ETLA Muistio | Brief | 88 22.4.2020

Kriittiset metallit – kilpailukykyä ja huoltovarmuutta

Hannu Hernesniemi
Huoltovarmuuskeskus
hannu.hernesniemi@nesa.fi

Suositeltava lähdeviittaus:
Hernesniemi, Hannu (22.4.2020). ”Kriittiset metallit – kilpailukykyä ja huoltovarmuutta”.

ETLA Muistio No 88.
https://pub.etla.fi/ETLA-Muistio-Brief-88.pdf

Tiivistelmä

Yhdysvalloissa, EU:ssa ja Suomessakin on havahduttu siihen, että kriisitilanteissa tietyt metallit ovat kriittisiä. Niiden tuotanto on keskittynyt muutamiin maihin Yhdysvaltojen ja EU:n ulkopuolelle. Kiina hallitsee sotateknologian ja elektroniikan kannalta tärkeiden harvinaisten maametallien tuotannosta 90–95 prosenttia. Suomessa Kriittiset materiaalit ja huoltovarmuus -seurantaryhmä on listannut maamme kannalta tärkeät kriittiset metallit.

Euroopassa Suomi on poikkeuksellisessa asemassa, koska meillä on kilpailukykyä monien kriittisten metallien kaivostoiminnassa ja metallien jalostuksessa. Kriittisten metallien talteenotossa romusta ja yhdyskuntajätteestä tehdään tuloksekasta kehitystyötä.

Suomen teollisuus käyttää hyvin laajaa kirjoa kriittisiä metalleja ja erityisesti valmiita komponentteja, jotka sisältävät kriittisiä metalleja. Kriittisten metallien tai niitä sisältävien komponenttien varastoja voitaisiin kasvattaa ottamalla käyttöön varastovaraus. Tämä loisi kannusteen pitää ”ylisuuria” varastoja, jotka olisivat turva kriisitilanteissa. Huoltovarmuuskeskus puolestaan voisi varastoida joitakin globaalisti kriittisiä metalleja, joita kriisitilanteessa voitaisiin vaihtaa niihin metalleihin ja kriittisiä metalleja sisältäviin komponentteihin, joita Suomen teollisuus tarvitsee.

Abstract

Critical Metals – Competitiveness and Security of Supply

The USA, the EU and Finland have woken up to the fact that certain metals are critical in crises. Their production is concentrated in a few countries outside the USA and the EU. China controls 90–95 per cent of the production of rare-earth elements that are important to military technology and electronics. In Finland, the Critical Materials and Security of Supply monitoring group has listed the critical metals important to Finland.

However, Finland is in an exceptional position among the European countries due to the fact the we have a competitive advantage in the mining of many critical metals and the processing of metals. Finland's own mines and opened ore deposits yield battery materials (nickel, cobalt, lithium and graphite) and platinum group metals (with the most important ones being gold, palladium and platinum). Rare-earth elements can be used to make permanent magnets, which are needed in the jet engines of fighter aircraft, among other things. Fruitful development is being carried out in the recovery of critical metals (e.g. rare-earth elements) from scrap and municipal waste, and it will most likely lead to industrial-scale production within the next few years.

However, Finnish industry uses a very wide range of critical metals and, particularly, ready-made components that contain them. How can the security of the supply of these materials be secured in a crisis? Businesses know their own needs the best. Their inventories of critical metals or components containing them could be increased by allowing premature recognition of a part of the purchase costs of inventories as expenses. Businesses could then immediately claim a tax deduction for the metals or components they purchase for their inventories. This would create an incentive to maintain excessive inventories, which would provide security in crises. For its part, the National Emergency Supply Agency could store some critical metals that would be shortest in supply worldwide in a global crisis. These inventories could then be exchanged for the metals and components containing critical metals that are required by Finnish industry.

Valtiotieteen lisensiaatti (taloustiede) **Hannu Hernesniemi** on Huoltovarmuuskeskuksen johtava analyytikko.

Licentiate of Social Sciences (Economics) **Hannu Hernesniemi** is a Chief Analyst of National Emergency Supply Agency.

Kiitokset: Kiitän erityisasiantuntija Jarkko Vesaa ja professori Ari Väisästä hyödyllisistä kommenteista.

