

Ilmastonmuutoksen kuvitellaan ratkeavan sähköautoilla ja tuulivoimapuistoilla – Aalto-yliopiston professori kertoo, miksi se ei onnistu

Aalto-yliopiston metallurgian professori Ari Jokilaakso varoittaa, että melkein kaikkien metallien kysyntä uhkaa ylittää tarjonnan jo kymmenen vuoden kuluessa.

TEKSTI [MARIA TOJKANDER](#)



”Tällä hetkellä tuulivoimalla tuotetun energian ilmastohyöty on pientä eikä näy globaalissa tilanteessa. Energiasta sillä tuotetaan pari prosenttia ja sähköstäkin vain reilut viisi prosenttia”, Ari Jokilaakso kertoo.

Tuulivoiman ja sähköautojen lisäämisen pitäisi tuottaa merkittävästi ilmastohyötyjä. Mikä ongelma on tässä ajattelussa, Aalto-yliopiston metallurgian professori Ari Jokilaakso?

”Tällä hetkellä ratkaisut ilmastokriisiin pyörivät lähinnä tuulivoiman ja liikenteen sähköistämisen ympärillä. Molemmat vaativat monia metalleja paljon enemmän kuin konventionaaliset ratkaisut.

Perusmetallien perustarve kasvaa muutaman prosentin vuosivauhtia. Sen päälle tulee sitten huima kasvukäyrä uusiutuvan energian ja sähköautojen takia.

Sähköautoon menee nelinkertainen määrä metallia polttomoottoriautoon verrattuna. Tuulimyllyrakennukseen tarvitaan moninkertaisesti enemmän metallia kuin fossiilisten polttoaineiden voimaloihin. Tätä ei ole otettu riittävästi huomioon. Emme yllä ilmastotavoitteisiin näillä keinoilla, koska metalleista tulee pula.”

Mistä metalleista tulee pula?

”Melkein kaikkien metallien tuotantokapasiteetti jää liian pieneksi kysyntään nähden 10 vuoden kuluessa. Harvinaisista maametalleista ensin tulee pula dysprosiumista, neodyymistä ja praseodyymistä.

Dysprosiumia tarvitaan autojen ja tuulimyllyjen kestopagneetteihin. Kestomagneetit muuttavat sähköenergian liike-energiaksi autoissa ja päinvastoin tuulimyllyissä. Dysprosium on kestopagneeteissa yhdessä neodyymin kanssa, mutta näistä kahdesta dysprosiumin tunnetut varannot ovat huomattavasti pienemmät.

Teknologiometalleista aurinkovoimaloiden erityinen pullonkaula on telluuri, mutta pulaa tulee myös galliumista ja indiumista.

Energian varastoimisessa eli litiumioniakuissa litiumin, koboltin ja nikkelin tämänhetkinen tuotantokapasiteetti ei sekään riitä vastaamaan kysynnän kasvuun kymmenen seuraavan vuoden aikana. Seleenistäkin tulee pula. Seleenä käytetään eri sovelluksissa, kuten aurinkokennoissa. Näistä kaikista metalleista tulee siis pula, jos emme pysty lisäämään niiden tuotantoa.”

”Ydinvoima täytyy pitää käytössä huomattavasti pidempään kuin on suunniteltu”, Ari Jokilaakso sanoo.

Kuinka paljon enemmän yksittäisiä metalleja tuulivoimala vaatii kuin vaikkapa kivihiiivoimala?

”Esimerkiksi kuparin tarpeessa on merkittävä ero: kivihiiivoimaloissa kuparia tarvitaan noin 1 tonni megawattia kohti, mutta maatuulivoimaloissa noin 3 tonnia ja merituulivoimaloissa jopa 8 tonnia megawattia kohti.

Fossiilisia polttoaineita käyttävissä voimaloissa ei tarvita harvinaisia maametalleja, mutta tuulivoimaloissa ne ovat kriittisessä roolissa. Yhteen merituulivoimalaan tarvitaan dysprosiumia noin 14 ja neodyymiä 180 tonnia gigawattia (GW) kohti ja praseodyymiä 2 tonnia gigawattia kohti. Tulevaisuudessa niiden tarve vähenee, kun teknologiat kehittyvät.

