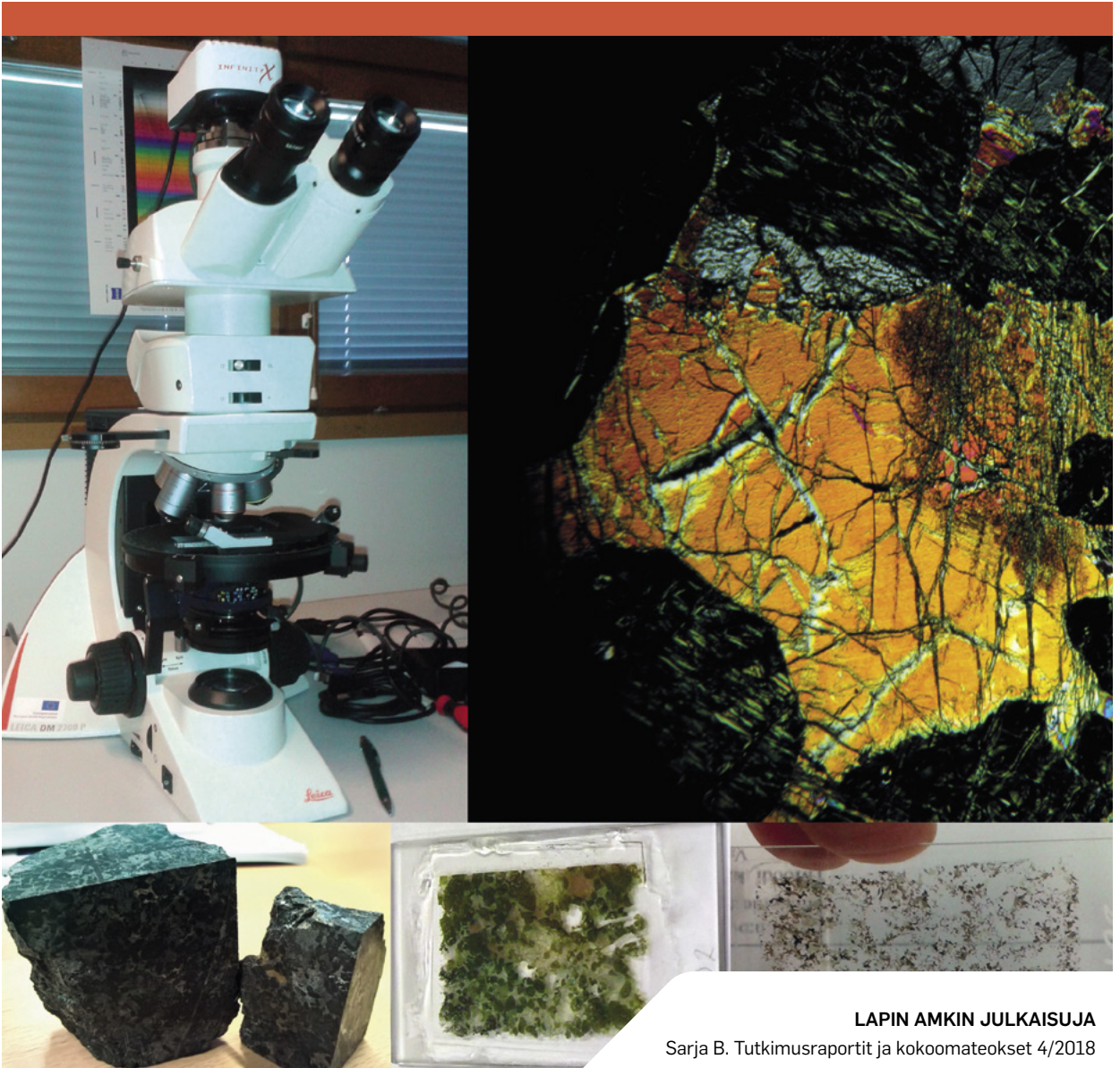


Suomen kaivostoiminnan toimialakatsaus 2017



Suomen kaivostoiminnan toimialakatsaus 2017

Jouko Karinen • Antti Peronius • Rauno Toppila

Suomen kaivostoiminnan toimialakatsaus 2017

Sarja B. Tutkimusraportit ja kokoomateokset 4/2018

Lapin ammattikorkeakoulu
Rovaniemi 2018

© Lapin ammattikorkeakoulu ja tekijät

ISBN 978-952-316-220-4 (nid.)

