksessä (22 %) hankkeista.

A 4.3 Kiviainesteollisuus

Kiviainesteollisuuden kotimaassa tunnistettuja kehityshaasteita ovat muun muassa i) raaka-aineiden saatavuus, ii) kannattavuus, iii) ympäristöhaittojen hallinta (mm. melu, pöly, tärinä sekä pohja- ja pintavesien suojeleminen), iv) teknologioiden kehittäminen ja energiatehokkuus sekä v) logistiikka (Hernesniemi & muut, 2011).

Alan tutkimus- ja kehittämispanostukset ovat toimialakohtaisesti keskimääräistä alhaisemmat. Tiehallinnon vetäytyminen T&K toiminnan rahoituksesta on johtanut toiminnan merkittävään supistumiseen. Alalta on poistunut tutkimusprojektien puuttuessa asiantuntijoita kokonaan pois tai muihin tehtäviin. Osaamistason pohjan kapeus on tällä hetkellä ilmeinen eikä alalle tule uusia osaajia. Alan kehittäminen vaatii myös huippuosaajia, jotta Suomi voisi toimia alan kehittämisen tiennäyttäjänä. Osaamistason nosto edellyttää aktiivista osallistumista kansainvälisiin tutkimusprojekteihin (esimerkiksi EU:n puiteohjelmat).

A 4.4 Luonnonkiviteollisuus

Suomessa luonnonkiviteollisuus poikkeaa mm. yrityskooltaan, ympäristövaikutuksiltaan ja toimintatavoiltaan muista kaivannaisteollisuuden osatoimialoista. Hyödynnettävissä olevien luonnonkiviesiintymien (rakennuskivi-, tarvekivi-) paikallistaminen muistuttaa malmiesiintymien paikallistamista ja luonnonkivilouhimoiden sivukiveä voidaan hyödyntää infrarakentamisessa. Luonnonkiviteollisuuden osaloista vuolukivi- ja marmorituotantoa säätelee kaivoslaki kuten malmien ottamista kun sen sijaan graniitin louhintaa ohjaa maa-ainelaki samoin kuin murskeiden ottamista. Näin ollen luonnonkiviteollisuudella on myös yhteisiä ympäristön, lainsäädännön, hallinnon ja ennakoivan tutkimuksen tarpeita kaivos- ja kiviainesteollisuuden kanssa.

Yksi keskeinen kiviainestoinnasta poikkeava piirre luonnonkiven louhinnassa on runsas syntyvän ns. sivukiven määrä; materiaalin, jota ei välittömästi hyödynnetä vaan varastoidaan louhimoalueelle.

Luonnonkiviteollisuuden kotimaassa tunnistettuja kehityshaasteita ovat muun muassa i) raaka-aineiden saatavuus, ii) tuotteistaminen iii) tuotteiden ja palvelujen kehittäminen, iii) ympäristöhaittojen hallinta, iv) rakennustekninen ja tuotantotekninen tehokkuus ja ekologisuus, sekä v) jakelun kehittäminen (Hernesniemi & muut, 2011). Teollisuuden intresseissä on parantaa louhinnan hyötysuhdetta ja tuotekehittelyä sekä tutkimuksen kautta luoda sivukivelle uusia hyödyntämismahdollisuuksia. Tutkimus- ja kehitystoiminnan päämääränä on tuotteiden jalostusasteen lisääminen, uusien innovatiivisten luonnonkivituotteiden ja -rakenteiden kehittäminen sekä materiaalien, erityisesti luonnonmateriaalien, yhteiskäytön kehittämiseen. Kotimaisen arvoketjun vahvistamiseksi jalostusketjun teknologiaa voisi kehittää siirtäen osaamista muilta toimialoilta. Louhintamenetelmien ja -teknologian taso on Suomessa kohtuullisen hyvä mutta aina voidaan parantaa niin louhinnan suunnittelua kuin tekniikkaa. Suomalaisen jalostusteknologian valmistajia on rajallisesti ja tämän vahvistamiseksi voitaisiin hankkia ulkomaista osaamista Suomeen sekä siirtää osaamista muilta toimialoilta luonnonkivialalle. Alalle voitaisiin mallintaa yhdessä esim. yliopistojen ja VTT:n kanssa ”optimaalinen kivituetetehdas”. Kiven käytön kehittämisen mahdollisuudet tulisi tunnistaa yleisesti aiempaa paremmin osana arkkitehtuurisuunnittelua sekä nykyaikaista rakentamista.

A 4.5 Mineraalialan teknologiateollisuus ja palvelut sekä jatkojalostus metalleiksi ja tuotteiksi

Suomalaisen metallinjalostus ja metalliteollisuuden uudistuminen edellyttää uuden tarjoaman kehittämistä mikä tähtää kansainvälisen kilpailukyvyn parantumiseen. Keskeisenä tekijänä ovat uudet toimintamallit nopeasti muuttuvassa globaalissa toimintaympäristössä. Kehitettävien tuotteiden ja palveluiden tulee vastata alati kasvaviin vaatimuksiin tuotteiden kustannus- ja energiatehokkuudelle. Samanaikaisesti vaatimukset tuotteiden laadulle ja ympäristöystävällisyydelle kasvavat. Uudet nousuvat teknologiat tuovat myös mukanaan vaatimuksia uusille entistä kovemmissa käyttöolosuhteissa toimiville materiaaliratkaisuille. Keskeiset toiminta-alueet, bioenergia, sähköntuotanto, nosto / käsittely / kuljetusvälineet, laiva ja off-shore teollisuus, kierrätystechnologiat, arktiset teknologiat ja prosessiteollisuus.

Tunnistetuilla alueilla on tarve kehittää kestävä kehityksen mukaisia elinkaarihokkaita ratkaisuja vastaamaan kasvaneisiin vaatimuksiin materiaali ja energiatehokkaista ratkaisuista. Tulevaisuuden koneiden ja laitteiden elinkaaren aikaiset kustannukset tulee olla dramaattisesti nykyistä pienemmät. Tämä edellyttää tuotteilta korkeaa suorituskykyä, kustannustehokkuutta, turvallisuutta ja pitkää käyttöikää. Taloudellinen kilpailukyky on määräävässä asemassa ja on huomioitava että turvallisuus ja ympäristönäkökohdat tulee huomioida kustannustehokkuutta määritettäessä.

Tuotantoprosessien energiankulutus ja kasvihuonepäästöt ovat myös keskeisiä kilpailutekijöitä. Pyrkimys kohti o-päästöisiä prosesseja, yhdistettynä sivuvirtojen ja jätteiden tehokkaaseen hyödyntämiseen on yksi keskeisiä suuntaviivoja. Kokotuo- tantoketjun huomioiminen aina malmista tuotteeksi avaa mahdollisuuksia raaka- aineiden tehokkaalle hyödyntämiselle. Materiaali- ja elinkaarihokkuutta tavoitellaan myös kehittämällä parempia työkaluja materiaalien valintaan ja tuotteiden suunniteluun. Suunnittelukriittisen materiaaliominaisuusdatan helppo saatavuus on edellytys tavoitteiden saavuttamiselle.

Kehittyneiden simulointityökalujen ja sähköistentyökalujen kehittäminen nähdään yhtenä avaintekijöistä tavoitteiden saavuttamiselle. Uudet innovatiiviset simulointityökalut prosessien hallintaa yhdistettynä materiaaliominaisuuksien ennakoimiseen mallinnuksen keinoin avaavat täysin uusia mahdollisuuksia ja nopeuttavat kehitysprosessia sekä alentavat kustannuksia. Uusien prosessien kehittäminen alhaisen pitoisuuden malmien, sivuvirtojen ja jätteiden prosessointiin avaa uusia liiketoimintamahdollisuuksia. Yhdistämällä reaaliaikainen simulointi osaksi prosessiohjausta voidaan tuottaa pitkälle optimoituja tuoteominaisuuksia.

Tuotantoteknologioiden lisäksi osa kilpailukyvystä muodostuu tehokkaisiin sähköisiin järjestelmiin perustuviin tiedonhallintajärjestelmiin, joilla hallintaan niin globaaleja valmistusketjuja kuin alihankinata ja arvoketjupätkiä.

A 5 Kaivannaisalan tutkimuskenttä ja rahoitus Suomessa

Kaivannaisalan tutkimuskenttä jakaantuu kolmeen pääosioon: yliopistot, tutkimuslaitokset ja ammattikorkeakoulut. Näitä käsitellään erillisinä, vaikkakin niillä on osin selkeät yhteydet toisiinsa. Suomen Akatemian teettämä tutkimus ”Tieteen tila 2014” julkaistiin 24.10.2015 ja siinä korostettiin tarvetta eri tutkimustahojen selkeämpään profiloitumiseen. Vuonna 2014 valmistui myös ”Avoimen tieteen ja tutkimuksen tiekartta 2014–2017” ja samanaikaisesti kaivannaisalan strategiatyön kanssa on myös meneillään valtioneuvoston tutkimuslaitoksia ja tutkimusrahoitusta koskevan periaatepäätöksen pohjalta (5.9.2013) aloitettu korkeakoulujen ja tutkimuslaitosten yhteistyön syventämisen monivuotinen prosessi. Tähän liittyvän tiekartan luonnos esiteltiin sidosryhmille 10.2.2015 ja ohjausryhmän tavoitteena on viedä tiekartta maaliskuussa ministeriöiden kansliapäällikkökokoukseen hyväksyttäväksi. Samassa tilaisuudessa julkaistiin raportti ”Korkeakoulujen ja tutkimuslaitosten yhteistyö ja yhteistyön esteet” (Pelkonen ja Nieminen, 2015). Tämän työn kehittämisehdotuksiin kuuluivat työnjaon ja roolien selkeyttäminen ja yhteistyön kehittäminen, jota tukemaan tarvitaan selkeitä kansallisia linjauksia, keskinäisen informaation lisäämistä ja yhteistyötä tukevia konkreettisia hyötyjä.

A 5.1 Yliopistot

Pitkällä tähtäimellä kaivannaisalan uskotaan kasvavan yhdeksi Suomen kansantalouden tukipilareista, minkä vuoksi myös kaivosalan yliopistokenttää tulee kehittää. Kaivannaisalan tutkimusta tehdään seuraavissa teknillisissä yliopistoissa: Aalto yliopisto, Oulun yliopisto, Lappeenrannan teknillinen yliopisto ja Tampereen teknillinen yliopisto. Lisäksi useassa yliopistossa on kaivannaisteollisuuden suoraan liittyvää (geotieteet) tai tukevaa tutkimusta.

Tarvitaan entistä enemmän yhteistyötä eri toimijoiden välille. Esimerkkeinä yliopistokentän muutoksesta ovat Oulun yliopistoon perustettu uusi kaivos- ja vuori-alan tiedekunta (Oulu Mining School), Itä-Suomen yliopistoon vuoden 2014 alusta perustettu uusi kaivospolitiikan professori Lappeenrannan teknilliseen yliopistoon perustettu kaivosvesien käsittelyn professori ja Lapin yliopiston luonnonvaraoikeuden tutkimusprofessori. Myös Helsingin yliopistossa on vahvistettu kallioperägeologian ja taloudellisen geologian osuutta. Professori-kunnassa tapahtuu tällä hetkellä jonkin verran muutoksia eläköitymisen takia. Lisäksi varsinkin Oulun yliopisto on vahvistamassa kaivannaisteollisuuden osaamistaan kolmella uudella professorilla.

Kuvassa 9 on esitetty kaivannaisalan osaamis- ja tutkimusalueet sekä teknillisten yliopistojen osallistuminen tutkimusalueisiin. Kuvassa on esitetty myös kaivannaisteollisuutta tukevat osaamiset ja yliopistot, joilla on tutkimusta näillä alueilla.

Kuva 9. Kaivannaisteollisuuden osa-alueet ja niihin liittyvää tutkimusta ja opetusta antavat yliopistot. Kuvassa on myös kaivannaisteollisuutta tukevat tutkimus- ja opetusalueet sekä yliopistot

Aalto Helsinki Oulu Turku Åbo	Aalto Lappeenranta: (kaivosvedet) Oulu Tampere (bio, kiviaines)	Aalto Lappeenranta Oulu	Aalto Lappeenranta Oulu Tampere	Aalto Oulu Tampere	Aalto Lappeenranta
Raaka -aine Raaka-aine Lähteet		Rikastus- tekniikka	Metallinjalostus		Kierrätys
Geotieteet: geofysiikka, kallio-, malmi- ja maaperägeologia, geokemia, georakentaminen	Kaivostekniikka (louhinta ja jauhatus), mekaaninen erottaminen, bioprosessit, kaivosvesien hallinta, kiviainesosaaminen	Rikastusteknologia, erotustekniikka (neste-kiinteä, kemiallinen erottaminen)	Prosessikemia, hydrometallur- gia, biohydro- metallurgia, pyrometallurgia,	Fysikaalinen metallurgia, metallien muokkaus- tekniikka	Kierrätysmateriaalin käsittely
Kaivannaisteollisuuden ympäristöasiat: luonnonvara- ja ympäristöpolitiikka (ISY, OY), luonnonvaraoikeus (HY, LY), ympäristöasiat (HY, JY), kemia ja analytiikka (Aalto, LUT, OY, ÅA), prosessinohjaus (Aalto, OY), mittaustekniikka (OY)					

A 5.2 Tutkimuslaitokset

Kaivannaisteollisuuteen ja mineraalisiin raaka-aineisiin liittyvää tutkimusta tehdään pääasiassa kahdessa tutkimuslaitoksessa Geologian tutkimuskeskus (GTK) ja Teknologian tutkimuskeskus (VTT). Laajempaan kokonaisuuteen aihepiiriin tutkimukseen näiden toimijoiden lisäksi osallistuvat myös Suomen ympäristökeskus (SYKE), Suomen luonnonvarakeskus (LUKE, 1.1.2015 alkaen), Terveyden ja hyvinvoinnin Laitos (THL), Centre for Measurement and Information Systems, CEMIS (Oulun ja Jyväskylän yliopistot, Kajaanin AMK ja VTT) sekä Säteilyturvakeskus (STUK). Toimijoiden osaamisen ja tutkimusalueiden keskeisiä komponentteja on koostettu kuvaan 10.

