

Kriittiset raaka-aineet

24.4. Aleksi Salo

Esityksen sisältö



GTK lyhyesti

Kriittiset raaka-aineet

Kiertotalous ja kierrätys

Riskien hallintaa



**Ratkaisuja vauhdittamaan siirtymää
kestävään, hiilineutraaliin maailmaan**

Geologian tutkimuskeskus on geologisten luonnonvarojen asiantuntija

Puolueetonta tutkimustietoa ja palveluja päätöksenteon tueksi



**Ilmaston-
muutos**



**Energia-
murros**



**Kierto-
talous**

Avainlukuja

Perustettu **1885**

300+ projektia

450 asiantuntijaa

250+ asiakasyritystä ja -yhteisöä

120+ vertaisarvioitua tieteellistä julkaisua

74 % sai uusia innovaatioita tai käytäntöjä liiketoimintaansa*

Työ- ja elinkeinoministeriön alainen tutkimuslaitos

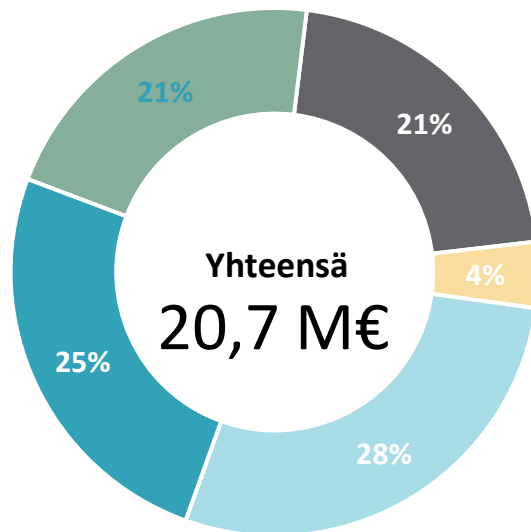


Kansainvälisiä asiakas- tai tutkimusprojekteja kaikilla mantereilla

Suomessa **6** paikkakunnalla

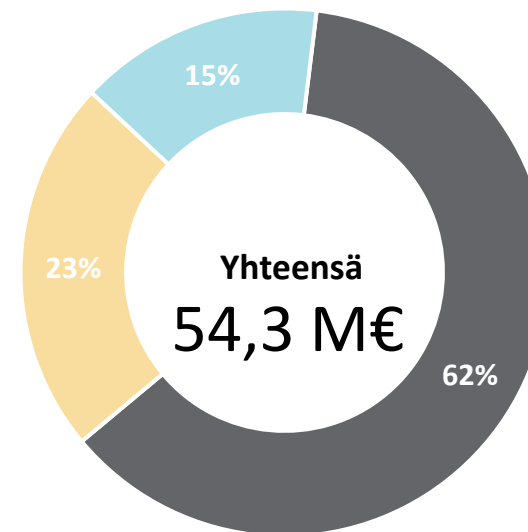
Rahoitus (vuodelta 2023)

Tulot asiakasryhmittäin, M€



- Valtionhallinto 4,3 M€
- Kuntasektori 0,9 M€
- Elinkeinoelämä 5,9 M€
- Vientiprojektit 5,1 M€
- Muut asiakkaat 4,4 M€

Kokonaisrahoitus, M€



- Perusrahoitus 33,6 M€
- Maksullisen toiminnan tulot 12,4 M€
- Yhteisrahoitteisin toiminnan tulot 8,3 M€

Strategia 2024–2027

Teknologiset innovaatiot

Raaka-aine- ja materiaaliomavaraisuus

Hiilinielut

Hiilineutraali energia

Ympäristö

Ratkaisuja vauhdittamaan siirtymää kestävään, hiilineutraaliin maailmaan

Kriittisten raaka-aineiden saatavuus
Mineraalien kiertotalous

Painopisteemme

Energiasiirtymä
Geoympäristö
Kestävät vesivarat

Geofysiikan sovellukset
Geotiedon ratkaisut

Tiedettä ja innovaatioita

Geotietoa

Asiakasratkaisuja

Vahvistamme ihmisen kokoista työelämää

Valmentava kulttuuri

Sujuva ja merkityksellinen työ

Jatkuvasti kehittyvä osaaminen

Rajat ylittävä yhteistyö ja viestintä

Hyödynnämme teknologiaa ja tekoälyä

Laajennamme rahoituspohjaa

Maamme hyväksi

Rohkeasti utelias ja uudistava

Enemmän yhdessä

Arvostava vastuunkantaja

Kriittiset raaka-aineet

- Raaka-aine on kriittinen kun sen hyödyntäminen on alueelle taloudellisesti tärkeää ja sen toimitusvarmuuteen liittyy riskejä (Critical raw material CRM)
- Strategiset raaka-aineet
 - *EU:ssa tärkeitä vihreän ja digitaalisen siirtymän teknologioissa SEKÄ avaruus ja puolustusteknologiassa*
- Strategiset raaka-aineet ovat aina kriittisiä, mutta kriittiset eivät aina strategisia
- Kriittisten raaka-aineiden aloite:
 - Väh.10% EU vuosittaisesta kulutuksesta **kaivostoiminnasta**
 - Väh. 40% EU vuosittaisesta kulutuksesta **jatkojalostuksesta**
 - Väh. 15% EU vuosittaisesta kulutuksesta **kierrätyksestä**
 - **Korkeintaan 65%** EU vuosittaisesta kulutuksesta kunkin **strategisen** raaka-aineen kohdalla **saa tulla YHDESTÄ maasta** EU:n ulkopuolelta.

	1																18	
1	1 H 1,008	2																2 He 4,003
2	3 Li 6,94	4 Be 9,012											5 B 10,81	6 C 12,01	7 N 14,01	8 O 16,00	9 F 19,00	10 Ne 20,18
3	11 Na 22,99	12 Mg 24,31	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13 Al 26,98	14 Si 28,09	15 P 30,97	16 S 32,06	17 Cl 35,45	18 Ar 39,95
4	19 K 39,10	20 Ca 40,08	21 Sc 44,96	22 Ti 47,87	23 V 50,94	24 Cr 52,00	25 Mn 54,94	26 Fe 55,85	27 Co 58,93	28 Ni 58,69	29 Cu 63,55	30 Zn 65,38	31 Ga 69,72	32 Ge 72,63	33 As 74,92	34 Se 78,97	35 Br 79,90	36 Kr 83,80
5	37 Rb 85,47	38 Sr 87,62	39 Y 88,91	40 Zr 91,22	41 Nb 92,91	42 Mo 95,95	43 Tc	44 Ru 101,1	45 Rh 102,9	46 Pd 106,4	47 Ag 107,9	48 Cd 112,4	49 In 114,8	50 Sn 118,7	51 Sb 121,8	52 Te 127,6	53 I 126,9	54 Xe 131,3
6	55 Cs 132,9	56 Ba 137,3	57-71	72 Hf 178,5	73 Ta 180,9	74 W 183,8	75 Re 186,2	76 Os 190,2	77 Ir 192,2	78 Pt 195,1	79 Au 197,0	80 Hg 200,6	81 Tl 204,4	82 Pb 207,2	83 Bi 209,0	84 Po	85 At	86 Rn
7	87 Fr	88 Ra	89-103	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og
				57 La 138,9	58 Ce 140,1	59 Pr 140,9	60 Nd 144,2	61 Pm	62 Sm 150,4	63 Eu 152,0	64 Gd 157,3	65 Tb 158,9	66 Dy 162,5	67 Ho 164,9	68 Er 167,3	69 Tm 168,9	70 Yb 173,0	71 Lu 175,0
				89 Ac	90 Th 232,0	91 Pa 231,0	92 U 238,0	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr



Strategic raw materials

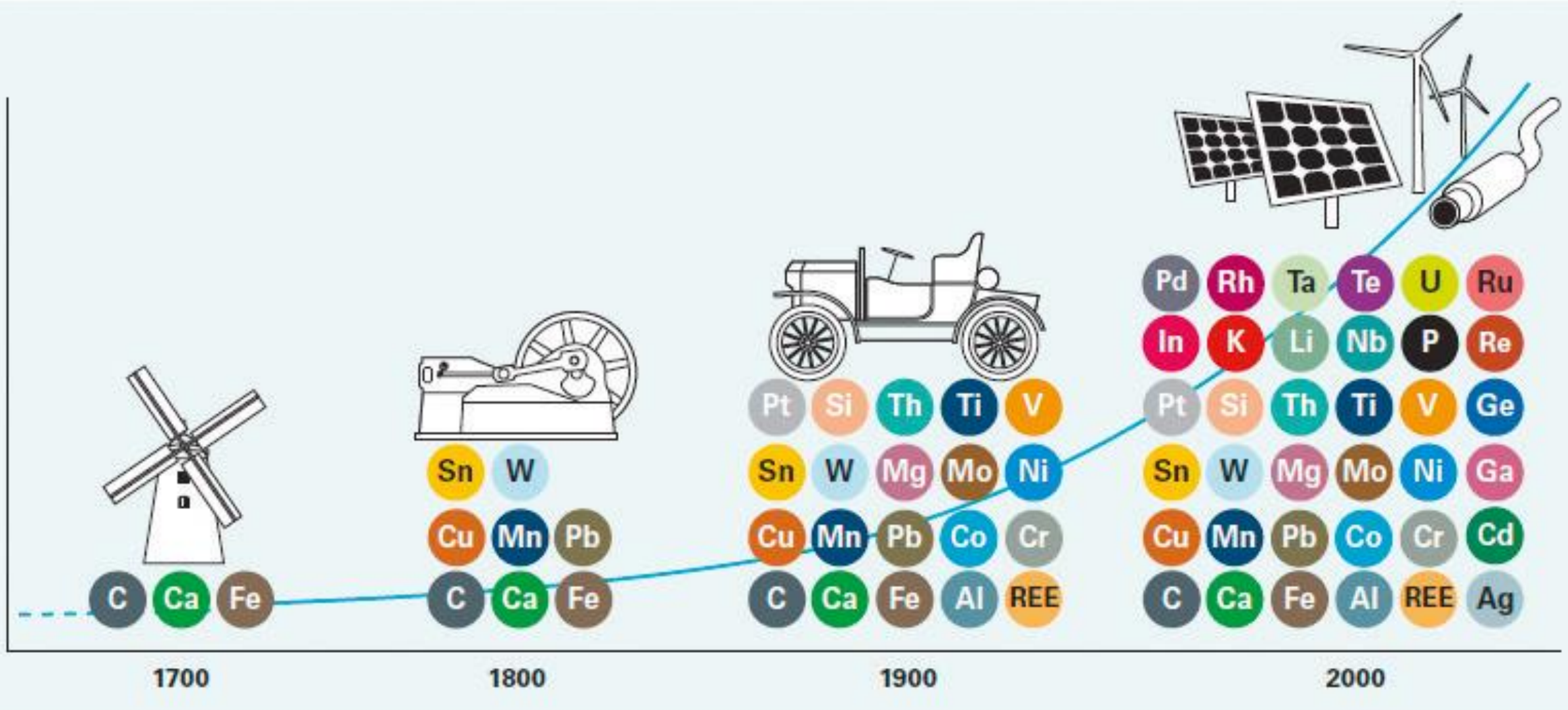


Critical raw materials

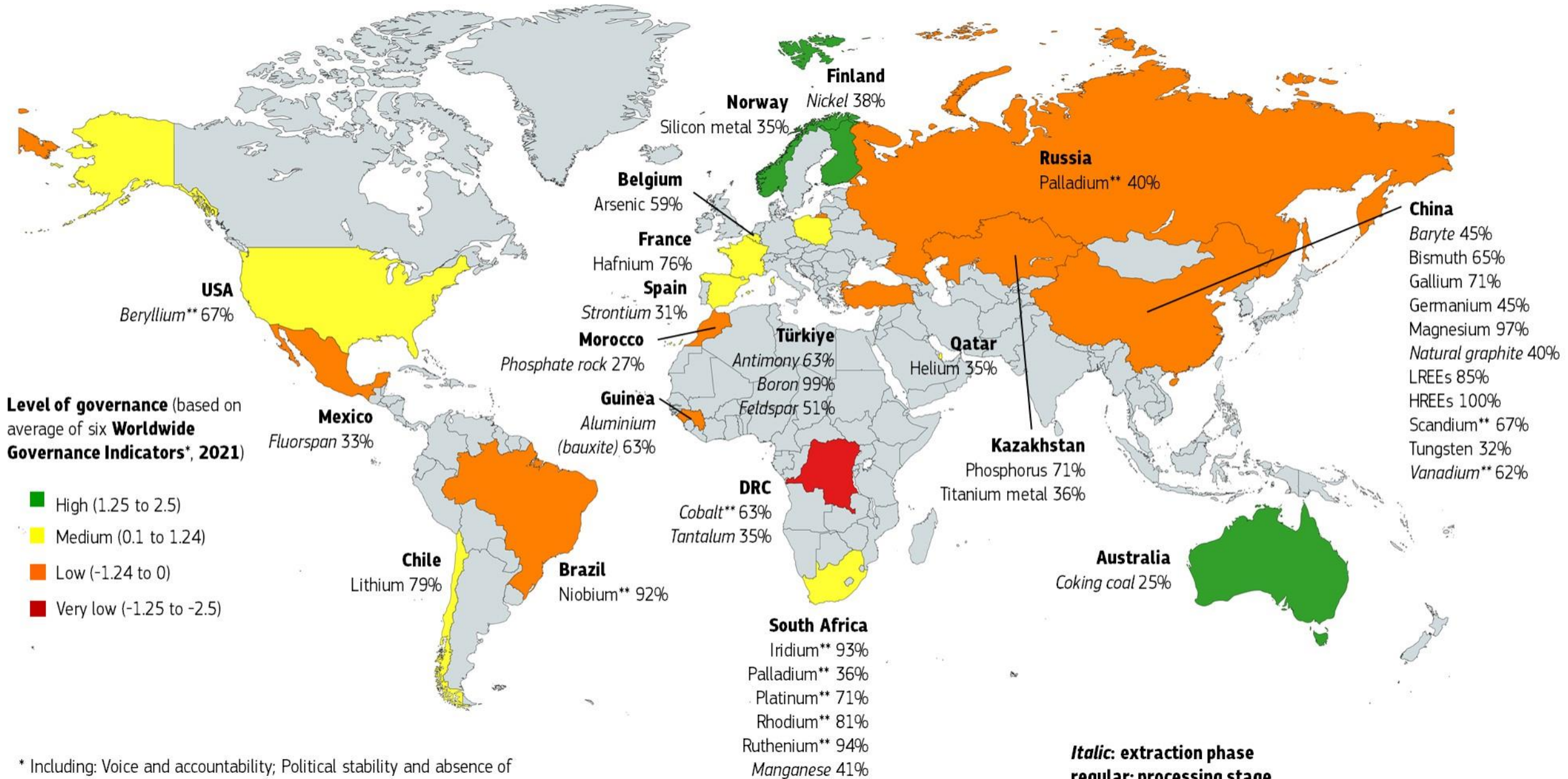
Other criticals: bauxite, baryte, coking coal, feldspar, fluorspar, phosphate rock
C as natural graphite, Si as silicon metal

17.4.2024

GTK Tero Niiranen



Major EU suppliers of CRMs (2023) and their level of governance



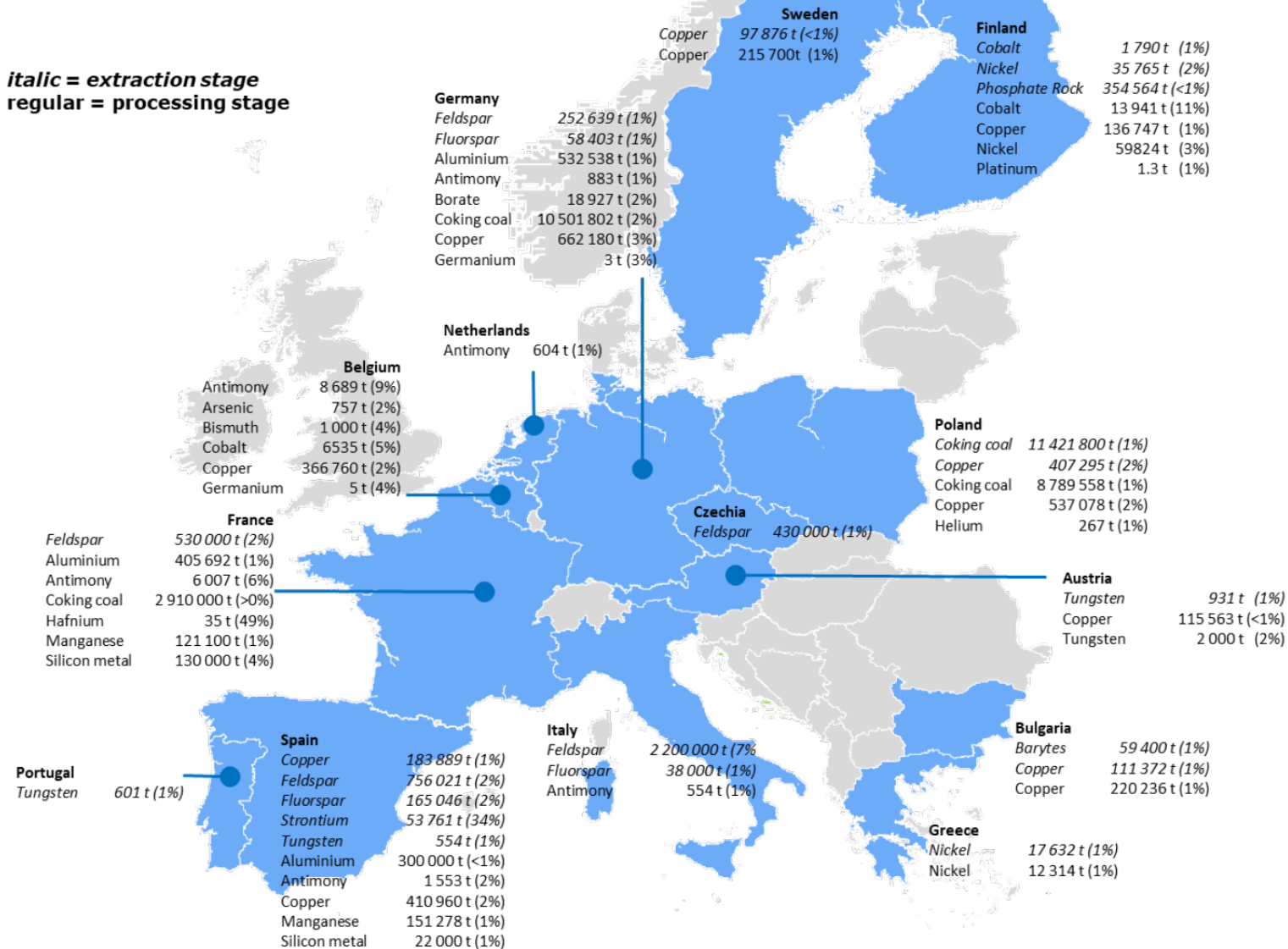
* Including: Voice and accountability; Political stability and absence of violence/terrorism; Government effectiveness; Rule of law; Control of corruption





Italic: extraction phase
regular: processing stage
**** share of global production**