ISSN 2489-2629 (painettu)

ISBN 978-952-316-219-8 (pdf)

ISSN 2489-2637(verkkajulkaisu)

Lapin ammattikorkeakoulun julkaisuja
Sarja B. Tutkimusraportit ja kokoomateokset
4/2018

Rahoittajat: Euroopan unioni - Euroopan
aluekehitysrahasto, Lapin liitto, Vipuvoimaa
EU:lta 2014-2020

Kirjoittajat: Jouko Karinen, Antti Peronius,
Rauno Toppila
Taitto: Lapin AMK, viestintäyksikkö

Lapin ammattikorkeakoulu
Jokiväylä 11 C
96300 Rovaniemi

Puh. 020 798 6000
www.lapinamk.fi/julkaisut



Lapin korkeakoulukonserni LUC
on yliopiston ja ammattikorkea-
koulun strateginen yhteenliittymä.
Konserniin kuuluvat Lapin yliopisto
ja Lapin ammattikorkeakoulu.
www.luc.fi

Sisällys

1 METALLIMALMIEN JA TEOLLISUUSMINERAALIEN LOUHINTA	. 13
1.1 Toiminnassa olevat metallimalmikaivokset	15
1.1.1 Elijärvi	15
1.1.2 Pyhäsalmi	16
1.1.3 Terrafame - Talvivaara	18
1.1.4 Orivesi, Jokisivu ja Kaapelinkulma	20
1.1.5 Suurikuusikko	21
1.1.6 Kevitsa	22
1.1.7 Pampalo ja Rämepuro	23
1.1.8 Kylylahti	24
1.2 Teollisuusmineraalien ja -kivien louhinta	24
1.2.1 Siilinjärvi	25
1.2.2 Limberg-Skräbböle, Ihalainen ja Tytyri	25
1.2.3 Punasuo ja Horsmanaho	26
1.3 Merkittävimmät meneillään olevat kaivoshankkeet	26
1.3.1 Sokli	26
1.3.2 Hannukainen	26
1.3.3 Laivakangas	27
1.3.4 Sotkamon hopeakaivos	28
1.3.5 Suhanko	28
1.3.6 Mustavaara	28
1.3.7 Sakatti	29
1.3.8 Keliber Oy Kaustinen	30
1.3.9 Otanmäki	31
1.3.10 Hautalampi	31
1.3.11 Pahtavaara	32
1.3.12 Rompas-Rajatpalot	33
Kirjoittanut Antti Peronius, geologi	
2 PIENKAIVOSTOIMINTA JA KULLANKAIVU	. 35
2.1 Historia	35
2.2 Nykytila	36
2.3 Lainsäädäntö ja ympäristö	37

