

## **Latitude 66 Cobalt Oy Malminetsinnän menetelmät**

Latitude 66 Cobalt noudattaa malmietsintätoiminnassaan Kaivosteollisuus ry:n Malminetsintäoppaassa kuvattuja toimintatapoja. Näiden toimintatapojen lisäksi yhtiöllä on muutamia omaehtoisesti asetettuja toimintatapoja, joissa toimintaa säädellään olemassa olevaa lainsäädäntöä sekä Malminetsintäoppaan suosituksia tiukemmin.

Tässä liitteessä on kuvattu malminetsinnässä käytettäviä menetelmiä alkaen varausten suunnitteluvaiheista aina lainvoimaisen malminetsintäluvan tai maanomistajan antaman luvan turvin tehtävään malminetsintään.

Latitude 66 Cobalt Oy tekee yhteistyötä muiden Suomessa toimivien malminetsintäyhtiöiden sekä malminetsintää toteuttavien yhteistyökumppaneidensa kanssa toimintatapojen jatkuvaksi kehittämiseksi sekä parhaiden käytäntöjen edistämiseksi.

### **Luonnonsuojelualueet ja Natura 2000 -alueet**

Oheisen dokumentin kohta 6.7. (sivut 96-97) käsittelee malminetsintää luonnonsuojelualueilla ja Natura 2000 -alueilla sekä niiden välittömässä läheisyydessä. Latitude 66 Cobalt ei tee malminetsintää mainituilla alueilla ja jättää malminetsintälupahakemuksissaan sekä luonnonsuojelualueisiin että Natura 2000 -alueisiin suojavyöhykkeet.

### **RC-poraus**

Tässä yhteydessä esitellyistä malminetsinnän menetelmistä kohdassa 2.3.2. Poraus kääntheishuutelulla (RC-poraus) on malminetsinnän menetelmänä äärimmäisen epätodennäköinen. Menetelmä ei ole yleistynyt Suomessa varsinaisten kaivosalueiden ulkopuolella sen aiheuttamien voimakkaiden meluhaittojen takia. Tästä syystä Suomessa ei käytännössä ole tarjolla RC-porausta tekeviä kairayksiköitä.

Latitude 66 Cobalt ei tule tekemään RC-porausta nyt haettavan malminetsintälupakauden (4 vuotta) puitteissa.

### **Koelouhinta**

Kohdassa 2.4.2. mainittu koelouhinta on toimintatapana hyvin harvinainen. Koelouhinta liittyy vaiheeseen, jossa paikannettua malmiota kehitetään kohti kaivostoimintaa. Latitude 66 Cobalt ei tule tekemään koelouhintaa nyt haettavan malminetsintälupakauden (4 vuotta) puitteissa.

Latitude 66 Cobaltin malminetsinnän menetelmien pohjana toimivan Kaivosteollisuus ry:n Malminetsintäoppaan laatimiseen ovat osallistuneet malminetsintäalan yritysten lisäksi Geologian tutkimuskeskus GTK, Kestävän kaivostoiminnan verkosto, Kuntaliitto, Maa- ja metsätaloustuottajien Keskusliitto MTK, Paliskuntain yhdistys, Saamelaiskäräjät, Suomen luonnonsuojeluliitto (SLL) ja Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes).

Kaivosteollisuus ry

# Malminetsintäopas



## **MALMINETSINTÄOPAS**

© Kaivosteollisuus ry, 2021  
kaivosteollisuus.fi

Graafinen suunnittelu ja taitto: Pia Sonck-Koota

Etukannen kuva: GeoPool Oy  
Takakannen kuva: AA Sakatti Mining Oy

Versio 1.0 (2021)

# SISÄLLYS

Lähde:

Kaivosteollisuus ry: Malminetsinnän opas 2021

<b>ESIPUHE</b> .....	<b>7</b>
----------------------	----------

<b>1. JOHDANTO</b> .....	<b>9</b>
--------------------------	----------

1.1. Yleiskatsaus malminetsintään.....	9
1.2. Raaka-aineiden tarve.....	11
1.3. Pitkäjänteinen ja kestävä raaka-aineiden tuotanto.....	11
1.4. Malminetsintä- ja kaivosteollisuus Suomessa.....	12
1.4.1. Suomen kaivoslaki.....	16
1.4.2. Maankäyttö ja ympäristövaikutukset.....	16

<b>2. MALMINETSINNÄN MENETELMÄT</b> .....	<b>17</b>
---	-----------

2.1. Malminetsinnän vaiheet .....	19
2.1.1. Valmistelu.....	19
2.1.2. Tunnustelu.....	21
2.1.3. Malminetsintätyö.....	21
2.1.4. Töiden päättäminen.....	22
2.2. Alkuvaiheen malminetsintämenetelmät .....	23
2.2.1. Geokemiallinen näytteenotto .....	23
2.2.2. Geologinen kartointi ja lohkarieksintä.....	24
2.2.3. Geofysikaaliset tutkimukset .....	26
2.3. Jatkovaiheen malminetsintämenetelmät .....	28
2.3.1. Koneellinen moreeninäytteenotto (BOT-näytteenotto) .....	29
2.3.2. Poraus käänneishuhtelulla (RC-poraus) .....	30
2.3.3. Timanttikairaus (syväkairaus).....	31
2.4. Loppuvaiheen malminetsintämenetelmät.....	32
2.4.1. Tutkimuskaivanto .....	32
2.4.2. Koelouhinta .....	32

# LAATIKOIDEN SELITYKSET



## **KAIVOSTEOLLISUUS RY SUOSITTELEE**

*Suosituslaatikoista löytyy Kaivosteollisuus ry:n suosituksia ja vinkkejä vastuulliseen malminetsintään.*



## **TIETOLAATIKKO**

*Tietolaatikoissa annetaan lisätietoa ja syvennytään tarkemmin oppaassa esiteltyihin teemoihin.*



## **KOMMENTTILAATIKKO**

*Kommenttilaatikoissa sidosryhmät jakavat omia näkökulmiaan oppaassa käsiteltyihin aiheisiin.*



# ESIPUHE

Tämän oppaan ensisijaisena tarkoituksena on tarkastella malminetsintää. Oppaan tavoitteena on vastata eri kysymyksiin malminetsinnästä. Opas on tarkoitettu malminetsintää suorittaville yhtiöille, viranomaisille, maanomistajille sekä alasta kiinnostuneille henkilöille.

Malminetsintäoppaan avulla halutaan varmistaa, että kaikki Suomessa tapahtuvat malminetsintätoimet toteutetaan mahdollisimman hyviä käytänteitä noudattaen. Tavoitteena on myös antaa selkeä kuva siitä, mitä vaikutuksia malminetsinnällä on ympäristöön ja sidosryhmiin.

Opas sisältää kuvauksen etsintäprosessista, vaadittavista luvista ja viranomaistoimista sekä viestinnästä sidosryhmille ja kansalaisille. Opas tarkastelee malminetsintää ympäristö- ja työturvallisuusnäkökulmista sekä esittelee erilaisia korvauskäytäntöjä. Tärkeänä osana on alan oma itsearviointiprosessi malminetsintään liittyen.

Opas sisältää myös Kaivosteollisuus ry:n (KT ry) suosituksia ja vinkkejä. Kaivosteollisuus ry on vuonna 1999 perustettu kaivosteollisuudessa toimivien yritysten vaikuttaja- ja yhteistyöjärjestö ([www.kaivosteollisuus.fi](http://www.kaivosteollisuus.fi)). Suositukset perustuvat kokemukseen ja tarjoavat ehdotuksia erilaisten tilanteiden käsittelyyn. KT ry:n suositukset on erotettu päätekstistä.

Malminetsintäoppaaseen on koottu kokemuksia ja näkemyksiä malminetsinnästä KT ry:n jäseniltä, jäsenyritysten henkilökunnalta ja malminetsinnän tekijöiltä Suomessa sekä tärkeitä näkökulmia alan sidosryhmiltä. Mukana oppaan toteuttamisessa on ollut Geologian tutkimuskeskus (GTK), joka on tarjonnut puolueettoman näkökantansa malminetsintään.

## Ohjausryhmä:

Mathias Forss,  
*GeoPool Oy* (puheenjohtaja)  
Bo Långbacka,  
*Geologian tutkimuskeskus (GTK)*  
Eero Yrjö-Koskinen,  
*Kestävän kaivostoiminnan verkosto*  
Janne Siikaluoma,  
*AA Sakatti Mining Oy*  
Pekka Suomela,  
*Kaivosteollisuus ry*  
Terhi Salo,  
*GeoPool Oy*  
Toni Eerola,  
*Geologian tutkimuskeskus (GTK)*

## Oppaan laadintaan osallistuneet

### muut tahot/yritykset (aakkosjärjestyksessä):

Beowulf Mining plc  
Boliden Kevitsa Mining Oy  
Kuntaliitto  
Magnus Minerals Ltd  
Mawson Oy  
Maa- ja metsätaloustuottajain Keskusliitto (MTK)  
Oy KATI Ab  
Paliskuntain yhdistys  
Saamelaiskäräjät  
SKPB Consulting Ky  
Suomen luonnonsuojeluliitto (SLL)  
Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes)

# 1. JOHDANTO

**M**oderni yhteiskunta ei ole mahdollinen ilman metalleja<sup>1</sup>. Metallisten ja mineraalisten<sup>2</sup> raaka-ainetarpeiden täyttämiseksi sekä niistä jalostettujen tuotteiden valmistamiseksi tarvitaan yhä kasvavassa määrin kaivoksissa louhittavia primäärisiä raaka-aineita<sup>3</sup>. Metall- ja mineraaliesiintymien paikantamisessa sovelletaan malminetsintä<sup>4,5</sup> menetelmiä. Niinpä malminetsintä on välttämätön osa nyky-yhteiskuntaa.

## 1.1. YLEISKATSAUS MALMINETSINTÄÄN

Malminetsintä tarkoittaa kallioperästä taloudellisesti hyödyntämiskelpoinen *mineraaliesiintymä*, joka sisältää yhtä tai useampaa mineraalia. Näistä mineraaleista voidaan prosessoimalla erottaa ihmisten tarvitsemia alkuaineita kuten kultaa, kuparia, rautaa, nikkeliä, litiumia ja kobolttia. Se on välttämätöntä, koska nykyinen hyvinvointimme perustuu mineraalisten raaka-ainevarojen hyödyntämiseen.

Suomen kaivoslain mukaan malminetsintä tarkoittaa *kaivosmineraaleja* sisältävän esiintymän paikallistamiseen ja tutkimiseen käytettäviä geologisia, geofysikaalisia ja geokemiallisia tutkimuksia sekä näytteenottoa esiintymän koon ja laadun selvittämiseksi.

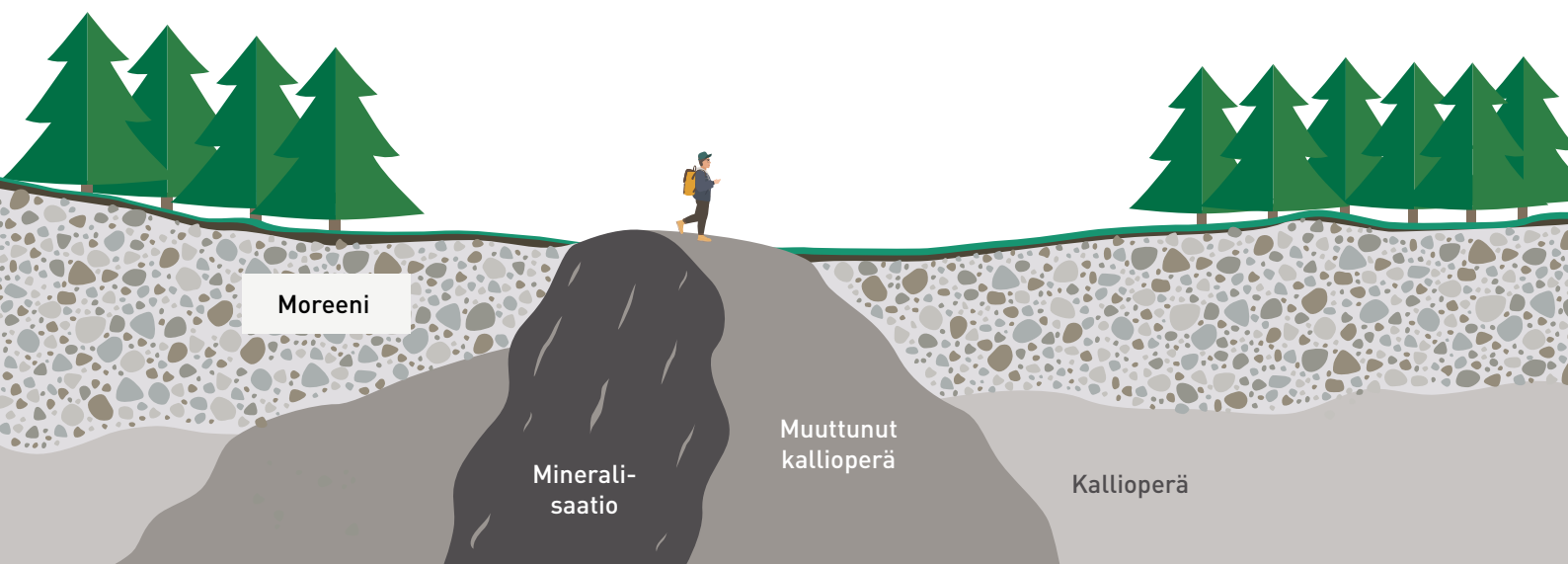
<sup>1</sup> *Metalli* on alkuaine, joka on kiiltävä, helposti muovattava sekä hyvin sähköä ja lämpöä johtava. Metallit esiintyvät yhdisteinä malmeissa.