EU producers of CRMs, in brackets shares of global supply, 2016-2020₇

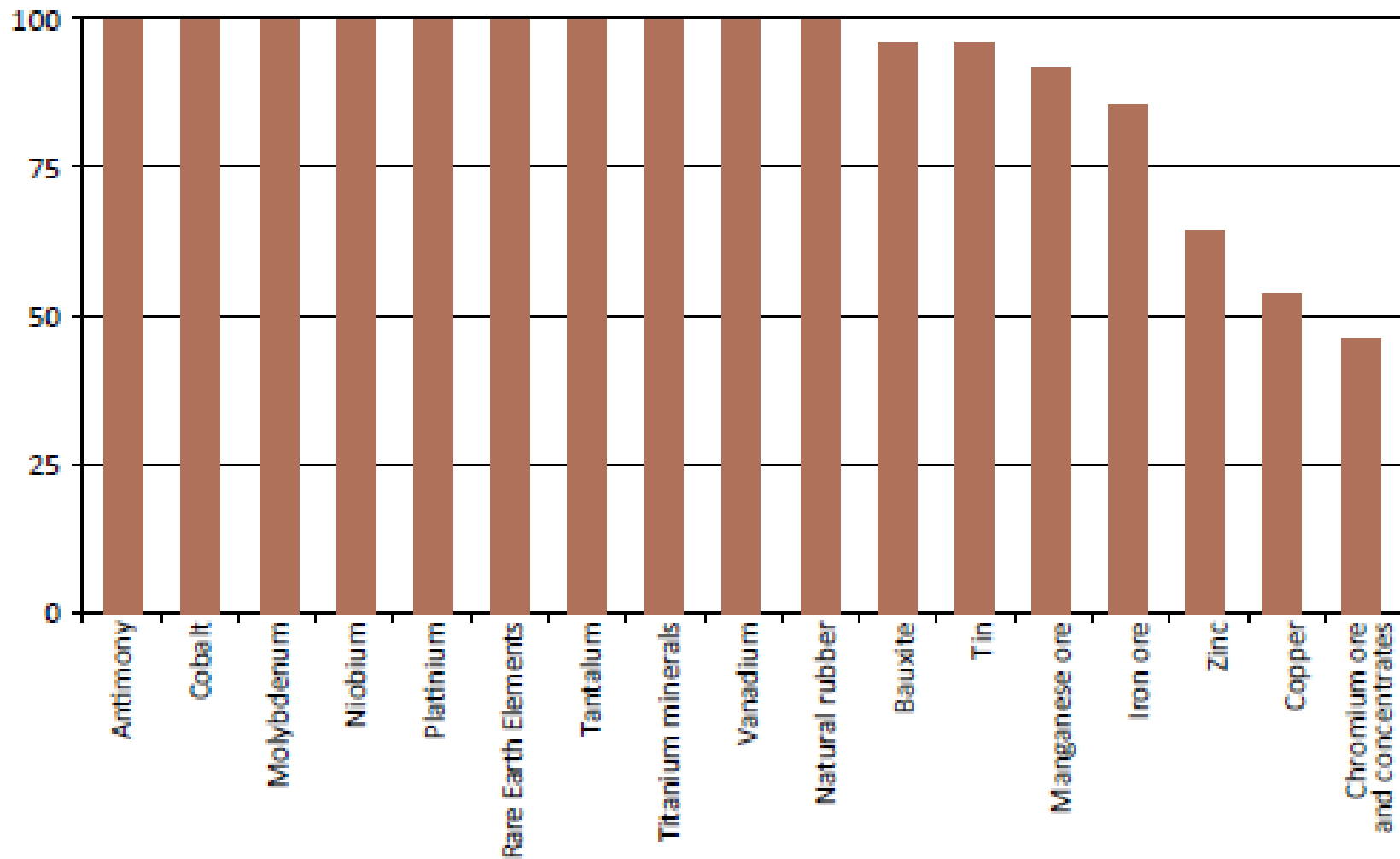


italic = extraction stage
regular = processing stage



	TUOTANTOA	<p>Koboltti</p> <p>Suomi on ainut EU-maa, jossa kobolttia tuotetaan.</p>	<p>Nikkeli</p> <p>Suomi on EU:n selvästi suurin nikkelin tuottaja (68 %, 2019).</p>	<p>Kupari</p> <p>Osuus EU:n kokonaistuotannosta n. 4 % (2019).</p>
<p>Mineraalivarantojen puitteissa tuotannon laajentamisen varaa on. Lukuisia kaivosprojekteja onkin vireillä.</p>				
	POTENTIAALIA	<p>Litium</p> <p>Huomattavia varantoja erityisesti Pohjanmaalla. Varantojen hyödyntämistä selvitetään parhaillaan. Tavoitteena on Euroopan suurin litiumkaivos.</p>	<p>Grafiitti</p> <p>Yleinen maaperässä, mutta taloudellisesti kannattavat esiintymät harvinaisia. Beowulf Mining selvittää hyödyntämistä. Sellutuotannon sivutuotteesta ligniinistä kehitetään anodihiiltä korvaamaan grafiittia.</p>	
		HILJAISTA	<p>Alumiini</p> <p>Esiintymiä ei Suomessa ole löydetty.</p>	<p>Mangaani</p> <p>Suomen maaperässä kohtalaisesti, mutta ei aktiivisia kaivosprojekteja sen hyödyntämiseksi toistaiseksi.</p>
	PLUS		<p>Akkumateriaalien kiertotaloudella on korkeat tavoitteet "tuottaa" kaikkia akkumateriaaleja. Riippuvaisuutta neitseellisistä raaka-aineista pyritään vähentämään lisäämällä merkittävästi kierrätystä.</p>	

Kuva 26. Yhteenveto eri akkujen raaka-aineiden tuotannosta ja potentiaalista Suomessa EU:n mittakaavassa⁴².

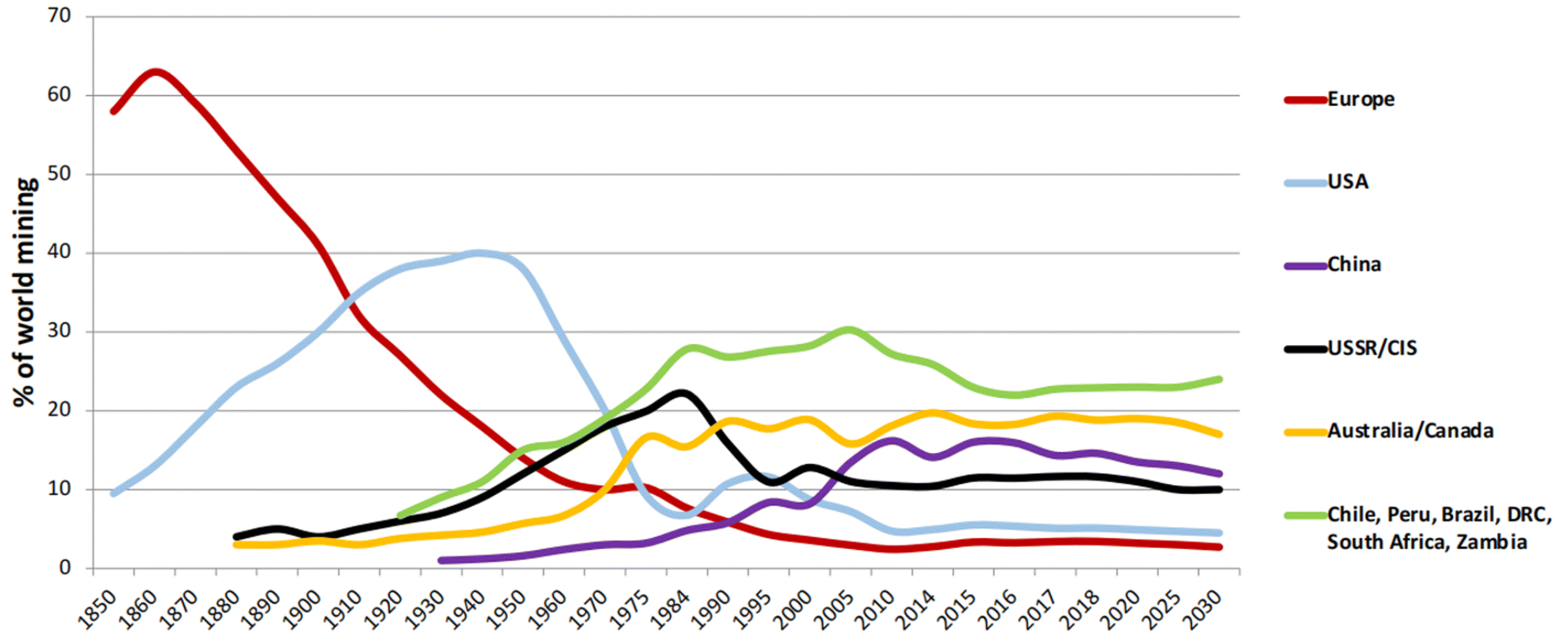


Kuva 4: Euroopan riippuvuus kriittisten raaka-aineiden tuonnista
(Raw Materials Scoreboard, 2016)

Locus of world mining 1850-2030

metals and industrial minerals

(per cent of value of total world production excluding coal)

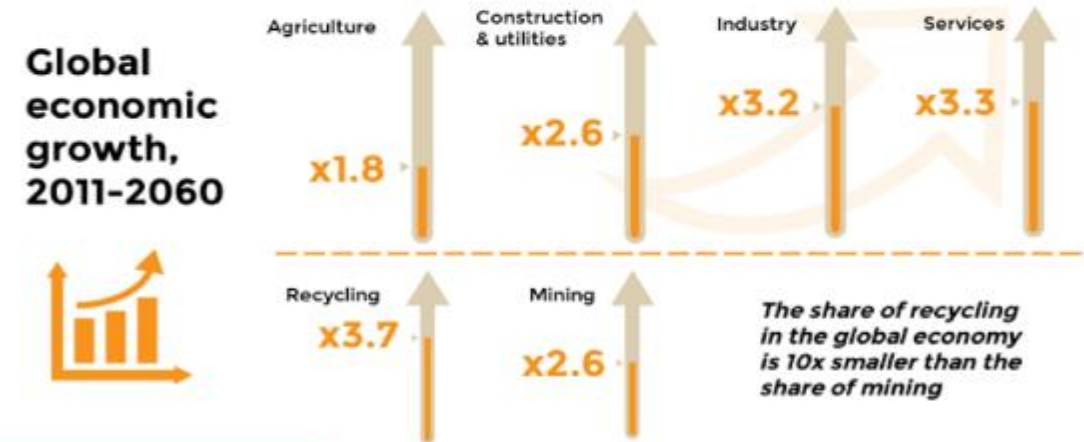
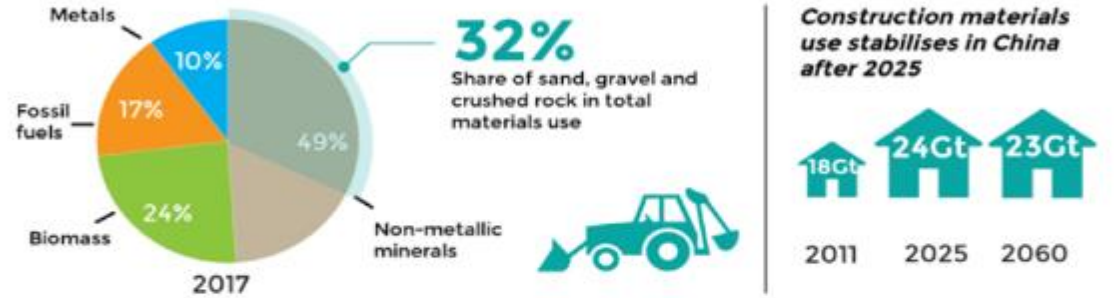