Kaivannaisalan globaalia luonteesta johtuen tutkimuslaitoksilla on perinteisesti paljon kansainvälistä tutkimusyhteistyötä. Toisaalta uudentyyppiset tutkimuskäytännöt esim. sosiaalisen hyväksynnän, maankäytön tai terveysvaikutusten osalta kohdistuvat tyypillisesti alueellisiin tai paikallisiin hankkeisiin tai ilmiöihin.

Yleisesti tutkimuksen volyymi aihepiiriin osalta on ollut kasvussa viimeisen viiden vuoden aikana suomalaisissa tutkimuslaitoksissa erityisesti yhteisrahoitteisen ja maksullisen toiminnan kautta.

Kaivannaisalan liittyvien tutkimuslaitteistojen sekä tietoaineistojen osalta tutkimuslaitoksilla on merkittävä rooli. Suuntaus esimerkiksi laitteistojen osalta on ollut kohti yhteishankintoja yliopistojen kanssa, josta esimerkkinä on GTK:n, Aalto-yliopiston, Helsingin yliopiston, Turun yliopiston, Oulun yliopiston ja Åbo Akademin mittava yhteishanke ”Suomen geotieteiden tutkimuslaboratorio (SGL)”.

Kuva 10. Kaivannaisteollisuuden osa-alueet ja niihin liittyvä tutkimuslaitosten osaaminen.

GTK	GTK, VTT	GTK	VTT	VTT	VTT, GTK
Raaka-aine Lähteet	Raaka-aine Kaivostekniikka, Raaka-aineiden esikäsittely	Rikastus- tekniikka	Metallinjalostus		Kierrätys
Mineraalivarat, geotieteet (geokemia ja -fysiikka, malmi-, kallio- ja maaperägeologia)	Kaivostekniikka (louhinta ja jauhatus), mekaaninen erottaminen, bioprosessit, kaivosvesien hallinta, kiviainesosaaminen	Rikastusteknologia, erotustekniikka (neste-kiinteä, kemiallinen erottaminen)	Prosessikemia, hydro- ja biohydro- metallurgia, pyrometallurgia	Fysikaalinen metallurgia, metallien muokkaus- tekniikka	Kierrätysmateriaalin käsittely (lajittelu, mekaaninen, kemiallinen sekä biologinen erottaminen ja puhdistus), prosessivedet
Prosessimallinnus ja simulointi, kaivannaisteollisuuden ympäristövaikutukset, materiaalivirrat, elinkaaret (SYKE, GTK, VTT), teolliset symbioosit/vesi, maankäytön yhteensovittaminen (LUKE), kaivostoiminnan vaikutus pintavesiin (THL), työturvallisuus (TTL), mittaus- ja mallinnus (CEMIS), säteily (STUK)					

A 5.3 Ammattikorkeakoulut

Kaivannaisalan ammattikorkeakoulutukseen liittyen tehdään myös tutkimus- ja testaustyötä muun muassa prosessi-, materiaali-, kemian- tai kaivostekniikan sekä maa- ja kalliotekniikan aloilla sekä luonnonkiviin liittyen. Tämä tutkimus on pitkälti soveltavaa tutkimusta tavoitteenaan löytää konkreettisia ratkaisuja yritysten teknologisiin ongelmiin. Lisäksi näiden hankkeiden motiivina on opiskelijoiden ja opettajien ammattitaidon kehittäminen. Keskeisiä toimijoita ovat Centria, Lapin, Kajaanin ja Saimaan AMK:t (kuva 11).

Kuva 11. Kaivannaisteollisuuden osa-alueet ja niihin liittyvä ammattikorkeakouluosaaminen ja -opetus.

Kajaanin AMK Lapin AMK	Kajaanin AMK Lapin AMK Saimaan AMK (kiviaines)	Centria AMK	Saimaan AMK
Raaka-aine Lähteet	Raaka-aine Kaivostekniikka, Raaka-aineiden esikäsittely	Rikastus- tekniikka	Kierrätys
Malmi- ja maaperägeologia, georakentaminen	Kaivostekniikka (laitteiden kunnossapito, louhinta, jauhatus), luonnonkivi- ja kiviainesosaaminen	Rikastusteknologia	Kierrätysmateriaalin käsittely
Kaivannaisteollisuuden ympäristöasiat: luonnonvarojen kestävä käyttö (Lapin AMK)			

A 5.4 Rahoittajat – rahoitusinstrumentit

Tällä hetkellä (2014) on käynnissä FIMECC:n lisäksi kaksi kaivannaisalaa suoraan palvelevaa tutkimusohjelmaa, joista toista rahoittaa Tekes ja toista Suomen Akatemia. Näiden lisäksi kummallakin rahoittajalla on yksi ohjelma, jonka aihealue tukee joitain kaivannaisalaaan liittyviä teemoja sekä luonnollisesti kummankin rahoittajan avoimet haut palvelevat myös kaivannaisalan tutkimusrahoitustarpeita (Taulukko 2).

Viimeisten vuosien aikana kaivannaisalaa tukevan tutkimuksen julkinen rahoitus on laitosten budjettirahoituksen lisäksi ollut suuruusluokkaa 40 miljoonaa euroa, josta FIMECC:n osuus on ollut n. 30 miljoonaa euroa vuodessa. Tässä tasossa on kuitenkin merkittäviä vuosittaisia vaihteluja riippuen ohjelmien alku- ja päättymisajankohdista toisiinsa verrattuna sekä etenkin erillisten kohdennettujen hakujen ajankohdista.

Taulukko 2. Kaivannaisalan tärkeimmät kotimaiset rahoittajat ja niiden käynnissä olevat ohjelmat.

	Ajanjakso/hakujen määrä	Budjetti	pääaihealueet	Tyyppi
TEKES				
Green Mining	2011-2016	71 M€, josta Tekes noin 35 M€	Huomaamaton ja älykäs kaivos Uudet mineraalivarannot	Soveltavaa tutkimusta, tuotekehitys
Green Growth	2011-2015	80 M€, josta Tekes noin 40 M€	yksi neljästä aiheesta: Kierrätys, raaka-aineiden talteenotto ja jätteiden käsittely	Soveltavaa tutkimusta, tuotekehitys
Suomen Akatemia				
Mineraalivarat ja korvaavat materiaalit (suunnattu haku)	2014-2019 Haut 2014 ja 2015, mahdollisista uusista haviista päätetään erikseen	4 M€ + 8 M€	Primäärit mineraalivarat Materiaalitehokkuus ja kierrätys Korvaavat materiaalit	Perus- ja soveltava tutkimusta
Arktinen tutkimusohjelma	2014-2018	vuonna 2014 11 M€, budjettipäätökset vuosittain	yksi neljästä aiheesta: Taloudellinen toiminta ja infrastruktuuri arktisissa oloissa	Perus ja soveltavaa tutkimusta
Avoin haku	hakuja vuosittain		avoin, voi liittyä jonkun SHOK:n aiheisiin	Perustutkimus, infrastruktuurit
SHOK				
FIMECC	ohjelmat 3-5 vuotta, budjetti 15-50 M€, hakuja vuosittain	kaivannaisalaan liittyvien osuus luokkaa 30 M€/a	koneenrakennus, automaatio, prosessiteknologia	Perus- ja soveltavaa tutkimusta

Taulukossa mainittujen lisäksi monet säätiöt rahoittavat kaivannaisalan tutkimusta. Esimerkkeinä voidaan mainita Suomen kulttuurirahasto (käynnissä Argumenta-sarjan hanke yhteiskunnallisista näkökulmista), K.H. Renlund -säätiö, Suomen luonnonvarain tutkimussäätiö, Teknologiateollisuuden 100-vuotissäätiö ja Metallinjalostajien rahasto. Säätiöiden kaivannaisalan tutkimushankkeiden rahoitus on vuositasolla yhteensä luokkaa satoja tuhansia – miljoona euroa.

Edellä mainittujen rahoitusohjelmien lisäksi kaivannaisalan tutkimusta rahoitetaan myös aluekehitysvaroista. Itä- ja Pohjois-Suomen aluekehitysvaroja on suunniteltu ohjattavaksi kaivannaisalan ylimatekunnallisen yhteistyön kehittämiseen seuraavilla kärkialoilla:

- Ekotehokas kaivannaistoiminta
- Uusien mineraali- ja luonnonkivivarantojen kartoitusmenetelmien kehittäminen
- Yhteiskunnallisesti vaikuttava kaivannaistoiminta

Erityisenä tuen kohteena ovat pk-yritykset, etenkin teollisuuspalveluyritykset. Lisäksi tukea suunnataan kaivannaisalan toimintaa tukeva tutkimus-, kehittämis- ja innovaatiotoimintaan sekä osaamispohjaa vahvistavaan koulutukseen. Rahoitusta voi hakea vain Itä- ja Pohjois-Suomen alueella toimivat yritykset ja muut toimijat. Kaudella 2014-2020 edellä mainituista kärkialoista Ekotehokas kaivostoiminta ja Uusien mineraali ja luonnonkivivarantojen kartoitusmenetelmät on suunniteltu ohjattavaksi suuruusluokkaa 5 miljoonaa euroa.

B Suomen kaivannaisalan tutkimusstrategia

B 1 Suomen kaivannaisalan tutkimuksen visio

Suomessa kaivannaisalan tutkimuksen visio tulee istuttaa muihin alan toimintaan liittyviin strategioihin, joista tärkeimmät ovat mineraalistrategia, luonnonvaraselonteko sekä osin myös biotalousstrategia. Näiden strategioiden visiot on esitelty alla.

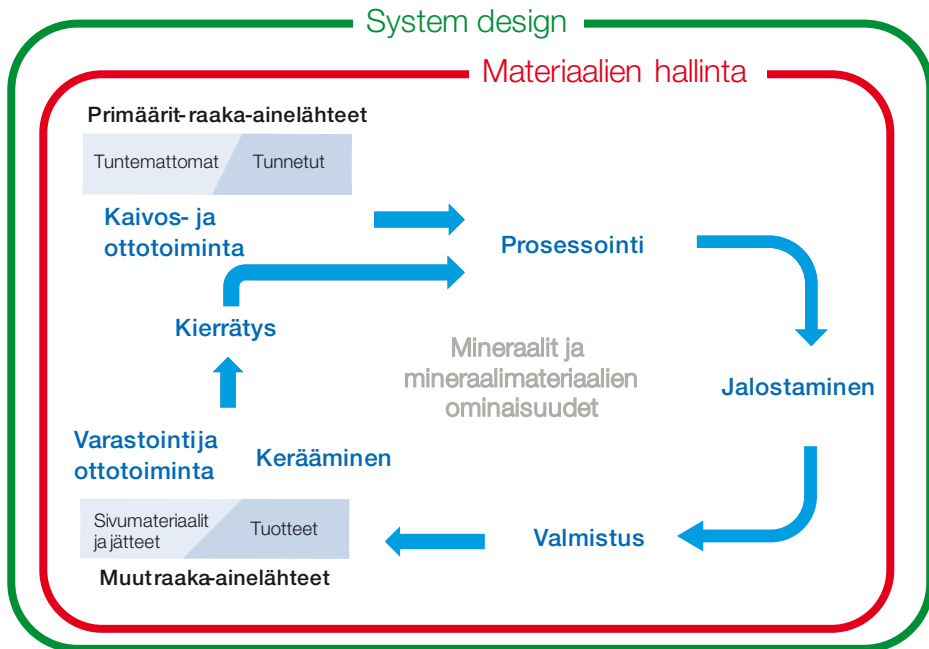
- Suomen mineraalistrategia (2010) visio 2050 ”Suomi on mineraalien kestävä hyödyntämisen globaali edelläkävijä ja mineraaliala on yksi kansantaloustemme tukipilareista”.
- Luonnonvaraselonteko (2014) ”Vuonna 2050 Suomi on kestävä luonnonvaratalouden edelläkävijä”
- Cleantech-strategia (2014) ”Suomi on vuonna 2020 cleantech-liiketoiminnan globaali suurvalta”
- Biotalousstrategia: Visio vuodelle 2025. ”Biotalous kestävä ratkaisut ovat Suomen hyvinvoinnin ja kilpailukykyyn perusta”

Kaivannaisalan tutkimustarpeisiin vaikuttavat olennaisesti yleiset yhteiskunnalliset tarpeet. Näistä merkittävimmät ovat kestävä kehityksen periaatteiden sisällyttäminen kaikkiin toimiin, resurssitehokkuuden lisääminen (energia, vesi, materiaalit), hiilineutraalius, kiertotalouden rakentaminen sekä digitaalisuuden täysipainoinen hyödyntäminen. Lisäksi tulee kehittää ja ylläpitää valmiutta tunnistaa ja ennakoida erilaisia kaivannaisalan kansallisia sekä kansainvälisiä haasteita ja tietotarpeita mineraalistrategian ja uudistetun luonnonvaraselonteon tavoitteita tukien. Tämä pitää sisällään muun muassa kaivannaisten hyödyntämiseen liittyvän teknologioiden kehittymisen, raaka-aineiden kysynnän ja tarjonnan muutokset, varantietojen sekä asiakaskäyttäytymisen muutokset ja yritysten toimintaympäristön kehittymisen.

Kaikkissa materiaalikierron vaiheissa syntyy sivumateriaaleja, jätteitä tai tuotteita jotka muodostavat raaka-ainelähteitä kierrätykselle kaivos- ja ottotoiminnan rinnalle. Uusiutumattomien luonnonvarojen tehokkaamman hyödyntämisen huippuosaamisen avulla kaikissa materiaalikierron vaiheissa voidaan edistää kiertotalouden tavoitteita (kuva 12). Korkea tietotaso, koko materiaalisyklin hallinta ja digitalisointi ovat avainasemassa nykyisen ”perusteollisuuden” kehityksessä ja varsinkin luotaessa tulevaisuuden innovaatioita ja kansallista kilpailukykyä. Säätelyjen

ja ostajatietoisuuden kautta syntyy uusia liiketoiminta mahdollisuuksia, esim. materiaalien sertifiointin (alkuperä, hiilijalanjälki etc.) kautta.