<sup>2</sup> *Mineraali* on luonnossa esiintyvä, epäorgaanisesti ja geologisten prosessien kautta syntynyt kiteinen aine, jolla on tietty (määrätty, mutta ei vakio) kemiallinen koostumus ja kiderakenne. (Lähde: <https://tieteentermipankki.fi/wiki/Geologia:mineraali>)

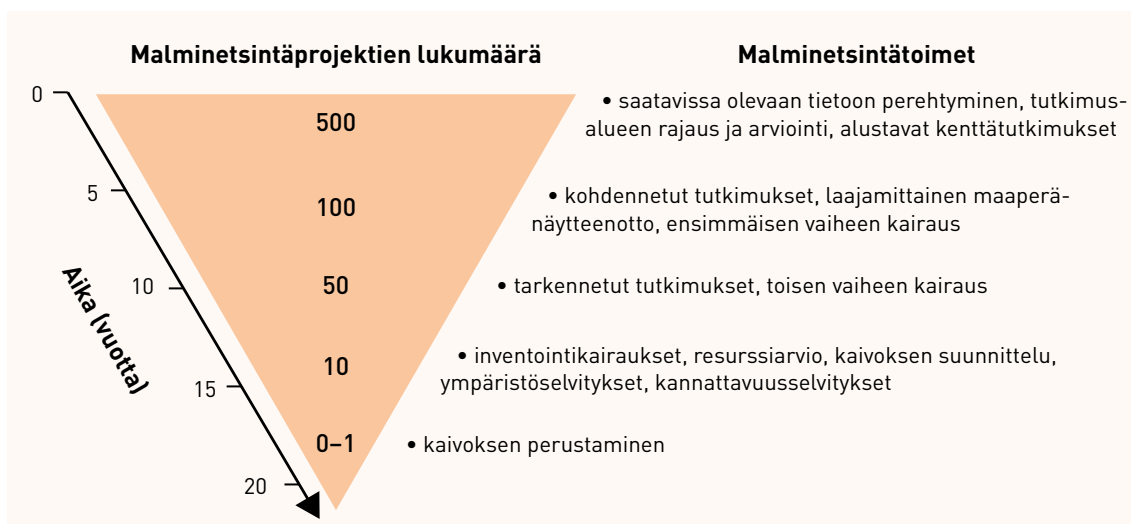
<sup>3</sup> Primääriset raaka-aineet ovat luonnon materiaaleja, joita hyödynnetään ensimmäistä kertaa, kun taas sekundääriset raaka-aineet ovat esimerkiksi primäärisen raaka-aineen louhinnan, rikastuksen, jatkojalostuksen ja lopputuotteiden valmistuksen sivuvirtoja. (Lähde: <https://www.aalto.fi/fi/uutiset/kiertotalouden-tarvitsemia-uusia-materiaaleja-tutkitaan-otaniemeen-perustettavassa>)

<sup>4</sup> *Malmi* on luontainen mineraalikertymä, jossa alkuaineet esiintyvät rikastuneena niin, että esiintymän taloudellinen hyödyntäminen on mahdollista. Malmi on taloudellinen käsite, johon vaikuttaa esimerkiksi hyödynnettävän alkuaineen hinta. Malmin määrittelyn täyttävää maankuoren osaa, jolle voidaan antaa sijainti- ja kokomäärte kutsutaan malmiesiintymäksi. Malmin käsite voi kattaa myös maaöljyn ja kivihiilen. (Lähde: Geologia:malmi - Tieteen termipankki)

<sup>5</sup> *Malminetsintä* on mahdollisesti taloudellisesti kiinnostavan mineraaliesiintymän paikallistamiseen ja tarkempaan tutkimukseen liittyvä toiminta eri näkökulmista. (Lähde: <https://tieteentermipankki.fi/wiki/Geologia:malminetsinta>)



Suomessa kallioperä on usein maakerrosten peittämä. Kalliopaljastumilla voidaan tehdä suoria havaintoja kallioperästä. Kuva: GeoPool Oy.



Malminetsintätoimet malminetsintäprojektin aikajanalla ja käynnissä olevien projektien suuntaa-antava lukumäärä eri vaiheissa. Lähde: Tukes, minefacts.eu.

Malminetsintä on luonteeltaan riskialtista ja vaatii merkittäviä investointeja. Mineraaliesiintymien löytäminen vaatii myös paljon aikaa. Kuitenkin vain noin yksi tuhannesta malminetsintäprojektista päättyy hyödyntämiskelpoisen esiintymän löytymiseen. Suomessa on viimeisen kymmenen vuoden aikana avattu kaksi *metallikaivosta*<sup>6</sup> ja neljä *teollisuusmineraalilouhosta*<sup>7</sup>.

Malminetsintä vaatii tuekseen *geologista*<sup>8</sup> tutkimusta, jotta voidaan ymmärtää, millaiset kallioperän osat ovat *malmipotentialiaalisia*. Suurin osa Suomen kallioperästä on maaperän peittämä, minkä vuoksi malminetsintätyö on haastavaa. Malminetsinnän menetelmät ovat kehittyneet paljon viimeisten kymmenien vuosien aikana teknologisen kehityksen ja digitalisaation myötä. Edelleen malminetsinnän kulmakivinä ovat geofysikaaliset mittaukset, geokemiallinen näytteenotto kalliota verhoavasta maaperästä ja kallioperän tutkiminen kairaamalla.

6 Kaivos on kaivannaistoiminnan tuotantoyksikkö, jossa louhitaan jotakin mineraalia tai malmia. Kaivos voi olla avolouhos tai maan-alainen kaivos (<https://fi.wikipedia.org/wiki/Kaivos>).

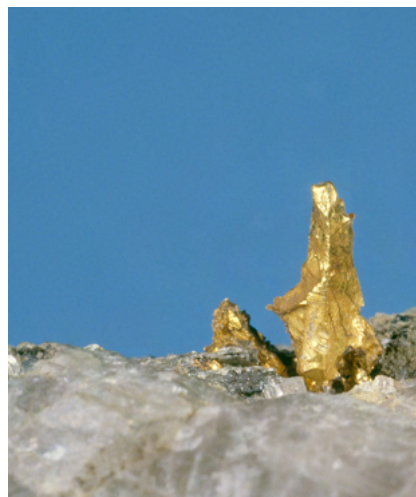
7 Louhos on kaivos, josta louhinta tapahtuu maan pinnalla. Avolouhinta on kustannustehokkainta erityisesti teollisuusmineraalien ja rakennuskivien tapauksessa.

8 Geologia on tieteenala, joka tutkii Maata ja maankamaraa: sen historiaa, rakennetta, koostumusta sekä sen syntymiseen liittyviä ja siinä tapahtuvia prosesseja. Geologiassa käytetään apuna niin fysiikkaa, biologiaa kuin kemiaakin. (Lähde: <https://www.gtk.fi/gtk/geologia-alana>)



## 1.2. RAAKA-AINEIDEN TARVE

1970-luvulta lähtien globaali metallisten raaka-aineiden kulu- tus on kasvanut yli 300 %<sup>9</sup> ja useiden ennusteiden mukaan kysyntä edelleen kasvaa tämän vuosisadan puoliväliin mennessä yli kaksinkertaiseksi<sup>10</sup> nykyiseen nähden. Viimeisen kymmenen vuoden aikana ovat erilaiset energiamurrokseen liittyvät ajurit voimistaneet erityisesti tiettyjen metallien tarvetta. Näitä ovat esimerkiksi ns. *akkumetallit*, kuten nikkeli, koboltti ja litium. Myös grafiitin, alumiinin ja kuparin sekä *harvinaisten maametallien eli REE-metallien*<sup>11</sup> kysyntä kasvaa tulevina vuosina huomasti mm. erilaisiin energiasovelluksiin liittyen<sup>12</sup>. Myös mm. rakentamisessa käytettävien *perusmetallien*, kuten raudan ja sinkin kysyntä kasvaa jatkuvasti. Itse asiassa on vaikea löytää metallista tai mineraalista hyödykettä, jonka kysynnän ennustettaisiin merkittävästi hiipuvan tulevaisuudessa.



Näkyvää kultaa kvartsiipitoisessa kivi- näytteessä. Kuva: GTK.

Yksi näkyvimpiä muutoksia on liikenteen sähköistyminen. Erilaiset sähkö- ja hybridautot ovat yhä yleisempi näky kaduilla ja maanteillä. Liikenteen sähköistyminen onkin merkittävin kysynnän kasvua aiheuttava tekijä erilaisissa akkusovelluksissa käytettävien nikkelin, kobolttin ja litiumin osalta. Kansainvälinen energiajärjestö IEA on arvioinut, että toteutuvasta kehityskulusta riippuen näiden metallien kysyntä akkusovelluksissa kasvaa 10–25-kertaiseksi vuoteen 2030 mennessä vertailuvuoteen 2019 nähden<sup>13</sup>. Esimerkiksi nikkelin osalta tämä tarkoittaa sitä, että vuonna 2019 alle 5 % nikkelistä käytettiin akkusovelluksiin. Vuonna 2030 mahdollisesti koko nykyinen tuotantomäärä voidaan tarvita tähän tarkoitukseen, minkä lisäksi pitää pystyä tuottamaan yhä enemmän nikkeliä kattamaan myös ns. perinteiset käyttötarkoitukset. Viime vuosina liikenteen sähköistyminen on edennyt ennakoitua- kin nopeammin, mikä entisestään lisää haastetta vastata kysyntään. On selvää, että tällaista kysyntä- piikkiä ei voida ratkaista vain kierrätyksen avulla. *Kiertotalous*<sup>14</sup> on tärkeää ja kierrätys on kaikin kei- noin maksimoitava, mutta uusia kaivoksia emme voi välttää. Tämän vuoksi onkin syytä keskittyä hyödyntämään näitä uusiutumattomia luonnonvaroja harkiten sekä parasta osaamista käyttäen.

## 1.3. PITKÄJÄNTEINEN JA KESTÄVÄ RAAKA-AINEIDEN TUOTANTO

Malminetsintä ja kaivostoiminta ovat hyvin pitkäjänteistä toimintaa. Globaali keskiarvo uuden kai- voksen perustamiselle on lähes 20 vuotta esiintymän löytämisestä, jolloin malminetsintään on jo ku- lunut vähintään vuosia tai jopa vuosikymmeniä. Uutta tuotantokapasiteettia ei näin ollen perusteta hetkessä, vaikka kysyntä olisi kuinka kovaa. Nikkelin osalta on globaalisti vuodesta 1990 lähtien löy- detty 50 merkittävää esiintymää, joista 16 löydettiin 2000-luvulla mutta viimeisen kymmenen vuo- den aikana enää vain kolme. 1990-luvulla löydettiin neljä esiintymää, jotka kuuluvat globaalille top 30 -listalle tuotannon osalta. Viimeisten vuosikymmenten aikana löydettyistä esiintymistä vasta kolme

9 UN – Global Resources Outlook 2019: <https://www.resourcepanel.org/reports/global-resources-outlook>

10 OECD, 2018 – Global Material Resources Outlook to 2060: <https://www.oecd.org/environment/waste/highlights-global-material-resources-outlook-to-2060.pdf>

11 Harvinaiset maametallit (Rare Earth Elements, REE; Rare Earth Metals, REM) on ryhmä, joka koostuu 17 samankaltaisesta, metal- lisesta alkuaineesta. Metalleina ryhmän jäsenet ovat kiiltäviä, pehmeitä, taipuisia ja reaktiivisia. Ryhmän metalleilla on runsaasti erityis- ominaisuuksia, kuten magneettisuus, valon heijastavuus ja kestävyys, joita käytetään hyväksi erityisesti korkean teknologian sovelluksissa. (Lähde: <https://www.kriittisetmateriaalit.fi/kevyet-harvinaiset-maametallit/>)

12 World Bank, 2020: <https://www.worldbank.org/en/news/press-release/2020/05/11/mineral-production-to-soar-as-demand-for-clean-energy-increases>

13 IEA – Global EV Outlook 2020: [www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2020](http://www.iea.org/reports/global-ev-outlook-2020)

14 Kiertotalous on talousmalli, jossa ei tuoteta jatkuvasti lisää tavaroita, vaan kulutus perustuu omistamisen sijaan palveluiden käyttä- miseen: jakamiseen, vuokraamiseen ja kierrättämiseen. Siinä materiaaleihin sitoutunut arvo säilyy mahdollisimman pitkään yhteiskun- nassa. Kiertotaloudessa talouskasvu ei ole riippuvainen luonnonvarojen kulutuksesta. (Lähde: <https://www.sitra.fi/artikkelit/mita-nama-kasitteet-tarkoittavat/>)

on tuotannossa, ja niiden tuotanto on verrattain vähäistä. Suomalainen Kevitsan esiintymä löydettiin 1980-luvulla ja se on nyt maailmanlaajuisesti noin sijalla 50 nikkelin tuotannossa. Tarkastelu pelkän nikkelin osalta kertoo, että malminetsintää tarvitaan yhä suuremmassa määrin korvaamaan jo hyödynnettyjä *varantoja* ja toisaalta edes teoriassa mahdollistamaan riittävä tarjonta kasvavaa kysyntää varten vaaditussa aikataulussa.

Esiintymän kehittäminen tuotantoon on vuosien mittaan muuttunut globaalisti yhä haastavamaksi. Tämä johtuu osin siitä, että esiintymien keskipitoisuudet laskevat ja keskimäärin joudutaan hyödyntämään yhä syvemmällä olevia esiintymiä. Tällöin malminetsintään ja teknisiin selvityksiin kuluva aika ja kustannukset sekä riskit kasvavat. Toisaalta erilaiset kestävyteen ja vastuullisuuteen liittyvät kriteerit, odotukset ja sääntely kiristyvät myös jatkuvasti. On selvää, että tuotannon on oltava mahdollisimman kestävää ja kehitystä ympäristö- ja vastuullisuusasioissa tapahtuu jatkuvasti. Tämän vuoksi projektien läpivientiajat pidentyvät entisestään.