3 KAIVOSTOIMINNAN LAINSÄÄDÄNTÖ	.39
3.1 Kaivoslaki ja -asetus	40
3.1.1 Malminetsintä ja varaus	41
3.1.2 Kaivoslupa.	42
3.1.3 Kaivosturvallisuuslupa	44
3.2 Ympäristönsuojelulainsäädäntö	44
3.2.1 Ympäristölupa.	45
3.2.2 Ympäristövaikutusten arviointi YVA	46
3.3 Muuta lainsäädäntöä	47
4 KAIVOSTOIMINNAN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET JA PÄÄSTÖJEN EHKÄISY.	.49
4.1 Rakentamisen aikaiset ympäristövaikutukset	50
4.2 Tuotannon aikaiset ympäristövaikutukset	51
4.3 Tuotannon jälkeiset ympäristövaikutukset.	52
4.4 Päästöjen ehkäisy	52
4.4.1 Ilmaan kohdistuvien pöly- ja kaasupäästöjen ehkäisy	53
4.4.2 Vesiin kohdistuvien päästöjen ehkäisy	54
4.4.3 Kestävän kaivostoiminnan verkosto	55
5 KAIVOSPROSESSI	.59
5.1 Avolouhinta.	59
5.1.1 Pengerlouhinta	60
5.1.2 Paikalleenräjäyttäminen	60
5.2 Maanalainen louhinta	61
5.2.1 Avoimet menetelmät	62
5.2.2 Täyttömenetelmät	63
5.2.3 Sorrosmenetelmät	64
5.3 Rikastaminen	65
5.3.1 Murskaus ja seulonta	65
5.3.2 Jauhatus	67
5.3.3 Painovoimaan perustuvia rikastusmenetelmiä	67
5.3.4 Vaahdotus.	69
5.3.5 Magneettisuuteen perustuvia rikastusmenetelmiä	70
5.3.6 Liuotusmenetelmä	71
5.4 Varastointi ja kuljetus	72
6 TEKNIikka	.75
6.1 Sähkö	75
6.2 Automaatio.	75
6.3 Rakenteet ja tiet	76
6.4 Kunnossapito	77
6.4.1 Esimerkkejä kaivoksen kunnossapitokohteista	78
6.4.2 Esimerkkejä kylmän ilman aiheuttamista ongelmista	78

7 LOGISTIIKKA	.81
7.1 Viestintä ja tiedonsiirto	81
7.2 Kalusto ja kiven siirto	82
7.2.1 Avolouhos	82
7.2.2 Maanalainen kaivos	85
LÄHDELUETTELO	.91

JOHDANTO

Metallien valmistus perustuu ensisijaisesti kallioperästä löydettyjen metallipitoisten kivilajien hyödyntämiseen. Mikäli löydetty mineraaliesiintymä on taloudellisesti hyödynnettävissä, voidaan siitä käyttää termiä malmi. Metallipitoisen mineralisaation kannattavaan hyödyntämiseen vaikuttavat erilaiset seikat, kuten malmin määrä ja metallisisältö, metallin irrottamisen eli rikastamisen kustannukset, energian hinta, esiintymän sijainti, lupa-asiat sekä metallien maailmanmarkkinahinnat. /1/

Suomi on geologialtaan ja infrastruktuuriltaan lupaava maa monien eri metallimalmien louhinnalle ja taloudelliselle hyödyntämiselle. Alue kuuluu geologisesti Fennoskandian kilpialueeseen, joka vastaa malmipotentialtaan muita kaivostoinnin kannalta merkittäviä maita, kuten Kanadaa ja Afrikkaa. Suomen merkittävimmät metallivarannot muodostuvat kulta-, nikkeli-, kupari-, kromi- ja sinkkiesiintymistä, joista potentiaalisimmat esiintymät sijaitsevat Pohjois- ja Itä-Suomessa. Perinteisesti Suomen kaivostoiminta ja malmien etsintä on keskittynyt kotimaisen teollisuuden tarvitsemien raaka-aineiden, kuten nikkelin ja kuparin, etsintään. Suomesta voidaan yhä löytää merkittäviä esiintymiä erityisesti jalometallien ja high-tech-metallien osalta. /1 – 3/

Vuonna 2017 suomalaisissa metallimalmikaivoksissa tuotettiin kromia, nikkeliä, kultaa, kuparia, sinkkiä, rikkiä, kobolttia sekä platinaa ja palladiumia. Suomi on kromin ainoa tuottajamaa Euroopan unionissa. Tällä hetkellä (6.4.2018) Suomessa on 9 kpl toimivia metallimalmikaivoksia. Seuraavien viiden vuoden aikana toimintaa ollaan mahdollisesti aloittamassa kolmessa uudessa kaivoksessa (Sotkamo Silver, Keliiber Kaustinen, Kaapelinkulma) ja viiden suljetun kaivoksen uudelleen avaaminen on mahdollista (Pahtavaara, Hannukainen, Otanmäki, Laivakangas, Hautalampi). /4, 5/