Tuulivoimaloihin tarvitaan terästä 107 000–132 000 tonnia gigawattia kohti.”

Entä kuinka paljon enemmän yksittäisiä metalleja sähköauto vaatii verrattuna polttomoottoriautoon?

”Polttomoottoreissa ei tarvita harvinaisia maametalleja lainkaan. Sähköautoissa harvinaisten maametallien tarve on pieni mutta kriittinen; sähkömoottoriin menee dysprosiumia noin 1 gramma ja neodyymiä vajaat 4 grammaa kilowattia kohden.

Erityisesti kuparia tarvitaan jopa nelinkertaisesti (20 vs. 80 kilogrammaa autoa kohti) sähköautoissa, koska sähköä pitää siirtää paljon. Lisäksi tulevat latausasemat ja kaapeloinnit.

Akuissa tarvitaan tällä hetkellä litiumia, nikkeliä ja kobolttia, mutta tulevaisuus näyttää, mihin akkukemioihin ratkaisut tulevat keskittymään.”

Voisiko harvinaisten metallien kierrätyksen lisääminen auttaa?

”Kaikkien metallien mahdollisimman kattava kierrätys olisi tervetullut lisä kysynnän kasvuun vastaamisessa. Tuulivoiman ja sähköistymisen aiheuttama kysynnän lisä joillekin metalleille on niin suuri, ettei kierrätys ehdi vastaamaan kuin pieneen osaan sitä. Monien metallin – esimerkiksi harvinaisten maametallien ja litiumin – kierrätys on olematonta eli alle 1 prosentti päätyy kierrätykseen. On välttämätöntä saada tämä tilanne korjattua. Sen korjaaminen on kuitenkin vain osa koko ongelman ratkaisua.”

Eikö metallien tuotantoa voi lisätä?

”Alkuperätuottajat ovat kyllä havainneet, että kysyntä kasvaa ja tuotantoa on nostettava. Jotkut litiumintuottajat esimerkiksi ovat ilmoittaneet nostavansa tuotantokapasiteettia. Monien metallien tarve on kuitenkin niin suuri, että tuotantokapasiteetti pitäisi moninkertaistaa. Se ei onnistu tarpeeksi nopeasti.

Metalleja tuotetaan mineraaleista. Metalleja ei voida tuottaa enempää kuin niitä on maankuoressa mineraaleina saatavilla tai kuin maaperässä on niiden tunnettuja varantoja. Ennustetulla keskimääräisellä kysynnän kasvulla dysprosiumin ja telluurin tunnetut varannot jäävät kysyntää pienemmiksi jo 2030-luvulla. Koboltin, nikkelin ja seleenin tunnetut varannot taas eivät riitä kattamaan kysyntää enää 2040-luvulla.

Lisäksi metallit täytyy tuottaa puhtaalla energialla, jotta sähköautoissa ja tuulivoimassa olisi jotain järkeä ilmastonmuutoksen kannalta. Rakennamme siis tuulivoimapuistoja saadaksemme puhdasta energiaa, mutta niiden rakentaminen vaatii valtavasti metallia, joiden tuottamiseen tarvitsemme puhdasta energiaa.

Esimerkiksi SSAB aikoo alkaa tuottaa [fossiilitonta terästä vetypelkistykseen avulla](#). Raahen tehtaan teräksen tuotannon muuttaminen vetypohjaiseksi vaatii kuitenkin yhden ydinvoimalan verran lisää energiaa.”

Etkö usko, että Raahen terästehdas saa tarpeeksi fossiilitonta sähköä vetypelkistystä varten?

”SSAB varmaan onnistuu saamaan sitä tarpeeksi ja nimenomaan Raahen tehtaalle Suomessa. Näkökulmani on globaali, koska ilmastonmuutos on globaali ongelma.

