

◇ 1. Meie esiisad puutusid igapäevatoimetusi tehes kokku mitme huvipakkuva mineraaliga, millest mõni tekitas ka suurema arutelu. Näiteks tinaläik ehk galeniit, mida leidub kuubiliste kristallidena teiste kivimite sees. Seda käidi Rootsi kuninga tellimusel suisa põldudelt kogumas. Galeniit on maailmas peamine pliimaak

Foto: Mare Isakar / TUG 1589-445

Väärt metallid Eesti maapõues

Viimasel kümnendil on kogu maailmas ja ka Eestis aina rohkem räägitud metallidest. Varem on mitme Euroopa riigi poliitika tõttu eelistatud vältida kohapealset kaevandamist ning importida metalle, et neid siis vääridada ja tarbida. Praegu, kui arusaamad on muutunud, soovitakse üha enam teada saada kodupiirkonna maapõuerikkuste kohta.

Alvar Soesoo

Mitme metallirühma, kõige laiemalt haruldaste muldmetallide turg on maailmas juba ammu jagatud. Suurt osa sellest turust kontrollivad Hiina tootjad ja nende investeeringud. Koroonapandeemia aeg on segi paisanud paljude valdkonda-

de tarneahelad, sh maapõuevarade puhul, ning riigid jäänud järjest rohkem omapäi. Varem kontrollis maavarade omanik turgu üksnes osaliselt. Nüüd on käeulatuses ajastu, kust saab hoovad, määramaks ühe või teise piirkonna arengut ja geopoliitilisi otsuseid. Oleme palju kuulnud naftasõjast ja nafta pärast alustatud sõjategevusest. Ent geopoliitiliselt sõja-

tandril tuleb vähem teateid tavaliste metallide kohta. Paraku sedalaadi lahingud juba käivad, õnneks mitte päris relvadega.

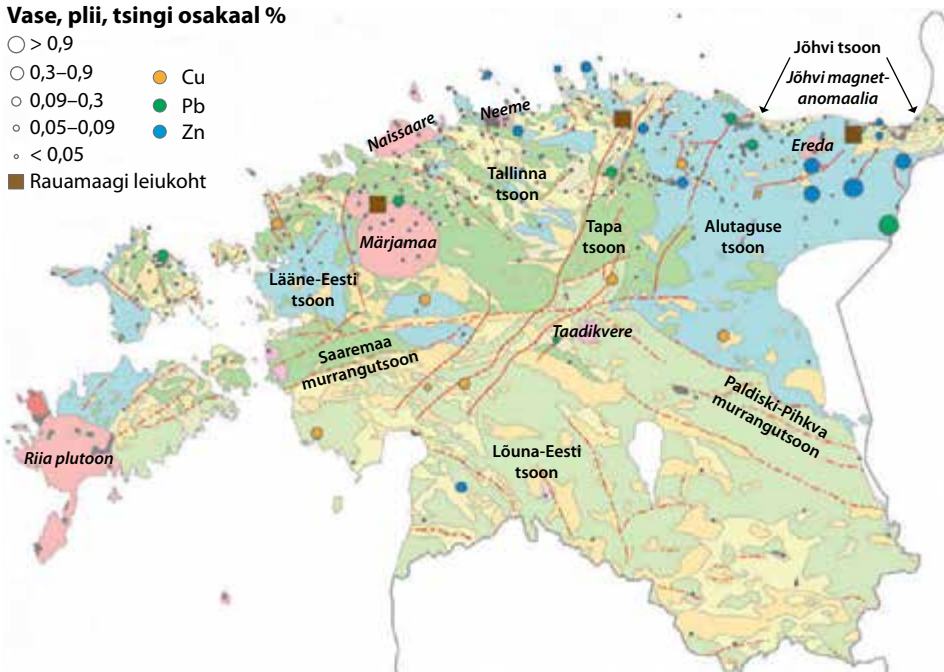
Paaril viimasel aastal oleme arutlenud rohepöörde üle ning soovime puhtama ja mõistlikuma maailma nimel sellesse panustada. Euroopa Liidu rohekokkulepe on liikmesriikidele alus, mille najal korraldada tootmist, jäätmemajandust, transporti, elutingimusi, toidutootmist jm selliselt, et majandus edeneks ja inimeste elukeskkond ei halveneks. Siht on tunduvalt vähendada keskkonda paisatavate heitmete kogust ning muuta kasvuhoonegaaside heide lausa olematuks aastaks 2050. Seda kõike ei suudeta paraku teoks teha, kui eeldame, et majandus peab üha kasvama.