Kuva 12. Yksinkertaistettu kuva kaivannaisalan yhteydestä kiertotalouteen. Kaikissa materiaali-kierron vaiheissa syntyy sivumateriaaleja, jätteitä tai tuotteita jotka muodostavat raaka-ainelähteitä kierrätykselle kaivos- ja ottotoiminnan rinnalle. Uusiutumattomien luonnonvarojen tehokkaamman hyödyntämisen huippuosaamisen avulla kaikissa materiaali-kierron vaiheissa voidaan edistää kiertotalouden tavoitteita.

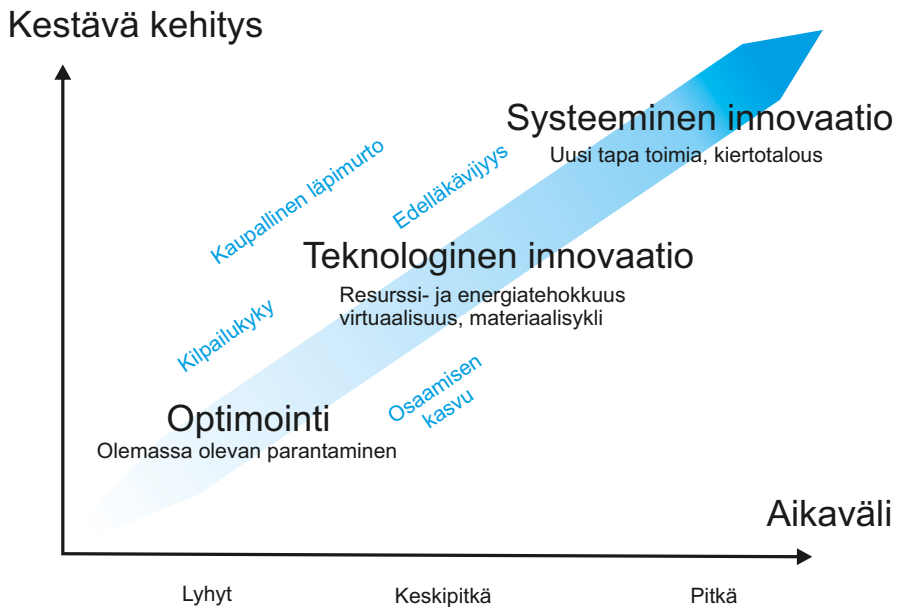


Yhteistä jo olemassa oleville visioille on kestävä kehitys. Teollisen toiminnan hiipumisen katkaiseminen ja uuden kestävä kasvun luominen ovat Suomen avainkysymyksiä nyt ja tulevaisuudessa. Kestäväan kehitykseen perustuva kasvu on päämäärä, jota tutkimusstrategian tulee edesauttaa. Toisaalta meidän tulee vastata tulevaisuuden haasteisiin ja luoda edellytyksiä tulevaisuuden teolliselle toiminnalle. Tämä edellyttää systeemistä ja eko-innovaatiivista lähestymistapaa (kuva 13), jolloin tutkimus on osa laajempaa koko yhteiskuntaa koskettavaa suuntautumista kohti kiertotaloutta. Myös kiertotaloudessa primäärinen raaka-aineiden tarve säilyy korkealla tasolla vielä pitkään, joten Suomen resurssipohjan turvaaminen ja laajentaminen mineraalisten raaka-aineiden osalta on tärkeää. Kaivannaisalalla on tarve optimoinnin ja teknologisten innovaatioiden lisäksi olla mukana kehittämässä systeemisten innovaatioiden kautta uusia läpimurtotuotteita ja -palveluja sekä liiketoimintamalleja. Visio keskittyy raja-aitoja kaatavan ajattelun edistämiseen, vaikkakin

optimoinnin ja teknologisen kehitykseen liittyvä T&K-toiminta on myös lähitulevaisuudessa kaivannaisalaan liittyvän teollisen toiminnan tukiranka.

Systeminen innovaatio on "Yhdistettyjen innovaatioiden sarja, joissa jokainen on toisistaan riippuvainen sisältäen sekä innovaatioita systeemin osissa ja niiden välisissä vuorovaikutuksissa"

Kuva 13. Vision takana oleva ajattelumalli teknologisesta kehityksestä kohti systeemistä ajattelua.



Kaivannaisalan tutkimusstrategian visio:

Kaivannaisalan korkeatasoinen tutkimus ja osaaminen luovat Suomelle uutta kestävästä kasvusta ja globaalia liiketoimintaa

B 2 Strategiset tavoitteet ja instrumentit

Vision saavuttaminen edellyttää yhtenäistä kansallista tahtotilaa ja tutkimusagenda, jossa teollisuuden tarpeet, lyhyen aikavälin soveltava sekä keski- ja pitkän aikavälin korkeatasoinen tieteellinen tutkimus yhtyvät jatkumoksi turvaten nykyisten toimijoiden kasvun edellytykset sekä tuottaen uusia teknologia- ja palveluinnovaatioita. Tutkimus tapahtuu jatkossakin osin ongelmalähtöisesti (tutkimuksellinen ongelma, tuottavuus, resurssi- ja energiatehokkuus, ympäristövaikutusten minimointi jne.), mutta yhä enenevässä määrin tutkimuksessa on keskityttävä hyödyntämään koko mineraalitalouden syklin ymmärtämistä sekä linkitystä teolliseen suunnitteluun ja kierrätykseen (kuva 12). Kiertotaloudessa on tärkeä tuntee prosessiin tulevien raaka-aineiden materiaaliominaisuudet ja näiden materiaalien käyttömahdollisuudet tuotantoketjussa sekä kuinka minimoidaan kiertokelvottoman jäännös-materiaalin määrä. Eri rajapintojen ja syklin systeeminen hallinta antaa erinomaiset mahdollisuudet tulevaisuuden innovaatioihin ja tätä kautta korkean tuottavuuden teknologioiden ja palveluiden luomiseen.

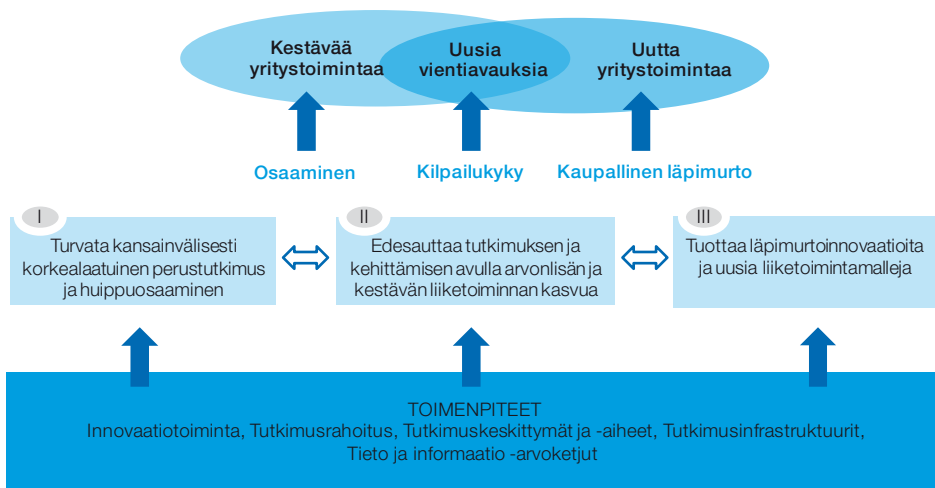
Kansallisen tutkimusstrategian toteutuminen kehittää kaivannaisalan tutkimuksesta nykyistä korkeatasoisempaa, kansainvälisempää, innovatiivisempaa ja tuottavampaa sekä luo uutta teollista kasvua Toteutumisen kannalta on olennaista pysyä tutkimuksen avulla ennakoimaan uusia liiketoimintamahdollisuuksia ja pienentämään sekä ympäristöön ja turvallisuuteen että yritysten toimintaympäristöön liittyviä riskejä. Tuotetun tiedon ja osaamisen tulee rakentaa myös edellytyksiä kansainvälisten investointien saamiseksi Suomeen. Tutkimusstrategian tavoitteet ovat jaettu kolmeen päätavoitteeseen:

Strategian päätavoitteet:

- I) Turvata kansainvälisesti korkeatasoinen perustutkimus ja huippuosaaminen.**
- II) Edesauttaa tutkimuksen ja kehittämisen avulla arvonlisän ja kestävä liiketoiminnan kasvua.**
- III) Tuottaa läpimurtoinnovaatioita ja uusia liiketoimintamalleja.**

Suurelta osin Suomi pystyy itse päättämään tutkimusstrategiassa ehdotetuista toimenpiteistä vaikka sekä tutkimusympäristö että sen rahoitus on yhä kansainväli-
sempää. Viimeaikaisten muutosten jälkeen EU:sta on tullut yhä merkittävämpi kai-
vannaisalan tutkimuksen rahoittaja. Tämä edellyttääkin kansallista yhtenäisyyttä,
että saadaan tutkimusstrategian tavoitteita tukevat toimet mukaan EU:n nykyisiin ja
tuleviin toimintaohjelmiin. Tässä on hyvä liittoutua muiden kaivannaisalan toimija-
maiden kanssa EU:n sisällä. Etsintä- ja kaivospuolella monet toimijat Suomessa ovat
ulkomaisia yhtiöitä, joilla on kiinteät suhteet ulkomaisiin tutkimusorganisaatioihin.
Päämääränä tulee olla, että Suomen esiintymiin liittyvä tietotaito on myös kansal-
lisesti hyödynnettävissä. Tähän päästään lisäämällä suomalaisten tutkijaryhmien
osaamista, yhteishankkeita kansainvälisten huippuyksiköiden kanssa sekä luomalla
tutkimusrahoituksellisia kiihokkeita. Kuvassa 14 on esitetty kaivannaisalan tutki-
musstrategian yleistetty kehys ja päätavoitteiden kautta haettava vaikutukset.

Kuva 14. Kaivannaisalan tutkimusstrategian jäsentymisen ja päätavoitteiden (I-III) kautta haettava vaikutus.



B 2.1 Kansainvälisen tason tutkimusalueita

Olemassa olevan aineiston ja suoritettujen kyselyjen perusteella esille tuli useita tutki-
musalueita, joissa joko jo on tai joihin tulisi saada kansainvälisen tason tutkimusryh-
miä. Ne on alla jaoteltu kaivannaisteollisuuden arvoketjun osiin kuuluviksi, yhdistä-
viksi ja läpikäyviksi tutkimusaloiksi (Kuva 15). Kaikilla näillä aloilla on jo kotimaista
tutkimusaktiiviteettia, mutta lähes kaikissa tapauksissa on selkeä tarve lisätä toi-
minnan volyyymiä jatkuvuuden ja laadun takaamiseksi sekä laajentaa kotimaista ja
kansainvälistä verkottumista.

Kuva 15. Kooste kaivannaisalan tulevaisuuden tutkimustarpeista.

Raaka-aine Raaka-aine Lähteet	Raaka-aine Kaivostekniikka, Raaka-aineiden esikäsittely	Rikastustekniikka	Metallinjalostus	Kierrätys
<p>Materiaali-tietoinfrastruktuurit; geologia, mineraaliset raakaaineet, metallit, korvaavat raakaaineet ja materiaalit</p> <p>Etsintäteknologiat ja -konseptit; peitteiset alueet ja syväminänsintä</p> <p>Älykäs huomaamaton kaivos; materiaalihokas louhintateknologia sekä mittaus, mallinnus ja simulointi</p> <p>Luonnonkivet ja kiviaines; louhinnan hyötysuhteen parantaminen, ainetta rikkomattomat tutkimusmenetelmät, räjäyttämisen korvaavat louhintamenetelmät, raakaaineiden materiaallominaisuudet, sivutuotevirtojen vähentäminen, sertifiointi ja standardit</p> <p>Vesien hallinta; kaivostoiminta</p>		<p>Rikastustekniikka ja esikäsittely; prosessin optimointi, uudet menetelmät (mm. Strategiset ja kriittiset materiaalit)</p> <p>Alhaisten pitoisuuksien kompleksiset malmit; louhinta, prosessointi ja sivutuotteet</p> <p>Vesien hallinta; metallien talteenotto, puhdistus ja kierrätys</p>	<p>Prosessimetallurgia; hydrometallurgia, pyrometallurgia, metallien prosessoinnin resurssitehokkuus (energia, materiaalit ja vesi)</p> <p>valmistuksen optimointi ja uudet menetelmät,</p> <p>Metallit ja tuotteet; uudet materiaalit, terästutkimus, funktionaaliset materiaalit ja teräsket, systeemijattelu</p>	<p>Luonnonkivet ja kiviaines; sivutuotevirtojen hyödyntäminen, tuotteistaminen, logistiikka</p> <p>Metallit ja tuotteet; keräys ja esikäsittelyn tehokkuus, elektroniikkaromu, logistiikka</p>
<p>Koko arvoketjun läpikäyvinä tutkimushaasteina ovat: kestävä elinkaariajattelu, ennakointi (mm. teknologiat, raaka-ainetarpeet, yritysten toimintaympäristö), sosiaalinen hyväksyttävyyys, sovellettu ympäristötutkimus (mm. riskin ja vaikutustenhallinta, mittatekniikka) ja älykkäät järjestelmät (mm. teollinen internet).</p>				