Acknowledgement: I thank Senior Specialist Jarkko Vesa and Professor Ari Väisänen for useful comments.

Avainsanat: Kriittiset metallit, Globaalit konfliktit, Kilpailukyky, Huoltovarmuus

Key words: Critical metals, International Conflicts, Competitiveness, Security of supply

JEL: O13, Q34, O4, F52

Kriittiset metallit ovat nousseet keskusteluun Yhdysvalloissa, EU:ssa ja myös Suomessa. Syynä ovat niiden saantiin liittyvät riskit. Useissa mineraaleissa 1–5 maata hallitsee valtaosaa materiaalien kaivostoiminnasta. Esimerkiksi harvinaisten maametallien (REE eli Rea Earth Elements) tuotannosta Kiina hallitsee peräti 90–95 prosenttisesti. Kiina pyrkii saamaan myös näiden metallien jatkojalostusketjua yhä pitemmälle haltuunsa, jolloin muun maailman riippuvuus Kiinasta lisääntyy. Akuuttina riskinä tällä hetkellä on koronavirus, joka aiheuttaa saantihäiriöitä.

Suomella on kuitenkin poikkeuksellisen hyvät lähtökohdat kriittisissä metalleissa. Meillä on useiden kriittisten metallien esiintymiä, mm. akkumetalleja, kultaa ja platinaryhmän metalleja. Metallinjalostus on korkealla tasolla ja kansantalouden kokoon nähden laajaa. Kierrätys toimii ja esimerkiksi harvinaisten metallien talteenoton tietotaitoon panostetaan määrätietoisesti.

EU:n kriittiset raaka-aineet

Kriittiset raaka-aineet ovat tärkeitä EU:lle, koska talousalue joutuu tuomaan niistä pääosan. Komissio onkin laajan valmistelun pohjalta jo kolmesti antanut listauksen kriittisistä raaka-aineista – vuosina 2011, 2014 ja viimeksi 2017 – joka on esitetty taulukossa 1. Uusin listaus on tulossa tänä keväänä. Raaka-aineiden osalta ei tapahdu juurikaan muutoksia, mutta harvinaiset maametallit (LREE ja HREE) ja niiden saatavuus ovat tarkasteluissa keskiössä.

Kriittisten raaka-aineiden lista koostuu pääosin metallisista tai ei-metallisista mineraaleista, mutta myös muista raaka-aineista kuten luonnonkumi. Energia- ja maatalousraaka-aineita ei ole otettu tarkasteluun. Raaka-aineiden valinta tehtiin perustuen niiden taloudelliseen merkitykseen ja arvioon raaka-aineen tarjontariskistä.

Vuonna 2017 taloudellinen arvio perustui raaka-aineiden avulla luotujen lopputuotteiden arvoon ja eri sektoreiden arvonlisään NACErev2 2-numerotasolla. Tätä arviota korjattiin substituutioindeksillä (SIEI), joka ottaa huomioon sen, onko raaka-aine mahdollista teknisesti ja taloudellisesti korvata jollain muulla raaka-aineella. Tarjontariskiä arvioitiin tarjonnan maittaisella keskittymisellä ottaen huomioon myös maiden hallinnon toimivuus ja kaupalliset näkökohdat. Tuottajamaat jaettiin kahteen joukkoon – globaalit toimittajat ja maat, jotka toimittavat pääasiassa EU-maihin. Tarjontariskiin vaikuttavat pullonkaulat materiaalin tuotannossa ja jalostuksessa. Jos materiaali voidaan korvata tai kierrättää, nämä vähentävät riskiä.

Taulukkoon 1 on merkitty kustakin materiaalista tärkein globaali toimittajamaa ja EU:n kannalta isoin toimittaja. Kiina on erittäin merkittävässä asemassa monen raa-

Taulukko 1 **Euroopan unionin määrittelemät kriittiset raaka-aineet 2017, maailman johtava tuottajamaa ja johtava toimittaja EU-maihin**