Üle kuuekümneme riigi on andnud teada, mil moel nad plaanivad rohepöörde ellu viia. Saaste, iseäranis atmosfääri paiskuvate saaste, vähendamiseks tehakse ümberkorraldusi transpordis, energiatootmises ning ruumide küttes ja jahutuses. Et

Kasulikud teadaolevad metallid Eesti aluskorrast

Vase, plii, tsingi osakaal %

- > 0,9
- 0,3–0,9
- 0,09–0,3
- 0,05–0,09
- < 0,05
- Cu
- Pb
- Zn
- Rauamaagi leiukoht



Moondekiviimid

- Amfiboolgneiss ja amfiboliit
- Biotiitgneiss
- Pürokseengneiss
- Graniitgneiss
- Kvarts-päevakivigneiss
- Vilgugneiss

Tardkiviimid

- Gabro
- Kvartsporfüür ja plagioklassporfüürit
- Rabakivigraniit
- Kvartsmontsodioriit
- Kvartsdioriit
- Puuraugud
- Faneroosoiikumi-aeagne rike
- - - Faneroosoiikumi-aeagne oletatav rike
- - - Proterosoikumi-aeagne rike

◇ 2. Eesti Eel-Kambriumi vanusega (1,9–1,55 miljardit aastat vana) aluskorra kiviimitüübid ja teadaolevad metallide ilmingud. Algandmed Siim Nirgi ja Alvar Soesoo teadusartiklist [1]

neid ülesandeid seniste teadmistega lahendada, vajame mitu korda rohkem metalle, kui praegu kaevandame. Võimalik, et ka Eestil on oma osa kasvaval metalliturul.

Varased teadmised Eesti metallidest. Rahvasuus on metallidest räägitud mitme sajandi vältel. Seevastu aastail 1993–2015 ei arutletud Eesti maavarade üle peaaegu üldse (välja arvatud põlevkivi, turvas, liiv-kruus) – suuresti fosforiidisõja järelmõjuna.

Ent mitu sajandit tagasi tundsid meie esivanemad soorauda ja oskasid sellest kätte saada rauasarnast metalli. Sooraud tekib üldjuhul rauarikast põhjaveest (allikad, sood, niisked alad) raua hüdroksiidide või oksühdroksiidide väljasettmisel keemilisel või biokeemilisel teel (näiteks ensüümide katalüüs, rauabakterid jm). See on teaduslikult huvitav protsess, ühtlasi kaudne viide sellele, et kusagil põhjavee filtreerumise alal leidub rauarikaid mineraale, mis lagunedes satuvad põhjavette, või on bakteritel õnnestunud väga väikese sisaldusega rauda tõhusalt kokku koondada.

Samuti juurdlesid meie esivanemad tumedate mineraalide üle, mida võis mõnel pool leida karbonaatsete kivimite oõnsustest või lausa põllult. Praegu tunneme neid galeniidi (◇ 1) ja sfaleriidina ehk plii- (PbS) ja tsingimaagina (ZnS). Rootsi kuninga käsul koguti näiteks juba 17. sajandil Pilistvere ümbrusest põllult galeniidimugulaid.

Põhja-Eesti esiasukad võisid sajandeid tagasi juurelda pankrannikul või jõeorgudes leiduva kullakarva mineraali üle.

Seda tüüpi hüdrotermaalse päritoluga mineraalide teket on uuritud 19. sajandist saadik. 19. sajandi alguskümnendil ja 1850. aastatel uuriti Võhma ümbruses galeniitset mineralisatsiooni ning koguti šurfidest mitusada kilogrammi proove. Uue hooga algasid uurinud samas piirkonnas 1960. aastatel. Hilisemate uuringutega selgitati välja ka maagistumine Uljaste–Assamalla–

Haljala piirkonnas: laialdasel alal, kus Siluri karbonaatkiviimid puutuvad kokku Kesk-Devoni settekivimitega. Samasuguseid uuringuid on tehtud Hiiumaal Kärkla kraatri vallidel.

Alam-Ordoviitsiumi kuni Kesk-Devoni ajastu kivimites on teada hüdrotermaalne mineralisatsioon ka Laeva ümbruses (plii-, tsingi- ja vaseühendid), ühtlasi Oostriku piirkonnas ja lausa Oostriku allikates. Praegu teadaolevalt on kõige ulatuslikum ja suurima sisaldusega Zn-Pb-maagistumine Kärkla meteoriidkraatri vallis lõhelistes karbonaatkivimites ja Sonda–Uljaste–Haljala piirkonnas Zn-Pb (Cu-Mo-Ag), kus maagistumine leiab aset Ediacara vanustes liivakivides (tekkinud 635–542 miljonit aastat tagasi).

Põhja-Eesti esiasukad võisid sajandeid tagasi juurelda pankrannikul või jõeorgudes leiduva kullakarva mineraali üle. Seda leiti tumeda kilda seest või selle piirilt, mõnes kohas kihtidena ja vahel lausa õunasuuruste tükkidena. See mineraal on laialdaselt tuntud püriit (FeS_2), mida on kullakarva sära tõttu tihti ekslikult kullaks peetud.

Tuleb siiski tõdeda, et hüdroter-



◇ 3. Eesti must kilt – graptoliitargilliit – puursüdamikus. Juba ammu on teada, et siinne graptoliitargilliit sisaldab võrdlemisi palju mitut olulist metalli, sh uraani, vanaadiumi, tsinki ja molübdeeni



◇ 4. Jõhvi alal puuritud kivimiproov magnetiiti sisaldavast gneisist. Punakad kogumid on mineraal granaat. Kivimisse on lõikunud kloriiti ja kaltsiiti sisaldavad lõhed

maalne mineralisatsioon ning sellega seotud plii ja tsink, aga ka raud ja väävel mineraalina on piiratud levikuga. Seepärast ei ole neid metalle Eestis siiani tööstuslikult rakendatud.

Küll aga tasub mainida mitut muud kivimit, milles levivad metallid võivad lähitulevikus huvi äratada. Neist mõne vajadus tuleb päevakorda rohepöörde tõttu. Põhja-Eestis laiub maapõuesügavustes must kilt (◇ 3), mida on eri aegadel tuntud diktüoneemakilda, diktüoneemaargilliidi ja graptoliitargilliidina.