Source: RMG Consulting 2021

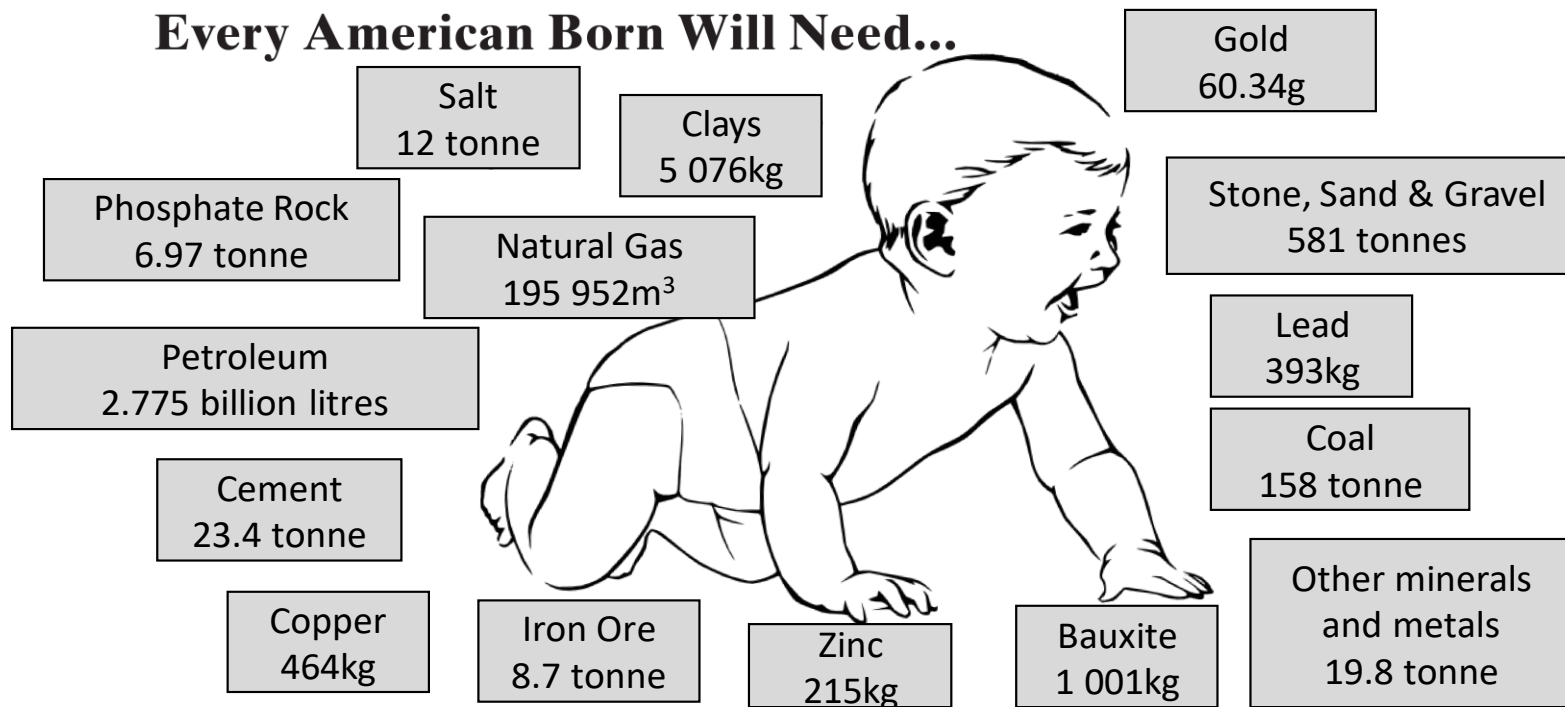
Materiaalin tarve kasvaa

- Hyvinvoinnin kasvu kehittyvissä maissa
- Vihreä vallankumous
 - *Uusiutuvien käytön lisääntyminen*
- Tuulivoimalat, aurinkopaneelit ja akut eivät synny tyhjästä vaan vaativat valtavan määrän raaka-aineita, merkittävä osa kriittisiä

Materials use increase



Keskimääräisen amerikkalaisen kulutus elinaikana, 2018 data



@2018 Mineral Education Coalition

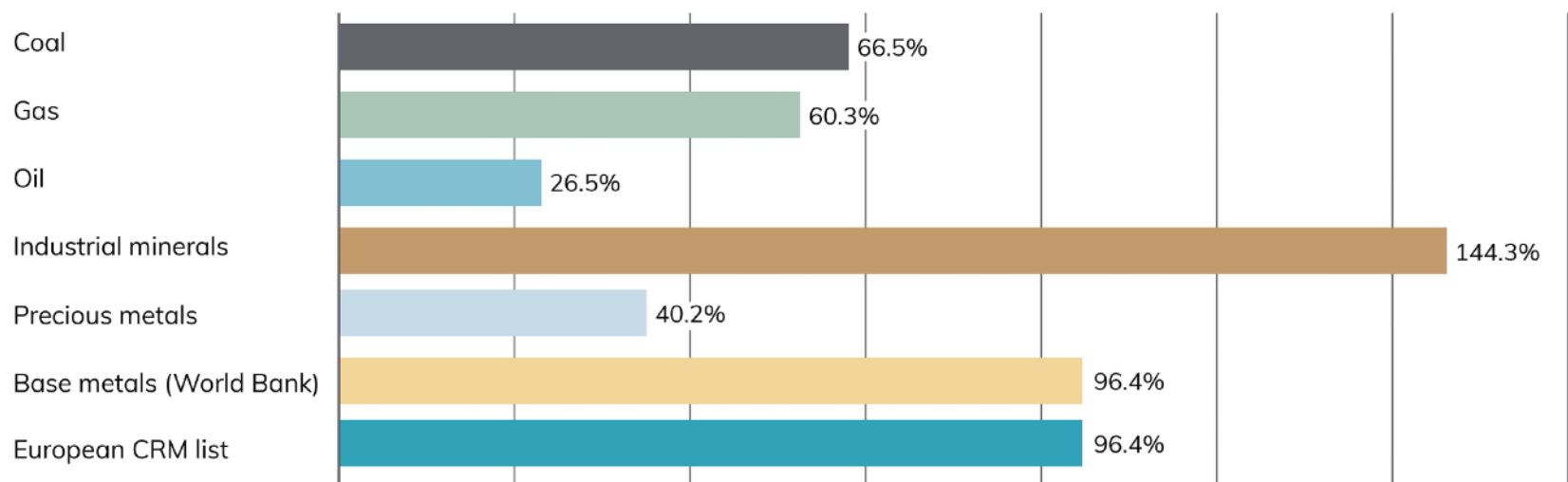
**Total consumption over the lifetime:
1,37 million kilograms of minerals, metals and fuels**

(Source: U.S. Mineral Education Coalition)

17.4.2024

Materiaalien tuotannon kasvu globaalisti vuosina 2000-2018

Global production increase 2000 to 2018



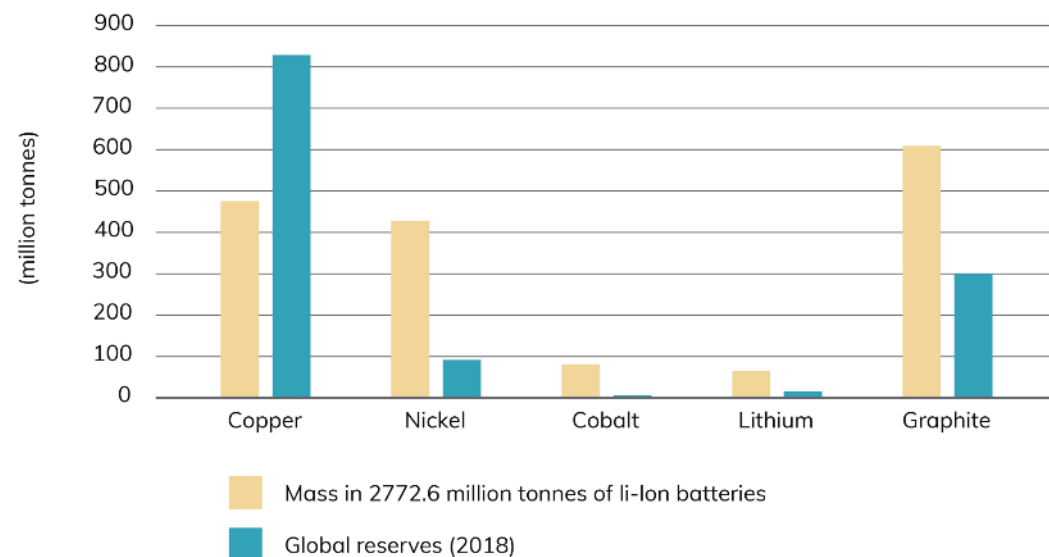
Simon Michaux: Assessment of the Extra Capacity Required of Alternative Energy Electrical Power Systems to Completely Replace Fossil Fuels

mineraalien tarve kasvaa vihreän siirtymän myötä

”Sähköistymisessä olennaista kuparia on tuotettu koko historian aikana noin 700 miljoonaa tonnia. Sen käyttö kasvaa nyt rajusti: kierrätyskin huomioiden tuo määrä vastaa arvioiden mukaan vain noin 25 vuoden tulevaa tarvetta. On selvää, että sähköistyminen tarvitsee myös uutta metalliraaka-aineiden kaivostuotantoa.”