Kriittinen raaka-aine	Johtava tuottajamaa, %	Johtava toimittaja EU-maihin, %
Antimoni	Kiina, 87	Kiina, 90
Fluorisälpä	Kiina, 64	Meksiko, 27
Kevyet harvinaiset maametallit (LREE)	Kiina, 95	–
Fosfori	Kiina, 58	Kazakstan, 77
Baryytti	Kiina, 44	Kiina, 44
Gallium	Kiina, 73	Kiina, 36
Magnesium	Kiina, 87	Kiina, 94
Scandium	Kiina, 66	Venäjä, 67
Beryllium	USA, 90	–
Germanium	Kiina, 67	Kiina, 43
Luonnon grafiitti	Kiina, 69	Kiina, 69
Piimetalli	Kiina, 61	Norja, 23
Vismutti	Kiina, 82	Kiina, 84
Hafnium	Ranska, 43	Ranska, 43
Luonnonkumi	Thaimaa, 32	Indonesia, 32
Tantaali	Ruanda, 31	Nigeria, 43
Boraatti	Turkki, 38	Turkki, 98
Helium	USA, 73	USA, 51
Niobium	Brasilia, 90	Brasilia, 71
Volframi	Kiina, 84	Venäjä, 50
Koboltti	Kongo, 64	Suomi, 66
Raskaat harvinaiset maametallit (HREE)	Kiina, 95	–
Platina	Etelä-Afrikka, 70	–
Palladium	Venäjä, 46	–
Vanadiini	Kiina, 53	Venäjä, 60
Koksihiili	–	–
Indium	Kiina, 57	Kiina, 28
Fosfaattikivi	Kiina, 44	Marokko, 27

Lähde: Critical raw materials.

ka-aineen toimittajana. EU:n toimittajalistalle Euroopan maista ovat päässeet vain Suomi, Norja ja Ranska. Suomi on merkittävä koboltin jalostaja. Koboltin raaka-aineesta pääosa tuodaan kuitenkin Kongosta ja Venäjältä, mutta omistakin kaivoksistamme sitä saadaan. Kobolttia ei esiinny sellaisenaan, vaan muiden malmien yhteydessä.

Suomen kriittiset metallit

Myös Suomessa on herätty huomaamaan kriittisten metallien tärkeys. Huoltovarmuuskeskus (HVK) ja sen yhteydessä toimivia huoltovarmuuden kannalta tärkeitä teknologiayrityksiä edustava Teknologiapooli teettivät ja KTT Jarkko Vesa koosti vuonna 2017 selvityksen Kriittiset metallit ja huoltovarmuus. Työn pohjalta syntyi kriittisten materiaalien seurantaryhmä, joka kokoaa asiantuntijoita kriittisiä materiaaleja tuottavasta ja käyttävästä teollisuudesta, tutkimuslaitoksista ja korkeakouluista sekä HVK:sta. Tuo ryhmä on määritellyt Suomen kriittisten metallien TOP-10 -listauksen, joka on esitetty seuraavalla sivulla olevassa taulukossa 2. Taulukossa on myös kuvaus kunkin metallin pääasiallisista käyttötarkoituksista. Lisää tietoa näistä kriittisistä metalleista saa sivulta www.kriittisetmateriaalit.fi.

Suomen mahdollisuuksia

Suomen nykyiset ja potentiaaliset kilpailuedut kriittisissä metalleissa johtuvat neljästä juurisyystä: (i) fennoskandian eurooppalaisittain malmirikkaasta kallioperästä, (ii) metallien ja mineraalien jalostuksen osaamisesta, (iii) hi-techteollisuuden kasvavasta kysynnästä ja (iv) kehittyvästä kriittisten materiaalien talteenotosta romusta ja jätteistä. Seuraavassa on esitetty lyhyesti Suomen mahdollisuuksia.

Akkuklusteri

Akkujen kysynnän arvioidaan kasvavan moninkertaiseksi ilmastonmuutoksen edistämänä sähköautobuumin myötä. Akkujen valmistuksessa tarvitaan nikkeliä, kobolttia, litiumia ja grafiittia, joita kaikkia on Suomen kallioperässä. Raaka-aineet muodostavat noin 50 prosenttia akkujen kustannuksista. Suomen Malminjalostus Oy:n mukaan akun kemiallisesta koostumuksesta riippuen Suomi voisi tuottaa raaka-aineita jopa 500 000 autoon vuodessa.