Eesti mudakivi peidab paljusid metalle. See Kambriumi kuni Varaoordoviitsiumi vanusega (u 500–470 miljonit aastat tagasi) metalli- ja orgaanikarikas sette kivim on teada laialdasel alal: Leningradi oblastist Põhja-Eesti kaudu Lõuna-Rootsini ja sealt põhja suunas kuni Põhja-Rootsi ning Põhja-Norra aladeni. Mitme

**Juhul kui peaksim
kunagi hakkama
kasutama fosforiiti,
tuleb seda teha komplekselt.**

metalli, näiteks uraani (U), vanaadiumi (V), tsingi (Zn) ja molübdeeni (Mo) suur sisaldus Eesti graptoliitargilliidis on samuti olnud ammu teada. Täpsemalt jääb nende metallide sisaldus vahemikku paarsada kuni paar tuhat grammi tonni kohta.

Metallitootmise seisukohalt hakati kõnealuse kivimi vastu huvi tundma 1940. aastate teisel poolel. Nõukogude Liidu salatehases Sillamäel toodeti aastatel 1948–1952 ligikaudu 22,5 tonni puhast uraani, selleks kulus umbes 270 000 tonni graptoliitargilliiti. Selle kivimi varud on Eestis kindlasti üle 60 miljardi tonni. Juhul kui kogu uraan sellest kätte saada, võiks kogu maailm selle-

ga toimetada sajandeid. Puhast uraani leidub meil umbes 5,6 miljonit tonni, näiteks tsinki üle 16, molübdeeni üle 12, tooriumi 0,2 ja vanaadiumi üle 47 miljoni tonni.

Eesti riigil on huvi selle musta kilda vastu olemas, näiteks üks riikliku uuringuprogrammi ResTA (ressurside väärdendamise teadus- ja arendustegevuse toetuseks) allprojekt on keskendunud vanaadiumile: uuritakse võimalusi, kuidas seda maapõuest kätte saada. Siinjuures tuleb kindlasti kõne alla ka musta kilda peal lasuv liivakivikiht, mis sisaldab kohati suures koguses glaukoniiti. Seda on maailmas kasutatud kaaliumi toormena, Eestis siiani mitte.

Fosforiit on fosfori ja haruldaste muldmetallide allikas. Musta kilda all asub teine ammu teada maavara, mille ajalugu on kaudselt seotud Eesti taasiseseisvumisega ning mis põhjustab vastuolulisi mõttetalguid isegi tänapäeval (◇ 5). See on samuti liivakivi, aga selles leidub eri koguses fosfaatse kojaga brahhiopode ehk käsijalgseid. Fosfor ei ole küll metall, ent seda elementi vajab kogu elusloodus ja intensiivsest põllumajandustootmisest kurnatud mullad, ühtlasi tehnoloogiasektor.

Huvipakkuv fosfaatne aine peitubki käsijalgsete kodades või nende tükides. Need paiknevad mõnes kohas tihedamalt, teises hajutatumalt laiali mööda liiva – praegust liivakivi. Seda tüüpi fosfaatse tooraine, nimelt fosforiidi lasundeid leidub nii Eestis kui ka Ingerimaal, õhuke fosforiidiikiht on Rootsisis Ölandi saarel.

Ehkki fosforiit on teada üle saja aasta, on alles viimaste aastate üksikute uuringute põhjal tehtud kindlaks, et peale fosfori leidub käsijalgsete kodades arvestatav hulk haruldasi muldmetalle. Näiteks lantaani sisaldus ulatub 40–800 grammini tonni kohta, tseeriumi on üksikjuhtudel olnud kuni kolm kilogrammi, neodüümiumi kuni 1,8 kilogrammi tonni kohta. Tehnoloogilisest vaatevinklist on need väga olulised metallid, just nende tarne probleemid on Euroopas kõige teravamad.

Kuigi Euroopas leidub haruldasi muldmetalle, on nende kasutuselevõtt kulgenud suurte raskustega. Tootmise poolest asub ilmselt Euroopa võimekaim tehas Eestis Sillamäel. Sellega tegeleb ettevõtte Neo Performance Materials Silmet (◇ 6). Haruldaste metallide tootmise tooraine saadakse enamasti Brasiiliast, Venemaalt ja Kanadast.

Haruldaste muldmetallide sisaldus Eesti fosforiidimaardlates erineb suuresti isegi ühe läbilõike ulatuses. Miks on see nii? Millised on parimad tehnoloogiad, millega kasulikke elemente kätte saada? Mida teha seejuures tekkivate jäätmetega? Neile küsimustele otsivad praegu vastuseid teoreetikud ja praktikud, ka Eesti riik toetab üht selleteemalist uurimust.

Juhul kui peaksime kunagi hakama kasutama fosforiiti, tuleb seda teha komplekselt. See tähendab, et fosforiidist tuleb ühtaegu toota nii fosforit, haruldasi muldmetalle kui ka mõnda muud metalli, mida temas piisavas koguses leidub. Nõnda vähendame jäätmeid, aga ka väärindame kõige otstarbekamalt toorainet.