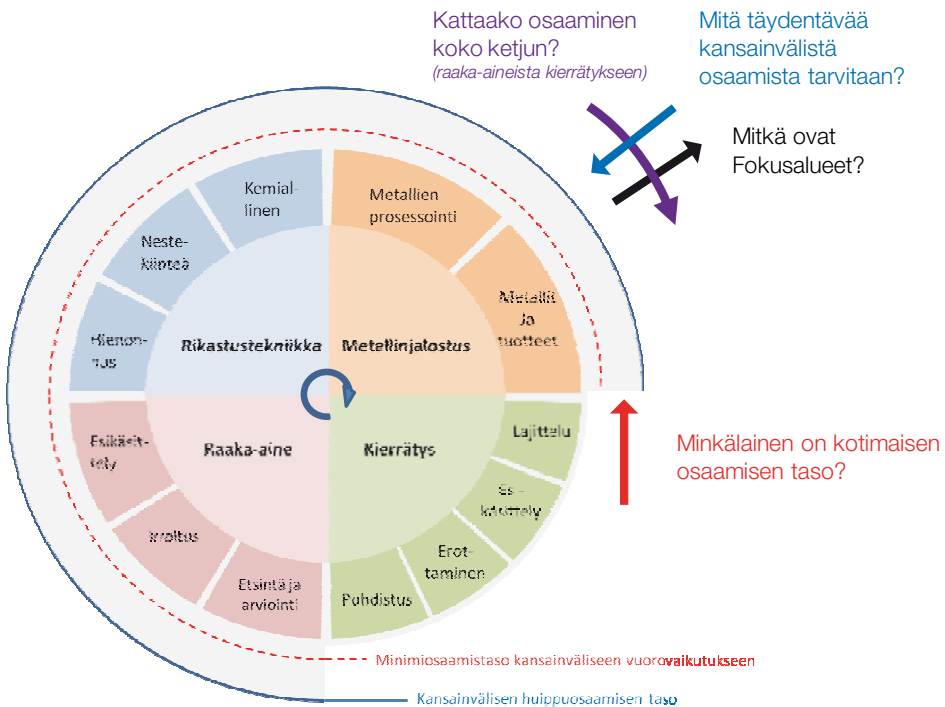
Koko Suomen teollisuuden yhdistäviä tutkimusaiheita ovat materiaalitehokkuus, energiatehokkuus, kierrätys, digitaalisuus (automaatio), vesitehokkuus, materiaalitekniologia, teollinen internet ja uusiutuvat energiaratkaisut. Kaivannaisala liittyy kiinteästi näihin, mutta enenevässä määrin tarvitaan myös poikkiteollisia ratkaisuja. Biotalousduden kanssa voidaan esimerkiksi selvittää energian tuotantoa biojätteistä tai -massasta (puu, turve) ja kuinka biohajoavia yhdisteitä hyödynnetään passiivisessa päästöjen puhdistuksessa. Kierrätys on olennainen osa rikastusteknistä aluetta ja osa materiaalitehokkuutta. Samoin monet kaivannaisalan yritykset ovat osa Cleantech-sektoria. Suomen korkean tason ICT osaamista, mukaan lukien peliteollisuus, tulisi kytkeä raaka-aineosaamiseen päämääränä systeeminen koko materiaalikierron hallinta, joka mahdollistaa uusien materiaali- ja suunnitteluinnovaatioiden tekemisen.

Tärkeimmät tutkimusalueet

- **Materiaalikierto (kiertotalous) ja raaka-aineiden ominaisuudet eli materiaalitutkimus yli koko arvoketjun tuotesuunnitteluun asti (malmista käyttösovellukseksi)**
- **Digitalisaatio kaivannaisalan arvoketjussa (automaatio, ennakkoiva mallintaminen, teollinen internet)**
- **Cleantech eli resurssi- ja energiatehokkaat teknologiat**
- **Uudet liiketoimintamallit**

Koko materiaali kierron ja varsinkin kaivannaisalan arvoketjun rajapintojen hallinta ja hyödyntäminen ovat avainasemassa pyrittäessä kohti systeemisiä innovaatioita. Tässä onkin kaivannaisalan tutkimuksen suuri haaste. Miten yhdistää toisaalta laaja-alainen kiertotalouden hallinta sekä toisaalta keskittää kansalliset voimavarat hyvin valituille fokusaloille. Näiden valinnassa teollisuuden rooli on merkittävä, mutta samalla on luotava mahdollisuuksia myös uudelle yritystoiminnalle. Suomessa tulee olla vähintään minimiosaamistaso kaivannaisalan tutkimuksen koko arvoketjussa ja globaaleja osaamiskeskittymiä valikoiduilla aloilla (kuva 16). Osaamiskeskusten ja temaattisten ryhmien avulla on luotava yhteistyö kansainvälisten huippuyksiköiden kanssa, joka mahdollistaa täydentävän kansainvälisen osaamisen hyödyntämisen myös minimiosaamistason alueilla. Kansallisen ja kansainvälisen osaamisen onnistuneella yhdistelmällä voidaan taata kestävä kasvun edellyttämien teknologisten ja systeemisten innovaatioiden syntyminen.

Kuva 16. Skemaattinen esitys kaivannaisalan tutkimusalueista sekä strategian tavoitteesta kattaa koko arvoketju ja tunnistaa fokusalueita sekä täydentävän osaamisen tarpeita.



Edellä kuvattu kansainvälinen tutkimusyhteistyö on voimakkaasti laajentunut viime vuosina, mutta monella tutkimusalueella on selkeästi vielä parannettavaa. EU-rahoituksen merkityksen kasvaessa on tärkeää luoda kiinteä tutkimusyhteistyö

eurooppalaisten huippuosajien kanssa. Erityisalueena ovat tietysti Pohjoismaat ja varsinkin Ruotsi, jonka kanssa meillä on paljon yhteistä teollisuutta ja tutkimusintressejä. Tämän lisäksi, varsinkin etsintä- ja kaivospuolella, on syvennettävä yhteistyötä Australiaan ja Kanadaan. Päämääränä tulisi olla vakiintunut yhteistyö alan johtavien tutkijoiden kanssa valituissa johtavissa yliopistoissa ja tutkimuslaitoksissa. Tutkijavaihdon on oltava keskeinen osa yhteistyötä ja tutkijavaihto liittyy olennaisesti myös koulutus-työryhmän tavoitteisiin. Huomattavaa on, että useissa tapauksissa Suomessa ei ole mahdollista luoda ns. kriittistä massaa ja tällöin tämä tulisi saavuttaa verkottumalla huippuosajien kanssa. Tärkeimpiä osa-alueita kansainvälisessä yhteistyössä, joissa on todettu puutteita tai tarvitaan lisääntyvää yhteistyötä:

- Etsintäteknologiat
- Kaivos- ja rikastusteknologiat
- Hydrometallurgia
- ”Epät raditionaaliset” metalliseokset
- Vesien hallinta
- Sivuvirtojen hallinta

Sekä Tekes ja Suomen Akatemia mahdollistavat ja osin edellyttävät tutkijavaihtoa sekä vierailuja rahoittamiensa projektien kautta. Lisäksi EU-hankkeet lähtökohtaisesti edellyttävät laajaa kansainvälistä yhteistyötä ja EIT Raw Materialsaktiviteetit perustuvat lähtökohtaisesti laajamittaiseen yhteistyöhön. Pyrkimyksenä tulee olla, että jo toimivissa ja uusissa rahoitusohjelmissä tutkimusyhteistyö ja tutkijavaihto korostuisivat edelleen. Korkeatasoiset kansainväliset yhteishankkeet (SA) täydentäisivät Suomen osaamis pohjaa ja loisivat mahdollisuudet verkottuneelle tutkimustoiminnalle. Tästä esimerkkinä voisi olla etsintä- ja kaivospuolella Suomi-Australia yhteishankkeet.

B 2.2 Tutkimusinfra ja rakenteet

Kansallinen tutkimusinfrastruktuurien asiantuntijaryhmä (FIRI) toteutti tutkimusinfrastruktuurikyselyn syksyllä 2013, minkä tavoitteena oli luoda yleiskuvaa tutkimusorganisaatioiden kannalta keskeisimmistä ja strategisesti merkittävimmistä tutkimusinfrastruktuureista. Suomen Akatemiassa asiaa hallinnoi tällä hetkellä tutkimusinfrastruktuurikomitea (TIK). Kyselyn vastauksissa kuvattiin yhteensä 519 tutkimusinfrastruktuuria, joista 66 prosenttia sijaitsee yliopistoissa, 24 prosenttia tutkimuslaitoksissa ja kuusi prosenttia ammattikorkeakouluissa. Kyselyvastausten perusteella 344 tutkimusinfrastruktuuria tulkittiin paikallisiksi tutkimusinfrastruktuureiksi.¹

Vastauksien joukossa oli 16 tutkimusinfrastruktuuria, jotka voidaan luokitella palvelevan kaivannaissektorin. Ne kattavat melko hyvin koko arvoketjun etsinnästä

¹ Tutkimusinfrastruktuurikysely 2013: Yleiskuva kyselyn vastauksista, Suomen Akatemia.

aina metallien jalostukseen asti. Kyselyssä koottiin infrastruktuureista vain perustietoja. Perusteellisempaa analyysiä varten tulisi infrastruktuureista saada systemaattisemmin tietoa millaisiin tutkimuksellisiin ongelmiin niillä voitaisiin löytää vastauksia sekä mistä kokoluokasta puhutaan, esimerkiksi miten suuria näytteitä laitteistolla voidaan tutkia.

Infrastruktuurien omistajien haastattelujen perusteella voidaan yleisesti todeta, että kaivannaisalaa palvelevien tutkimus- ja pilotointi-infrastruktuureiden käyttöastetta voitaisiin merkittävästi lisätä. Tämän tavoitteen saavuttamista edesauttavia toimia olisivat esimerkiksi markkinoinnin tehostaminen potentiaalisille käyttäjille, eri infrojen palvelujen yhdistäminen käyttäjien tarpeita paremmin vastaaviksi palvelupaketeiksi, verkottuminen Eurooppalaisten infrojen sekä potentiaalisten käyttäjien kanssa. Modernien tutkimuslaitteiden käyttöikä lyhenee jatkuvasti etenkin tietotekniikan nopean kehittymisen takia, mikä edellyttää kalliita uusinta- ja korvausinvestointeja. Tässä yhteydessä pitäisi pyrkiä yhä enemmän kansalliseen yhteiskäyttöön, jossa myös teollisuus olisi vahvasti mukana sekä käyttäjänä että rahoittajana.

Tutkimusstrategian laatimiseen liittyvän kyselyn pohjalta tilanne tutkimuspalvelujen saatavuuden ja -tason osalta nähdään kohtuullisena. Ongelmia nähdään tutkimusryhmien koossa ja sirpaleisuudessa sekä osittain yliopistojen laitosten pienuudessa. Tästä syystä tutkimuksessa usein puuttuu kriittinen massa ja tutkimustoiminta voi olla tehotonta. Puutteena nähdäänkin laajalti, että maassamme ei ole kansainvälisesti tunnettuja ja mittavia osaamiskeskittymiä. Tämä aiheuttaa myös osin rekrytointiongelmia eli suomalainen kaivannaisalan tutkimuskenttä ei ole aina houkutteleva ulkomaisille huippuosaajille. Temaattiset ja verkottuneet keskittymät ovat myös tärkeitä, mutta niiden merkitys kansainvälisesti voi jäädä kapeaksi. Alla on tulleita ehdotuksia tutkimustoiminnan tehostamiseksi.

- Tuetaan globaalisti merkittävien osaamiskeskittymien muodostumista. Päämääränä on, että näiden keskittymien kehittymiseen liittyy läpinäkyvyys, kilpailu sekä tieteellinen ja teollisen vaikuttavuuden arviointi.
- Kriittisen massan ylittäviä tutkimusryhmiä tuetaan myös verkottuneiksi yhteisöiksi; sekä kotimaassa että kansainvälisesti. Päämääränä pitää olla verkottuminen parhaiden kanssa.
- Korkeatasoisissa kansainvälisissä yhteishankkeissa tuetaan ulkomaisten tutkijoiden liikkuvuutta ja vierailuja päämääränä parantaa yliopistojen ja tutkimuslaitosten mahdollisuutta rekrytoida ulkomaisia huippuosaajia.
- Jatko-opiskelijoiden määrän ja laadun lisääminen - tutkijanura tehtävä houkuttelevaksi
- Tutkimuslaitosten, yliopistojen ja ammattikorkeakoulujen yhteistyötä lisättävä; yhteiset investoinnit, verkostomainen toiminta, yhteisprojektit. Hyvänä esimerkkinä yliopistojen ja GTK:n yhteishanke Suomen geotieteiden laboratorio (SGL)
- Tutkimuksen rahoitus sekä monitieteelliset ja -kansalliset tutkimushankkeet ovat hyviä ohjauskeinoja

- Yliopistotason tutkimusta luonnonkivipuolella on lisättävä. Lisäksi yliopistojen ja VTT:n kanssa voitaisiin luoda simulaatiomallinnuksen avulla ”optimaalinen kivituetehdas”.
- Jalostusarvon nostoon ja ympäristöystävällisten toimintamallien markkinointiin on panostettava.

B 2.3 Rahoitus

Kaivannaisalaan liittyvän tutkimuksen rahoitus on perinteisesti ollut kansallista tutkimusrahoitusta, jossa yritykset ovat olleet vahvasti mukana, varsinkin soveltavan tutkimuksen osalta. Viime aikoina kaivannaisalan merkitys on korostunut myös EU:ssa ja avannut uusia rahoitusmahdollisuuksia. Tutkimuksen rahoitus on yksi tärkeimmistä ohjauskeinoista pyrittäessä vahvistamaan tai uudelleen suuntaamaan tutkimus- ja kehitystoimintaa sekä luomaan tätä kautta uutta kestäväää kasvua. Tutkimus voidaan jakaa kolmeen erilaiseen aikajänteeseen, joilla on erilainen tutkimusfilosofia ja usein myös eri päämäärä.

- 1) Lyhyt aikaväli (1–3 vuotta); päämääränä soveltava tutkimus suoraan yritysten tarpeisiin
- 2) Keskipitkä (5–8 vuotta); suunnattu teknologian ja osaamisen kehittämisen sekä teollisuusvetoinen perustutkimus; osin täysin uutta kehittäväää ja riskitutkimusta
- 3) Pitkä (yli 10 vuotta); kaivannaisalaan liittyvä perustutkimus ja uudet mahdollisuudet

Kuvassa 17 on pyritty esittämään kotimaisen rahoituksen kattavuus ja jakaantuminen eri toimijoiden rooleihin. Tässä kuviossa kiinnittyy huomio ”aukkoon” tärkeimpien rahoitusinstrumenttien Suomen Akatemia ja Tekes välillä. Kone- ja metalliteollisuuden strategisen huippuosaamisen keskittymä FIMECC täyttää tätä ”rahoitusvajetta” metallin valmistukseen liittyvän tutkimuksen osalta. Suomen Akatemian suunnattu akatemiaohjelma ”Mineraalivarat ja korvaavat materiaalit” (haku 2013–2014) täyttää myös väliaikaisesti kaivannaisalan rahoitustarvetta. Suomen Akatemian yhteydessä toimii strategisen tutkimuksen neuvosto, jonka tehtävänä on rahoittaa ongelmakeskeistä, pitkäjänteistä ja ohjelmamuotoista tutkimusta tutkimusohjelmien kautta. Näiden tutkimusohjelmien pääteemat valitsee valtioneuvosto. Australiassa ja Kanadassa on käytössä Amira/Camiro-malli, jossa Tekes-ohjelmien tapaan on vahva teollisuuden mukanaolo sekä hankkeiden suunnittelussa että rahoituksessa. Näihin liittyy usein vahva tutkimuksellinen ja koulutuksellinen (väitöskirjatyöt) lähtökohta. Tämä Amira/Camiro-malli voisi olla käyttökelpoinen sitoutettaessa kansainvälisiä Suomessa toimivia yhtiöitä suomalaiseseen tutkimus- ja koulutuskenttään, mutta ongelmana on uuden osin päällekkäisen järjestelmän luominen.