### **KAIVOKSET TUOTTAVAT METALLEJA**

*Kaivokset tuottavat yhteiskunnalle metalleja ja muita tärkeitä kaivannaisia. Metallit ovat välttämättömiä raaka-aineita, joita pidämme itsestäänselvytenä arkielämässämme. Metalleja voi kierrättää useita kertoja, mutta korkean kierrätysasteen saavuttamiseksi on myös parannettava metalleja sisältävien tuotteiden kierrätettävyyttä. Toistaiseksi materiaalien kysyntä on ollut paljon suurempi kuin kierrätysen tarjoama määrä.*

Mikäli haluamme muuttaa maailmaa nykyistä ympäristöystävällisemmäksi, tarvitsemme tulevina vuosikymmeninä valtavia määriä kestävästi tuotettuja metalleja. Tätä tavoitetta ei voida saavuttaa ilman menestyksellistä ja vastuullista malminetsintää. Tämä opas palvelee viimeksi mainitun tavoitteen toteuttamista ja siten välillisesti uuden, vihreämmän maailman kehittämistä yhdessä monen muun toimialan kanssa.

## **1.4. MALMINETSINTÄ- JA KAIVOSTEOLLISUUS SUOMESSA**

Suomen kallioperä on muodostunut monivaiheisesti geologisten prosessien kautta, jotka ovat vaikuttaneet myös kallioperämme malmipotentialisuuteen. Kaivostoiminnalla on maassamme perinteitä, ja menneiden vuosikymmenten aikana Suomeen on kertynyt runsaasti tietoa, osaamista ja teollisuutta, jotka tukevat malminetsintää ja kaivostoimintaa. Osa tästä teollisuudesta on kasvanut globaaliksi vientiteollisuudeksi, kuten kaivoslaitteiden valmistus.

Teknologioiden kehittyminen ja mineraalisten raaka-ainevarojen kasvava tarve on luonut pohjan hyödyntää aiempaa alhaisemman pitoisuuden esiintymiä taloudellisesti kannattavasti. Samalla ympä-

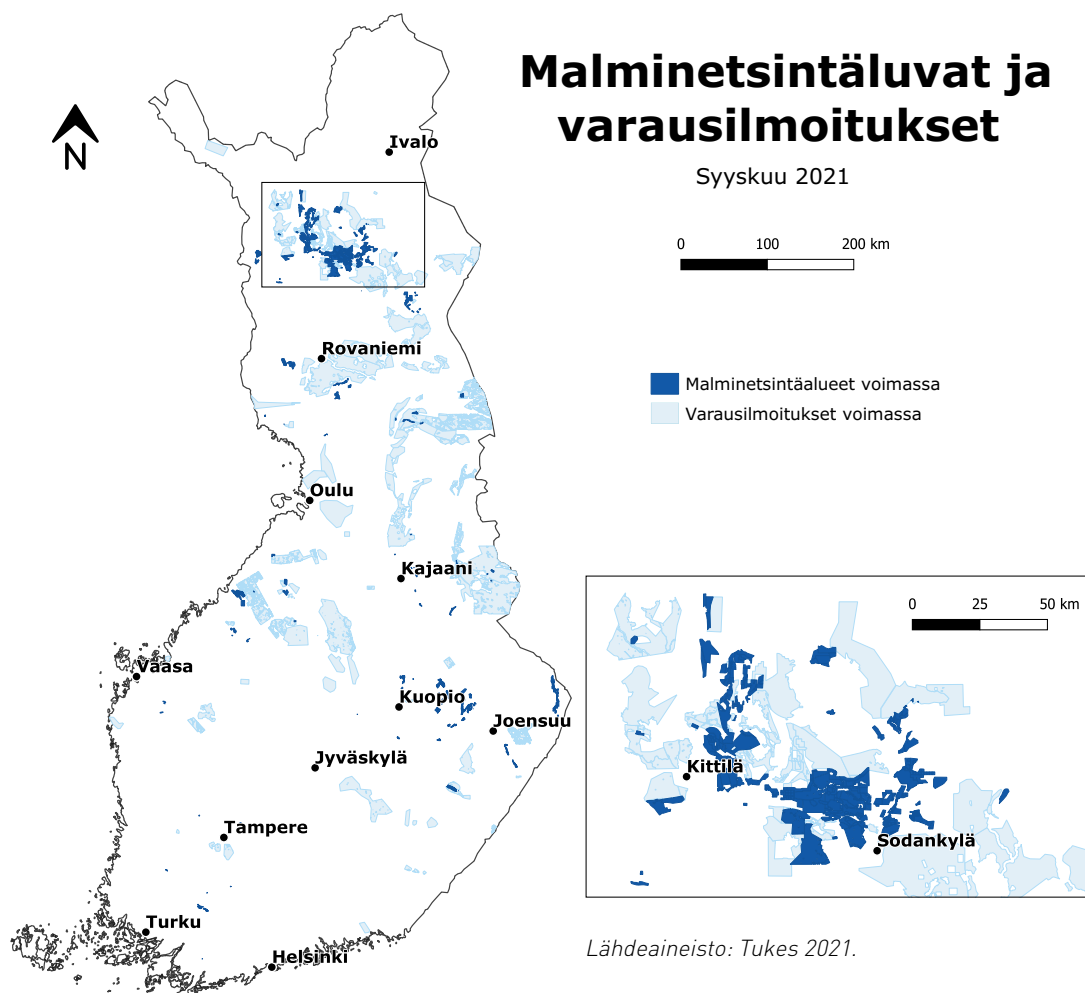


*Kevitsan kaivos. Kuva: Boliden Kevitsa Mining Oy.*

ristön tilaan liittyvät kysymykset ovat tulleet esille yhä voimakkaammin, mikä on edistänyt ympäristöteknologioiden kehittämistä. Suomessa on vahvaa osaamista kaivosten avaamiseen ja sulkemiseen liittyvissä kysymyksissä.

Erilaisilla kestävyys- ja vastuullisuuskriteereillä mitattuna suomalainen tuotanto on vastuullista ja ympäristöystävällistä, vaikka kaivostoiminta aina väistämättä vaikuttaa ympäristöön. Esimerkiksi hiilijalanjäljen osalta suomalaiset nikkeliä tuottavat kaivokset ovat jopa 10–20 kertaa vähäpäästöisempiä kuin monet Kaakkois-Aasian kaivokset koko tuotantoketjun huomioon ottaen. Tämä johtuu siitä, että suuri osa maailman nikkelistä tuotetaan *lateriittisista*<sup>15</sup> esiintymistä, joiden vaatima monimutkainen tuotantoprosessi on hyvin energiantensiivistä *sulfidisiin*<sup>16</sup> esiintymiin verrattuna. Myös monilla muilla ympäristömittareilla arvioituna, esimerkiksi *biodiversiteettivaikutusten*<sup>17</sup> suhteen, suomalainen kaivosteollisuus pärjää hyvin maailmanlaajuisessa vertailussa.

Vuosien 2010–2019 aikana tehdyt kaivosinvestoinnit Suomessa olivat 3,2 miljardin euron luokkaa ja malminetsinnän investoinnit noin 590 miljoonaa euroa<sup>18</sup>. Voidaan puhua varsin merkittävästä teollisuuden alasta. Eri maiden houkuttelevuutta malminetsintäinvestoinneissa tarkastellaan vuosittain esi-



15 Lateriitti on tropiikissa yleinen ruskeanpunainen alumiini- ja rautahydroksidivaltainen maalaji, joka on muodostunut rapautumalla graniitista, gneissistä tai muista maasälpäpitoisista kivilajeista. (Lähde: <https://iate.europa.eu/entry/result/1622605/all>)

16 Sulfidit ovat erilaisia rikin yhdisteitä. (Lähde: <https://fi.wikipedia.org/wiki/Sulfidi>)

17 Biodiversiteetti tarkoittaa biologisen elämän monimuotoisuutta. (Lähde: <https://www.luonnontila.fi/fi/biodiversiteetti>)

18 Tukes – Ajankohtaiskatsaus: malminetsintä ja kaivosteollisuus 2019 <https://tukes.fi/documents/5470659/21595777/Ajankohtaista%20malminetsinn%C3%A4st%C3%A4%20ja%20kaivostoiminnasta%202019/9f411a5a-3972-0ced-1582-1195f8f98596/Ajankohtaista%20malminetsinn%C3%A4st%C3%A4%20ja%20kaivostoiminnasta%202019.pdf>

Suomessa esiintyviä metalleja ja mineraaleja sekä niiden todennäköinen löytymispotentiaali.

	METALLI TAI MINERAALI	KRIITTINEN VAIHE	ESIINTYMÄT SUOMESSA JA NIIDEN TILANNE	LÖYTYMIS-POTENTIAALI SUOMESSA
<b>EU:N KRIITTISET METALLIT JA MINE-RAALIT (2020):</b>	Antimoni	Louhinta	Esiintymiä	Kohtalainen
	Baryytti	Louhinta	Ei esiintymiä	Alhainen
	Bauksiitti	Louhinta	Ei esiintymiä	Alhainen
	Beryllium	Louhinta	Esiintymiä	Kohtalainen
	Boraatti	Louhinta	Ei esiintymiä	Alhainen
	Fluorisälpä	Louhinta	Ei esiintymiä	Alhainen
	Fosfori	Jalostus	Kaivostuotantoa	Kohtalainen
	Gallium	Jalostus	Ei esiintymiä	Alhainen
	Germanium	Jalostus	Ei esiintymiä	Alhainen
	Hafnium	Jalostus	Esiintymiä	Kohtalainen
	Harvinaiset maametallit	Jalostus	Esiintymiä	Hyvä
	Indium	Jalostus	Ei esiintymiä	Kohtalainen
	Koboltti	Louhinta	Kaivostuotantoa	Hyvä
	Koksihiili	Louhinta	Ei esiintymiä	Alhainen
	Litium	Jalostus	Kaivosprojekteja	Hyvä
	Luonnongrafiitti	Louhinta	Esiintymiä	Kohtalainen
	Luonnonkumi	Louhinta	Ei esiintymiä	Alhainen
	Magnesium	Jalostus	Esiintymiä	Alhainen
	Niobium	Jalostus	Kaivosprojekteja	Hyvä
	Piimetalli	Jalostus	Ei esiintymiä	Alhainen
	Platinaryhmän metallit	Jalostus	Kaivostuotantoa	Hyvä
	Raakafosfaatti	Louhinta	Kaivostuotantoa	Kohtalainen
	Skandium	Jalostus	Esiintymiä	Kohtalainen
	Strontium	Louhinta	Ei esiintymiä	Kohtalainen
	Tantaali	Louhinta	Esiintymiä	Kohtalainen
	Titaani	Jalostus	Kaivosprojekteja	Hyvä
Vanadiini	Jalostus	Kaivosprojekteja	Hyvä	
Vismutti	Jalostus	Esiintymiä	Kohtalainen	
Volframi	Jalostus	Esiintymiä	Kohtalainen	
<b>MUITA SUOMESSA ESIINTYVIÄ METALLEJA JA MINERAALLEJA:</b>	Hopea		Kaivostuotantoa	Kohtalainen
	Kalkkikivi (kalsiitti, dolomitti)		Kaivostuotantoa	Hyvä
	Kiillemineraalit		Kaivostuotantoa	Kohtalainen
	Korukivet (ametisti, berylli)		Kaivostuotantoa	Kohtalainen
	Kromi		Kaivostuotantoa	Hyvä
	Kulta		Kaivostuotantoa	Hyvä
	Kupari		Kaivostuotantoa	Hyvä
	Kvartsi		Kaivostuotantoa	Hyvä
	Lyijy		Kaivostuotantoa	Kohtalainen
	Maasälpä		Kaivostuotantoa	Hyvä
	Magnesiitti		Kaivostuotantoa	Kohtalainen
	Mangaani		Esiintymiä	Kohtalainen
	Molybdeeni		Esiintymiä	Kohtalainen
	Nikkeli		Kaivostuotantoa	Hyvä
	Pyriitti		Kaivostuotantoa	Kohtalainen
	Rauta		Kaivosprojekteja	Kohtalainen
	Rhenium		Esiintymiä	Alhainen
	Savimineraalit		Esiintymiä	Kohtalainen
	Sinkki		Kaivostuotantoa	Hyvä
	Talkki		Kaivostuotantoa	Hyvä
	Telluuri		Esiintymiä	Hyvä
	Timantti		Kaivosprojekteja	Kohtalainen
	Tina		Esiintymiä	Kohtalainen
	Uraani		Kaivosprojekteja	Hyvä
	Vuorivilla		Kaivostuotantoa	Hyvä
	Wollastoniitti		Kaivostuotantoa	Kohtalainen

Lähteet:

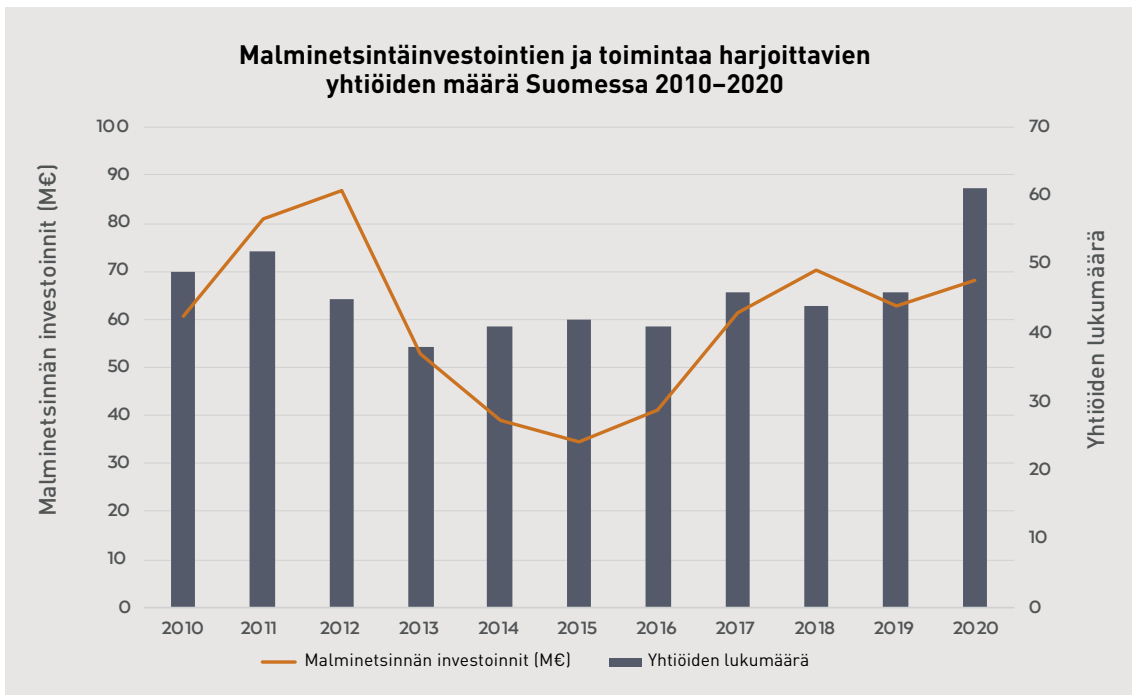
[http://projects.gtk.fi/export/sites/projects/mineraalistrategia/documents/SuomenMineraalistrategia\\_2.pdf](http://projects.gtk.fi/export/sites/projects/mineraalistrategia/documents/SuomenMineraalistrategia_2.pdf)

<https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2020/FI/COM-2020-474-F1-FI-MAIN-PART-1.PDF>

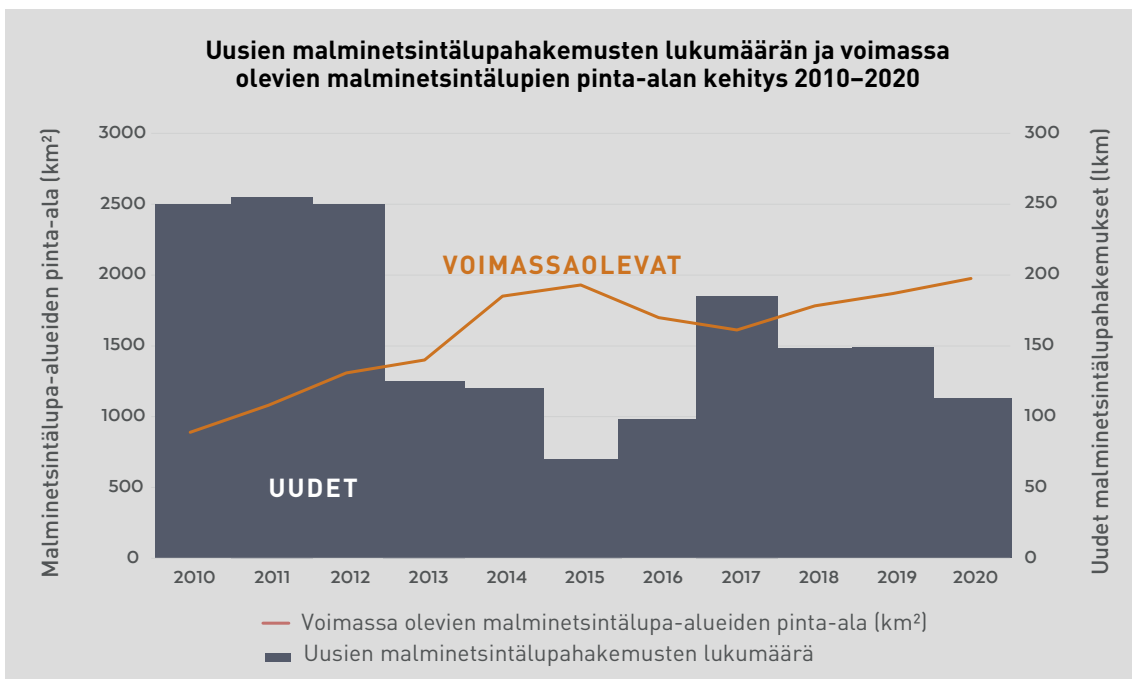
[https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161860/TEM\\_2019\\_57.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/161860/TEM_2019_57.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

<https://tukes.fi/documents/5470659/6373016/Vuoriteollisuustilasto+2019/347601de-637a-7230-bf7c-0b01d0653cde/Vuoriteollisuustilasto+2019.pdf>

<https://gtkdata.gtk.fi/MDaE/>



Lähde: Tukes.



Lähde: Tukes.

merkiksi Fraser-instituutin teettämässä raporteissa<sup>19</sup>, joissa Suomi on sijoittunut viime vuosina hyvin korkealle. On kuitenkin hyvä ymmärtää kaivos- ja malminetsintäteollisuuden riskit sekä globaali luonne. Metallien hinnat ovat suhdanneherkkiä, ja niitä on vaikea ennustaa.

Haastavampaa sen sijaan on laskea sen tietoaineiston arvo, joka kertyy kallioperästämme ja on käytettävissä maamme hyväksi.

Suomen mineraalistrategian visiona on, että Suomi on vuonna 2050 mineraalien kestävästi hyödyntämisen globaali edelläkävijä ja mineraaliala on yksi kansantaloutemme tukipilareista.<sup>20</sup>

#### 1.4.1. Suomen kaivoslaki

Malminetsinnän mahdollistava ja sitä ohjaava laki luo perustan etsiä Suomesta mineraaliesiintymiä. Malminetsintää säätelee Suomessa kaivoslaki (621/2011). Kaivoslain tavoitteena on saavuttaa tehokas ja tarkoituksenmukainen etsintä ja vastata siten yhteiskunnan kysynnästä johtuviin kasvaviin tarpeisiin eri metalleille.

Kaivoslain rinnalla sovelletaan kaikkia asiaankuuluvia ympäristölakeja. Ympäristölainsäädäntö ei koske pelkästään malminetsintää ja kaivoksia, vaan sen on varmistettava, että maankäyttö ja toiminta suoritetaan ympäristölle hyväksyttävällä tavalla riippumatta teollisuudesta.



*Suomessa lupaprosessi malminetsinnässä on selkeä, mutta se vaatii perehtyneisyyttä. Suomen ajantasainen lainsäädäntö, mukaan lukien kaivoslaki, on koottu oikeusministeriön julkiseen Finlex-palveluun.*

**finlex.fi**

#### 1.4.2. Maankäyttö ja ympäristövaikutukset

Malminetsintään liittyy väliaikainen pääsy tutkimaan maa- ja kallioperää tietyllä alueella. Rajoitetuksi ajaksi myönnettävä *varaus* tai *malminetsintälupa* ei kuitenkaan rajoita kiinteistön omistajan oikeutta käyttää aluettaan tai määrätä siitä. Käytetyt menetelmät eivät tyypillisesti jätä pysyviä tai havaittavissa olevia jälkiä ympäristöön. Kaivokset sitä vastoin käyttävät maa-aluetta pidemmän ajan, ja niillä on tyypillisesti näkyviä vaikutuksia toiminta-alueeseen. Nykyään ympäristövaatimukset ovat korkeat, ja kaivosyhtiöt ovat varanneet huomattavia resursseja vaatimusten täyttämiseen. Yritykset työskentelevät aktiivisesti kehittääkseen toimintaansa.

Maankäyttökysymykset liittyvät kaivosteollisuuden lisäksi muihin elinkeinoihin. Sen lisäksi, että malminetsijät, maanomistajat ja valtio ovat hyödyntäneet maata, on olemassa myös muita maankäytöstä riippuvaisia toimialoja kuten matkailu, porotalous ja energiantuotanto, jotka tulee ottaa huomioon. Maankäyttöön kytkeytyvät oleellisesti ympäristön ja luonnonvarojen suojeleminen, kulttuuri-perintö sekä saamelaisen oikeudet alkuperäiskansana harjoittaa perinteisiä elinkeinojaan.

<sup>19</sup> Fraser Institute – Annual Survey of Mining Companies 2020: <https://www.fraserinstitute.org/sites/default/files/annual-survey-of-mining-companies-2020.pdf>

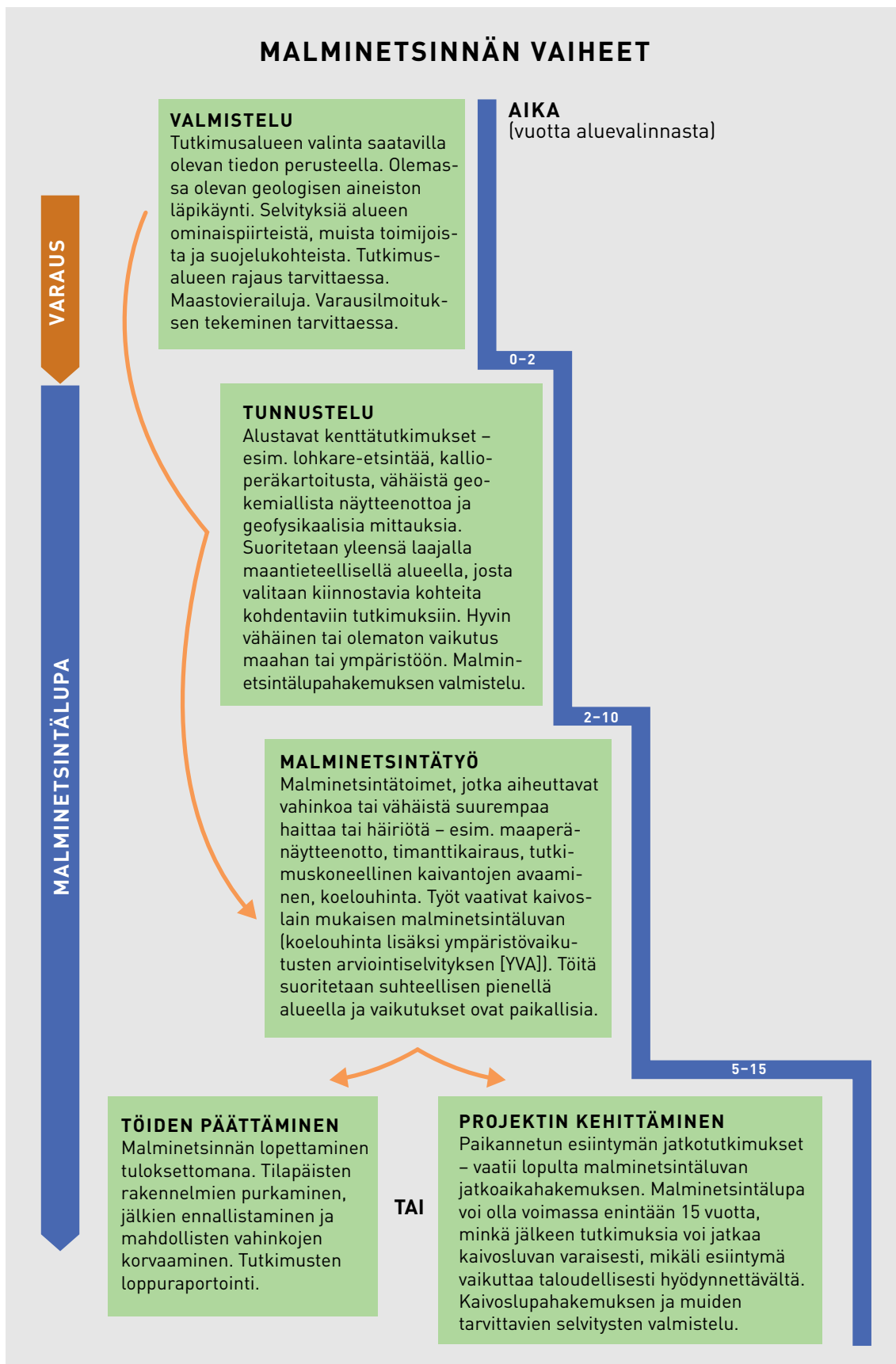
<sup>20</sup> Suomen mineraalistrategia, 2010: [http://projects.gtk.fi/export/sites/projects/mineraalistrategia/documents/SuomenMineraalistrategia\\_2.pdf](http://projects.gtk.fi/export/sites/projects/mineraalistrategia/documents/SuomenMineraalistrategia_2.pdf)



## 2. MALMINETSINNÄN MENETELMÄT

**M**alminetsintä alkaa huolellisella valmistelutyöllä, joka käynnistyy kiinnostavan tutkimusalueen valinnalla olemassa olevan geologisen tiedon perusteella. Samalla selvitetään alueen ominaispiirteet niin sosiaalisesta kuin ympäristön näkökulmasta. Tutkimusalueelle soveltuvat malminetsintätoimet valitaan etsittävän metallin tai mineraalin mukaan, ja työt suunnitellaan toteutettavaksi turvallisuus ja alueen ominaispiirteet huomioon ottaen. Alkuvaiheen malminetsintämenetelmät käsittävät geokemiallista näytteenottoa, lohkare-etsintää ja kallioperäkartoitusta sekä geofysikaalisia tutkimuksia, jotka ovat tyypillisesti vähäistä haittaa aiheuttavia menetelmiä ja voidaan näin ollen tietyin rajoituksin suorittaa kaivoslain (621/2011) mukaisena etsintätyönä ns. jokamiehenoikeudella. Jatkovaiheen koneelliset malminetsintämenetelmät, kuten koneellinen moreeninäytteenotto ja timanttikairaus sen sijaan vaativat voimassa olevan malminetsintäluvan. Malminetsintätyön päätyttyä tutkimusalue saatetaan mahdollisimman luonnonmukaiseen tilaan yleinen turvallisuus huomioiden. Tässä luvussa kuvataan malminetsinnän vaiheet ja erilaisia malminetsinnässä käytettyjä tutkimusmenetelmiä.