Oleme arvutanud, et kui kaevandame aastas näiteks 5 miljonit tonni fosforiiditooret, mis on seda tüüpi maavarade puhul keskmine, siis saaksime sellest peale fosfori umbes 120 tonni uraani, 27 tonni tooriumi ja 720–900 tonni haruldasi muldmetalle (võttes arvesse, et haruldaste muldmetallide kogusisaldus jääb vahemikku 1500–2500 g tonni kohta). Arvatavasti kõike täielikult kätte ei saa, aga ka sel juhul oleksid väärismetallide kogused aastas märkimisväärsed.

Enamasti teadmata metallid kristalsetes kivimites. Veel sügavamale maakoarde tungides jõuame Varaproterosoikumi-aegsetesse (1,6–1,9 miljardit aastat tagasi) kristalsetesse kivimitesse ehk Eesti aluskorda.

Eesti ala kristalsed kivimid on väga sarnased Lõuna-Soome ja Lõunaning Kesk-Rootsi omadega. Sealsetes piirkondades on teada palju metallide leiukohti, mõnes paigas on metalle



Foto: Heikki Bauert

◇ 5. Üks Eesti ajaloo tähendusrikkaim kivi: fosforiit. Selles leidub fosfaatse kojaga brahhiopoodide ehk käsijalgseid, seega fosforit. See ei ole metall, aga tegu on samuti väga olulise elemendiga, mida vajame näiteks tehnoloogiasektoris. Ent viimaste aastate uuringute põhjal on tehtud kindlaks, et peale fosfori leidub käsijalgsete kodades ka haruldasi muldmetalle



Foto: Mati Hiis / Ohtuleht / Scampix

◇ 6. Euroopa võimekaim haruldaste muldmetallide tehas asub Eestis Sillamäel: ettevõtte NPM Silmet. Toore tuuakse mujalt ja suurem osa toodangust eksporditakse

kaevandatud isegi aastasadu. Sestap on alust loota, et ka Eesti kristalsed kivimid on metallirikkad. Nende kivimitega saame tutvuda ainult puuraukude kaudu. Paraku on puurauke tehtud väga vähe, mistõttu ei ole siinset teadmised kivimite ja maakide kohta võrreldavad Skandinaavia asjaomase teabega.

Jõhvi maagiilmingu avastamise

lugu ulatub eelmise sajandi kolmekümnendatesse aastatesse. Toona alustati Eesti Vabariigi sõjaväe eestvõttel esimest üle-eestilist magnetomeetrilist kaardistust, et selgitada välja magnetkompassi häirealad. Järgmiste uuringute käigus leiti veel mitu magnetilise anomaaliaga ala. Suurimaks on osutunud piirkond Jõhvist veidi kirde pool, sealse ano-

Millised metallid on praegu kõige hinnalisemad?

Metallide hinnad on aja jooksul muutunud väga suurel määral. Oli aegu, kui alumiinium oli kallim kui kuld. Kallimate metallide nimekirja juhib nüüd ajal plaatina rühma väärismetall roodium, mille kilogrammi hind ulatus mullu 260 420 USA dollarini. Tänavu 1. oktoobril oli roodiumi kilohind 432 260 dollarit, kuid see on küündinud 650 000 dollarini.

Teisel kohal on samas rühmas pallaadium: 72 130 USD/kg, praegu küll kõigest 62 000 USD/kg. Viimasel ajal on pallaadiumiga võistelnud iriidium, mille kilohind on tänavu ulatunud üle 102 000 USD. Kulla hind on samuti kõikunud, aasta alguses oli selle kilo



◇ 7. Roodium on maailma kalleim ja üks väärtuslikemaid metalle. Seda kasutatakse näiteks autode katalüsaatorites, aga ka ehtetööstuses

umbkaudu 50 000 – 60 000 dollarit. Järgnevad plaatina (umbes 34 000 USD/kg) ja rutenium (9000 USD/kg).

Võtame vaatluse alla tavapärasemad metallid. Hõbeda kilo maksab umbes 800 USA dollarit, nikkel 19 dollarit, liitium 26 dollarit ja vask 10 dollarit. Niisiis võib metallide hind tublisti varieeruda, kõige kallimatel kõiguvad hinnad väga suures piirides. Kuld ei pruugigi olla metall, mille alla oma vabad säätud tulevikku ootama panna!

võimaldanud meil tundma õppida üle 700 meetri sügavusel asuvat maapõue. Nüüdseks teame, et peale raua leidub Jõhvi piirkonnas mitut kasulikku metalli: vaske, mangaani, tsinki, pliid ja veel muid elemente.

Ka mujal Eestis võib leiduda raua. Selle kogus ulatub ilmselt sadade miljonite tonnideni. Uuemate uuringute järgi on nendes kivimites ilmnenud isegi kulla ja hõbeda jälgi. See on ettearvatav, kuna Soome ja Rootsi samalaadsetes kivimites leidub neid väärismetalle ja neid on seal ka kaevandatud. Muude väärismetallide kohta (plaatina rühma elemendid) meil teavet kahjuks ei ole.

Metallid merepõhjas. Metallidest räägitakse tihti ka merede ja ookeanide kontekstis. Osa meie kristalsete kivimite metalle, samuti suur osa Soome ja Rootsi metallidest on nii või teisiti seotud iidse ookeani või merega. Selle põhjas, veekeskonnas, said metallid kuhjuda hüdrotermidega seotud soodsates geotektoonilistes oludes.