Ennuste sähköautoihin ja puhtaaseen energiaan tarvittavasta metallien määrästä on globaalisti niin suuri, että metallien tuotanto ja tunnetut varannot eivät riitä siihen. Emme pysty ratkaisemaan ilmastonmuutosta pelkillä sähköautoilla ja uusiutuvalla energialla.

Nykyteknologioilla emme pysty siirtymään uusiutuvien energialähteiden käyttöön tai sähköistämään yhteiskunnan toimintoja 2030–2050 luvuille asetettujen ilmastotavoitteiden aikataulussa.

On kiire löytää ja aloittaa uusia kaivoksia. Ilman kaivoksia ilmastonmuutosta ei ratkaista, kun kierrätyskään ei riitä eikä ehdi. Kaivostuotannon käynnistäminen kestää kuitenkin keskimäärin kymmenen vuotta uusien varantojen löytymisestä. Siksikään aika ei monen metallin kohdalla riitä.

Sähkö ei riitä kaikkeen. Jos kaikki se sähkö, jota uusiutuvilla pystytään tuottamaan, ohjataan metallien tuotantoon – jotta voitaisiin tuottaa uusiutuvaa energiaa – energian käyttöä täytyy vähentää jostain muualta.”

Mistä metallista on huutavin pula?

”Nyt pullonkaulana on telluuri. Sitä käytetään aurinkokennoissa. Sen tunnetut varannot on käytetty loppuun 2030-luvun alkupuolella suurin piirtein samoihin aikoihin kuin dysprosiumin, joka taas on tuulimyllyjen, sähköautojen ja kestopagneettien avainosatekijä. Näiden metallien tuotantokapasiteetti jää jälkeen kysynnästä jo tällä vuosikymmenellä.”

Eikö telluuria ja dysprosiumia voi korvata jollain toisella metallilla?

”Telluuria sisältäville aurinkokennoille on jo korvaava teknologia olemassa, ja lähitulevaisuudessa on myös näköpiirissä esimerkiksi [perovskiittiaurinkokennoja](#). Dysprosiumia varmaan voi korvata neodyymillä, molempia käytetään. Molemmista tulee kuitenkin pulaa.

Ja olipa kyse mistä tahansa nyt puheena olleesta metallista, sen korvaaminen käyttökohteessaan toisella merkitsee joko suorituskyvyn tai tavoitellun ominaisuuden merkittävää heikkenemistä.

Kaikilla näillä metalleilla saadaan juuri kullekin tarkoitettuun käyttökohteeseen paras mahdollinen suorituskyky. Esimerkiksi koboltilla saadaan litiumioniakkuun paras mahdollinen hyötysuhde ja pisin mahdollinen toimintamatka. Jos niistä voitaisiin tinkiä, pärjättäisiin rautafosfaattiakuilla. Rautafosfaattiakuilla on monia etuja, mutta niiden energiatiheys on pienempi ja paino suurempi kuin litiumioniakuilla.”

Jos teollisuus pyrkii tulevaisuudessa korvaamaan harvinaisia metalleja yleisemmillä, mistä sitten tulee pula? Alumiinista, kuparista, fossiilittomasta teräksestä vai jostakin muusta?

”Jos fossiilittoman teräksen kysyntä räjähtää, siitä tulee nopeasti pula, koska täysin uuden tuotantotavan rakentaminen on hidasta ja vaatii paljon investointeja. Muista perusmetalleista on jo ennustettavissa, että ainakaan kuparin ja nikkelin tuotantokapasiteetti ei riitä kattamaan kasvavaa kysyntää edes kymmenen seuraavan vuoden aikana. Kobolttin tuotantokapasiteetti jäänee ensimmäisenä liian pieneksi kysyntään nähden ja sen tunnetut varannot samoin.”

Jos metalleista tulee pula, niiden hinta nousee. Eikö se vähennä niiden kulutusta automaattisesti? ”Se ohjaa niiden kulutusta sinne, missä on varaa maksaa siitä. [Sirupula on osoittanut](#), että luksusautoihin riittää siruja, mutta halvempiin autoihin ei niin paljon kuin tarvittaisiin.”