Tutkimusstrategian laadinnan yhteydessä olleessa kyselyssä kysyttiin miten tutkimusrahoitus tulisi kanavoida. Vastaukset vaihtelivat erillisestä Tekes-ohjelmasta yhteisten Tekes-SA ohjelmien kautta kaikkien rahoituskanavien hyödyntämiseen. Kaivannaisalan SHOK:n osalta osa vastaajista näki sen erittäin tärkeänä ja toimivana erillisenä instrumenttina ja useat, että Tekes-ohjelmat riittävät ja/tai että nykyisiä SHOK:ia tulisi laajentaa käsittämään koko kaivannaisalaa, esim. laajentamalla FIMECC. Laajassa mielessä teollisuus näkee, että sillä tulisi olla vahva rooli tutkimuksen ohjauksessa eli yritysohjattu rahoitusmalli. Toisaalta mikäli halutaan synnyttää täysin uutta liiketoimintaa se edellyttää ohjelmaa, joka ei edellytä olemassa olevan teollisuuden panosta. Kytkeä mahdolliseen liiketoimintaan pitäisi kuitenkin olla tässäkin tapauksessa. Suomen Akatemian merkitystä korostettiin myös perustutkimuksen osalta ja suunnattuja akatemiaohjelmia pidettiin hyvinä, mutta toivottiin parempaa yhteistyötä teollisuuden kanssa näiden suunnittelussa ja toteutuksessa. Tällöin tieteelliset tulokset saadaan aidosti siirrettyä ylemmäksi teknologisen valmiuden tasolla ja ne toimivat pohjana uusille innovaatioille.

Suomen Akatemian Strategisen tutkimuksen neuvoston (STN) osalta toivottiin tutkimusohjelmia kestävästä kaivosteollisuuden ja kaivannaisalan yhteiskuntahyödyntävyyden vahvistamiseksi sekä rahoitusta avauksiin nykyisten yritysten toimintalojen ulkopuolelle. Ohjelmien olisi ulotuttava teemoihin, jotka parantavat Suomen innovaatiokyvykkyyttä, kaivannaisalan globaalia kilpailukykyä ja Suomessa tapahtuvan jatkojalostuksen edellytyksiä. Monitieteellisyys sivuvirtojen ja vesien hyödyntämisessä ja linkki biotalouden sivuvirtoihin sekä laajempina ohjelmana raaka-aineiden kestävä käyttö ja kiertotalous nähtiin tärkeänä. EU:n tutkimusrahoituksen osalta on tärkeää luoda kansallinen tahtotila, jossa pyritään viemään EU:n tutkimusagendalle Suomen kaivannaisalalle tärkeitä aiheita. Uuden puiteohjelman suunnittelu on alkamassa ja nyt on aika vaikuttaa. Tärkeänä nähdään aiheita, jotka ovat jo olemassa olevien ja suunnitteilla olevien SHOK:ien ja tutkimusohjelmien aiheina.

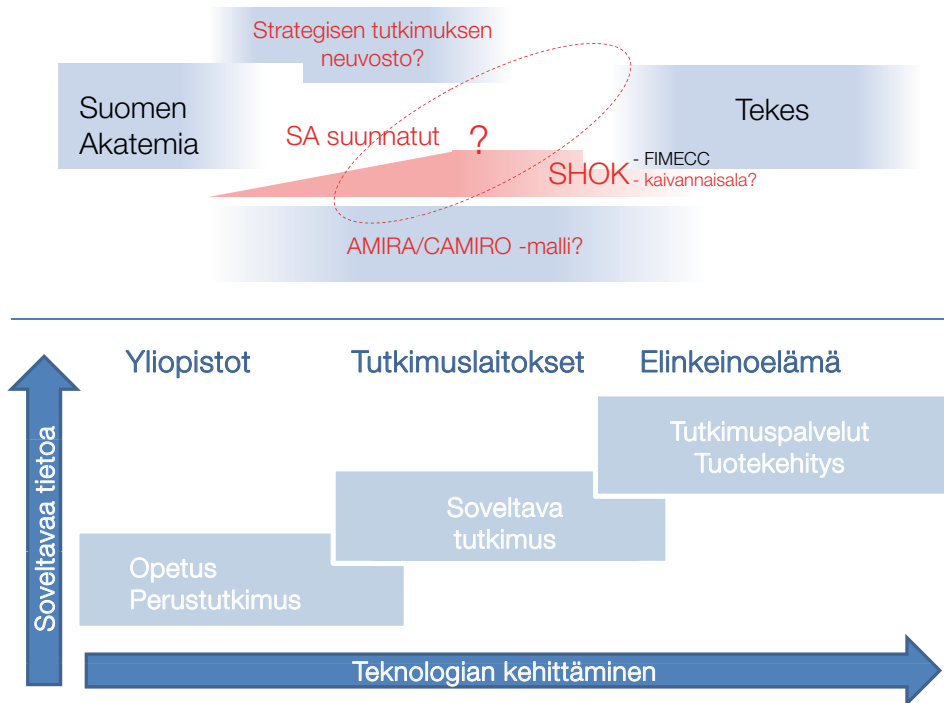
Yhtenä isona kokonaisuutena on yliopistojen, tutkimuslaitosten ja ammattikorkeakoulujen oma tutkimusrahoitus, joka toteutetaan koulutuksen osana (esim. tohtorikoulut) sekä budjetti- ja yhteisrahoitteisina hankkeina. Näiden ohjaus tapahtuu sekä ministeriöohjauksena että yksiköiden sisäisen ohjauksen kautta. Kokonaisuudessaan näyttää siltä että tarvitaan toisaalta kansallinen yhteinen tutkimusagenda ja toisaalta useita toisiaan täydentäviä rahoitusinstrumentteja. Näiden koordinoitu yhdistelmä tuottaa kaivannaisalan tutkimuksen laadun ja määrän kasvua sekä luo mahdollisuuksia uudelle liiketoiminnalle. Alla on esitetty tutkimusrahoitukseen liittyviä mahdollisuuksia ja ehdotuksia, jotka toimivat pohjana ehdotetuille toimenpiteille.

- Tekes - kaivannaisalan ohjelma (2016-2020) . Ei perinteistä Tekes-ohjelmaa, vaan astetta isommat kokonaisuudet ennalta määrättyihin teemoihin. Laajemmin pitäisi mahdollistaa myös bilateraalista toimintaa sekä kansainvälistä yhteistyötä.

- Kaivannaisalan SHOK, joka keskittyisi mineraalisiin raaka-aineisiin sekä vastaaviin sivutuotteisiin ja jätevirtoihin. Tällöin tarvittaisiin vahva linkitys FIMECC, CLEEN, FIBIC, RYM, DIGILE, SalWe. SHOK "Primary and secondary mineral resources (PriSeMiRes) tai (PriSeRes).
- FIMECC:n laajentaminen sisältämään kaivannaisala, jolloin päästäisiin systeemiseen koko materiaalikierron hallintaan.
- Suomen Akatemia (SA)
 - Perustutkimus. Tässä korostuu yliopistojen ja tutkimuslaitosten oma vastuu kaivannaisalan tutkimuksen monialaisessa ja korkeatasoisessa kehittämisessä, jotta heidän tutkijansa ja tutkimusaiheet ovat näissä hauissa kilpailukykyisiä.
 - Korkeatasoiset kansainväliset yhteishankehaut (esim. Suomi-Australia)
 - Suunnatut haut linkitettynä Tekes-ohjelmaan ja ehdotettavaan Kaivannaisalan SHOK tai laajennettu FIMECC.
 - Huippututkimuksen riskirahoitus (SA tai SA+Tekes). Päämääränä rahoittaa kevyellä hakumenettelyllä uusia innovaatioita mahdollistavia tutkimusaiheita. Valintaperusteina tulisi olla sekä hakija että rajoja rikkova tutkimusidea.
- Strategisen tutkimuksen neuvosto (STN) -SA
 - Kaivannaisteollisuuden aihealueet yleisesti mukaan.
 - Kiertotalous eli koko materiaalikierron hallinta
 - Monitieteellisiä tutkimusaiheita, jotka antavat puolueetonta tutkimustietoa kansalliseen dialogiin kaivannaisalan merkityksestä ja vaikutuksesta yhteiskuntaan ja ympäristöön.
 - Kustannus-, energia- ja resurssitehokkuuteen liittyviä yleisiä ohjelmia
- Horizon 2020 työohjelmat ja seuraavan puiteohjelman sisältö. Tärkeinä vaikuttajina ministeriöt, poliitikot sekä muut kansalliset toimijat EU:n suuntaan. Päämääränä EIP/RM SIP toteuttaminen ja jatkaminen seuraavaan puiteohjelmaan. Alla on eräitä Suomelle tärkeitä kaivannaisalaan liittyviä aiheita.
 - Raaka-aineiden resurssipohjan turvaaminen ja laajentaminen
 - Primääriset ja sekundääriset raaka-aineet kiertotaloudessa
 - Niukkojen resurssien hyödyntäminen korkealla hyötysuhteella metallurgiassa ja metallinjalostuksessa
 - Cleantech ja vesien hallinta
 - Automaatio ja prosessien mallinnus
- EIT Raw Materials käynnistyttyään tulee tarjoamaan tärkeän kanavan tutkimustulosten kaupallistamiseen sekä myös EU:n tutkimusohjelmien sisältöjen suuntaamiseen
- Erilaisten julkisten rahoituslähteiden (erityisesti EAKR, LIFE 2014-2020, ENI CBC, BONUS) käyttöä yhteisten tavoitteiden saavuttamiseksi voidaan kohentaa; EAKR varsinkin Pohjois- ja Itä-Suomen osalta merkittävä rahoituslähde

- Muut pohjoismaiset ja kansainväliset rahoituslähteet: NordForsk, NordMin, Nordic Innovation Center, ERC, Marie Skłodowska-Curie, jne.

Kuva 17. Kotimaisen tutkimusrahoituksen kattavuus (ja mahdollinen aukko kattavuudessa).



B 3 Kaivannaisalan tutkimustoiminnan strategiset vaikutukset alan kehittymiseen

B 3.1 Kestävä yritystoiminta

Tutkimusstrategian tavoitteena on luoda kaivannaisalan tutkimustoiminnalla edellytyksiä Suomi kestäväen kaivannaistoiminnan edelläkävijäksi – toimenpideohjelman tavoitteiden saavuttamiseksi. Sen yksi tavoite on edistää yritystoiminnan kestävää kilpailukykyä. Yritys on elinvoimainen ja menestyvä myös pitkällä tähtäimellä, jos se toimii ekologisesti, sosiaalisesti ja taloudellisesti kestäväällä tavalla.

Teollisuuden osalta kestävyyttä edistää jatkuvan parantamisen tavoite, jonka keihäänkärkinä toimenpide -ohjelmassa on mainittu vesienhallintasuunnitelmat ja vesiteknologia, kaivosten ja louhosten turvallisuus, jätteiden lajittelu, rikastushiekkojen ja sivukivien hyödyntäminen sekä energiatehokkuuden kehittäminen.

Kilpailukykyä lisäävänä tekijänä on mainittu myös yritysten vakaa toimintaympäristö jonka kehittymiseen julkisen sektorin toimijoiden tulee sitoutua edistämällä muun muassa hyvää hallintoa, osaamisen kehittämistä sekä kestävää raaka-aineiden käyttöä. Hyvän hallinnon osalta kaivannaisalan tutkimuksella kehitetään arviointia kaivoshankkeiden vaikutuksista luontokohteisiin ja muiden elinkeinojen toimintaedellytyksiin sekä maankäytön ja muiden intressien yhteensovittamista mineraalikirittisillä alueilla. Julkisen sektorin toimia kestäväen yritystoiminnan edellytysten luomiseksi ovat myös pitkäjänteinen kotimaisten varantojen kartoitus ja mallinnus, kierrätyksen esteiden poistaminen, välineet ja ohjaukset mineraalituotteiden kierrätykselle sekä uusiokäytölle. Lisäksi ennakoinnin kautta tulee tunnistaa ja luoda pohjaa rakentaa uusia liiketoimintamahdollisuuksia sekä vähentää yritysten ympäristö-, työturvallisuus- sekä toimintaympäristön ennakoimattomia riskejä. Tutkimuksen kautta Suomen houkuttelevuus luotettavana investointikohteena tulee myös kohentua.

Tutkimusstrategian tavoitteet ovat jaettu kolmeen päätavoitteeseen (kohta B.3), jotka sisältävät näitä tavoitteita edistäviä kaivannaisalan tutkimusalueita sekä toimenpiteitä muun muassa rahoitukseen ja infrastruktuuriin liittyen.