Praeguse Läänemere põhjas teadaolevad raua- ja mangaanikonkretsioonid ei ole küll otse seotud vulkaanilise tegevusega. Need konkretsioonid on millimeetri kuni kümnete sentimeetrite suurused mineraalsed moodustised, mis on tavaliselt tekkinud aeglase settimise käigus setete piiril.

Kuuldavasti töi mangaanihädas Venemaa mõned aastad tagasi neid konkretsioone oma territoriaalvetes veepinnale ja üritas katseliselt metalle toota. Eestis on konkretsioon uuritud 1980.–1990. aastatel ning Eesti ülikoolide ja geoloogiateenistuse ühisprojekti raames aastail 2014–2016.

Soome lahe raua-mangaanikonkretsioonid on pigem rauarikad, sisaldades kuni 20% raudoksiidi; mangaani on tavaliselt alla 10%. Kaaliumi, magneesiumi ja fosforit on neis 1–2%, räni ja alumiiniumi leidub pisut rohkem. Muude metallide osakaal on väike, vanaadiumi-, tsingi- ja niklisisaldus jääb vahemikku 100–200 grammi tonni kohta. Ehkki



◇ 8. Jõhvi magnetilise anomaalia alal on tehtud mitu geoloogilist puurimist, viimati alles hiljuti: aastatel 2019–2020. Need puuraugud on võimaldanud meil tundma õppida üle 700 meetri sügavusel lasuvaid aluskorakivimeid. Selle põhjal teame, et peale raua leidub Jõhvi piirkonnas teisigi kasulikke metalle, nagu vask, mangaan, tsink ja plii

maalia põhjuseks on peetud aluskorarauamaagilademeid.

Eesti oma rauamaak sisaldubki enamasti mineraalis magnetiit, mida leidub gneisis, moondekivimis (◇ 4). 1937.–1938. aastal tehti Jõhvi anomaalia alal magnetilisi lisamõõtmisi ja

puuriti kaks sügavat puurauku: 505- ja 721-meetrine. Põnev on mõelda, et juba ligi sada aastat tagasi suutsid eestlased midagi sellist ette võtta!

Aastatel 2019–2020 puuriti üle pika aja Jõhvi aluskorakivimitesse taas kaks uut auku (◇ 8). Need on

on arvatud, et konkretsioonide varu Läänemeres võib ulatuda 10 miljoni tonnini, on praeguste teadmiste järgi pigem tegu akadeemilise hinnangu kui maagiotsingu andmetega.

Arvestades maailmaookeani ulatust, suureneb tulevikus märkimisväärselt huvi merepõhja metallide vastu. Viimase poolsajandiga on ookeanipõhjas välja selgitatud ulatuslikud alad, kus tehnoloogiate seisukohalt oluliste metallide kogus küünib kümnete miljonite tonnideni.

Esimesed teaduslikud kirjed raua ja mangaanikonkretsioonide kohta ookeani põhjas pärinevad üle-eelmise sajandi lõpust. Ulatuslikke uuringuid, aga ka proovikaevandamist on sügaval ookeanipõhjas tehtud alates 1960. aastatest, kuulsamad kohad asuvad Vaikses ookeanis.

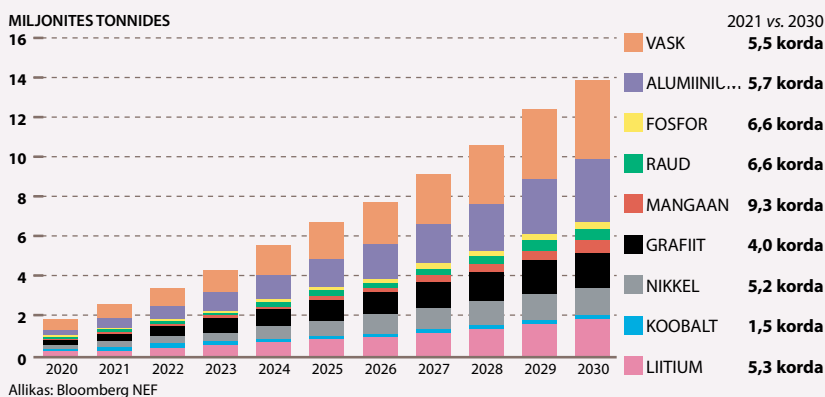
Peale Fe-Mn-Co-konkretsioonide on vee alt toodud polümetalseid maake, mis sisaldavad niklit, vaske, koobaltit, tsinki, kulda, hõbedat ja muid väärtuslikke metalle. Viimased paarkümmend aastat on merepõhjust toodud välja ka teemante, näiteks Namiibia rannikul.

Seega on üksikutel ettevõtetel olemas teadmised ookeanikaevandamisest, ka praegune tehnoloogia lubaks selliste rakendustega vähemalt alustada. Siiski on kõik need võimalused praegusest elust väga kaugel, et rohelist metallibuumi maha rahustada.

Jäätmemäed kui maavarade allikad. Metallid leidub meil ka tööstus- ja kaevandusjäätmetes. Suurim metalliderikas jäätmehoidla paikneb kahtlemata Sillamäel, kus 1947. aastast kuni 1989. aastani toodeti uraani ja muid metalle. Hinnanguliselt on jäätmeid 5–7 miljonit tonni.