Johtaja, Tiede ja innovaatiot, Saku Vuori/GTK

Battery metals needed to phase out fossil fuels



Estimated mass of metals to manufacture one generation of Scenario F Electric Vehicle Li-Ion batteries and Lithium Ion battery banks for power storage stations required for Scenario F compared to global reserves. (Source: USGS Mineral Statistics for global reserves)

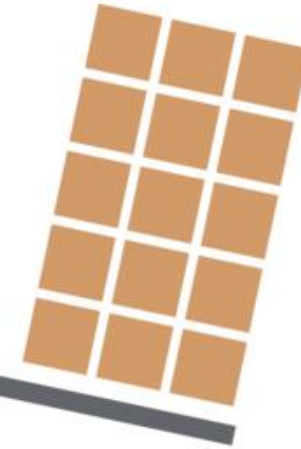
Materiaalin tarve vihreään siirtymään

Metal levels towards low-carbon world

~3 billion tons of metal/minerals
is needed for the transition
to low-carbon world
by 2050*



World uses ~15 billion tons
coal+oil+gas** every year



- * The Beyond 2 Degrees Scenario (B2DS): Aims to limit with a 50% chance global temperature rise to 1.75°C. above pre-industrial levels. (Hund, K., La Porta, D., Fabregas, T.P., Laing, T. & Drexhage, J. 2020.)
- ** gas counted as tonne oil equivalent

Akkumineraalien tuotannon tulevaisuuskuva suomessa

	2019	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Kevitsa Ni-Cu-Co (LOM ca. 14 years)								
Sotkamo Ni-Co-Cu (LOM 2035 without Kolmisoppi)						if Kolmisoppi operational...		
Talc mines by-product Ni-Co (LOM 30+ years)								
Sakatti Cu-Ni-Co (LOM 20 years)					if proceeds to production...			
Suhanko (Cu-Ni-Co) + Hautalampi (Co-Ni-Cu)				if proceeds to operation, Suhanko LOM is long				
Rajapalot (Co) + Kuusamo deposits (Co)				if proceeds to operation, no LOM available				
Hannukainen (Cu -Co?)				if proceeds to operation				
Kaustinen Li (LOM 13-20 years)								
Aitolampi graphite								
Ni tpa	38 500	41 400	47 500	50 000	62 000	50 000	50 000	50 000
Co tpa	1 450	1 560	2 100	2 500	3 400	2 600	2 200	2 200
Cu tpa	32 900	36 300	30 000	45 000	75 000	45 000	45 000	40 000
Li-hydroxide tpa	0	0	0	12 500	15 000	15 000		
Graphite tpa	0	0	0	10 000+	10 000+	10 000+	10 000+	10 000+

Fig. 16. Roadmap for Finnish primary production (Ni, Co, Cu, Li and graphite) for the time period 2020–2050. The figures shown on blue background may be taken as conservative mean estimate for the coming decades.

Geological Survey of Finland, Open File Research Report 31/2021 Strategic roadmap for the development of Finnish battery mineral resources

	Esiintymiä	Potentiaali	Hi-Tech
Antimoni	Esiintymiä	Kohtalainen	x
Baryytti	Sivutuote	Kohtalainen	
Beryllium	Pieniä esiintymiä	Kohtalainen	x
Boraatti	Ei	Ei	
Fluorisälpä	Pieniä esiintymiä	Alhainen	
Fosfaatti	Kaivostuotantoa	Hyvä	
Gallium	Sulfidimalmeissa	Alhainen	x
Germanium	Sulfidimalmeissa	Alhainen	
Hafnium	Esiintymiä	Kohtalainen	
Indium	Sulfidimalmeissa	Alhainen	x
Koboltti	Kaivostuotantoa	Hyvä	x
Luonnon grafiitti	Esiintymiä	Hyvä	
Magnesium	Esiintymiä	Kohtalainen	
Niobium	Esiintymiä	Hyvä	x
PGM	Kaivostuotantoa	Hyvä	x
Pii (metallinen)	Esiintymiä	Alhainen	
HREE (Tb, Dy, Ho, Er, Tm, Yb, Lu, Y)	Esiintymiä	Kohtalainen	x
LREE (La, Ce, Pr, Nd, Pm, Sm, Eu, Gd)	Esiintymiä	Hyvä	x
Scandium	Esiintymiä	Hyvä	x
Tantaali	Pieniä esiintymiä	Hyvä	x
Vanadiini	Kaivosprojekteja	Hyvä	x
Vismutti	Sivutuote		
Volframi	Esiintymiä	Kohtalainen	x

17.4.2024

Tärkein arvoaine

- Antimoni (Sb)
- Beryllium (Be)
- Fosfaatti (PO₄)
- Grafiitti (C)
- Koboltti (Co)
- Kupari (Cu)
- Litium (Li)
- Maasälpä
- Nikkeli (Ni)
- Niobium (Nb)
- Platina, palladium (Pt, Pd)
- Harvinainen maametalli, REE
- Skandium (Sc)
- Titaani (Ti)
- Vanadiini (V)
- Volframi (W)

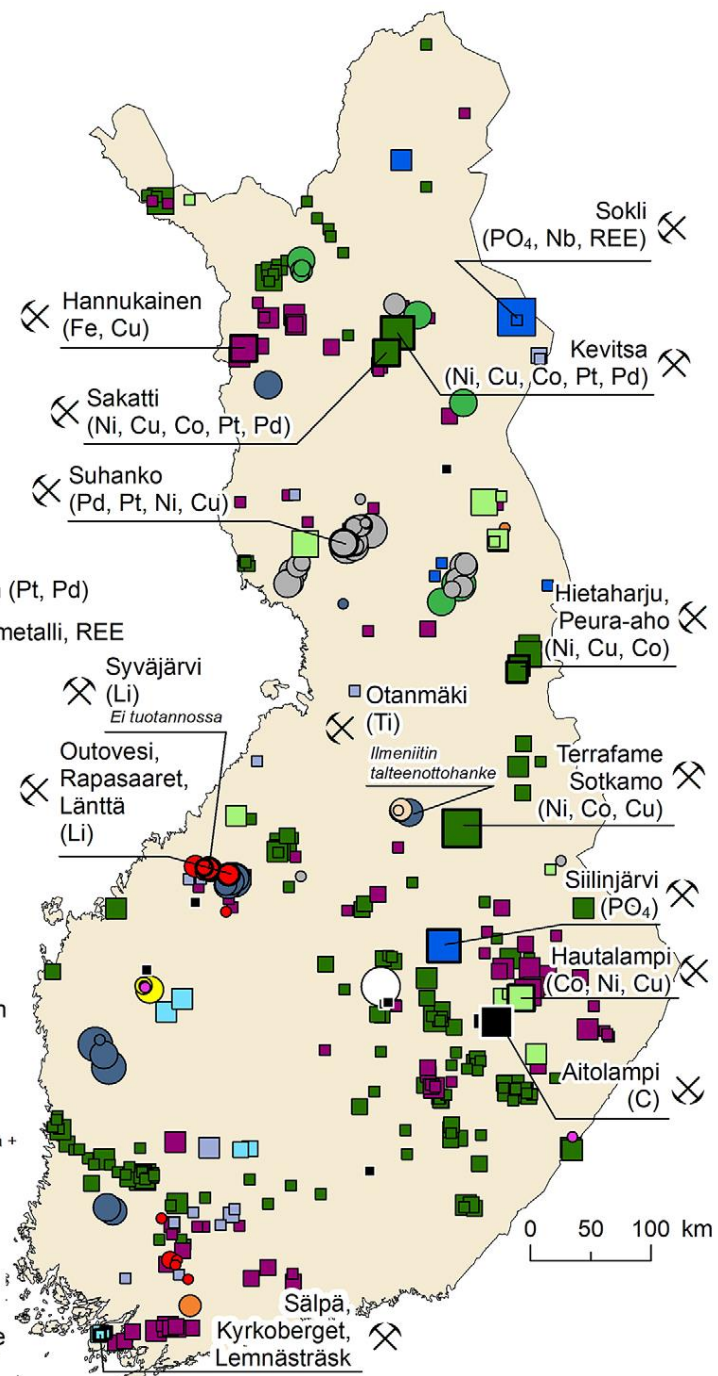
Esiintymän koko*

- □ Hyvin suuri
- □ Suuri
- □ Keskikokoinen
- □ Pieni
- □ Hyvin pieni
- □ Ei tiedossa

*Arvoaineen jäljellä oleva määrä + pois louhittu määrä

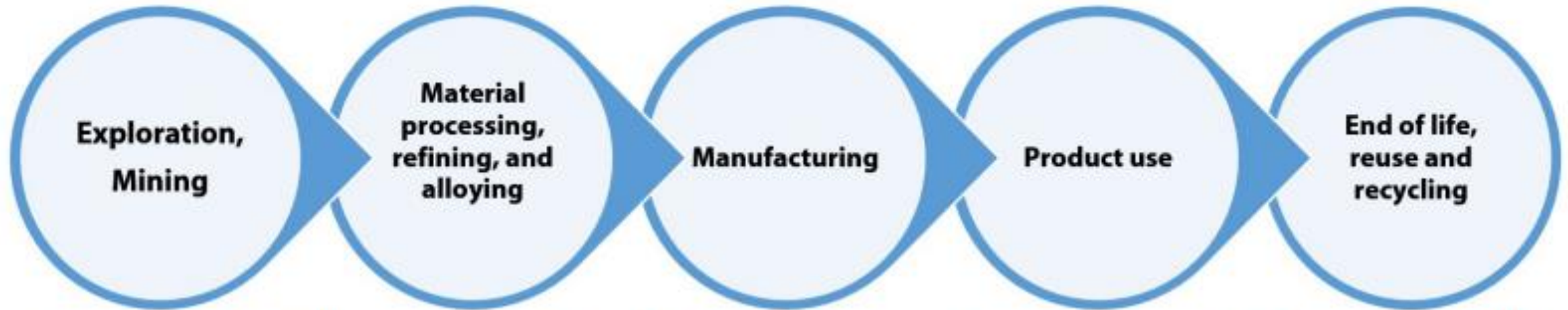
- ⊗ Kaivos
- ⊗ Kaivoshanke
- ⊗ Pitkälle edennyt malminetsintähanke

17.10.2023



Lähteet: EU CRM; GTK raportit; TEM toimialaraportti

Figure 3 – Different stages in the CRM supply chains



Source: EPRS, based on the [United States Government Accountability Office](#), 2022.