B 3.2 Liikevaihto, vienti ja osaaminen

Kaivannaisala ja siihen liittyvät toimialat ovat kotimaisen arvonlisän ja viennin kannalta potentiaalisia kasvualoja nykyisestä suhdannetilanteesta huolimatta. Globaalien megatrendien osalta ei ole tapahtunut merkittäviä muutoksia, metallien kulutuksen seurattessa suhdannevaihteluja kuitenkin kasvaen ajan kuluessa. Kehittyvien

maiden vaikutus kaivannaisalaan tulee olemaan merkittävä mutta vaihteleva suhdannemuutosten ja eri maiden erilaisten kehityksen etenemistahdin suhteen. Kaivannaisalan tutkimus edistää mahdollisimman korkean jalostusasteen saavuttamista kotimaisten raaka-aineiden hyödyntämisessä. Lisäksi se luo kaivannaisteollisuuden ja liitännäisteollisuuden yrityksille edellytyksiä kasvuun ja erityisesti viennin kasvattamiseen sekä edistää uusimman teknologian hyödyntämistä sekä tuotteissa että tuotannossa. Tähän liittyy myös arvoketjun rajapintojen hyödyntäminen ja systeemiset innovaatiot, joiden avulla luodaan uutta vientiteollisuutta. Osana tätä kehittyä uusia palvelukonsepteja sekä aineettomia palveluja kiertotalouden hallintaan.

Kaivannaisalan liittyvien toimialojen liikevaihto on vuoden 2013 osalta noin 12 Mrd€. Suurin toimiala oli metallien jalostus vajaan 8 Mrd€ liikevaihdolla. Kaivos-toiminta ja louhinta (sisältäen kiviainekset ja luonnonkivet) on vajaa 2 mrd euroa sekä kaivannaisteollisuutta palvelevan teknologiateollisuuden osuus hieman yli 2 mrd euroa. Metallien jalostuksen raaka-aineista suurin osa tulee ulkomailta samalla kun päätuotteiden tuotannosta valta-osa menee vientiin, jonka osuus on ollut 10–14% koko Suomen viennistä. Kaivostoiminnan osalta pyrkimys on, että mahdollisimman suuri osa sen tuotteista jatkojalostettaisiin Suomessa ja siten vaikuttaa positiivisesti viennin ja tuonnin taseeseen

Vuonna suomalaisten 2013 yritysten t&k-menoista soveltavan tutkimuksen osuus menoista oli 14 prosenttia ja perustutkimuksen neljä. Alkutuotannon piirissä tuotekehittämistyön osuus nousi yli 90 prosenttiin. Yritysten harjoittama tutkimus- ja kehittämistoiminta oli 94-prosenttisesti omarahoitteista, mikä sisältää myös konsernin sisäisen rahoituksen. (Tilastokeskus 2013). Soveltavan tutkimuksen osuus julkisen sektorin t&k-menoista oli 59, kehittämistyön 25 ja perustutkimuksen 16 prosenttia. (Tilastokeskus 2013). Korkeakoulusektorilla tutkimus- ja kehittämistoiminnan osalta ulkopuolisen tutkimusrahoituksen luonnontieteiden osalta oli 59%, josta yritysten osuus oli 7%. (Tilastokeskus 2013).

Kaivannaisalan tutkimuksen kautta edistetään tuotekehittelyn avulla metallijalosteiden vientimahdollisuuksia sekä kasvatetaan arvonlisän kasvua. Teknologiateollisuuden ja niihin liittyvien palvelujen osalta on laajentuvia vientimahdollisuuksia sekä uusien laitteiden, teknologioiden ja systeemisten innovaatioiden kautta. Yhtenä tärkeänä kehitysalueena vientitoiminnassa ovat uusia digitaalisia ja systeemisiä innovaatioita koko arvoketjun ja sen rajapintojen hallintaan kehittävien PK-yritysten syntyminen T&K-toiminnan avulla. Laajemminkin kansainvälisiä menestystekijöitä ovat materiaaliominaisuuksien ja suurien tietovirtojen hallinta ja hyödyntäminen kiertotalouden näkökulmasta. Näihin liittyy myös vahvasti ennakointi ja hyväksyttävyyys, joiden hyödyntäminen uusissa liiketoimintakonsepteissa on keskeistä.

Havaintojen perusteella tuotekehitys on ollut yleisesti keskeisin t&k-panostus kaivannaisalalla. Osaamisen kehittämisen näkökulmasta perustutkimuksen osuus on kaventumassa. Kaivannaisalan haasteiden ratkaisemiseen ja globaalien

liiketoimintamahdollisuuksien potentiaalien realisoimisen edellytykset ovat heikkenemässä tämän yleisen suuntauksen perusteella. Kaivannaisalan tutkimusstrategian päätavoitteet tukevat kestävästä yritystoiminnan edellytyksiä, uusien vientiavauksien sekä uuden yritystoiminnan syntymistä. Osaamista, kilpailukykyä sekä kaupallisia läpimurtoja haetaan alan kehittyvän yhteistyön kautta sekä liittyen tunnetuihin ja nykyisiin raaka-aine-arvoketjuihin liittyen. Lisäksi uudet raaka-aineet, teolliset toimintamallit ja markkinat avaavat mahdollisuuksia asetettujen tavoitteiden saavuttamiseksi. Tämä edellyttää kuitenkin riittävää ja pitkäjänteistä t&k-panostusta sekä siihen liittyvää julkisen sektorin katalysoivaa vaikutusta erityisesti jos yritysten t&k-toiminta panostuksen suunta jatkuu nykyisellään.

B 3.3 Uudet innovaatiot ja liiketoiminta

Kaivannaisalan tunnettujen ja nykyisten raaka-ainearvoketjujen osalta innovaatiot liittyvät pääosin olemassa olevan tuotannon tai tuotantomallien ja -prosessien optimointiin tai soveltamiseen muun muassa uuden teknologian avulla. Siinä suomalaisilla teknologiavalmistajilla on huipputason osaamista. Tutkimusstrategian yksi pää tavoite on vahvistaa jo olemassa olevia vahvuuksia. Tämä alue sen tutkimus- ja kehittämisaikavälillä on keskeinen nykyisen liiketoiminnan kehittämisen ja kasvun turvaamiseksi. Toinen potentiaalinen alue jossa tutkimuspanostuksella voidaan luoda edellytyksiä innovaatioille ja uudelle liiketoiminnalle ovat uudet raaka-aineet ja niiden tuotantoprosessit sekä niihin perustuvat arvoketjut. Tältä osin tarvittavat uudet (etsintä, talteenotto, kierrätys) konseptit, palvelut ja teknologiat luovat pohjaa erityisesti uudelle yritystoiminnalle.

Molempien tutkimusalueiden osalta innovaatioiden mahdollistamiseksi tarvitaan perustutkimusta, soveltavaa tutkimusta sekä ennakoitua. Olemassa olevissa arvoketjuissa painottuu erityisesti soveltava tutkimus, jonka tulisi tuottaa nopealla syklillä (tuote, prosessi, teknologia ja palvelu) innovaatioita ja edelläkävijyyttä. Uusiin raaka-ainetarpeisiin perustuvat arvoketjut, niiden tuotteet ja prosessit, tarvitsevat myös vastaavia innovaatioita. Perustutkimuksen merkitys korostuu uusien ongelmanratkaisutarpeiden syntyessä, niiden ennakoinnissa sekä soveltavan tutkimuksen perustana.

Optimoinnin ja teknologisten innovaatioiden lisäksi näillä molemmilla tutkimusalueilla tarvitaan eri rajapintojen ja materiaalisyklin systeemistä hallintaa. Tavoitteena ovat systeemiset innovaatiot, joissa tapahtuu laaja-alainen toimintamallien, rakenteiden ja näiden vuorovaikutuksen samanaikainen muutos. Tämä luo myös mahdollisuuksia kaupallisiin läpimurtoihin muun muassa korkean tuottavuuden teknologioissa ja palveluissa. Systeemisistä muutoksista esimerkkejä ovat esimerkiksi teolliset symbioosit, älykkäät sähköverkot tai siirtymien kokonaisvaltaiseen kiertotalouteen.

Systeemisten innovaatioiden yksi mahdollistava tekijä on digitaalinen murros ja sen tuomat uudet mahdollisuudet suunnitella, mallintaa ja hallita isompia

kokonaisuuksia. Tyypillistä on, että tällä tasolla ratkaisuja ts. systeemistä muutosta, ei voi toteuttaa yksittäisten yritysten tai toimijoiden avulla vaan se tarvitsee laajempaa yhtäaikaista muutosta sekä tuotannon että instituutioiden puolella. Koko systeemiajattelu lähtee näkemyksestä, että innovaatiotoiminta tapahtuu ja innovaatiot syntyvät vuorovaikutteisesti. Tämä on yhteydessä tutkimusstrategian tavoitteeseen edistää laajaa kansallista yhteistyötä ja uuden tiedon syntyä sekä kehittymistä vuorovaikutteisesti, jotta tietoa voidaan myös soveltaa. Kehityksen suuntana vaikuttaisi olevan erityisesti systeemisten innovaatioiden osalta, että ne syntyvät yritysten ja toimijoiden vuorovaikutuksesta ja niiden rajapinnoilla. Tällaisten innovaatioiden synty vaatii usein myös korkeampia rahallista panostusta koordinoinnin, tiedon yhdistelemisen, osaamisen kasvattamisen kautta.

Kaivannaisalan tutkimusstrategian pitkän aikavälin tavoitteiden saavuttamiseksi ja innovaatioiden mahdollistamiseksi on ehdotettu toimenpiteitä, jotka pyrkivät rakentamaan parempia edellytyksiä luoda erilaisia innovaatioita, myös systeemitasolla. Tämän avulla tuetaan nykyisen liiketoiminnan toimintaedellytyksiä ja samalla luodaan mahdollisuuksia uudelle yritystoiminnalle.

B 3.4 Tutkimustoiminnan vaikutus – hallinnolliset prosessit

Hallinnollisten prosessien kehittyminen tulee vaikuttaa positiivisesti yritysten toimintaympäristöön ja uusien investointien toteuttamiseen. Parhaimmillaan prosessien kehittyminen kannustaa ja ohjaa yritystoimintaa jatkuvaan parantamiseen kestävä kehityksen näkökulmasta ja kasvattaa yritystoiminnan kilpailukykyä. Ennakointiin ja hyväksyttävyyteen liittyvä tutkimus luo myös uusia liiketoimintamahdollisuuksia esimerkiksi ennakoimalla uusien sääntelyjen tai sertifiointien tuloa ja vaikutusta.

Kaivannaisalaan liittyvällä tutkimustoiminnalla on sekä suoria että epäsuoria yhteyksiä hallinnollisiin prosesseihin esimerkiksi sen suhteen käsitelläänkö niissä luonnonvaraa (esim. mineraalirikastumaa) ilmiönä vai tekemisen kohteena.

Ensin mainittuun liittyvät hallinnollisten prosessien kysymykset voivat koskea muun muassa maa- ja vesialueiden yksityistä, yhteistä ja valtion omistusta tai kohteen aiheuttamaa luonnollista metallipitoisuuksien kohoamista maaperässä tai pohjavedessä. Toiseen näkökulmaan ts. luonnonvaran hyödyntämiseen liittyvissä hallinnollisissa prosesseissa kysymykset voivat koskea esimerkiksi sosiaalisia vaikutuksia, taustapitoisuuksia, jätteiden ympäristökelpoisuutta, riskinhallintaa tai toiminnan lopettamista.

Hallinnollisiin prosesseihin liittyen yhdistävä tekijä molemmille näkökulmille on sääntely yleisen ja yksityisen edun toteuttamiseksi. Tutkimustiedon avulla voidaan edistää entistä kestävimpien ratkaisujen löytämistä luonnonvaroihin itsessään tai niiden hyödyntämiseen tai hyödyntämispotentiaaliin liittyvissä erilaisissa hallinnollisissa prosesseissa.

B 4 Strategiset toimenpiteet

Olemme ryhmitelleet toimenpiteitä strategian toteutuksen kannalta tärkeiden neljän pääotsikon alle. Ehdotetut toimenpiteet vaihtelevat laajuudeltaan ja niitä voidaan käsitellä tarvittaessa erillisinä. Työryhmän mielestä nämä pääalueet ja toimenpiteet niiden sisällä muodostavat kuitenkin yhtenäisen kokonaisuuden, jota tulisi toteuttaa mahdollisimman laajamittaisesti ja yhtäaikaaisesti.

1. Kansallinen yhteistyö

Kaivannaisalan tutkimus Suomessa on osa laajaa kansainvälistä tutkimuskenttää, jossa teknologioiden ja innovaatioiden kiertonopeus kasvaa jatkuvasti. Saavutettujen asemien ylläpito ja toiminnan laajentaminen edellyttää tutkimuksellista ketteryyttä, yhteistyötä kilpailijamaiden kanssa ja vahvaa läpinäkyvyyttä kilpailun lisäämiseksi. Suomelle on kuitenkin tärkeää keskinäisen tutkimuksellisen kilpailun sisällä nähdä laaja kansallinen etu. Tästä syystä on tärkeää luoda kaivannaisalan tutkimukselle laajamittainen kansallinen näkemys.

Toimenpiteet:

- Kaivannaisalan tutkimuksen perusrahoitus yliopistoissa, ammattikorkeakouluissa ja tutkimuslaitoksissa turvataan vähintään nykytasolla. Tämä edellyttää toimijoiden selkeämpää profiloitumista, omaa panostusta ja jatkuvaa vuoropuhelua eri vastuutahojen kanssa.
- Kaivannaisalan tutkimuksen strateginen ohjaus tapahtuu pitkäjänteisesti TEM:n ja OKM:n välisenä yhteistyönä pyrkimyksenä turvata kaivannaisteollisuuden toimenpideohjelman tavoitteiden mukaiset resurssit lyhyen-, keski- ja pitkänaikavälin tutkimukselle sekä luoda näiden välille selkeä jatkumo. Lisäksi parannetaan vuorovaikutusta YM:n ja MMM:n hallinnonaloilla tehtävän ja kaivannaistoimintaan liittyvän tutkimuksen suuntaamisessa.
- Laajalla yhteistyöllä luodaan kansallinen näkemys EU:ssa ajettavista kaivannaisalaan liittyvistä päämääristä tutkimuksen suhteen, erityisesti uuden tutkimuksen puiteohjelman valmistelussa. Näille päämäärille tulisi saada mahdollisimman laaja poliittinen hyväksyntä ja laatia niistä "tietopaketti" (esimerkkinä kaivannaisalan merkitys kiertotaloudessa) EU:n päätöksenteossa mukana oleville suomalaisille poliitikoille ja edustajille sekä luoda heille tarvittava asiantuntijatuki.
- Tutkimuksen ja kehittämisen kautta kartutetaan, ylläpidetään ja jaetaan kaivannaisalan investointeja edistävää julkista tieto- ja tutkimusaineistoa sekä luodaan edellytykset uusien tietovirtojen ja tietoaineistojen kestäväälle hallinnalle ja hyödyntämiselle.