Aja jooksul on kasutatud erisuguseid algtoormeid, mistõttu on keskmist elemendilist koostist keeruline arvutada. Ent uraani ja tooriumi koguste kohta on tehtud hinnangulisi rehkendusi: selles praegu rohelistes mäes Soome lahe kaldal Sillamäel leidub umbes 1200 tonni uraani ja 800 tonni tooriumi.

Teine kaevandusjäätmete kuhi asub Tallinna külje all Maardus.



◇ 9. Liitiumioonakude suureneva tootmise tõttu kasvab lähikümnendil nõudlus toormete järele oluliselt. Metallide kogused on antud tonnides, liitiumi puhul on arvestusüksuseks liitiumkarbonaat

Akumetallid

Nikkel, koobalt, liitium, mangaan ja grafiit on nüüdisajal olulisimad akude ehituseks vajalikud metallid. Neile võib lisada räni. Arendatakse ka vanaadiumil põhinevaid redoksakusid, mis põhinevadki ainult sellel metallil: kasutatakse ära vanaadiumi eri oksüdatsioonastmeid.

Akude arenduses püütakse vähendada metallide kogust neis. Praegu kuulub keskmise elektriauto

liitiumioonaku koostisse umbes 8 kg liitiumi, 35 kg niklit, 20 kg mangaani ja 14 kg koobaltit. Nii et ühtlasi on need akud väga raske (näiteks Tesla Model S tüüpaaku kaalub 544 kg!). Nende akude hinnad on langenud ligi 30 korda võrreldes 1990. aastate omadega. Lähiajal ei ole liitiumioonakule suuri konkurente elektriautode turul näha.

Haruldased muldmetallid

See üldnimetus hõlmab viitteist lantanoidide rühma elementi ning skandiumi ja ütriumi, mida leidub maakoos väga hajusalt. Neid metalle kasutatakse laialdaselt mobiilides, digiseadmetes, valgusdiodides ja luminescentsvalgustites, arvutites, ekraanides ja näidikutes, akudes, tuulegeneraatorites, päikesepaneelides, kaitsetööstuses ja kosmosetehnoloogias.

Ütriumi, euroopiumi ja terbiumi rakendatakse valgustites, lampides, tele-ekraanides (punarohesinine valgus).

Lantaan ja tseerium on kasutusel katalüsaatorites: mõlemat on vaja nafta puhastamisel, tseeriumi sise põlemismootoriga autodel.

Neodüümium ja samaarium on tarviliikud magnetites. Nd-Fe-B on

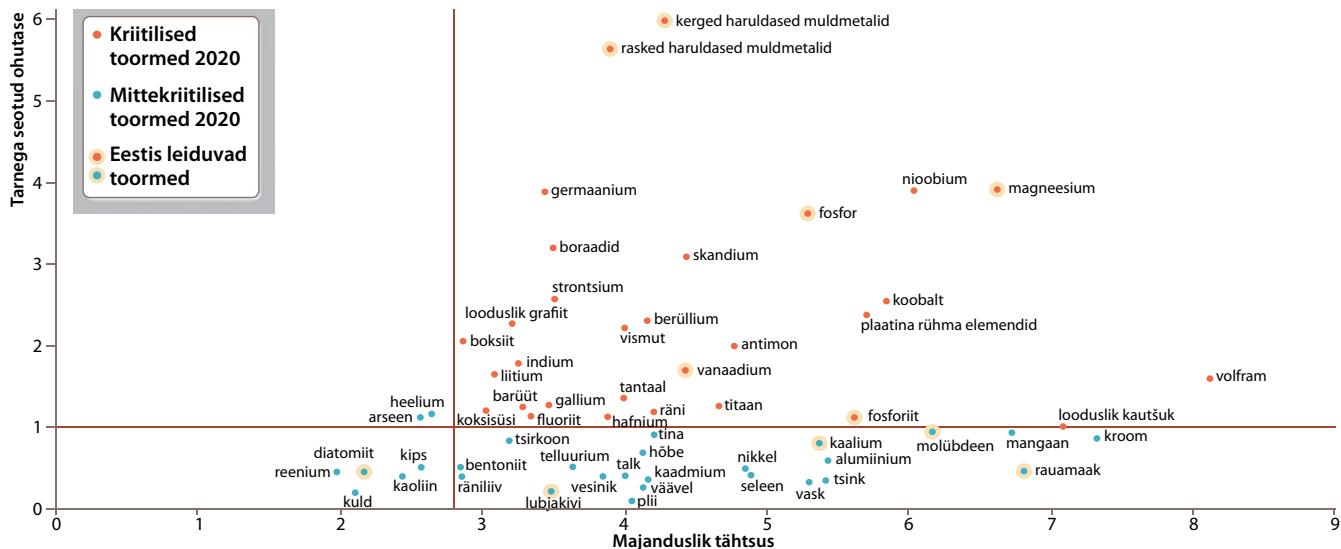
tugevaimad magnetid, neid kasutatakse tuulegeneraatorites, autodes ja audiokõlarites. Teine tüüp magnetiteid põhineb samaariumil ja koobaltil.

Lantaan on kasutusel nikkel-hüdriidakude anoodil. Sõiduautodele sobivas akus võib lantaani olla 10–15 kg.