Metallimalmikaivosten lisäksi Suomessa louhitaan myös erilaisia teollisuusmineraaleja. Vuonna 2017 teollisuusmineraalikaivoksissa louhittiin mm. dolomiittia, kalssiittia, apatiittia, wollastoniittia sekä talkkia yhteensä 27 esiintymästä. Teollisuusmineraalien louhintaan liittyy myös Soklin apatiittikaivoshanke. Suomi on Euroopan suurin talkintuottaja ja yksi Euroopan suurimmista wollastoniitin tuottajista. /1,4/

Kaikkiaan 2017 Suomessa tehtiin louhintaa 22 eri yhtiön toimesta 44 eri kaivoksella. Tässä ovat mukana metallimalmien ja teollisuusmineraalien louhinta sekä kaivosluvalla tapahtuvien rakennuskivien louhinta. /151/

Muutaman vuoden kestäneen notkahduksen jälkeen kaivosteollisuuden näkymät ovat jälleen parantuneet, mikä näkyy kasvussa olevassa malmitutkimuksessa, sekä eteenpäin menevinä kehityshankkeina. Vuonna 2016 malminetsinnän investoinnit ja kairausmäärät kääntyivät kasvuun. /5/

Maassamme toimivien metallimalmikaivosten takana ovat enimmäkseen suuret monikansalliset kaivosyhtiöt. Syitä Suomen suurelle suosiolle ulkomaisten kaivosyhtiöiden investoinneissa on monia, kuten maamme infrastruktuuri, lainsäädäntö, historia sekä ammattitaitoisen työvoiman saatavuus. Suomessa on hyvin kattava tie- ja rautatieverkosto, joita pitkin louhittavia malmeja voidaan kuljettaa mm. satamiin ja niistä eteenpäin ympäri maailmaa. Lisäksi hallitus ja lainsäädäntö tukevat uusien varantojen kartoittamista ja kaivostoimintaa, minkä vuoksi maata pidetään turvallisenä toiminta- ja investointiympäristönä. Suomen pitkän kaivoshistorian aikana maahan on tullut paljon osaamista ja uusia kaivosalan asiantuntijoita koulutetaan jatkuvasti. Lisäksi Suomen kallioperää on tutkittu vuosien saatossa paljon ja tietoaikoinen on ulkomaisten malminetsintäyhtiöiden käytettävissä Geologian tutkimuskeskuksen maksullisten ja maksuttomien aineistopalvelujen kautta. /2,3,5/

Suomessa tärkeimmät kaivostoimintaa säätelevät lait ovat kaivoslaki, ympäristönsuojelu- ja vesilaki, sekä luonnonsuojelulaki. Oikeudet esiintymään, sen tutkimiseen sekä varsinaisen kaivostoiminnan aloittamiselle myöntää Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes), jonka lisäksi toimintaan tarvittavan ympäristö- ja vesitalousluvan myöntää paikallinen aluehallintovirasto (AVI). Näihin luvituksiin liittyen suurissa kaivoshankkeissa läpikäydään YVA-menettely eli ympäristövaikutusten arviointi, jossa yhteysviranomaisena toimii paikallinen ELY-keskus. Lisäksi kaivostoiminta tarvitsee suuren määrän erilaisia erityislupia mm. kemikaalidirektiivin mukaiset luvat ja lisäksi maankäyttöön liittyvä kaavoitus on eräänlainen hyväksymismenettely sekkin. /84

Kaivosala tukitoimineen on laaja kokonaisuus. Tämän raportin tarkoituksena on antaa lukijalle perustietoa Suomen kaivoksista, kaivosprosessista sekä siellä tarvittavasta tekniikasta ja tukitoiminnoista, kuten kunnossapidosta. Vuoden 2012 jälkeen kaivosalalla on tapahtunut paljon muutoksia johtuen uusien malmiesiintymien löytymisestä ja useiden kaivoshankkeiden nopeasta etenemisestä. Tässä raportissa käydään läpi Suomessa toimivien kaivosten ja meneillään olevien kaivoshankkeiden tilanne vuoden 2017 lopussa. Raportissa myös luodaan ajankohtainen katsaus toimintaa ohjaavaan lainsäädäntöön ja ympäristöasioihin, sekä Suomessa tapahtuvaan pienkaivostoimintaan ja kullankaivuuseen.