## MALMINETSINNÄN VAIHEET





## 2.1. MALMINETSINNÄN VAIHEET

Malminetsinnässä on erotettavissa neljä eri vaihetta:

1. valmistelu
2. tunnustelu
3. malminetsintätyö
4. töiden päättäminen

### 2.1.1. Valmistelu

Malminetsinnän ensimmäinen vaihe on pääosin toimistotyönä tehtävä valmistelu. Aluksi pyritään rajaamaan tutkittava alue, josta kerätään aineisto ja samalla tutustutaan alueella tehtyihin aikaisempiin geologisiin ja malminetsintätutkimuksiin ja näiden tuottamaan tietoaaineistoon, kuten geofysikaaliseen<sup>21</sup> lentomittausdataan. Tällaisia tutkimuksia on suoritettu koko maan kattavasti Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) toimesta ja aineisto on vapaasti saatavissa GTK:n verkkokarttapalveluissa<sup>22</sup>.

Mikäli alueella on kairattu kallioperää, tutkitaan kairauksen kivinäytteet eli kairasydämet, jotka ovat katsottavissa maksullisena palveluna GTK:n kairasydänarkistossa Lopella.

Tutkimusalueen valintaan vaikuttavat yhtiön strategia sekä esimerkiksi se, millaisiin metalleihin tai mineraaleihin yhtiö on erikoistunut tai mistä yhtiöllä on asiantuntemusta ja kokemusta. Valintaan vaikuttavat myös monet muut tekijät kuten lainsäädäntö, poliittinen toimintaympäristö, markkinat, työvoiman saatavuus, infrastruktuuri jne.



Tutkimusalueen tarkastelua kartalla.  
Kuva: AA Sakatti Mining Oy.



#### KAIVOSTEOLLISUUS RY SUOSITTELEE






Tutkimusaluetta valitessa on suositeltavaa selvittää alueen ominaispiirteet sekä niiden potentiaalisesti asettamat rajoitukset malminetsintätyöhön. Alueen ominaispiirteet kannattaa ottaa huomioon jo varausvaiheessa.

21 Geofysiikka on tieteenala, joka tutkii maapallon ja lähiavaruuden fysikaalista rakennetta sekä niihin liittyviä fysikaalisia ilmiöitä, kuten maanjäristyksiä ja maankuoren liikkeitä, Maan magneettisuuden vaihtelua, merivirtoja, ilmakehän sääilmiöitä ja aurinkotuulta.







22 GTK – Hakku: <https://hakku.gtk.fi/fi/locations/search> ja GTK – Mineral Deposits and Exploration -karttapalvelu: <http://gtkdata.gtk.fi/MDaE/>

## Suomen kallioperäkartta


### Rapakivigraniitit ja niitä nuoremmat muodostumat

-  Impaktilaavakiveä
-  Sedimenttikiveä, osa Kõliivuristoa
-  Konglomeraattia, hiekk- ja silttikiveä (1600-600 Ma)
-  Diabaasia, Satakunnan hiekkakivimuodostumaan liittyviä juonia
-  Rapakivigraniittia (1670-1540 Ma)




### Varhaisproterotsooisia metasedimenttejä ja vulkaniitteja

-  Lapin granuliittikaari
-  Jormuan ofoliittikompleksi
-  Paragneissia ja -liusketta
-  Kvartsiittia
-  Felsisiä vulkaniitteja
-  Mafisia ja ultramafisia vulkaniitteja

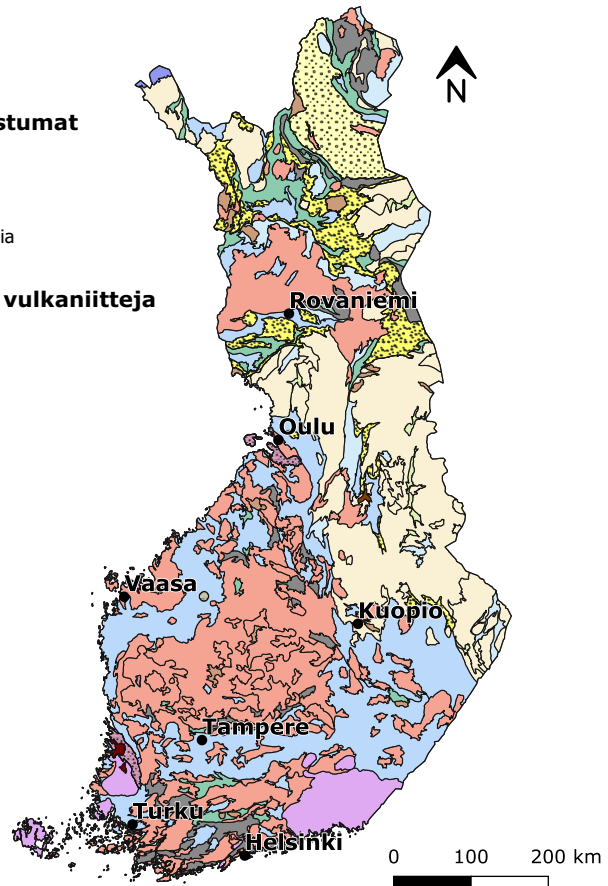
### Varhaisproterotsooisia syväkiviä

-  Granitoideja
-  Mafisia ja ultramafisia vulkaniitteja

### Arkeisia kivilajeja

-  Paraliusketta ja -gneissia
-  Vulkaniitteja, pääasiassa mafisia
-  Syväkiviä ja migmatitteja

Lähdeaineisto: GTK 2021.



Maastokartoituksen yhteydessä tehdään havaintoja alueen kallioperästä ja otetaan tarvittaessa pieniä kiviläytöitä.  
Kuvat: AA Sakatti Mining Oy.

### 2.1.2. Tunnustelu

Tunnusteluvaiheessa luodaan yleiskuva tutkimusalueesta maastossa. Vaihe sisältää mm. lohkare-etsintää, kallioperäkartoitusta ja vähäistä näytteenottoa. Jos alue näyttää lupaavalta, tutkittava alue rajataan sekä varmistetaan etuoikeus malminetsintäluvan hakemiseksi jättämällä varausilmoitus (varaus) kaivosviranomaiselle (Turvallisuus- ja kemikaalivirasto, Tukes). Varauksen käsittelyn ja hyväksynnän (varauspäätös) jälkeen suunnitellaan tulevat maastotyöt, jotka saattavat sisältää geofysikaalisia mittauksia ja maaperästä tehtävää näytteenottoa.

### 2.1.3. Malminetsintätyö

Malminetsintätyöhön edetään, jos alue vaikuttaa lupaavalta alkuvaiheen tutkimustulosten perusteella. Tässä vaiheessa merkittävään rooliin nousee usein koneellinen näytteenotto, joka vaatii joko kaivosviranomaisen myöntämän malminetsintäluvan tai maanomistajan luvan. Lupaharkintaan liittyy tässä vaiheessa myös asianosaisten kuuleminen.

Malminetsintätyöhön kuuluu mm. moreeninäytteenotto, jonka toteuttamiseen käytetään tela-alustaista porauskalustoa. Tämän jälkeen siirrytään yleensä joko tutkimusojien kaivamiseen tai kairausvaiheeseen. Tutkimusojien teko oli vielä 1970-luvulla yleistä, mutta nykyisin se on harvinaisempaa.

Lopullinen varmuus kohteen laadusta ja potentiaalista saadaan ainoastaan kallioperään ulottuvan syväkairauksen avulla. Yleensä aloitetaan 4–10 reiän tunnustelevalla kairausohjelmalla, jonka jälkeen tutkitaan kairasydämet ja analysoidaan niiden kemiallinen koostumus. Näiden tulosten perusteella suunnitellaan seuraavat reiät.

Kairaus voi olla ympärivuotista, mutta kosteilla alueilla, kuten soistuneilla turvemaidella, työtä voidaan tehdä vain talvikuukausien aikana. Tällöin maanpintaan ja kasvillisuudelle kohdistuvaa kuormitusta voidaan minimoida ja maastoon ei jää jälkiä samalla tavalla kuin kesällä. Kulkureitit voidaan käydä tunnustelemassa etukäteen jalan tai käyttää kauko-ohjattuja *droneja*<sup>23</sup>.

Kun mahdollinen esiintymä on paikannettu ja tulokset kairatuista näytteistä viittaavat taloudellisen esiintymän mahdollisuuteen, aloitetaan sen laatuun ja määrään liittyvät arviointitutkimukset. Tämän vaiheen ensimmäinen osa on tihennetty kairaus eli evaluointikairaus. Esiintymätyypistä riippuen kairareikien väli on noin 20–50 m ruutukaavaan sijoitettuna. Kairauksen päätyttyä tehdään alustava malmiarvio, jossa lasketaan esiintymän koko ja pitoisuudet. Todetun esiintymän kannattavuutta arvioidaan myöhemmin mm. rikastuskokein, joita varten esiintymästä otetaan riittävän suuri määrä näytettä joko saaduista kairasydänlävistyksistä tai koelouhinnan avulla (koelouhinnasta kerrotaan tarkemmin kappaleessa 2.4.2 sivulla 32). Samalla



Geologi tutkimassa tuoreita kairasydännäytteitä.  
Kuva: AA Sakatti Mining Oy.

23 Drone on miehittämätön ilma-alusjärjestelmä (UAS; eng. Unmanned Aircraft Systems), jota ohjataan joko automaatti- tai kauko-ohjauksella. (Lähde osittain: <https://www.traficom.fi/sites/default/files/media/file/EU-s%C3%A4%C3%A4ntelyn%20aikataulu%20ja%20vaikutukset.pdf>)

kiven teknisiä ominaisuuksia tarkastellaan suunnitteilla olevan kaivoshankkeen turvallisuusnäkökoh-  
tien huomioimiseksi.

Malminetsintä on pitkäkestoista työtä, jossa kohteen valinnasta kairausvaiheeseen pääseminen kes-  
tää useita vuosia. Prosessi sisältää yleensä useita keskeytyksiä, jotka voivat johtua monesta syystä.  
Keskeytysten syitä voivat olla esimerkiksi laboratorioanalyysien tai kaluston odottelu, rahoituksen  
loppuminen, markkinatilanteen ja metallien hintojen vaihtelu, hankkeen hyväksyttävyyden puuttu-  
minen, lainsäädännön muutokset sekä poliittinen epävakaus.

Varsinkin malminetsinnän alkuvaiheessa kairaus ei ole jatkuvaa. Maastotöiden tauko voi kestää  
muutamasta kuukaudesta vajaaseen vuoteen, mikäli kohdetta voi kairata vain talvisin. Saattaa myös  
olla, että kairausohjelman jälkeen joudutaan palaamaan moreeninäytteenottoon ja laajentamaan näyt-  
teenottoaluetta tai tiivistämään näyteväliä, jotta saadaan ohjattua seuraavia kairauksia tarkemmin.

On myös mahdollista, että ensimmäisten kairausten jälkeen yhtiö päättää luopua kohteesta joko  
huonoista tuloksista tai maailmanmarkkinoiden tilanteen takia loppuneesta rahoituksesta johtuen.  
Ison malminetsintäpotentiaaloin omaavan kohteen tutkimuksia jatketaan todennäköisesti jonkin ajan  
kuluttua toisen yhtiön toimesta.

#### 2.1.4. Töiden päättäminen

Malminetsintä lopetetaan kokonaan, jos taloudellisesti kannattavaa esiintymää ei ole löytynyt. Etsintä  
saattaa loppua jo hyvin alkuvaiheessa, mikäli mitään viitteitä esiintymästä ei ole löytynyt. Töiden  
päätyessä varmistetaan, että aiheutuneet työn jäljet ennallistetaan ja syntyneet vahingot korvataan.  
Lisäksi malminetsintäluvanhaltijan on luovutettava kaivosviranomaiselle (Turvallisuus- ja kemikaali-  
virasto, Tukes) työselostus alueella tehdyistä tutkimuksista, tutkimukseen liittyvä tietoineisto ja edus-  
tava osa kairasydästä.

Sen sijaan, mikäli taloudellinen esiintymä on löytynyt, malminetsintätöiden suoritus ei pääty vaan  
niiden luonne muuttuu. Tällöin siirrytään mm. resurssikairaukseen, *hydrogeologiaan*<sup>24</sup> tutkimuksiin



Vastakairattuja kairasydäntäytteitä lavoilla. Kuva: AA Sakatti Mining Oy.

<sup>24</sup> Hydrogeologia on tieteenala, joka tutkii maanpinnan alla olevaa vettä, sen esiintymistä, liikkumista, geokemiaa ja sen suhdetta geologiseen  
ympäristöön. (Lähde: <https://www.geologia.fi/glossary/hydrogeologia/>)

ja geoteknisiin selvityksiin. Usein malminetsintä saattaa edelleen jatkaa lähialueella mahdollisten malmin jatkeiden paikantamiseksi sekä kaivoksen sisällä uusien varojen etsinnän yhteydessä.

Harvoin yksi ja sama yhtiö jatkaa malminetsinnästä kaivostoimintaan asti. Tähän on mahdollisuudet vain suurimmilla yhtiöillä, joilla on ennestään tuottavia kaivoksia ja osaamista koko ketjusta eli alkuvaiheen tutkimuksesta, malminetsinnästä sekä kaivostoiminnasta.