Tseerium, lantaan, neodüümium ja praseedoon on oksiididena tarvitusel metallurgias: nende abil saab suurendada eri terasetüüpide puhustaset.

Prasedüümi kasutatakse lennunduses spetsiaalmetallide koostisosana ja klaasitööstuses kaitseprillide tootmisel.

Gadoliinium vajatakse, tootes teleekraane, röntgeni- ja MRI-seadmeid.



◇ 10. Euroopa Liidu kriitiliste toormete loendisse kuulub 2020. aasta seisuga kolmkümmend tooret. Neist enamik on tuntud metallid, aga osa ka vähem teadaolevad metallid. Tegu on majanduslikult oluliste toormetega, mida tuleb liitu impordida. Peen pruun joon tähistab mullust hinnangulävendit toorme kriitilisuse defineerimisel. Rohepööre ja koroonapandeemiast tingitud tarneahelate katkestused või muutused võivad tekitada tarneprobleeme tulevikus

Kunagise fosforiidikaevanduse käigus (1964–1991) ladestati fosforiiti katnud must kilt koos lubjakivi ja katvate setetega sinnasamasse hunnikusse. Arvutuslikult on graptoliitargilliidi osakaal Maardu jäätmemägedes umbes 73 miljonit tonni. Kui võtta näiteks uraani koguseks tagasihoidlikult 50 grammi tonnis (Eestis on graptoliitargilliidis uraani kohati üle 1000 g/t!), siis leidub nendes jäätmetes hinnanguliselt vähemalt 3650 tonni uraani. Sama laadi arvutused võib teha kõikide teiste metallide kohta.

„Roheline“ metallibuum ja kriitilised toormed. Kapitalistlikus ühiskonnas reguleerib metallide kaevandamist ja tootmist turg. Seda mõjutab rahvuslik nõudlus, mis on seotud tehnoloogiate arengu ja riikliku poliitikaga. Suurriikidel on eri ressursside puhul selged, ambitsioonikad ja ennast säästvad tegevusplaanid. Väikeriigid, kellest oleneb suure poliitikas vähe, saavad end neisse plaanidesse sobitada või siis neid eirata. Samas on varude poolest rikkal väikeriigil võimalik kasulikult kaasa mängida, kui on nutikust.

Euroopa Liit hakkas siinsete metallide ja muude ressursside allikatele ning turgudele mõtlema võrdlemisi

Tseesium

Tseesiumist on hiljuti saanud üks olulisi uusi strateegilisi metalle. Peale kasutuse aatomkellades, positsioneerimisel ja meditsiinis suureneb selle metalli tähtsus kosmosetehnoloogias, näiteks ioonmootorites. Hiina on püüdnud selle metalli turgu enda kätte haarata. Ent nüüdseks on mitu riiki mõistnud tseesiumivajadust ning otsivad uusi leiukohti.

hilja. Esimene kriitilisi toormeid hõlmav nimekiri koostati alles 2011. aastal. Paljud maailma suurriigid olid seda teinud aastaid varem. Näiteks Hiina saavutas juba 2000. aastate alguseks maailmas enneolematu ülekaalu oluliste kõrgtehnoloogias kasutatavate ja lähitulevikus veelgi suurema nõudlusega metallide poolest. Hiina valitseb nii leiukohtade kui ka tootmise üle.

EL-i nimekirjas on mulluse seisuga kolmkümmend tooret (◇ 10), millest 2/3 tarnete üle otsustab Hiina. Vaid plaatina ja vanaadiumi leiukohtade puhul on jämedad ohjad Lõuna-Aafrika käes, koobaltil aga Kongo

käes. Samas on Hiina investeerinud saavutanud kontrolli mitmes riigis asuvate maardlate üle, sealhulgas mainitud Kongos, ja LAV-i leiukohtade üle.

Maailmas räägitakse järjest enamalt kriitilistest toormest ja tarneraskustest. Mille tõttu on mõni metall, keemiline element või aine tähtis ja mõni ei ole? Põhjusi tasub otsida kahest aspektist: toorme tähtsus riigi või riikide rühma majanduses ning selle toormega tekkida võivad tarneraskused. Nõudlus uute telerite, telefonide, autode, arvutite ja teiste kõrgtehnoloogiatoodete järele on maailmas suur, mistõttu on riikide majandusedu otseselt seotud tootmisega. Riigi või regiooni majandus kannatab tuntuvalt, kui mingil põhjusel tekivad mõne toorme tarnega tõrked. Kahjuks on selline olukord juba käes!

Kriitiliste toormete nimistus ülevatavad endiselt meediakünnise haruldased muldmetallid ja viimasel ajal ka akumetallid. Haruldased muldmetallid on lantanoidide rühma elemendid, sealhulgas lantaan, tseerium, samaarium, euroopium, neodüünium jne. Ilma nendeta ei oleks enamikku majapidamisseadmeid, mis hõlbustavad meie igapäevaelu. Nendest metal-

lidest on Hiina kontrolli all umbes 80%. Euroopa Liidus on teada mitu haruldaste muldmetallide leiukohta, aga peaaegu puudub suutlikkus toota. Nagu mainitud, EL-i ainus haruldaste muldmetallide tehas asub Eestis Sillamäel.