Suomi on Euroopan suurin nikkelintuottaja ja ainoa maa, jolla on omaa koboltin tuotantoa. Freeport Cobaltin Kokkolan tuotantolaitos on maailman suurin koboltin jalostaja. Keliber on avaamassa litiumlouhoksia Kaustisella ja investoi jalostustehtaaseen Kokkolaan. Tuotanto alkaa nykysuunnitelmien mukaan 2024. Litiumkemikaalituotanto vastaisi 5 prosenttia maailman tuotannosta.

Suuri kysymys on, pystytäänkö Suomessa saamaan aikaiseksi merkittävää akkukemikaalien, akkukennojen ja akkujen tuotantoa. Maailman suurimpiin kemikaaliyrityksiin kuuluva saksalainen BASF sijoittaa ensimmäisen akkumateriaaleja valmistavan tehtaansa Harjavaltaan Norilsk Nickelin nikkeli- ja kobolttijalostamon läheisyyteen. Terrafame rakentaa akkukemikaalitehdasta Sotkamoon. Suomen Malminjalostus Oy suunnittelee akkumateriaalitehtaita Kotka-Haminan ja Vaasa-Kokkolan seudulle. Valmet Automotiven akkutehdas aloitti Salossa syksyllä 2019. (Kiinalainen autojen ja energiavarastojen akkujätti CATL omistaa Valmet Automotivesta 22 prosenttia). Akkuklusteri on muotoutumassa, mutta mega-akkutehdas vielä puuttuu.

Kulta ja platinametallit

Kulta, platina, palladium ja muut platinaryhmän metallit ovat toinen mahdollinen vaurauden lähde. Käyttötarkoituksia on osoitettu viereisellä sivulla olevassa taulukossa. Kittilän kultakaivos on Euroopan suurin kultakaivos. Jos Suomi joutuisi hätätilassa myymään keskuspankin kultavarannon, se saataisiin kotimaisista kaivoksista viidessä vuodessa takaisin. Platinaryhmän metallien tuotanto kasvaa voimakkaasti, kun Sakatin kaivos aloittaa toimintansa. Rikkaassa esiintymässä on tärkeiden perusmetallien, kuparin, nikkelin ja koboltin lisäksi arvometalleja, kuten platinaa, palladiumia, kultaa ja hopeaa.

Harvinaiset maametallit

Harvinaisten maametallien kysyntää kasvattavat erityisesti hi-tech -tuotteet – tietokoneet, matkapuhelimet, sensorit, puolustusvälineteollisuuden huipputuotteet jne.

Kestomagneetti on konkreettinen esimerkki harvinaisista maametalleista tehdystä tuotteesta. Suomessa niitä valmistaa Neorem Magnets. Kestomagneettien avulla sähkömoottorien kokoa pystyttiin oleellisesti pienentämään, minkä ansiosta Kone Oyj kehitti ensimmäisenä konehuoneettoman hissin. Kestomagneetit ovat myös keskeinen komponentti taisteluhävittäjien suihkuturbiineissa, mistä syytä alan valmistajat ovat huolissaan Kiinan raaka-ainemonopolista.

Urban mining

Urban mainingilla tarkoitetaan metallien talteenottoa romusta tai esimerkiksi yhdyskuntajätteestä. Rikkaita jalostuskohteita ovat myös kaivosten sivuhiekat. Tonnissa tietokoneiden ja matkapuhelimien piirilevyjätettä on noin 600 grammaa kultaa, kun kultakaivosten malmitonnissa sitä on 4–6 grammaa. Esimerkiksi rekka-autolastillisesta (30 tonnia) Jyväskylän puhdistamoliettä saadaan 13 gr