”Nyt laskemme sokeasti kaiken vain tuulivoiman ja sähköautojen varaan”, Jokilaakso sanoo.

Milloin havahduit tähän ongelmaan?

”Kolme neljä vuotta sitten huomasin ennusteita, joiden mukaan sähköautojen ja uusiutuvan energian aiheuttama metallien kysyntä lisääntyy eksponentiaalisesti.

Ongelma ei ole vielä noussut julkiseen keskusteluun eikä poliitikkojen puheisiin, vaikka olisi syytä. Tuulivoimaan ja sähköautoihin liittyy nyt samantapainen hype kuin 1970-luvulla öljyyn.

Kuvitellaan, että ilmastonmuutos ratkeaa sillä, että saadaan kaikille sähköautot ja rakennetaan tuulivoimapuistoja.”

Miten ratkaisisit ongelmaa?

”Nämä ennusteet perustuvat tuulivoimaan ja sähköautoihin. Jotta voimme saavuttaa kunnianhimoiset ilmastotavoitteet, keinovalikoimaa pitää laajentaa huomattavasti.

Ydinvoima täytyy pitää käytössä huomattavasti pidempään kuin on suunniteltu. Lisäksi täytyy kehittää energian varastointiin teknologioita, jotka eivät vaadi kriittisiä metalleja.

Nyt laskemme sokeasti kaiken vain tuulivoiman ja sähköautojen varaan. Pitäisi hahmottaa keinojen kokonaisuus ja se, mikä kaikki vaikuttaa mihinkin. Mihin vaikuttamalla saamme kestävimmän ratkaisun? Myös sähkönkulutusta on pakko vähentää.”

Mistä pitäisi luopua?

”Ilmastonmuutoksen torjuntakeinoihin tarvitaan merkittäviä määriä sähköä. Jos sähkö ei riitä kaikkeen, pitää priorisoida ilmastonmuutoksen torjuntaa.

Kriittisten metallien varannot säästyisivät, jos esimerkiksi emme vaatisi akulta maksimiominaisuuksia kaupunkisähköautoilussa. Kuluttajia on kuitenkin turha syyllistää.”

Tätä vauhtia metalleista tulee pula

Keskimääräisen kysyntäennusteen mukaan näiden metallien kysyntä ylittää vuoden 2020 tuotannon tason ja tunnetut varannot on käytetty loppuun tällä aikataululla:

Kysyntä ylittää vuoden 2020 tuotannon tason:

- Dysprosium: ylitetty jo.
- Litium: vuonna 2023.
- Koboltti: ylitetty jo.
- Kupari: ylitetty jo.
- Neodyymi: vuonna 2025.
- Nikkeli: ylitetty jo.
- Praseodyymi: vuonna 2031.

- Gallium: ylitetty jo.
- Indium: ylitetty jo.
- Telluuri: ylitetty jo moninkertaisesti.
- Seleen: ylitetty jo.

Tunnetut varannot on käytetty loppuun:

- Dysprosium: vuonna 2033.
- Litium: ei tällä vuosisadalla.
- Koboltti: vuonna 2040.
- Kupari: ei tällä vuosisadalla.
- Neodyymi: ei tällä vuosisadalla.
- Nikkeli: vuonna 2042.
- Praseodyymi: ei pariin–kolmeensataan vuoteen.
- Gallium: ei pariinsataan vuoteen.
- Indium: vuonna 2042.
- Telluuri: vuonna 2034.
- Seleen: vuonna 2042.

Lähteet: Ari Jokilaakso. Patrik Granvik: *Liikkumisen sähköistämässä sekä uusiutuvien energialähteiden hyödyntämisessä tarvittavat luonnonvarat ja niiden riittävyys*. Diplomityö 2021, Aalto-yliopisto.

<https://tekniikanmaailma.fi/lehti/5a-2022/ilmastonmuutoksen-kuvitellaan-ratkeavan-sahkoautoilla-ja-tuulivoimapuistoilla-aalto-yliopiston-professori-kertoo-miksi-se-ei-onnistu/>