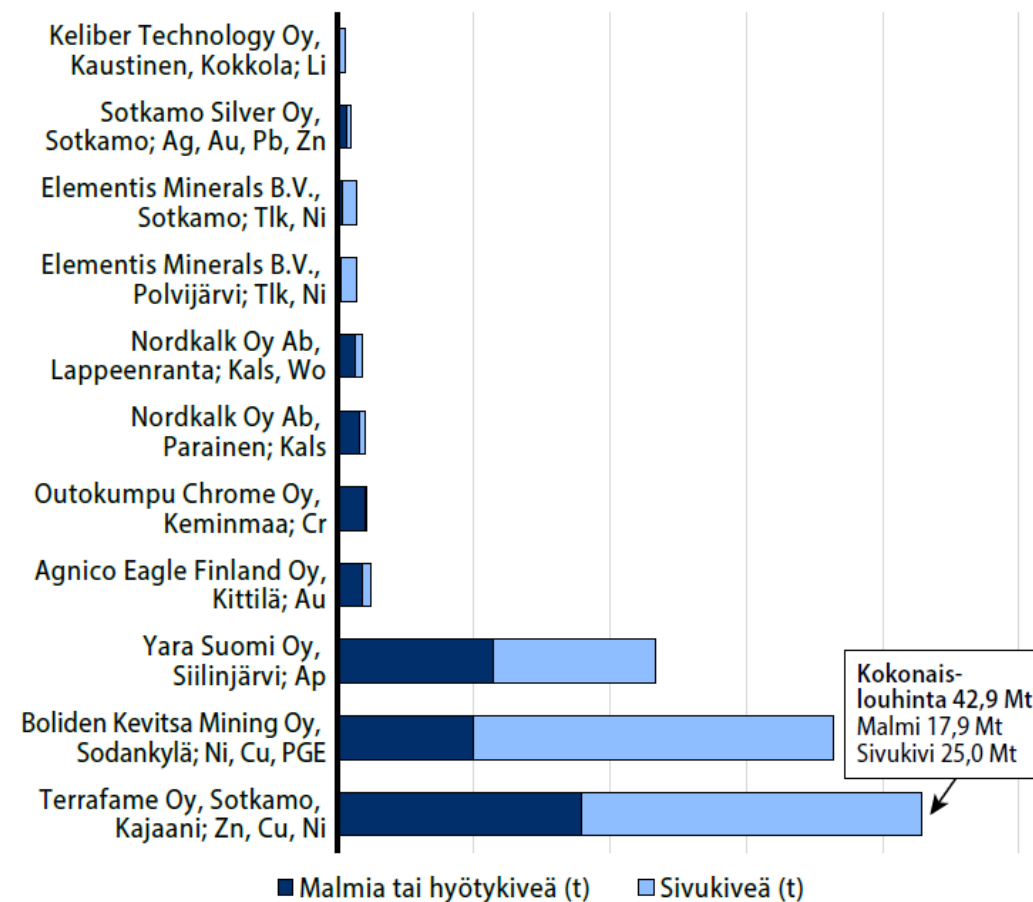


Lähes 80 % tuotteen ympäristöön vaikuttavista päätöksistä tehdään suunnittelupöydällä muotoilun ja tuotekehityksen yhteistyönä

Kiertotalous kaivoksilla

- Kaivannaisjätteen hyötykäytössä mahdollisuuksia
- Suurin osa louhittavasta materiaalista päätyy jätteeksi
- Kiertotalouslähtöinen suunnittelu osaksi kaivostoimintaa
- Olemassa olevien kaivannaisjätteiden hyödyntäminen liiketoiminnaksi

Kokonaislouhinta 2022, yli 0,5 Mt
(näitä suurimmat 11 kaivosta louhivat n. 97 % Suomen kaivosten kokonaislouhinnasta.)



Malmineitsintä ja kalvosteollisuus / Terho Liikamaa, Maria Kivi, Tukes

RAW MATERIAL PRODUCT WASTE



"Take - Make - Break - Dispose"

Loss of value

Minimization of harmful effects

BIOLOGICAL

TECHNICAL

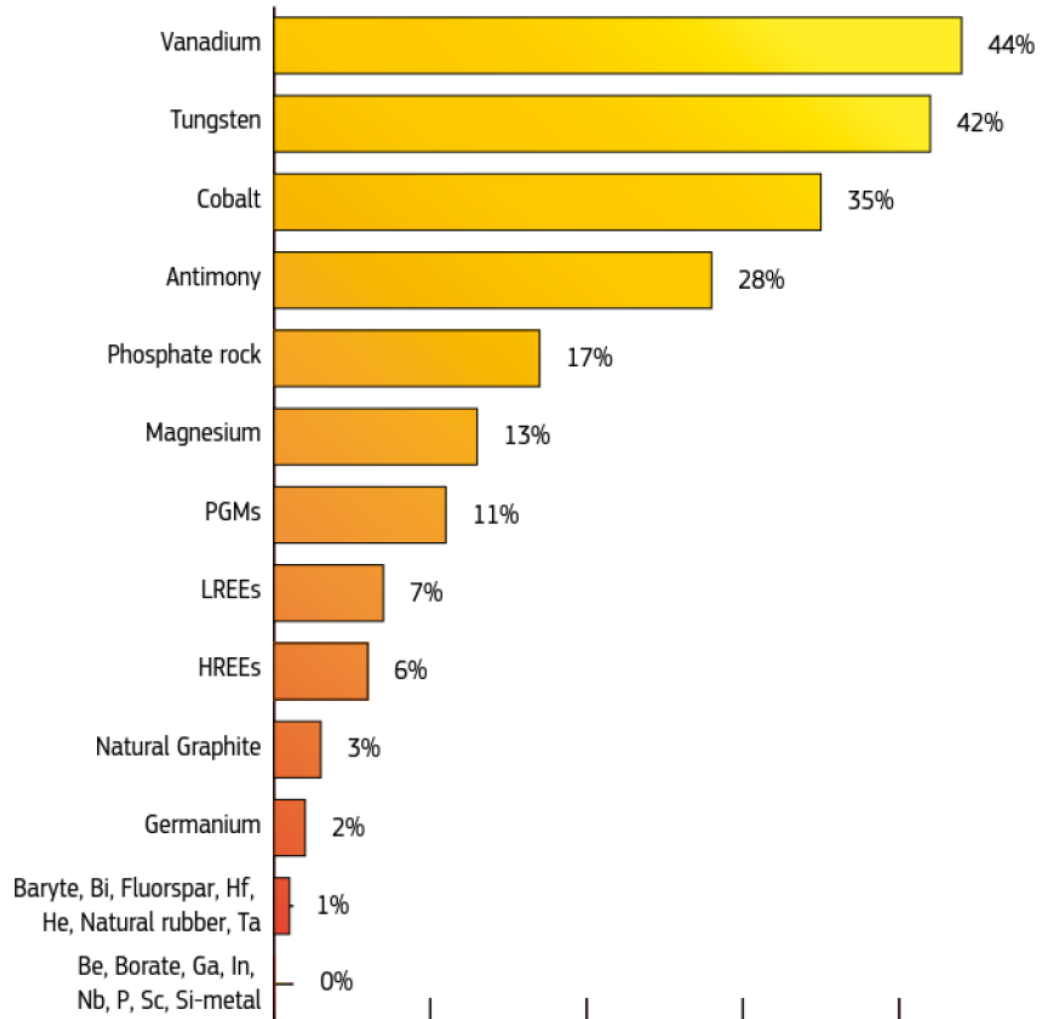


"Reduce - Reuse - Recycle & Rethink"

Maintain value

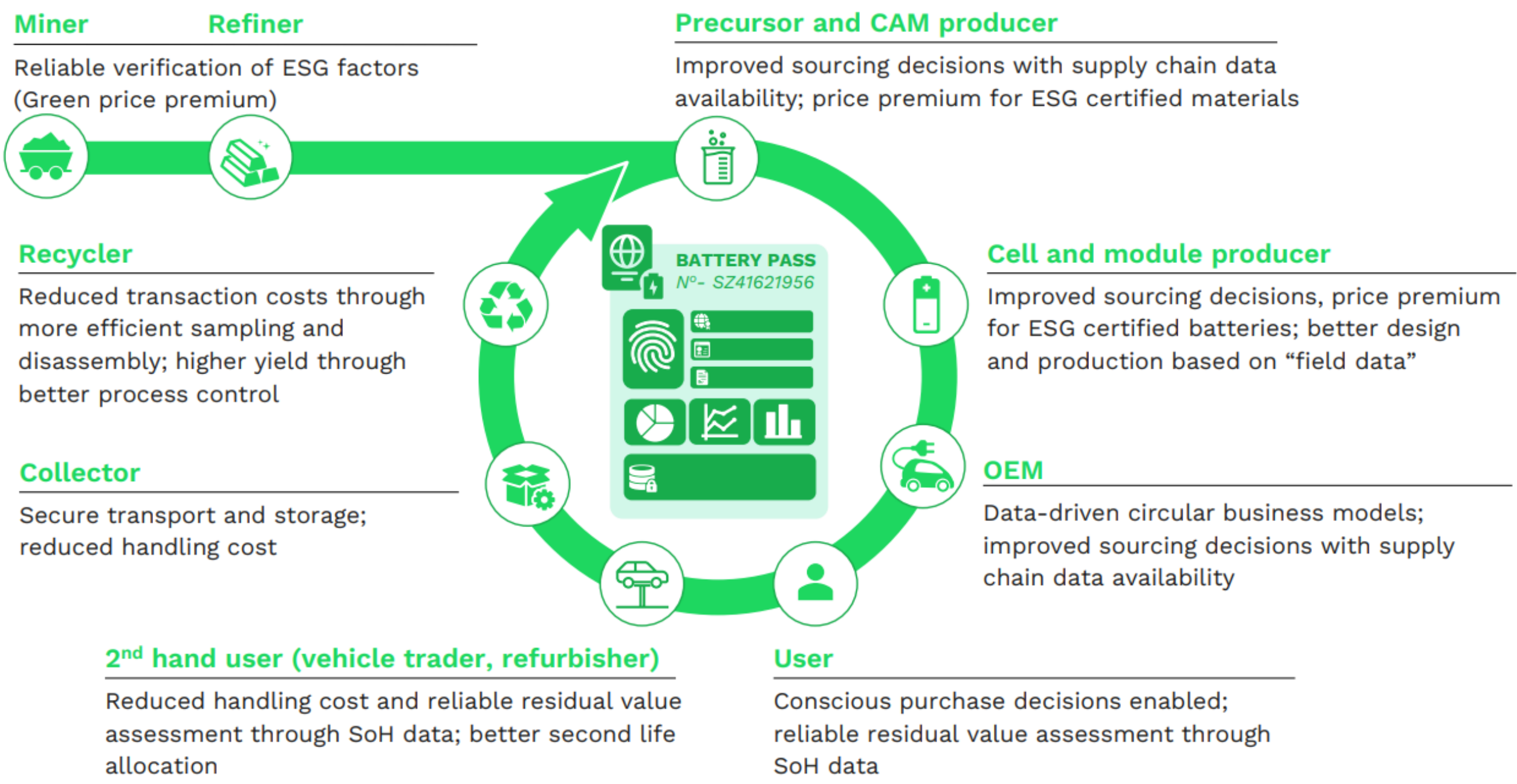
"Less bad is no good!"