Taulukko 2 Suomen kriittisten materiaalien TOP-10 -lista

Metalli	Käyttötarkoituksia
Koboltti	Koboltti on keskeinen osa tulevaisuuden energia- ja liikenneratkaisuja. Akkuteollisuus käyttää nykyään yli 40 prosenttia koboltintuotannosta. Loput käytetään teollisissa ja sotilaallisissa sovelluksissa, kuten metalliseoksissa, magneeteissa ja katalyytteinä kemianteollisuudessa.
Luonnon grafiitti	Luonnon grafiittia käytetään tulenkestävissä sovelluksissa, jarrupaloissa, sähkömoottorien hiiliharjoissa, valimoteollisuudessa, kuivana voiteluaineena, teräksen valmistuksessa ja anodin valmistukseen akkuteollisuudessa.
Kromi	Kromia käytetään metallien pinnoittamiseen. Sen avulla metalliesineiden pinnat säilyvät hapettumattomina ja kirkkaina, minkä vuoksi pinnoitusta on käytetty korvaamaan kokonaan ruostumattomasta teräksestä valmistettuja tuotteita.
Kulta	Hyvän sähkönjohtavuuden ja korroosiokestävyyden vuoksi kultaa käytetään kontaktipintojen päällystämiseen elektroniikassa ja telealan korkean teknologian tuotteissa kuten puolijohteissa, piirilevyissä ja mikrosiruissa.
Platinaryhmän metallit (PGM)	Platinaryhmän metallien (PGM) tärkeimpiä sovelluskohteita ovat autojen päästöjen myrkyllisyyttä vähentävät katalysaattorit. Kemianteollisuus käyttää huomattavia määriä platinaa tai platina-rhodium-seosta katalyyttinä.
Litium	Litium on kevyin kaikista metalleista. Keveytensä vuoksi litiumia käytetään kovissa ja kevyissä metalliseoksissa. Tietoisuuteen litium on noussut sähköautoissa yleisesti käytettyjen litiumioniakkujen (li-ion) myötä. Litiumia käytetään myös lasikeramiikassa ja voiteluaineissa.
Magnesium	Magnesium on pehmeä ja yleisessä käytössä olevista metalleista kevyin. Sitä käytetään pelkistimenä valmistettaessa muita metalleja ja ainesosana monissa metalliseoksissa. Magnesiumpitoisissa seoksissa yhdistyvät lujuus ja keveys, mikä on tärkeä esimerkiksi auto- ja lentokoneteollisuudessa sekä monissa instrumenteissa.
Harvinaiset maametallit (REE)	Harvinaiset maametallit (Rare Earth Elements, REE; Rare Earth Metals, REM) ovat tärkeä raaka-aine korkean teknologian aloille, kuten uusiutuva energia ja puolustusjärjestelmät. Harvinaiset maametallit jaetaan kevyisiin (Light Rare Earth Elements, LREE) ja raskaisiin (Heavy Rare Elements, HREE).
Niobi	Niobia (myös niobium) käytetään seosmetallina erikoisteräksissä. Hyvän lämmönkestävyyden takia niobia sisältäviä seoksia käytetään esimerkiksi suihku- ja rakettimoottoreissa. Sitä käytetään myös suprajohtavissa materiaaleissa. Muita käyttökohteita ovat ydinvoima-, elektroniikka- ja optiikkateollisuus.
Volframi	Volframi on kova ja tiheä metalli. Kovuutensa takia sitä käytetään metalliseoksissa. Volframilla on metalleista korkein sulamispiste ja suurin vetolujuus. Käyttökohteita ovat kovametallit, terässeokset, elektroniikka- ja sähköteollisuus sekä kemianteollisuus (katalyytit).

Lähde: www.kriittisetmateriaalit.fi

palladiumia, 3 kg harvinaisia maametalleja ja 400 kg fosforia. Palladiumista voidaan tehdä 3 sormusta, 600 matkapuhelimeen saadaan harvinaiset maanmetallit ja fosforilla lannoitetaan 20 ha. Jyväskylän yliopiston, sähkö- ja elektroniikkalaitteiden tuottajavastuusta huolehtivan Elkerin, Jyväskylän Energian ja Tapojärvi Oy:n muodostama konsortio on professori Ari Väisäsen johdolla kehittänyt teknologian, jolla harvinaisia maametalleja saadaan talteen. Menetelmäkehitys on siirtymässä koemittakaavan tehdasvaiheeseen.

Huoltovarmuuden turvaaminen

Huoltovarmuuden kannalta ne kriittiset materiaalit, joita on tuotava, ovat ongelmallisia. Yritysten kannalta tärkeää on tietysti jatkuva markkinoiden riskianalyysi, vaihtoehtoisten hankintakanavien etsiminen ja korvaavien, edullisempien materiaalien kehittäminen.