Tämä raportti on päivitetty versio Tiina Rissasen kirjoittamasta Suomen kaivostoiminnan toimialakatsaus 2012 -julkaisusta, joka julkaistiin vuonna 2013. Tekstin ovat laatineet Jouko Karinen ja Rauno Toppila Lapin AMK:n Arctic Steel and Mining-tutkimusryhmästä. Lisäksi geologi ja kaivosyrittäjä Antti Peronius on kirjoittanut tähän katsaukseen kappaleen Suomessa tapahtuvasta pienkaivostoiminnasta ja kullankaivuusta. Kaivosalan toimialakatsaus 2012 -julkaisun tietoja on päivitetty ensisijaisesti Tukesin vuodelta 2017 kokoamien raporttien, sekä Suomen kaivosyrittäjien seminaarissa 7.-8.6.2017 pidettyjen esitelmien pohjalta. Lisäksi haastateltiin Tukesin

ryhmäpäällikkö Terho Liikamaata, KT ry:n toiminnanjohtaja Pekka Suomelaa, AA Sakatti Mining Oy:n toimitusjohtaja Jukka Jokelaa, Sotkamo Silverin konserninjohtaja Timo Lindborgia ja Keliber Oy:n toimitusjohtaja Pertti Lambergia. Raportti on tehty Arctic Smart Mining Cluster (AMIC)-hankkeen yhteydessä, jonka tavoitteina ovat yhteistyöverkoston ja kaivannaisalan klusterin luominen Lapin ja Pohjois-Karjalan alueille, verkostoituminen kaivannaisalan toimijoihin Euroopassa sekä kaivannaisalan yhteiskunnallisen hyväksyttävyyden ja tunnettavuuden lisääminen. Hanke on Euroopan aluekehitysrahaston (EAKR) ja Lapin liiton rahoittama.

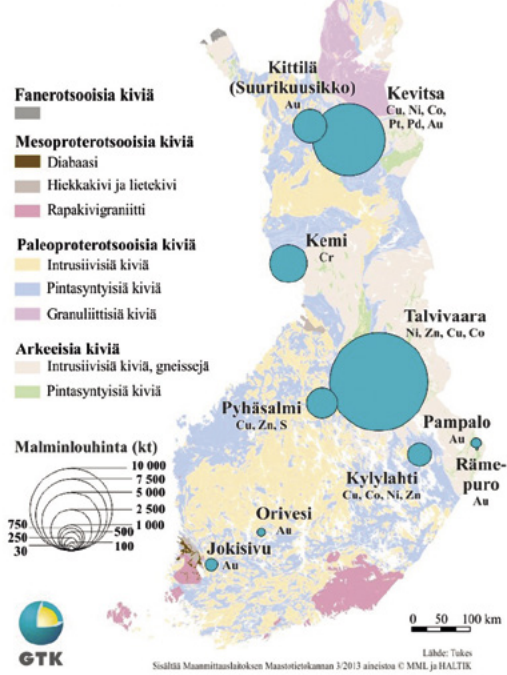
1 METALLIMALMIEN JA TEOLLISUUSMINERAALIEN LOUHINTA

Suomessa toimii tällä hetkellä yhdeksän metallimalmikaivosta, joissa louhitaan kulta, nikkeliä, kromia, kuparia, sinkkiä, hopeaa, rikkiä, kobolttia sekä platinaryhmän metalleja. Lisäksi toimintaa suunnitellaan aloitettavaksi seuraavien viiden vuoden sisällä kolmessa uudessa metallimalmikaivoksessa ja kuuden suljetun kaivoksen uudelleenkäynnistämistä valmistellaan. Vuonna 2017 teollisuusmineraaleja (kalsiittia, dolomiittia, apatiittia, talkkia, kvartssia ja maasälpää sekä teollisuuskiviä) louhittiin yhteensä 35 kaivoksesta. Maantieteellisesti kaivokset ovat sijoittuneet ympäri Suomen, mutta metallimalmikaivokset ja suurimmat yksiköt sijaitsevat pääasiassa Pohjois- ja Itä-Suomessa (kuvat 1 ja 2). /4 - 6/