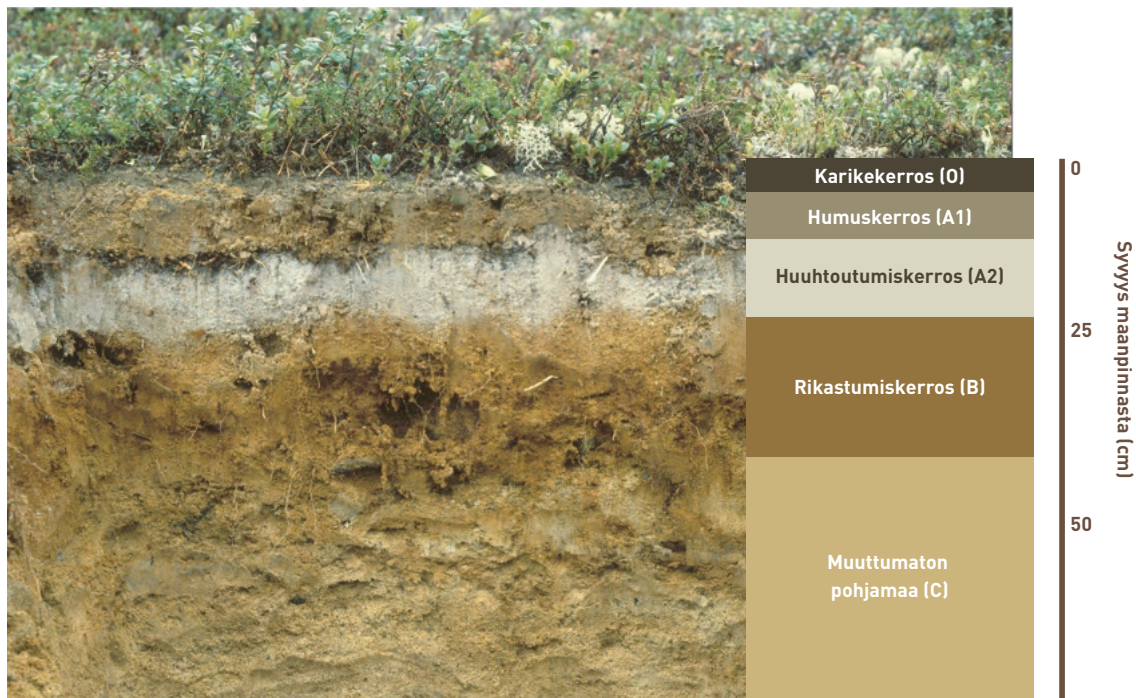
Malminetsintää harjoittavat usein pienet ns. junioriyhtiöt, jotka kehittävät esiintymiä myytäväksi tai hankkivat rahoitusta ja tietotaitoa myymällä osan esiintymästä isolle yhtiölle. Pieni yhtiö saattaa jatkaa esiintymän kehittämistä yhdessä ison yhtiön kanssa.

## 2.2. ALKUVAIHEEN MALMINETSINTÄMENETELMÄT

### 2.2.1. Geokemiallinen näytteenotto

Kallioperän päällä on vaihteleva määrä eri maalajeja, jotka muodostavat maaperän. Suomessa yli 95 % kallioperästä on maaperän peittämää eikä näin ole suoraan tarkasteltavissa. Niinpä malminetsinnän alkuvaiheessa tietoa kallioperästä kerätään usein epäsuorin menetelmin. Erityisesti Suomen yleisin maalaji moreeni soveltuu syntytapansa vuoksi hyvin malminetsintään.

Moreeni on lajittumaton maalaji, joka koostuu useista keskenään sekoittuneista maalajitteista suurista kivenlohkareista hienoon saveen. Se muodostui jääkauden aikana mannerjäätikön irrottamasta ja hienontamasta kallioaineksesta, joka kulkeutui jäätikön mukana ja lopulta kerrostui kallioperän päälle. Erityisesti lyhyen matkan kulkeutuneen pohjamoreenin koostumus edustaa varsin hyvin alueen vallitsevaa kallioperää. Tätä ominaisuutta voidaan hyödyntää malminetsinnässä analysoimalla moreenin koostumusta ja näin saada alustavaa tietoa kallioperästä. Näytteitä voi kerätä moreenin pintasista Auger-kairalla tai lapiolla ja syvemmltä erilaisia koneellisia näytteenottomenetelmiä käyttäen.



Podsolimaannokseen on muodostunut selkeät vyöhykkeet. Maaperänäytteet pyritään tyypillisesti ottamaan muuttumattomasta pohjamaasta. Kuva: GTK, GeoPool Oy.



Auger-kairalla otettu maaperänäyte (vas.) ja käsin tehtävää maaperänäytteenottoa (oik.). Kuvat: GeoPool Oy.

Näytteitä voidaan kerätä maaperän pinnasta koskemattomasta mineraalimaasta, joka alkaa noin 5–15 cm:n syvyydellä maanpinnasta. Mineraalimaasta otetaan näyte, jonka koko riippuu etsittävästä metallista tai mineraalista, mutta yleensä se on muutama sata grammaa. Kaivetun kuopan syvyys on tavallisesti noin 30–50 cm. Näyte kerätään näytepussiin, minkä jälkeen kuoppa täytetään kaivetulla aineksella ja mahdollinen pintakasvillisuus asetetaan takaisin paikalleen.

Käsitönnäinen porakone käyttää halkaisijaltaan 25–40 mm näytteenottoterää, jolla kairataan haluttuun syvyyteen, yleensä mahdollisimman syvälle (1–5 m). Tämän jälkeen kairaus pysäytetään, kairatanko ja terä nostetaan ja näyte kerätään pussiin. Näytteen paino on noin 100–250 grammaa. Vastaavaa pohjamoreenin näytteenottoa voidaan tehdä myös systemaattisesti laajalla alueella tela-alustaisen iskuporalaitteiston avulla (ks. luku 2.3.1 sivulla 29), mikä vaatii voimassa olevan malminetsintäluvan.

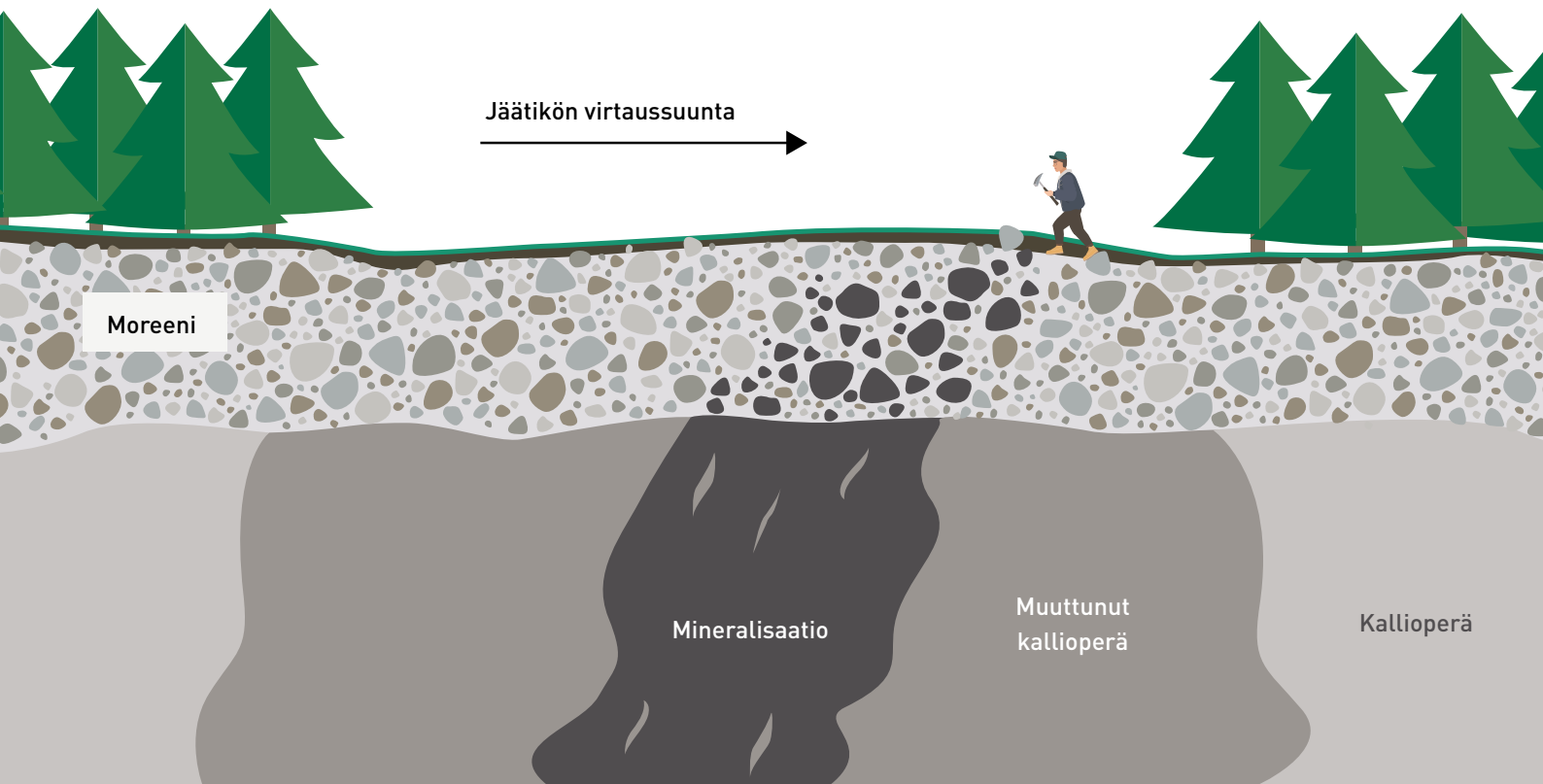
Myös purojen pohjasedimentistä voi kerätä näytteitä. Tätä käytetään lähinnä alueelliseen malminetsintään, sillä pohjasedimentissä voi olla materiaalia koko puron valuma-alueelta. Viime vuosina on myös testattu biogeokemiallista näytteenottoa (puunlehdet, neulaset, kaarna, kasvit) sekä luminäytteenottoa. Jotkut syväjuuriset kasvit pystyvät absorboimaan eli imemään itseensä metalleja pohjavedestä. Analysoimalla näiden kasvien lehtiä, neulasia tai kaarnaa voidaan saada viitteitä kasvillisuuden alla sijaitsevasta mineraaliesiintymästä. Tätä menetelmää käytetään kuitenkin vähän.

Paljastuneesta kallioperästä tai lohkarista voidaan kerätä näytteitä vasaralla, käsin kannettavalla minikairalla tai timanttilaikalla sahaamalla (ns. uränäyte) kiven geokemiallisen koostumuksen määrittämiseksi.

### 2.2.2. Geologinen kartoitus ja lohkar-etsintä

Alkuvaiheen malminetsintätyössä ensimmäisten vaiheiden joukossa ovat lohkar-etsintä ja geologinen kartoitus. Etenkin lohkar-etsintä on tuottanut useita merkittäviä viitteitä, joiden pohjalta on avattu lukuisia kaivoksia Suomen historiassa. Suomessa onkin vahvat perinteet ns. kansannäytetoiminnalle<sup>25</sup>. Malmilohkareet ovat tärkeässä roolissa alkuvaiheen etsintätyössä etenkin alueilla, joilla kalliopaljastumia ei ole. Mannerjäätikkö on repinyt malmilohkareet irti kallioperästä ja kuljettanut niitä joskus

25 GTK – Kansannäytetoiminta: <https://kivinäyte.gtk.fi/>



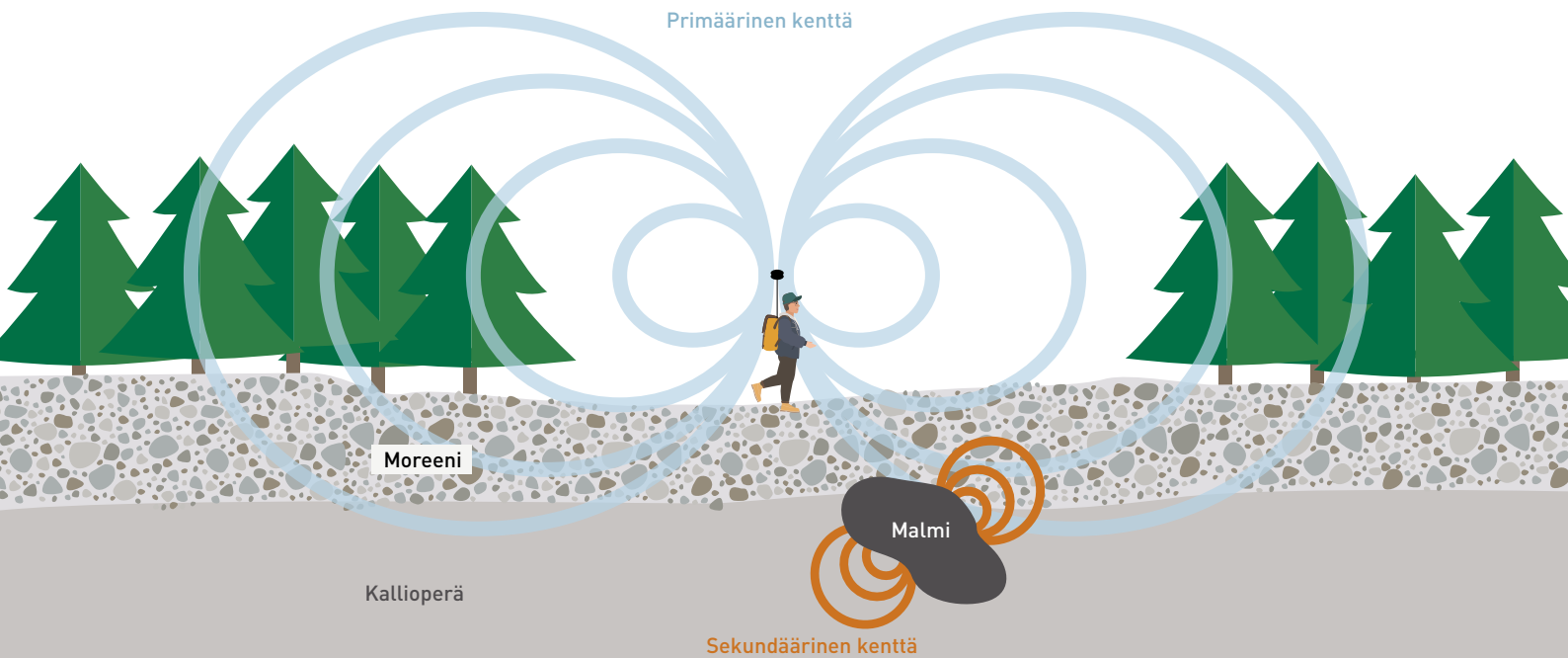
Maastosta löydetyn malmilohkareen lähtöpaikka voidaan päätellä jäätikön virtaussuunnan perusteella. Kuva: GeoPool Oy.