Rohepöörde ongi peamine põhjus, miks metallibuum on taas tärnanud ja ilmselt saavutab enneolematu haarde. Metalle vajab roheline energiatehnika, elektriakudele toetuv transport ja osaliselt ka digitaal tehnoloogiad. Ainuüksi liitiumioonakude tootmise kasvu tõttu, mida vajab roheline üleminek transpordisektoris, tuleb paljusid metalle kaevandada mitu korda rohkem.

Ettevõtte Bloomberg on analüüsinud liitiumakude laialdasemast levikust ja elektrisõidukute üleminekust tingitud metallinõudluse muutust aastani 2030 (võrreldes 2021. aastaga; vt 9). Näiteks vase nõudlus suureneb 5,5 korda, alumiiniumi oma 5,7, mangaani 9,3, grafiidi 4, nikli 5,2, koobalti oma 1,5 ja liitiumkarbonaadi nõudlus 5,3 korda. Ent on palju asjatundjaid, kelle arvutuste kohaselt suureneb nõudlus märksa enam, näiteks vaske vajaksime üle kümne korra rohkem.

Seega me alles hakkame hoomama, mida elektriautondust eelistav pöörde tegelikult tähendab. Peale selle kulub rohelisema energia puhul metalle tuulikute magnetite ja päikesesajamade tootmiseks. Suuremad tuulikud vajavad kuni kaks tonni haruldasi muldmetalle tuuliku kohta. Üksiti arendatakse kõiksuguseid ekrane (telerid, telefonid jms), milleks vajatakse samuti haruldasi muldmetalle. Digituleviku toeks on vaja rohkem arvuteid, uusi kaableid, jahutusmehhanisme jms.

Väga vähe teame sõjandustööstuse arengust. Teadaolevalt suureneb ka selles valdkonnas kõrgtehnoloogiliste metallide nõudlus tublisti. Ühtlasi arenevad kosmosetehnoloogiad, needki vajavad metalle.

Paraku viitab sedalaadi arengusuund sellele, et meie planeedil ei ole võimalik hankida piisavas koguses metalle, vähemasti praeguste oskus-

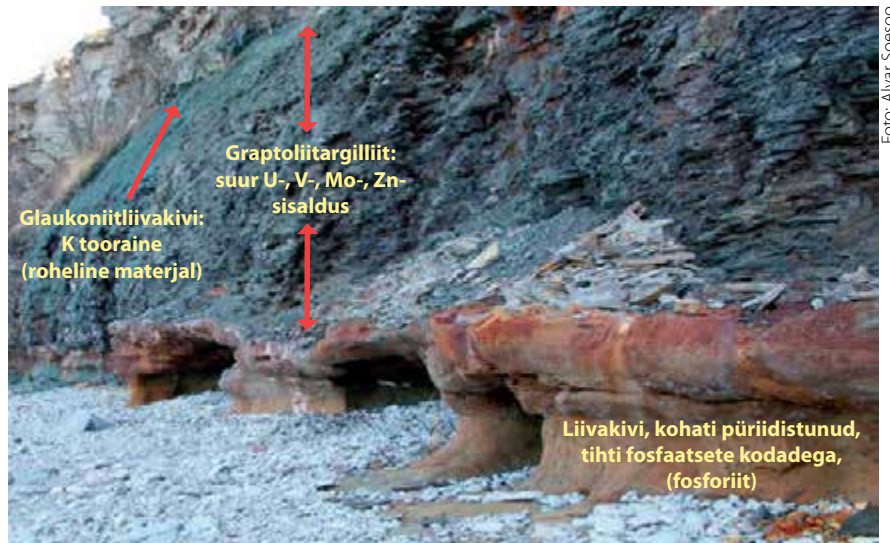


Foto: Alvar Soesoo

11. Põhja-Eesti aluspõhja Alam-Paleosoikumi vanusega läbilõike alumine osa (470–490 miljonit aastat vana) Pakri poolsaarel. Liivakivid (alumine osa) markeerivad maapõue osa, kus Ida-Eestis paikneb fosforiit, selle peal asuv must kivi on graptoliitargilliid (must kilt), mis on rikastunud mitme metalliga (uraan, vanadium, molübdeen, tsink jt), selle peal asuv roheline osa on glaukoniitliivakivi, mis on kaaliumi tooraine



Foto: Rmr2 / Wikimedia Commons

12. Eesti liikluspildis on ilmselt üldsusele kõige tuntum elektriauto väike Mitsubishi, mis peaks näitama teed tulevikku

te ja võimalustega. Metallid on küll olemas, aga nende tootmine ei ole majanduslikult veel mõttekas ega keskkonnakaitse vaatevinklist tihti teostatav.

Sellepärast võib ka Eesti metalle, eeskätt haruldasi metalle fosforiidis, mitut metalli fosforiidi peal lasuvas graptoliitargilliidis ja kristalse aluskorra kivimites, käsitada riigi tulevikuvarana. Sel on seda suurem väärtus, mida enam tähtsustatakse isik-

likku ning oma riigi ellujäämist energia- ja tehnoloogilises ning sotsiaal-majanduslikus sfääris. ■

1. Nirgi, Siim; Soesoo, Alvar 2021. Geology and geochemistry of a paleoproterozoic iron mineralization in North-Eastern Estonia. – Transactions of the Karelian Research Centre of the Russian Academy of Sciences 10: 1–19.

Alvar Soesoo (1963) on geoloog, töötab Tallinna tehnikaülikooli geoloogia instituudis professorina.