Perinteinen keino on ollut materiaalien varmuusvarastointi poikkeusolojen varalle. Kriittiset metallit ja huoltovarmuus -selvityksessä kysyttiin yrityksiltä, miten varmuusvarastointi voitaisiin hoitaa:

- keskitetysti Huoltovarmuuskeskuksen alaisuudessa,
- hajautetulla mallilla, jossa kukin yritys hoitaa itse turvavarastoinnin tai
- yhteispohjoismaisena varmuusvarastoinnin yhteistyönä.

Vaihtoehdot saivat likipitäen yhtä suuren, noin 30 prosentin kannatuksen.

Hajautettu malli olisi sikäli hyvä, että kukin yritys osaa ennustaa oman kysyntänsä. Ongelmana on yritysten ja hankittavien erien pienuus, mikä nostaa kustannuksia. Lisäksi varastoon ei haluta sitoa ylimääräistä pääomaa. Yksi mahdollisuus kannustaa yrityksiä pitämään varmuusvarastoja olisi varastovarauksen selektiivinen käyttöönotto. Siinä yritys saisi heti vähentää varastoon ostamansa tavaran arvon verotuksessa. Mahdollisuus verosuunnitteluun loisi kannusteen pitää ”ylisuuria” varastoja, jotka takaisivat yrityksen toiminnan jatkuvuutta ja samalla turvaisivat yhteiskunnan huoltovarmuutta.

Muita jo käytössä olevia keinoja ovat säätää lailla velvoitevarastoinnista, mikä on käytössä tuotavissa energia-raaka-aineissa kuten öljyssä ja öljytuotteissa sekä kivihiilessä. Lääkkeissä lääkkeiden maahantuojille maksetaan korkotukea velvoitevarastoista.

Keskitetyn, Huoltovarmuuskeskuksen hoitaman varmuusvarastoinnin ongelma on väistämättä nimikkeiden monilukuisuus ja tarvittavien varastomäärien arviointi. Varastojen moninaisuus aiheuttaisi melkoisia varastointikustannuksia. Vaihtoehtoisesti voisikin ajatella muutamien maailmanmarkkinoiden kriittisten materiaalien perusraaka-aineiden varmuusvarastointia. Niitä voitaisiin sitten poikkeusoloissa vaihtaa kotimaisen teollisuuden tarvitsemiin raaka-aineisiin tai komponentteihin.

Pohjoismainen yhteistyö huoltovarmuudessa on lisääntynyt. Suomella on huoltovarmuussopimukset Ruotsin ja Norjan kanssa. Suomen ja Ruotsin sopimukseen sisältyykin tavaroidenvaihtolista. Lista on auttamatta vanhentunut. Pohjoismaiseen yhteistyöhön varmuusvarastoinnissa olisi pitkä matka varsinkin, kun muilla mailla ei ole toimivaa varmuusvarastointijärjestelmää.

Kirjallisuus

European Comission (2020). Critical raw materials, https://ec.europa.eu/growth/sectors/raw-materials/specific-interest/critical_en (haettu 5.3.2020).

Heikkilä, Mari (2019). Metallien kierrätys – piirilevyjätteessä ja jätevesilietteessä on korkeammat pitoisuudet arvometalleja kuin kaivoksissa, Tiedeykkönen Yle 1.10.2019, https://areena.yle.fi/1-50250005 (haettu 3.3.2020).

Huoltovarmuuskeskus (2020). Kriittiset materiaalit ja huoltovarmuus -seurantaryhmän sivusto, https://www.kriittisetmateriaalit.fi/ (haettu 5.3.2020).

Vesa, Jarkko (2017). Kriittiset metallit ja huoltovarmuus, Huoltovarmuusorganisaatio.

Väisänen, Ari (2019). Kriittinen vai harvinainen vai molempia?, esitelmä Eloriihessä 4.9.2019.

Väisänen, Ari (2020). Kriittisten raaka-aineiden selektiivinen talteenotto SE-romusta, esitelmä 16.5.2018, https://www.kriittisetmateriaalit.fi/materiaalit/ (haettu 5.3.2020).

Elinkeinoelämän tutkimuslaitos

ETLA Economic Research

ISSN-L 2323-2463
ISSN 2323-2463

Kustantaja: Taloustieto Oy

Puh. 09-609 900
www.etla.fi
etunimi.sukunimi@etla.fi

Arkadiankatu 23 B
00100 Helsinki