2. Tutkimuskeskittymät ja aiheet

Kaivannaisalan kotimaisen tutkimuksen tavoite olla kansainvälisesti merkittävä osaaja ja yritystoiminnan edistäjä edellyttää, että Suomi tarjoaa maailmanluokan edellytykset korkean osaamisen luomiselle ja soveltamiselle sekä tunnistaa tulevaisuudessa tarvittavien ratkaisujen kannalta keskeiset tutkimusalat. Tämä onnistuu vain vahvojen ja globaalisti tunnettujen osaamiskeskittymien kautta, jotka tukeutuvat yrityselämän näkyvään osallistumiseen ja yhteistyössä luovat kansainvälisesti avoimia innovaatioyhteisöjä. Osaamiskeskittymien toiminnassa korostuu sekä ydinosaamisen syventäminen että huippuosaamisen kehittäminen, jotka molemmat ovat edellytyksiä pitkäjänteiselle kansainväliselle tutkimusyhteistyölle. Huippuosaajien muodostama tutkimuksen monialaisuus on avainasemassa pyrittäessä systeemiisiin innovaatioihin. Toimenpiteet pyrkivät tukemaan kehitystä, jossa kotimaisten ja kansainvälisten osaamiskeskittymien välisellä yhteistyöllä luodaan edellytykset koko materiaali kierron hallintaan osana kiertotaloutta.

Toimenpiteet:

- Vahvistetaan olemassa olevia ja kehittyviä keskittymiä globaalisti tunnetuiksi ja mittaviksi tutkimus- ja osaamiskeskittymiksi: Aalto yliopisto (materiaalit, prosessi- ja laitemallinnus, värimetallien jalostus, rakentaminen, kalliomekaniikka), Lappeenrannan teknillinen yliopisto (erotustekniikat ja vesi), Oulun yliopisto (etsintä, kaivostoiminta, ferrometallien jalostus, mittaustekniikka), Tampereen teknillinen yliopisto (konetekniikka), VTT (erotustekniikat, kaivostyökoneet, kierrätys ja sivuvirrat, kiertotalous, digitaaliset ecodesign konseptit, metallinjalostuksen prosessinohjaus ja -mallinnus), GTK (tietovarannot, mineraalipotentiali, kaivosympäristöt, prosessointi).
- Edellytetään ja tuetaan edellä mainittujen osaamiskeskusten verkottumista kotimaassa keskenään ja muiden kaivannaisalaan liittyvien keskittymien ja toimijoiden kanssa, joita ovat erityisesti: Helsingin yliopisto, Turun yliopisto ja Åbo Academi (geotieteet, kemia, fysiikka), Itä-Suomen yliopisto (sosiaalinen kestävyys, kaivospolitiikka, yhteiskuntatieteellinen kaivostutkimus), Lapin Yliopisto (ympäristösääntely, kaivosjuridiikka), SYKE (ympäristövaikutukset, materiaalivirrat, elinkaaret), LUKE (maankäytön yhteensovittaminen), THL (ympäristöturvallisuus) ja TTL (työturvallisuus).
- Tutkimuspohjaisten yritysideoiden (business idea) kasvualustoja luodaan sekä osaamiskeskittymien yhteyteen että verkostomuotoisina yhteistyössä PK- ja käynnistyvien yritysten kanssa. Hyödynnetään yhteistyötä alueellisten toimijoiden (AMK:t, maakuntaliitot kehittämissyhtiöt) kanssa.

Osaamiskeskittymien läpi menevät pääteemat:

- 1) *Suomen resurssipohjan turvaaminen ja laajentaminen tutkimuksen avulla:* Lisätään tutkimustietoa kallioperästä ja sen mineraaliesiintymistä sekä luodaan

uutta etsintäteknologiaa, joiden avulla varmistetaan uudet mineraalilöydöt. Lisäksi kehitetään kaivos- ja prosessiteknologiaa alhaisten pitoisuuksien ja kompleksisten mineraalivarojen hyödyntämiseksi (liityntä FIMECC)

- 2) *Primäärysten ja sekundääristen mineraaliainesten materiaaliominaisuudet osana kiertotaloutta:* materiaalikierto, uudet tai korvaavat materiaalit, kierrätettävyys ja kierrätyksen suunnittelu, ympäristövaikutusten minimointi, tuotedesign, teknologiakehitys (liityntä FIMECC)
- 3) *Jätteistä varallisuudeksi:* sivu- ja jättemateriaalien hyödyntäminen, kierrätys, uusiokäyttö, vesien käsittely (metallien lähde ja puhdistus), ympäristövaikutukset, kaivannaisala ja biotalous yhdessä luomaan sivumateriaaleista tuotteiksi, uudet teknologiat ja konseptit. (liityntä FIMECC, CLEEN, FIBIC, RYM)
- 4) *Energia- ja resurssitehokkuus:* Murskauksen, louhinnan, jauhamisen sekä rikastusprosessien energian käyttö, prosessivesien kierrätys ja kemikaalit, louhintamenetelmät ja kaivostekniikka, laitos- ja tuotantosuunnittelu, hiilijalanjälki ja jätteiden minimointi, uudet teknologiat ja konseptit. (liityntä CLEEN, FIMECC, RYM)
- 5) *Digitalisaatio kaivannaisalan arvoketjussa;* Tiedonsiirron parantaminen, automaation ja etäoperoinnin kehittäminen, tietomassojen käsittely (big data), mallinnusavusteisten menetelmien käyttö ja kehittäminen, etämitaus, sensorit (liityntä DIGILE, FIMECC)
- 6) *Ennakointi ja hyväksyttävyyys;* Raaka-aineiden ja teknologioiden tuleva tarve, yritysten toimintaympäristöjen muutokset ja mahdollisuudet, mineraaliekonomia, materiaalien elinkaaren aikainen ympäristön hallinta, sosiaalis-ympäristökeskeiset ratkaisut, kansallinen dialogi.

3. Tutkimusinfra

Teknologiaan läpimurtoinnovaatioihin tähtäävä huippututkimus on useimmiten mahdollista vain hyödyntämällä moderneja huippulaitteita ja tutkimusinfrastruktuureja. Päämääränä tulee olla, että kansallisesti merkittävillä kaivannaisalan tutkimusaloilla on mahdollisuus hyödyntää huippulaitteistoja ja -infroja joko suoraan Suomessa tai kansainvälisen yhteistyön kautta ulkomailla.

Toimenpiteet:

- Kootaan systemaattisesti tiedot kaikista merkittävistä kotimaisista tutkimus- ja pilotointiympäristöistä, jotka palvelevat kaivannaissektorin tarpeita. Samalla selvitetään mitä näistä on kehitettävä ja vahvistettava.
- Luodaan selkeä tavoitetila tarvittavalle tutkimusinfrale sekä tehostetaan olemassa olevan ja uuden kansallisesti merkittävän tutkimusinfraan yhteiskäyttöä yhteistyösopimusten ja yhteishankintojen avulla. Alueiden omat kehitystoimet saatetaan tukemaan kansallisia tavoitteita. Kaivannaisalan tutkimusinfra ehdotetaan soveltuvien osien SA:n kansalliselle tiekartalle.

- Osallistutaan yhteispohjoismaisiin ja eurooppalaisiin kaivannaisalan infra-hankkeisiin, jotka tukevat ja täydentävät kansallista tutkimusinfraa.
- Tuetaan pk-yrityksiä käyttämään tehokkaammin olemassa olevia tutkimus- ja pilotointi-infrastruktuureja mm. kohdentamalla aluekehitysvaroja näihin toimiin sekä myös hyödyntämällä tutkimusinfra-tietokantaa erilaisissa pk-yrityksille suunnatuissa matchmaking-tapahtumissa alueellisten toimijoiden kanssa yhteistyössä (AMK:t, maakuntaliitot, kehittämissyhtiöt).

4. Tutkimusrahoitus

Tutkimusrahoitus on yksi tärkeimmistä tutkimusta ohjaavasta instrumentista. Alla on esitetty toimenpiteitä, jotka muodostavat riittävän laajan kirjon. Tämä ehdotettu rahoituksen monipuolisuus yhdistettynä vahvoihin osaamiskeskittyymiin yhdistää yritysten tarpeet tutkimuksen suuntaamisessa ja toisaalta perustutkimusyksiköiden tarpeet tuottaa tieteellisiä tuloksia ja läpimurtoja. Parhaimmillaan näiden onnistunut yhdistäminen lisää voimakkaasti Suomen kilpailukykyä ja luo edellytyksiä uusille läpimurtoteknologioille. Lisäksi kaivannaisalaan liittyvien strategisten huip- puosaamisen keskittymien rahoitus tulee turvata.

Toimenpiteet:

- Toteutetaan kaivannaisalan tutkimusohjelma (kohta 2 Tutkimuskeskittymät ja aiheet: pääteemat) Tekes-ohjelmana (100 M€/5 vuotta) alkaen vuonna 2016. Tutkimuksen tulisi osaltaan mahdollistaa systeemisten innovaatioiden kehittymistä.
- Tutkimusohjelmaan liittyen selvitetään mahdollisuudet samanaikaiselle suunnatulle Akatemia-ohjelmalle (3 krt 5 M€/vuosi) alkaen vuonna 2016.
- Korkeatasoiset kansainväliset Suomen Akatemian yhteishankkeet (esim. Suomi-Australia)
- Strategisen tutkimuksen neuvoston (STN) aihealueiksi pyritään sisällyttämään kaivannaisalalle tärkeitä aiheita kuten koko materiaalikierron hallinta kiertotalouden näkökulmasta sekä monitieteellisiä tutkimusta tuomaan puolueetonta tutkimustietoa kansalliseen dialogiin kaivannaisalan merkityksestä ja vaikutuksesta yhteiskuntaan ja ympäristöön.
- EU:n tutkimusohjelmien rahoitusmahdollisuuksia hyödynnetään paremmin. Selvitetään mahdollisuuksia parantaa ja luoda uusia kansallisia kannustinjärjestelmiä hankehakujen ja hankkeiden toteutukseen.
- Hyödynnettävä Horisontti2020 - EAKR yhteishankkeita täydennettyinä kansallisella rahoituksella. Tämä rahoitusmalli mahdollistaa isoja tutkimus- ja pilotointihankkeita.
- Tekesin ja SA:n tulisi yhdessä selvittää mahdollisuutta luoda erillinen tutkimuksen riskirahoituksen ohjelma (2-10 M€ vuodessa/5 vuotta), jossa rahoitusta annettaisiin pelkän idean (1 A4) ja tutkijan CV:n pohjalta.

Lyhenteet

AMIRA,	a member-driven resources industry association that is an essential part of our members' search for innovative solutions that add value for their stakeholders - the mineral industry's partner of choice for collaborative research (AU)
Big Data	Erittäin suurten, järjestelemättömien, jatkuvasti lisääntyvien tietomassojen keräämistä, säilyttämistä, jakamista, etsimistä, analysointia sekä esittämistä tilastotiedettä ja tietotekniikkaa hyödyntäen (Wikipedia 30.1.2015)
BONUS,	Research and development programme to protect the Baltic Sea (EU)
CAMIRO,	The Canadian Mining Industry Research Organization, is an industry-based, not-for-profit, collaborative research broker for Canada's mining sector (CAN)
CLEEN,	Energian ja ympäristön strategisen huippuosaamisen keskittymä (FI)
CRC,	Cooperative Research Centre (AU)
DG EAC,	Koulutuspääosasto (EU)
DG ENVI,	Ympäristöpääosasto (EU)
DG GROW,	Yritys- ja teollisuustoimintapääosasto (EU)
DG RTD,	Tutkimus- ja innovaatiopääosasto (EU)
DIGILE,	Tieto- ja viestintätekniiikan ja digitaalisen liiketoiminnan huippuosaamisen keskittymä (FI)
EAKR,	Euroopan aluekehitysrahasto (EU)
EIT,	Euroopan innovaatio- ja teknologiainstituutti (EU)
EIT Raw Materials	EIT:n Raaka-aine osaamis- ja innovaatioyhteisö (EU)
EIP	Euroopan innovaatiokumppanuus (EU). Käsite otettiin käyttöön Eurooppa 2020 -strategian lippulaivahankkeessa "Innovaatiounioni". Tavoitteena on puuttua niihin eurooppalaisen tutkimus- ja innovaatiojärjestelmän heikkouksiin, pullonkauloihin ja esteisiin, jotka haittaavat tai hidastavat hyvien ideoiden kehittämistä ja markkinoille saattamista.
EIP RM,	Euroopan raaka-aine innovaatiokumppanuus (EU)
ENI CBC,	Ohjelmilla tuetaan rajat ylittävää yhteistyötä EU:n ulkoraajoilla. ENI CBC-ohjelmat ovat jatkoa kaudella 2007-2013 toteutetuille ENPI CBC -ohjelmille. (EU)
ERA-MIN,	Euroopan tutkimusalueen ohjelmayhteistyöverkko (EU)

ERC	Euroopan tutkimusneuvosto (EU)
ETP-SMR,	Mineraalialan eurooppalainen teknologiaalausta (EU)
FIBIC,	Biotalous ja huippuosaamisen keskittymä (FI)
FIMECC,	Kone- ja metalliteollisuuden strategisen huippuosaamisen keskittymä (FI)
FIRI,	Suomen Akatemia, kansallisia tutkimusinfrastruktuureja selvittänyt työryhmä. (FI)
FP,	Tutkimuksen puiteohjelma (EU)
Horisontti 2020,	EU:n tutkimusrahoitus ohjataan erityisen puiteohjelman kautta. Vuoden 2014 alusta sen nimi on ollut Horizon2020 ja sitä edelsi 7. Tutkimuksenpuiteohjelma (FP). (EU)
KIC,	Osaamis- ja innovaatioyhteisö (EU)
LIFE,	Financial instrument supporting environmental, nature conservation and climate action projects throughout the EU
NordForsk	Pohjoismaiden ministerineuvoston alainen elin, joka rahoittaa pohjoismaista tutkimusyhteistyötä ja toimii pohjoismaisen tiedepolitiikan neuvonantajana ja aloitteen-tekijänä.
NordMin,	Pohjoismaiden ministerineuvoston 2013 rahoittama kaivannaisalan ohjelma (Yhteispohjoismainen)
NRC,	National Research Council, Kanadan valtion tärkein T&K-organisaatio (CAN)
RMI,	Raw Materials Initiative (EU)
RYM,	Rakennetun ympäristön huippuosaamisen keskittymä (FI)
SalWe,	Terveyden ja hyvinvoinnin huippuosaamisen keskittymä (FI)
SGL,	GTK:n, Aalto-yliopiston, Helsingin yliopiston, Turun yliopiston, Oulun yliopiston ja Åbo Akademin mittava yhteishanke ”Suomen geotieteiden tutkimuslaboratorio” (FI)
SHOK,	Strategisen huippuosaamisen keskittymä (FI)
SIA,	Strateginen innovaatioagenda (EU)
SIP,	Strateginen innovaatio suunnitelma (EU)
SMIFU,	Ruotsissa toimeenpantu kehitysohjelma ”Sustainable Mining and Innovation for the Future” (SWE)
SRA,	Strateginen tutkimusagenda (EU)
STN,	Strategisen tutkimuksen neuvosto (FI)
STRIM,	Ruotsin uusi kaivos- ja metallinjalostusalan tutkimus- agenda (SWE)
TIK	Suomen Akatemian tutkimusinfrastruktuurikomitea

Lähteet

(Tilastokeskus 1996). (Viite: R&D, Innovation and Firm Performance. Studies on the Panel Data of Finnish Manufacturing Firms. Tilastokeskus. Tiede ja teknologia 1996:3)

(Tilastokeskus 2013). (Viite: Suomen virallinen tilasto (SVT): Tutkimus- ja kehittämistoiminta [verkojulkaisu]. ISSN=1798-6206. 2013, Julkisen sektorin tutkimus- ja kehittämistoiminta .