Kallioperäkartoittajan kenttätyövälineitä. Kuvat: GeoPool Oy.

pitkiäkin matkoja. Malmilohkareet kartoitetaan ja kiinnostavista lohkareista otetaan näyte vasaramenetelmällä kemiallista analyysiä varten metallipitoisuuksien selvittämiseksi. Parhaassa tapauksessa lohkareet muodostavat lohkareviuhkoja, joissa kärkeä kohden lohkareiden määrä tihentyy ja jonka perusteella tutkija voi päätellä mahdollisen lähtöpaikan kallioperässä olevan lähellä. Lohkareviuhkan suunta kuvaa mannerjäätikön liikkeen suuntaa.

Geologisella kallioperäkartoituksella tarkoitetaan kalliopaljastumien kartoitusta. Tiedot kivilajeista ja muista merkittävistä ominaispiirteistä kirjataan ylös ja alueesta laaditaan yksityiskohtainen geologinen kartta. On muistettava, että geologinen kartta on aina monesta lähteestä saadun tiedon tutkija-kohtainen tulkinta kallioperästä ja sen rakenteista. Kallioperäkartan laadinnassa ovat havaintojen lisäksi merkittävässä asemassa esimerkiksi geofysikaaliset matalalentokartat, joita GTK on tehnyt kattavasti koko Suomen alueelta.



Elektromagneettiset mittauslaitteet havaitsevat malmissa syntyvän sekundäärisen magneettikentän. Kuva: GeoPool Oy.

### 2.2.3. Geofysikaaliset tutkimukset

Geofysikaalisilla mittauksilla saadaan epäsuoraa tietoa niistä alueista, missä kallioperä ei ole nähtävissä ja missä mittauskarttoja voidaan käyttää kallioperän kivilajien tulkinnassa.

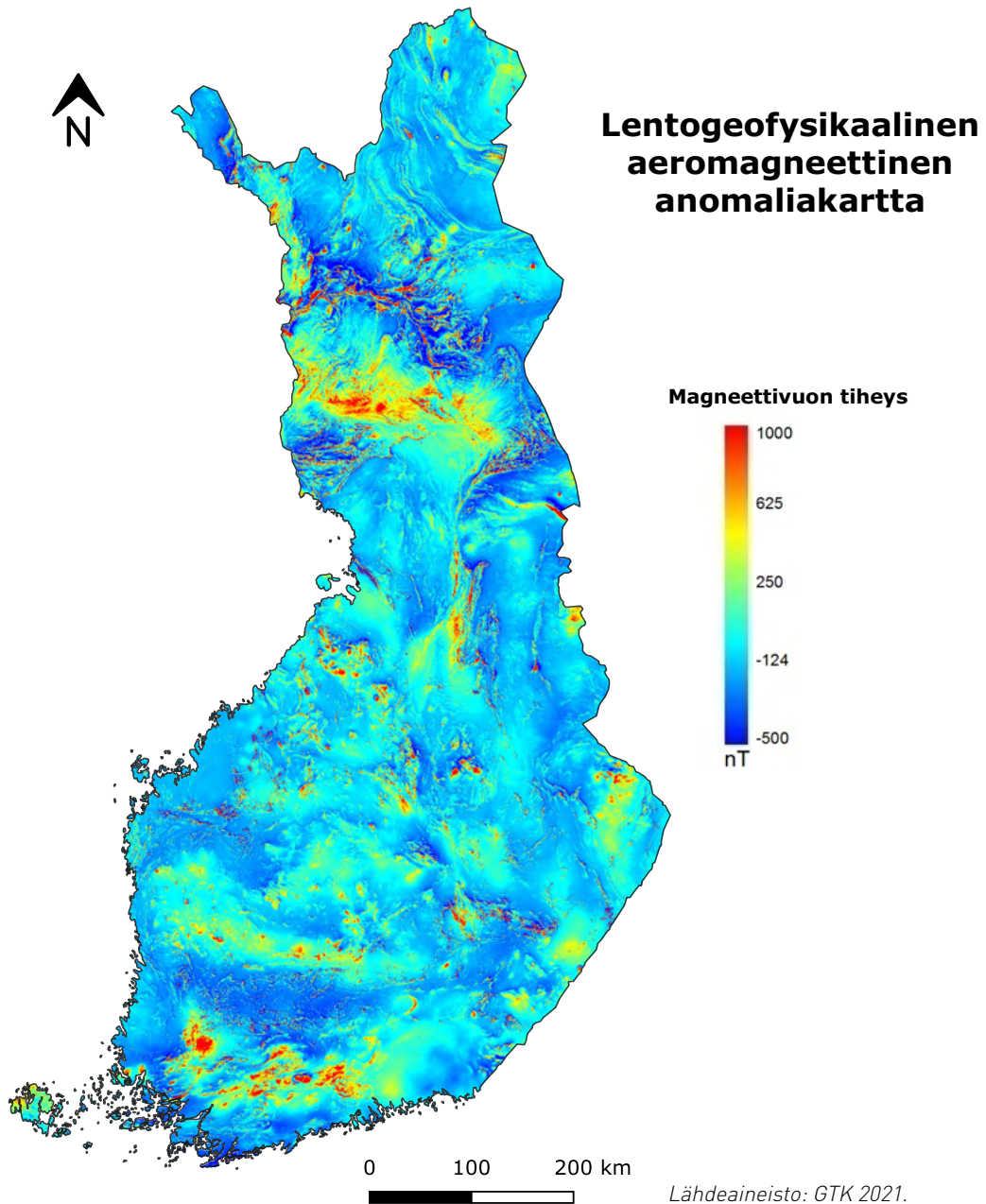
Kivilajeilla on erilaisia ominaisuuksia, joita voidaan mitata geofysikaalisilla menetelmillä. Näitä ovat sähkönjohtavuus, magneettisuus, tiheys ja radioaktiivinen säteily. Ominaisuuksien mittaukset erottavat alueita toisistaan (esim. voimakkaasti magneettiset kivilajit ja heikosti magneettiset kivilajit). Mittaustuloksista voidaan hahmottaa kallioperän rakenteita. Yhdistämällä mittaustuloksia kalliopaljastumista saatuihin tietoihin voidaan laatia alueesta geologiset kartat. Uutta kerättyä tietoa voidaan käyttää karttojen tarkentamiseen, koska geologiset kartat ovat aina tulkintoja maapeitteiden verhoamasta kallioperästä.

Geofysikaalisista mittauksista voidaan saada viitteitä kohdista, joissa sähkönjohtavuus on korkea. Korkea sähkönjohtavuus voi viitata kallioperän normaalia korkeampaan metallipitoisuuteen. Kartoilta voidaan erottaa myös magneettisuudeltaan ja ominaispainoltaan poikkeavat alueet, jotka voivat viitata esimerkiksi rautarikkaiden mineraalien esiintymiseen.

Geofysikaalinen lentomittaus suoritetaan lentokoneesta tai helikopterista, jolloin voidaan kartoittaa laajoja alueita, usein satojen neliökilometrien alueelta. Geologian tutkimuskeskus on kartoittanut koko Suomen geofysikaalisilla matalalentomittauksilla. Näitä mittaustuloksia voidaan käyttää etenkin malminetsinnän alkuvaiheessa. Usein mittauksia joudutaan vielä jatkamaan tarkemmilla menetelmillä, joiden avulla pystytään esimerkiksi etsimään näytteenottoon otollisimmat paikat.

Maastomittauksia tehdään, kun lupaava malminetsintäalue on rajattu ja saatu pienennettyä sadoista neliökilometreistä muutamien neliökilometrien suuruiseksi. Seuraava työ on kartoittaa kallioperän fysikaaliset ominaisuudet erityyppisillä kannettavilla laitteilla tai kauko-ohjattavilla droneilla. Mittaukset tehdään samansuuntaisilla mittauslinjoilla, missä linjaväli on 25–200 metriä, ja tutkimuslinjoilla sijaitsevien tutkimuspisteiden pisteväli on 5–50 metriä. Vielä 1970-luvulla mittauslinjat merkittiin maastoon optisilla mittauslaitteilla (teodoliitilla), mikä edellytti näköyhteyttä koko mittauslinjan pituudelta ja siten puuston raivaamista. Nykyään tälle ei ole tarvetta tarkkojen GPS-laitteistojen takia. Lentomittauksen suorittaminen ei vaadi kaivoslain mukaista luvitusta.





Mittauksia suorittanut Twin Otter -lentokone. Kuva: GTK.



Drone. Kuva: AA Sakatti Mining Oy.



Geofysikaalisia mittauksia voidaan suorittaa myös talvella. Kuva: AA Sakatti Mining Oy.

Geofysikaalisia mittauksia tekevät henkilöt kattavat tutkittavan alueen jalan, hiihtäen tai moottorikelkalla ja mittaavat maan geofysikaaliset ominaisuudet erityyppisillä kannettavilla mittauslaitteilla. Jotkut mittausmenetelmät vaativat kaapelilenkin ja/tai 230 voltin vaihtovirtaa, minkä takia paikalle on tuotava generaattori. Tämä edellyttää moottorikelkan tai mönkijän käyttöä.

### 2.3. JATKOVAIHEEN MALMINETSINTÄMENETELMÄT

Pintanäytteenotossa on epävarmuutta materiaalin alkuperäisen sijainnin suhteen ja sen takia pyritään varmistamaan kohteen oikea sijainti keräämällä näytteitä maakerrosten pohjalta läheltä kalliopintaa (ts. pohjamooreenin näytteenotto). Tässä koneellisessa näytteenotossa pyritään ottamaan näytteitä mooreenipatjan pohjalta ja kalliosta.

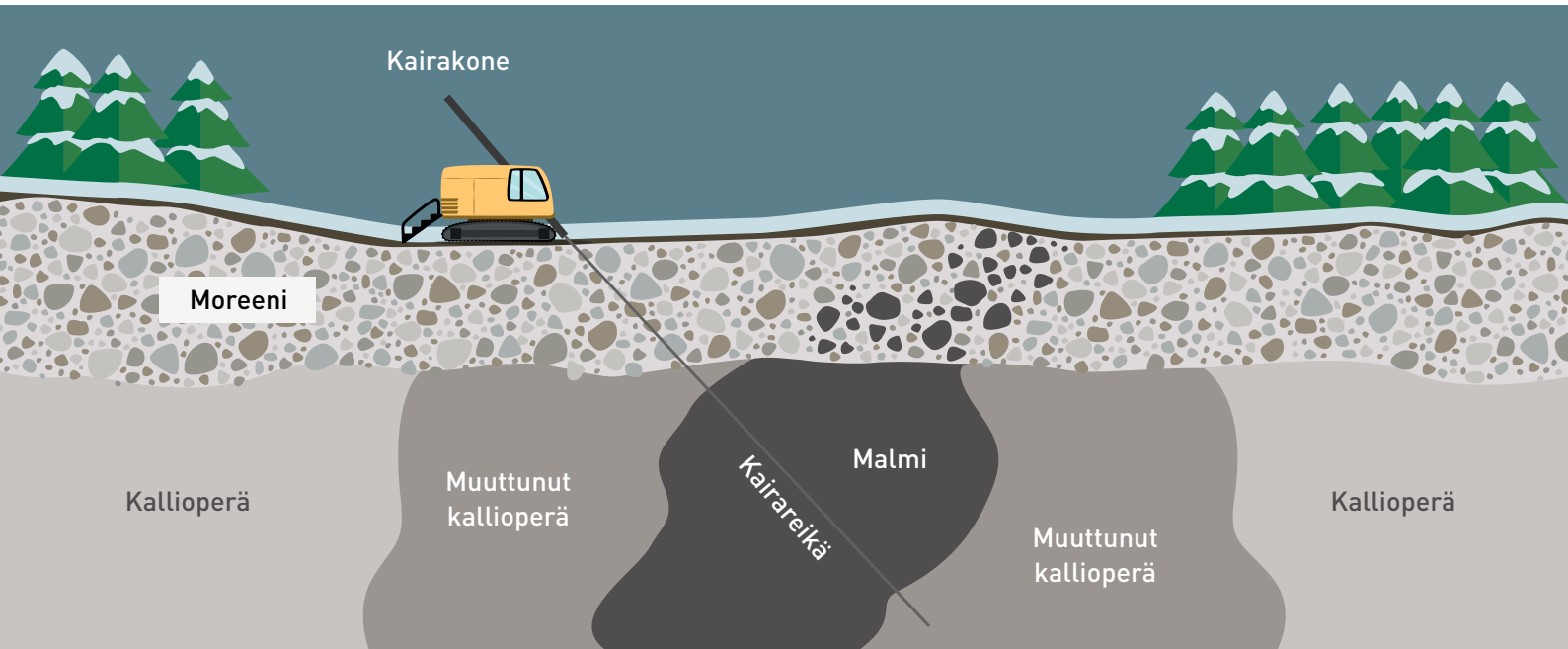
Kun kiinnostava alue on tunnistettu ja paikallistettu, siirrytään keräämään näytteitä kalliosta kairamalla. Koska kairaus on kallista, tähän vaiheeseen siirrytään vasta, kun kerätty aineisto on analysoitu ja kairaus on valmisteltu huolellisesti. Kairaus tehdään tavallisesti pienellä noin hehtaarin kokoisella rajatulla osalla malminetsintäaluetta. Kairauksen tarkoituksena on paikantaa etsittäviä metalleja ja/tai mineraaleja sisältävä kalliion osa, josta on kenties saatu alkuvaiheen etsintätyössä epäsuoria viitteitä. Lisäksi pyritään määrittämään löydön laatu, laajuus ja mahdolliset jatkeet.