©BERGFALD MILJØRÅDGIVERE



Kierrätystilanne EU:ssa

- Kierrätysaste pääosin alhainen
- Kierrätyksen kannattavuus riippuu myös hinnoista
- Regulaation vaikutus tulevaisuudessa?
 - *Vastuullisuusstandardit ja esim. akkupassi*
- Kierrätyksellä pidämme tuotujen tuotteiden raaka-aineet itsellämme



Elektroniikkatuotteiden elinkaari



- Kuormitus ympäristölle muodostuu useassa vaiheessa
- Usein arkihyödykkeiden tuotantoketjut eivät näy meille
- <https://www.fairphone.com/en/>
- Kierrätysratkaisuja ei vielä isossa mittakaavassa ole pystytty toteuttamaan
- Regulaatio vs. kuluttajakäyttäytyminen

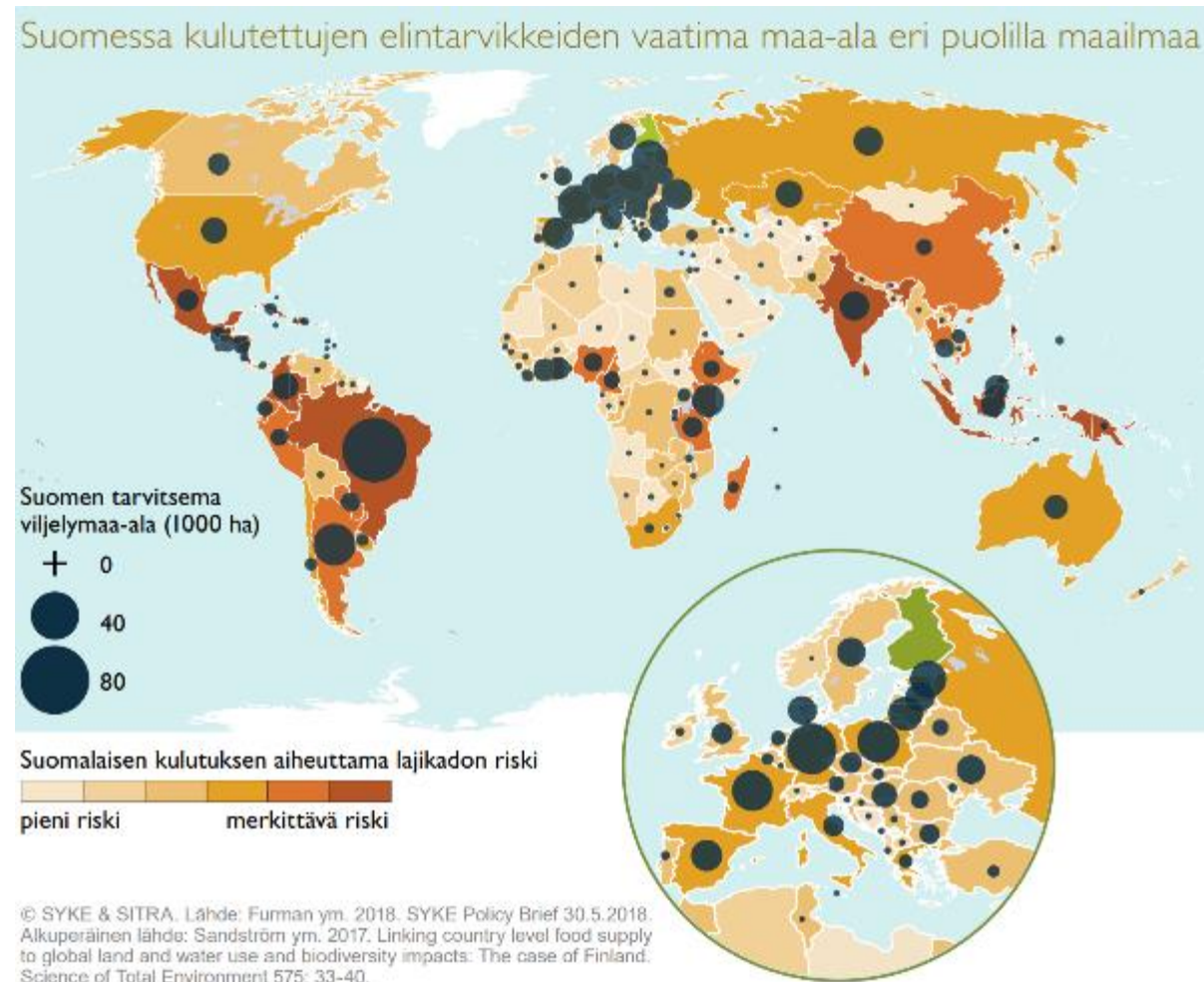
Vastuullista tuotantoa?

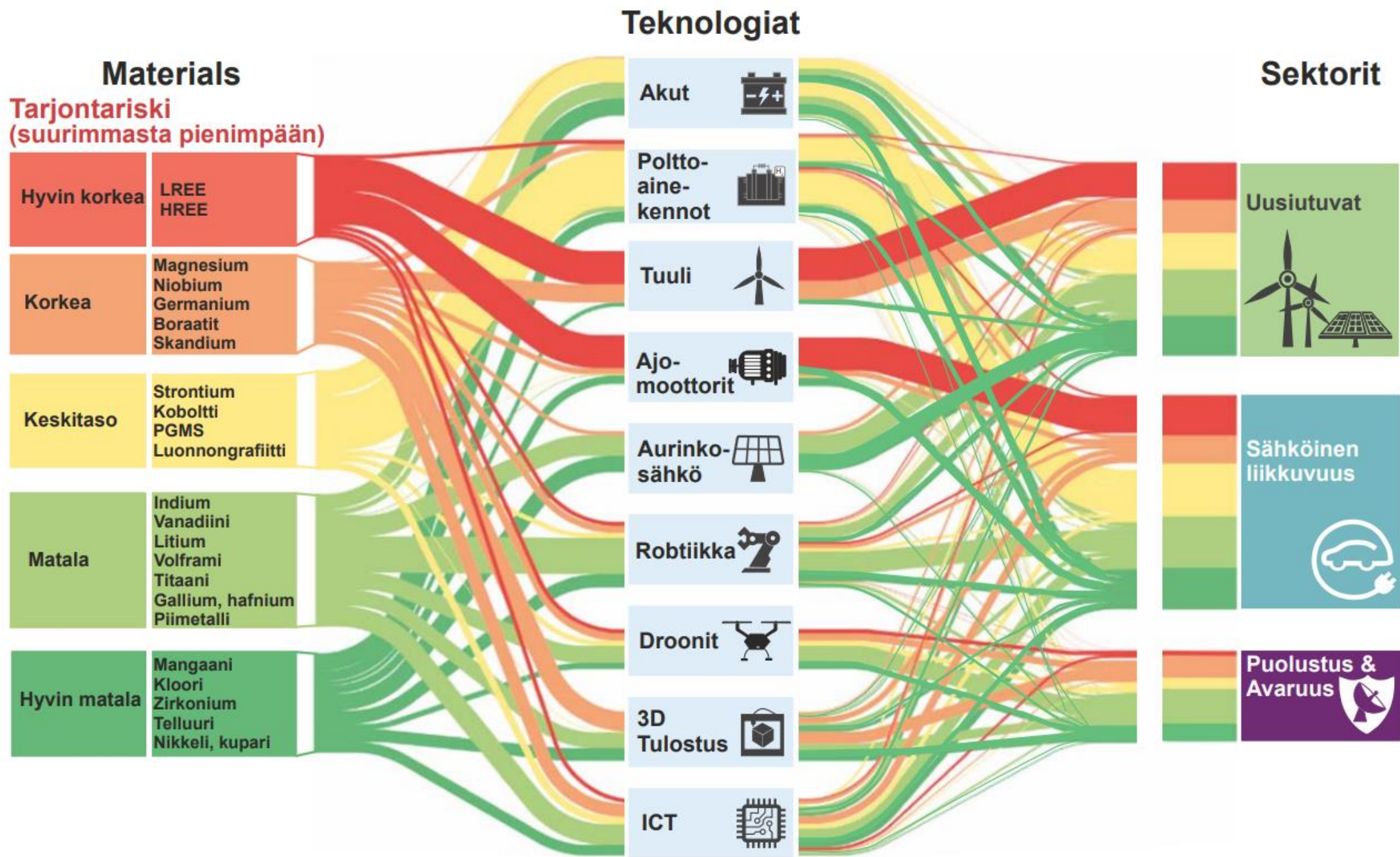
Elintarvikkeiden globaali jalanjälki

Miltä mahtaisi näyttää mineraalituotannon vastaava kartta?