Mika Nieminen, Ville Valovirta & Antti Pelkonen, 2011. Systemiset innovaatiot ja sosiotekninen muutos. Kirjallisuuskatsaus [Systemic innovations and socio-technical change. Literature review]. Espoo 2011.VTT Tiedotteita - Research Notes 2593. 80 p.

Antti Pelkonen & Mika Nieminen, 2015. Korkeakoulujen ja tutkimuslaitosten yhteistyö ja yhteistyön esteet. Opetus- ja kulttuuriministeriön julkaisuja 2015:7.

Linkkejä

Suomi kestävän kaivannaisteollisuuden edelläkävijäksi -toimintaohjelma: http://www.tem.fi/files/36939/Suomi_kestavan_kaivannaisteollisuuden_edellakavijaksi_-_toimintaohjelma.pdf

ympäristöliiketoiminnan strateginen ohjelma (TEM):

http://www.tem.fi/ajankohtaista/vireilla/strategiset_ohjelmat_ja_karkihankkeet/cleantechin_strateginen_ohjelma

Arktinen strategia: http://valtioneuvosto.fi/tiedostot/julkinen/arktinen_strategia/Suomen_arktinen_strategia_fi.pdf

Materiaalitehokkuusohjelma: http://www.tem.fi/files/38426/TEMjul_33_2013_web.pdf

Metallien kasvuohjelma: <http://teknologiateollisuus.fi/fi/uutishuone/tiedotteet/2014-4/kasvuohjelma-vauhdittamaan-suomalaista-metallien-jalostusta>

FIMECC SRA 2015: http://www.fimecc.com/sites/www.fimecc.com/files/2015-01-02_FIMECC_SRA_text_document_-_Final.pdf

Korkeakoulujen ja tutkimuslaitosten yhteistyö ja yhteistyön esteet: <http://www.minedu.fi/export/sites/default/OPM/Julkaisut/2015/liitteet/okmo7.pdf?lang=fi>

http://www.aka.fi/Tiedostot/Tieteentila2014/AKA_tieteen_tila_yhteenvento_2014_web.pdf

http://www.minedu.fi/OPM/Julkaisut/2014/Avoimen_tieteen_ja_tutkimuksen_tiekartta_2014_2017.html

Tekijät Författare Authors Arbetsgruppen: Raimo Lahtinen, GTK (ordförande) Timo Haapalehto, VTT Eeva Jernström, Villmanstrands tekniska universitet Asmo Vartiainen, Outotec Jarmo Vesanto, Boliden Saku Vuori, GTK (sekreterare)	Julkaisu-aika Publiceringstid Date April 2015 Toimeksiantaja(t) Uppdragsgivare Commissioned by Työ- ja elinkeinoministeriö Arbets- och näringsministeriet Ministry of Employment and the Economy Toimielimen asettamispäivä Organets tillsättningsdatum Date of appointment
Julkaisun nimi Titel Title Forskningsstrategi för utvinningsbranschen i Finland	
Tiivistelmä Referat Abstract Behovet av primära råvaror kommer ännu länge att förbli stort globalt, och utvinningsbranschen måste utveckla nya genombrottsprodukter och tjänster samt affärsverksamhetskoncept med tanke på hela värdekedjan och materialkretsloppet. Målet för den inhemska forskningen inom utvinningsbranschen, att vara en globalt framträdande expert och främjare av företagandet, förutsätter att Finland kan erbjuda förutsättningar av världsklass för utveckling och tillämpning av högklassig kompetens. Detta lyckas endast genom starka och globalt välkända kompetenskluster som stöder sig på näringslivets synliga deltagande och som tillsammans bildar internationellt öppna innovationsgemenskaper. Enligt den vision som forskningsstrategin för utvinningsbranschen i Finland presenterar skapar högklassig forskning och kompetens ny hållbar tillväxt och global affärsverksamhet för Finland. För att visionen ska kunna realiseras förutsätts utveckling av starkt systemiskt tänkande som raserar skrankorna, men forsknings- och utvecklingsverksamhet med anknytning till optimering och teknisk utveckling utgör också i framtiden grunden för den industriella verksamheten inom utvinningsbranschen. Nationella resurser koncentreras till välvalda fokusområden, som genomför forskningsstrategins målsättningar genom följande forskningsteman: 1) Tryggande och utvidgning av resursgrunden i Finland med hjälp av forskning, 2) Materiella egenskaper hos primära och sekundära mineralbeståndsdelar som en del av kretsloppsekonomin, 3) Från avfall till tillgång, 4) Energi och resurseffektivitet, 5) Digitaliseringen i utvinningsbranschens värdekedja, 6) Framförhållning och godtagbarhet. Utöver utvecklandet av värdekedjan bör forskningen också utnyttja problemställning över gränssnitten, materialens egenskaper i den industriella designen, systemisk kontroll över hela materialkretsloppet (kretsloppsekonomi), virtuell planering och industriell internet samt svara på de utmaningar och möjligheter som ny industriell produktion innebär. I strategin framläggs förslag till konkreta åtgärder för utveckling av det nationella samarbetet, stärkande av forskningskluster och forskningsinfrastrukturer samt finansiering av forskningen. Utvinningsbranchens forskningsstrategin genomföring tillgodoser utvinningsindustrins nuvarande behov, skapas förutsättningar för den industriella verksamheten i framtiden och förhindras att den industriella verksamheten i branschen tynar och flyttar bort från Finland. Strategin har godkänts i styrgruppen för handlingsprogrammet för en hållbar utvinningsindustri. För genomförandet av strategin svarar ifrågavarande ministerier och organisationer i enlighet med överenskomna handlingsprocesser och befogenheter. Kontaktperson vid arbets- och näringsministeriet: Närings- och innovationsavdelningen/Juho Jokinen, tfn 029 504 7069	
Asiasanat Nyckelord Key words utvinningsindustri, strategi, forskning, kompetens, gruvindustri, stenindustri, stenmaterialindustri, mineralförädling, kretsloppsekonomi	
Painettu julkaisu Inbunden publikation Printed publication ISSN 1797-3554 ISBN 978-952-227-981-1	Verkkojulkaisu Nätpublikation Web publication ISSN 1797-3562 ISBN 978-952-227-982-8
Kokonaissivumäärä Sidoantal Pages 61	Kieli Språk Language Hinta Pris Price Suomi, Finska, Finnish 18
Julkaisija Utgivare Published by Työ- ja elinkeinoministeriö Arbets- och näringsministeriet Ministry of Employment and the Economy	Kustantaja Förläggare Sold by Edita Publishing Oy / Ab / Ltd

Tekijät Författare Authors Working party: Raimo Lahtinen, Geological Survey of Finland (chair) Timo Haapelehto, Technical Research Centre of Finland VTT Eeva Jernström, Lappeenranta University of Technology Asmo Vartiainen, Outotec Jarmo Vesanto, Boliden Saku Vuori, Geological Survey of Finland (secretary)	Julkaisuaika Publiceringstid Date April 2015
	Toimeksiantaja(t) Uppdragsgivare Commissioned by Työ- ja elinkeinoministeriö Arbets- och näringsministeriet Ministry of Employment and the Economy
	Toimielimen asettamispäivä Organets tillsättningsdatum Date of appointment
Julkaisun nimi Titel Title Research strategy for the extractive industry in Finland	
Tiivistelmä Referat Abstract <p>Global demand for primary raw materials will remain high for a long time to come. To respond to this, the extractive industry needs to develop new breakthrough products and services as well as business models for the entire value chain and materials cycle. To achieve the objective established for the Finnish extractive industry to be a globally significant player and promoter of business, Finland must offer a world-class environment for the creation and application of expertise of the highest standard. This can only be accomplished through strong and globally recognised clusters of expertise supported by the visible engagement of business and industry, and joint efforts to establish open international innovation communities.</p> <p>As envisioned in the research strategy for the Finnish extractive industry, high-quality research and expertise will generate new sustainable growth and global business opportunities. To realise this vision, it is necessary to develop vigorous systemic thinking that transcends the existing boundaries. At the same time, R&D activities focusing on optimisation and technological advancement will continue to serve as the backbone of the extractive industry.</p> <p>The current research themes – 1) Assurance and expansion of Finland's resource base through research; 2) Material properties of primary and secondary minerals as part of the circular economy; 3) From wastes to wealth; 4) Energy and resource efficiency; 5) Digitisation in the value chain of the extractive industry; and 6) Foresighting and public acceptance – help focus efforts on carefully selected areas to further the aims of the research strategy. Aside from developing the value chain, research must make full use of approaches across interfaces; harness the materials properties in industrial design; improve the systemic management of the materials cycle (circular economy); promote virtual design and the industrial internet; and respond to the challenges and opportunities created by new industrial production.</p> <p>The strategy proposes concrete measures for developing cooperation in Finland, strengthening research clusters and infrastructure and increasing research funding.</p> <p>Implementation of the research strategy will address the current needs of the extractive industry, create favourable conditions for future industrial activities and prevent the industry's decline and relocation outside Finland.</p> <p>The strategy was adopted by the steering group of the action programme for a sustainable extractive industry. Responsibility for implementation in accordance with the specified processes and powers will rest with the pertinent ministries.</p> <p>Contact at the Ministry of Employment and the Economy: Enterprise and Innovation Department/ Juho Jokinen, tel. +358 29 504 7069</p>	
Asiasanat Nyckelord Key words Extractive industry, strategy, research, expertise, mining, stone industry, aggregate industry, mineral processing, circular economy	
Painettu julkaisu Inbunden publikation Printed publication ISSN 1797-3554 ISBN 978-952-227-981-1	Verkkojulkaisu Nätpublikation Web publication ISSN 1797-3562 ISBN 978-952-227-982-8
Kokonaissivumäärä Sidoantal Pages 61	Kieli Språk Language Hinta Pris Price Suomi, Finska, Finnish 18
Julkaisija Utgivare Published by Työ- ja elinkeinoministeriö Arbets- och näringsministeriet Ministry of Employment and the Economy	Kustantaja Förläggare Sold by Edita Publishing Oy / Ab / Ltd

Suomen kaivannaisalan tutkimusstrategia

Globaali väestön kasvun jatkuminen, kaupungistuminen ja kehittyvien maiden kansalaisten elintason kasvu lisää raaka-aineiden kysyntää. Primääristen raaka-aineiden tarve säilyy globaalisti korkealla vielä pitkään. Kaivannaisalan tulee kehittää uusia läpimurtotuotteita ja -palveluja sekä liiketoimintamalleja koko arvoketjun sekä materiaalikierron osalta.

Suomen kaivannaisalan korkeatasoinen tutkimus ja osaaminen luovat Suomelle uutta kestäväää kasvua ja globaalia liiketoimintaa. Tämä edellyttää vahvoja ja globaalisti tunnettuja osaamiskeskittyimiä, joihin yritykset osallistuvat ja jotka toimivat verkottuneesti luoden kansainvälisesti avoimia innovaatioyhteisöjä. Tutkimustee- moilla keskitetään kansalliset voimavarat hyvin valituille fokusaloille, jotka toteut- tavat tutkimusstrategian päämääriä. Strategiassa esitetään myös konkreettiset toimenpiteet kansallisen yhteistyön kehittämiseen, tutkimuskeskittymien ja tutki- musinfran vahvistamiseen sekä tutkimuksen rahoitukseen.

Suomen kaivannaisalan tutkimusstrategia toteuttaa Suomi kestävään kaivan- naisteollisuuden edelläkävijäksi -toimenpideohjelman tutkimuksen ja koulutuksen toimenpiteitä.

Tätä julkaisua myy:
Netmarket
Edita Publishing Oy
www.edita.fi/netmarket
asiakaspalvelu.publishing@edita.fi
Puhelin 020 450 05
Faksi 020 450 2380

Painettu
ISSN 1797-3554
ISBN 978-952-227-981-1

Verkkojulkaisu
ISSN 1797-3562
ISBN 978-952-227-982-8



TYÖ- JA ELINKEINOMINISTERIÖ
ARBETS- OCH NÄRINGSMINISTERIET
MINISTRY OF EMPLOYMENT AND THE ECONOMY