Näytteenottokalusto jaetaan kahteen päätyyppiin:

1. porauslaitteisto, joka kerää kivijauhe- tai murskanäytteen pyörittämällä ja iskemällä kovametalliterää
2. kairauskoneet, jotka keräävät ehjän kalliönäytteen pyörittämällä timanttikärkistä terää

Näitä laitteita on monenlaisia ja eri kokoisia, mutta ne ovat lähes aina dieselkäyttöisiä ja telaketjuilla kulkevia maastokelpoisuuden varmistamiseksi. Varsinainen kairaus- ja porausyksikkö saa käyttövoimansa dieselmootorin hydraulipumpusta. Näytteenottokoneen lisäksi tarvitaan usein myös muuta kalustoa kuten vettä kuljettavia koneita ja vaunuja. Joskus käytetään myös maataloustraktoreita. Koneiden ja laitteiden polttoaineina ja voiteluaineina käytetään nykyään mahdollisimman ympäristöystävällisiä ja biohajoavia valmisteita. Lisäksi näytteenottokoneet on varustettu ensivaiheen öljyntorjuntavälineistöllä.

Kaluston liikkuminen näytteenotto paikalle tapahtuu mahdollisuuksien mukaan olemassa olevia uria tai ennakkoon suunniteltuja reittejä pitkin. Soistuneilla mailla voidaan kairata vain talviaikana.



*Timanttikairauksella saadaan suoraa tietoa maanpeitteiden alla olevasta kallioperästä. Kuva: GeoPool Oy.*

Ennen kuin kairakoneen voi kuljettaa paikalle, saatetaan joskus tarvita ennakkovalmisteluita kuten esimerkiksi lumen tamppaamista moottorikelkoilla, lumentamppauskoneella tai telaketjuajoneuvolla. Myös puunkaadot saattavat tulla kysymyksen reitettä valmisteltaessa.

### 2.3.1. Koneellinen moreeninäytteenotto (BOT-näytteenotto)

Iskuporausta käytetään pohjamoreenin (engl. base of till, BOT) näytteenottoon sekä näytteiden ottoon kallioperän pinnasta maakerrosten alta (ts. kalliomurskeen näytteenotto). Tämän menetelmän etuna on se, että näytteiden voidaan katsoa suurella todennäköisyydellä edustavan paikallista materiaalia. Pintanäytteenotossa tämä ei täysin ole mahdollista.

Pohjamoreeninäytteitä keräävä koneellinen iskuporalaiteisto on asennettu telaketjuajoneuvoon, joko poravaunuun tai bandwagon-tyyppiseen alustaan. Laitteisto poraa reiän kalliion pintaan asti ja kerää näytteen kovametalliseen läpivirtausterään, jonka halkaisija on noin 40–50 mm. Yleinen tapa on kerätä näyte sekä pohjamoreenista että kalliion pinnasta. Näytteen paino on noin 300–500 grammaa. Näytteistä määritellään maalaji ja tutkitaan mahdollinen kalliomurske. Sen jälkeen näytepusseja kuljetetaan pois kevyillä maastoajoneuvoilla ja lähetetään laboratorioon kemiallista analyysiä varten.

Tämän tyyppisen näytteenoton tarkoitus on systemaattisesti tutkia alue, jossa on viitteitä kallioperän mahdollisesti sisältämästä etsittävästä metallista tai mineraalista. Näytteenotto toteutetaan usein systemaattisesti ruudukkoon tai linjoihin. Pohjamoreenin näytteenotto tehdään yleensä samoja linjoja pitkin, missä maastogeofysikaaliset mittaukset on tehty. Näytteitä otetaan noin 10–400 m välein. Näytteen ottaminen kestää moreenikerroksen paksuudesta riippuen yleensä muutamista minuuteista muutamaan tuntiin, jolloin näytteenotto-ohjelma laajemmalla alueella etenee suhteellisen nopeasti. Jotkut tämän tyyppiset laitteistot pystyvät myös kairaamaan jopa 20 m syvyyteen kallioperään asti.



*BoT-kone. Kuva: GeoPool Oy.*



RC-kone. Kuva: Mawson Oy.

### 2.3.2. Poraus käänneishuhtelulla (RC-poraus)

RC-porausta käytetään, kun halutaan suuri näytemäärä, esimerkiksi kullan etsinnässä. RC-poraus ei ole yleinen malminetsintämenetelmä Pohjoismaissa, sillä menetelmä vaatii hyvin suuren määrän paineilmaa, minkä takia tarvittava kompressori on kookas ja vaikeasti kuljetettavissa. Kalusto on saman tyyppinen kuin kaivonporauksessa käytettävä. Menetelmää käytetään jonkin verran pitkälle edenneissä malminetsintä- tai kaivoshankkeissa.

Näytteenotto perustuu iskuporaukseen laajahalkaisijaista terää ja näytteenottoputkea käyttäen. Suuri määrä paineilmaa puhalletaan kallion ja poraputken välistä, ja näyttemateriaali nousee putken sisällä ylös maan pinnalle. Käänneishuhtelun etu on, että näyte ei joudu kosketuksiin kiviseinämien kanssa eikä siten kontaminoitu. Tämän tyyppinen näytteenotto ei tarvitse vettä.



Timanttikairauskone. Kuva: GeoPool Oy.

### 2.3.3. Timanttikairaus (syväkairaus)

Timanttikairaus on yleensä malminetsintätyön viimeinen ja kallein vaihe. Työ aloitetaan poraamalla tulevan reiän kohdalle suojaputki maaperän läpi kallioperään asti. Tämän jälkeen suoritetaan varsinainen syväkairaus. Timanttikairauksessa putkimainen timanttiterä leikkaa kalliota sylinterimäisen kivilätkän (kairasydän) ympäriltä. Kairausputken johdettu vesi huuhtelee jauhetun kiviaineksen (ns. kairaussoija) ylös maan pinnalle. Timanttiterän ja teräputken halkaisija valitaan tutkimustarpeen mukaan. Malminetsinnässä tämä on yleensä 35–60 mm.

Malminetsintäkohteen kairareiät ovat yleensä noin 150–300 m syviä, mutta reiät suunnitellaan tapauskohtaisesti. Timanttikairauksella pääsee jopa 1 000–2 000 m syvyyteen asti. Noin 1 000 m syvän reiän kairaus kestää noin kuukauden.

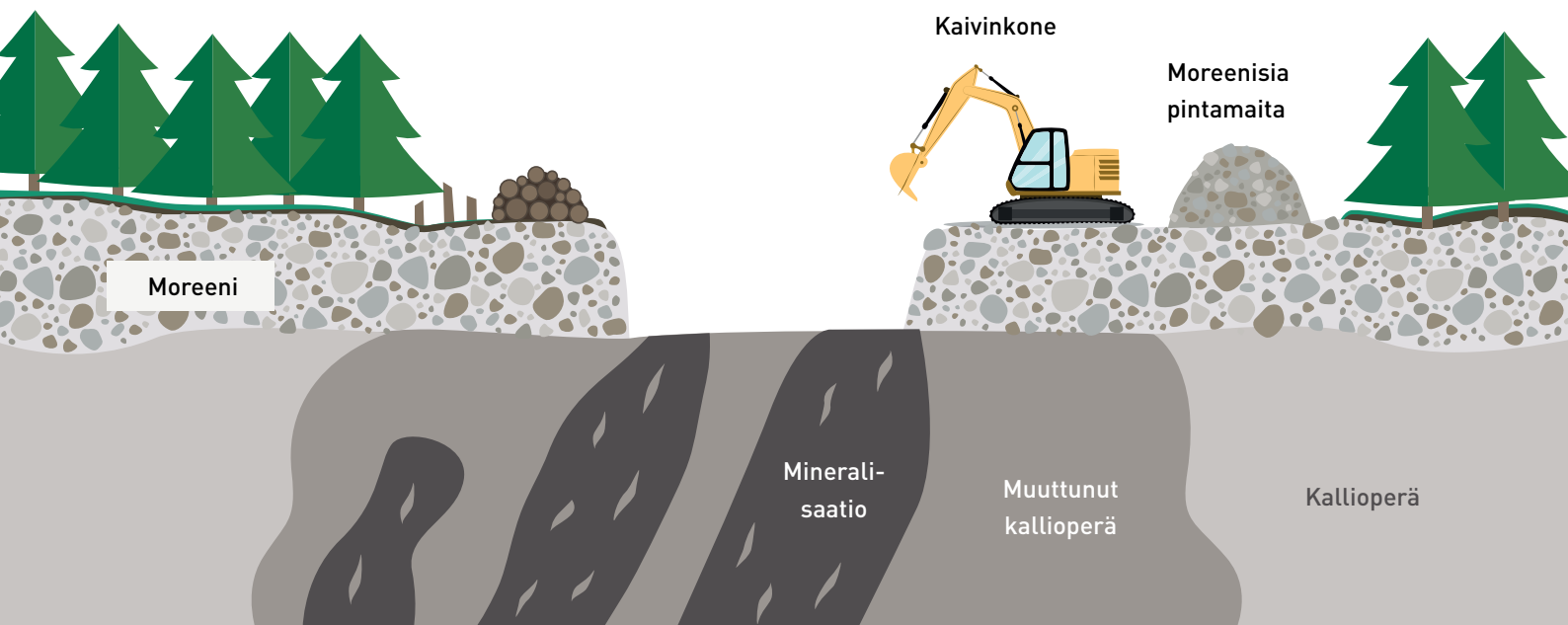
Timanttikairaus tehdään yleensä noin 3 m kerrallaan, jolloin puhutaan myös ajoista. Tämän jälkeen kivilätkät nostetaan maan pinnalle ja asetellaan järjestyksessä puulaatikoihin. Näytteet erotellaan puupalikoin, joihin on merkitty syvyudet. Näin saadaan yhtenäinen kivilätkä, josta geologi voi nähdä peruskallion ja mahdollisen mineraali-esiintymän piirteitä.

Kairasydämet kuljetetaan jatkotutkimuksiin malminetsintäyhtiön tiloihin, missä geologit tutkivat kiviä. Geologi kirjaa ylös kaikki tiedot, mitä hän kivessä näkee. Tämän jälkeen kairasydän halkaistaan pituussuunnassa. Toinen puoli lähetetään analysoitavaksi laboratorioon, ja toinen varastoidaan mahdollisia myöhempiä tutkimuksia varten.

Malminetsintätyömaan päätyttyä osa sydämistä luovutetaan raportoinnin yhteydessä Geologian tutkimuskeskuksen kairasydänarkistoon Lopelle, jossa ne ovat kaikkien tutkittavissa.



Kairasydännäyte ja kairalaatikkoja. Kuva: GeoPool Oy.



Tutkimuskaivanto avataan kaivinkoneella, jotta päästään tutkimaan maaperän peittämää kallionpintaa.  
 Kuva: GeoPool Oy.

## 2.4. LOPPUVAIHEEN MALMINETSINTÄMENETELMÄT

### 2.4.1. Tutkimuskaivanto

Vielä menneinä vuosikymmeninä tutkimusojien kaivaminen oli yleinen tutkimusmuoto, mutta nykyisin huomattavasti harvinaisempaa, vaikka se on varsin edullista toteuttaa. Tutkimusojat voidaan tehdä alueille, jossa maapeite on suhteellisen ohut ja kuiva. Kaivaminen tehdään kaivinkonetta tai traktorikaivuria käyttäen. Kun kallioperä on saatu esille, se huuhdellaan ja pestään vedellä, jotta kaikki kivien rakenteet saadaan näkyviin. Tämän jälkeen puhdistettu kallioperä kartoitetaan ja siitä piirretään usein detaljipiirros. Lisäksi kalliosta kerätään näytteitä analysointia varten.

Kallioperän paljastaminen mahdollistaa yksityiskohtaisen kartoituksen ja myös uranäytteenoton. Uranäytteenotossa leikataan timanttilaikalla kallion pintaan kaksi samansuuntaista viiltoa ja niiden välinen kiviaines kiilataan irti.

Kun tutkimukset on suoritettu, tutkimusoja voidaan joko jättää avoimeksi tai täyttää. Täyttämistä suositaan nykyään maisemallisista syistä sekä kaivantoihin liittyvien onnettomuuksien ehkäisemiseksi. Oja täytetään yleensä ensin lohkareilla ja kivillä ja sitten maa-aineksella. Jos oja on metsämaastossa, sen annetaan usein taimettua luontaisesti.

### 2.4.2. Koelouhinta

Koelouhinta on osa pidemmälle ehtinyttä malminetsintävaihetta. Koelouhinnassa kerätään suuri määrä näytettä esimerkiksi rikastuskokeita varten. Tähän vaiheeseen edetään, kun mahdollinen esiintymä on tutkittu muilla menetelmillä tarkasti ja hyödynnettävyyteen halutaan perehtyä paremmin. Jos esiintymä ei ole puhjennut kallion pintaan, toteutetaan rikastuskokeet kairasydämissä.



Juuri avattu tutkimuskaivanto. Kuva: GeoPool Oy.



Uranäytteenottoa. Kuva: Mawson Oy.



Koelouhintaa. Kuva: GeoPool Oy.