Vaikutukset Kiinassa ja Afrikassa?

Miten tuotannon lähde näkyy yrityksessä?





Taulukko 5. Listaus metallien ja metalliyhdisteiden kriittisyydestä kyselyn vastausten perusteella.

Metalli tai metalliyhdiste	Viiden kriittisimmän joukkoon valinneiden lukumäärä (kpl)	Sijoituksen keskiarvo (5 kriittisin, 1 viidenneksi kriittisin)
Koboltti (Co)	20	3,9
Volframi (V)	17	3,9
Magnesium (Mg)	15	3,4
Litium (Li)	11	3,1
Antimoni (Sb)	6	4,5
Titaani (Ti)	10	2,5
Koksi	5	3,8
Vanadiini (V)	6	3,2
Bauksiitti	4	3,8
Kevyet harvinaiset maametallit	4	3,8
Niikki (Ni)	7	1,0

Riskienhallinnan muistilista

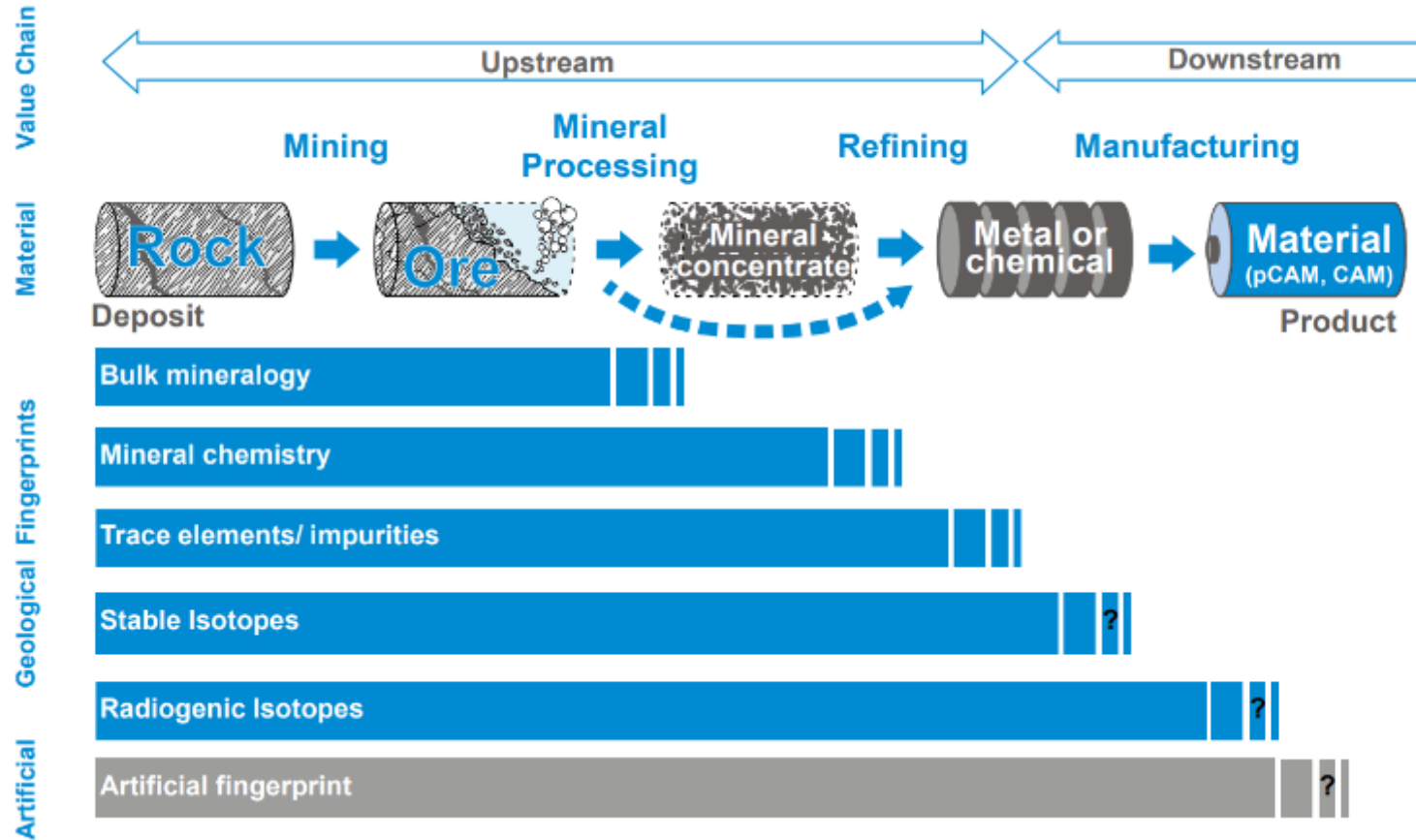
- Ethän laita kaikkia munia samaan koriin?
- Mustat joutsenet ja globaalit riskit

- *CoViD19, Suezin kanava, Taiwan, Lähi-idän tilanne, Venäjän hyökkäys, lakot*
- *“2023, Ukraine exported 1.78 million tons of rolled steel products, up from 2.47 million in 2022 and 8.34 million tons in 2021. Imports of the relevant products reached 1.18 million tons last year, 621.6 thousand tons in 2022, and 1.12 million tons in 2021”. 20.3.2024*

<https://gmk.center/en/news/ukraine-increased-revenue-from-ferrous-steel-exports-by-46-3-y-y-in-january-february/>

- *“Venäjältä tuodaan Suomeen lannoitteiden valmistuksen kannalta tarpeellisia raaka-aineita. Fosforia saadaan Yaran omasta kaivoksesta Siilinjärvellä, mutta ammoniakista 80 prosenttia ja kalisuolasta 88 prosenttia tuodaan Venäjältä” SS 9.3.2022*

Materiaalien jäljitettävyys



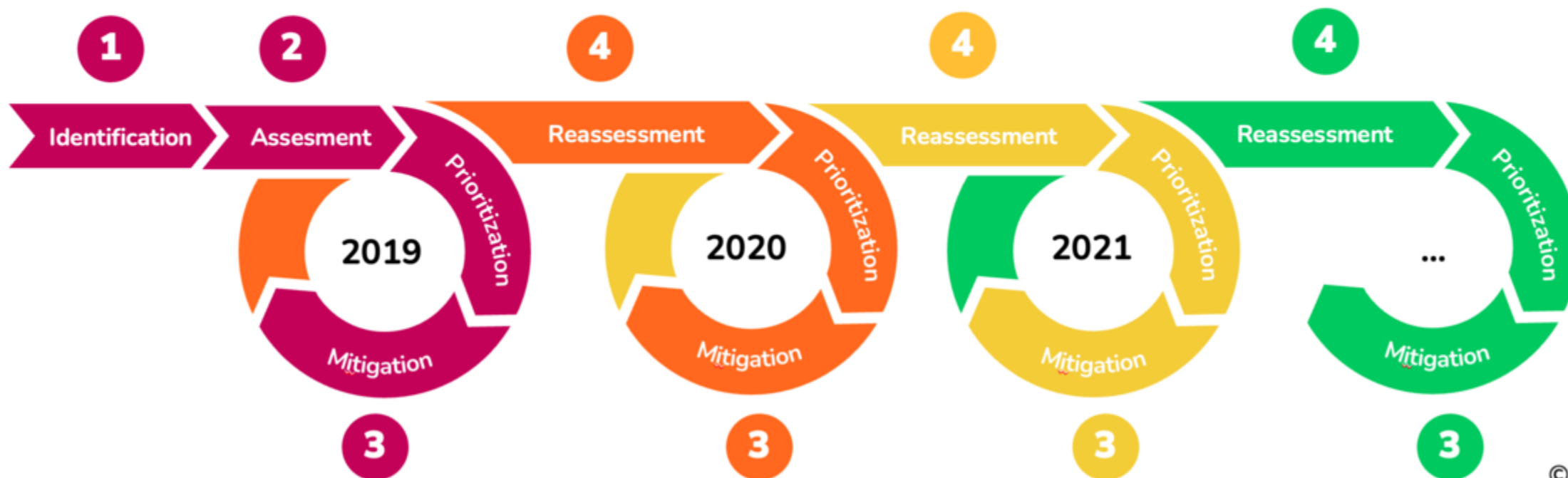
Kaikkonen et al 2022. Traceability methods for cobalt, lithium, and graphite production in battery supply chains. Assessing geo-based fingerprinting as a method for battery raw materials' traceability. Geological Survey of Finland, Open File Research Report 20/2022, 49 pages, 1

Varautumiskeinoja

- Hintasuojaus, pitkät sopimukset
- Hintojen/riskin siirtäminen lopputuotteen hintaan
- Varastointi/ennakointi
- Monipuoliset toimittajat
 - *Huomioi poliittinen epävakaus tai mainehaitat*
- Ostot yhteistyössä
- Tehokkaampi materiaalien käyttö
 - *Säästöt*
- Kierrätys on-site
- Korvaavien materiaalien käyttäminen
- Toimitusketjujen integrointi
- Älykkäät hankintaketjut

Riskienhallinta on jatkuvaa työtä

Risk management process



Johtopäätöksiä

- Olemme riippuvaisia pääosin Kiinasta ja muutamasta muusta isosta tuottajamaasta
- Raaka-aineiden (metallit/mineraalit) kysyntä kasvaa
- Kierrätys ei riitä vastaamaan kasvavaan tarpeeseen
- Raaka-aineiden alkutuotanto tai alkuperä ei näy jalosteiden toimitus- tai tuotantoketjuissa
- Riskien hallinta on ennakointia ja on ulotettava ketjussa pitkälle

Aleksi Salo

Asiakaspäällikkö

0505994543

aleksi.salo@gtk.fi

gtk.fi



GTK