Vuonna 2017 kaivostoiminnan kokonaisinvestoinnit olivat 303 miljoonaa euroa ja kasvua edellisestä vuodesta oli 25 %. Suurimmat investoinnit tekivät Kevitsa, Siilinjärvi, Suurikuusikko ja Talvivaara. Louhintaa raportoi 22 yhtiötä 44 kaivokselta. /5/

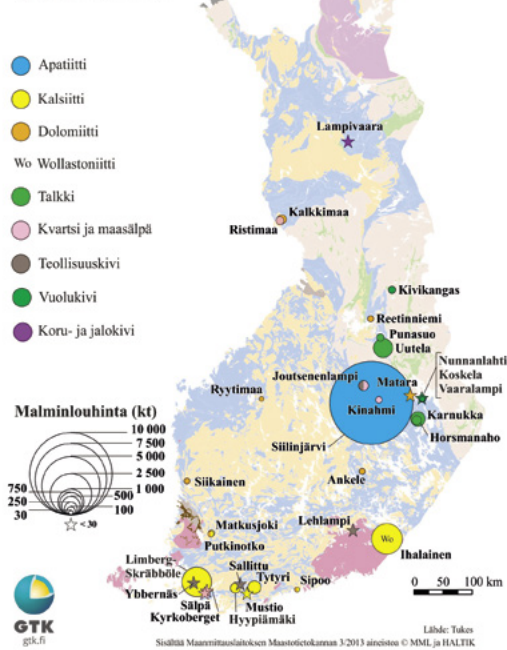
Kaivosten kokonaislouhinta vuonna 2017 oli 120,4 Mt ja kasvua edellisvuoteen kertyi 3 %. Louhintamäärältään kolme suurinta toimijaa louhivat yhteensä 86 % kokonaislouhinnasta. Kevitsassa louhittiin 42,5 Mt, Talvivaarassa 35,1 Mt ja Siilinjärvellä 25,4 Mt. Malmi- ja hyötykivien louhintamäärä vuonna 2017 oli yhteensä 48,4 Mt ja kasvua edellisvuoteen kertyi 11 %. /4, 151/

METALLILMALMIKAIVOKSET 2016



Kuva 1. Metallimalmikaivokset. /6/

TEOLLISUUSMINERAALI-, JALOKIVI- JA VUOLUKIVI- KAIVOKSET 2016



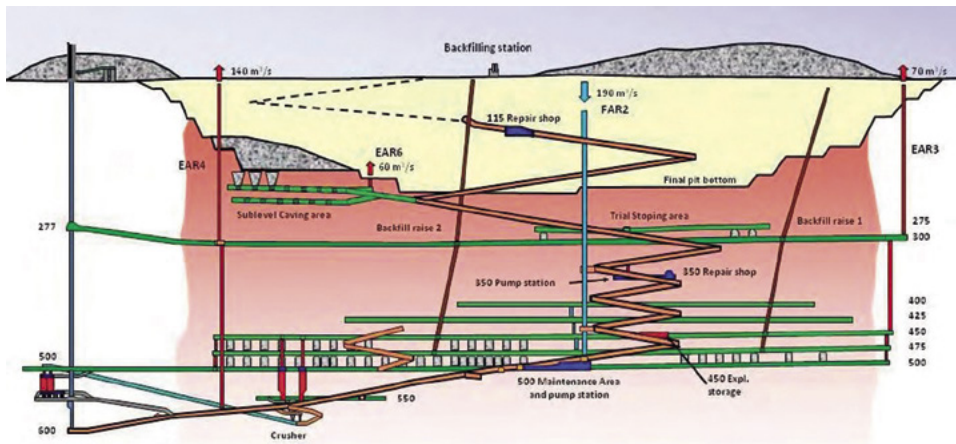
Kuva 2. Teollisuusmineraalikaivokset. /6/

1.1 TOIMINNASSA OLEVAT METALLIMALMIKAIVOKSET

Vuonna 2017 toiminnassa olevia metallimalmikaivoksia oli yhteensä 9 kpl. Yhteensä näistä kaivoksista louhittiin noin 85,2 Mt kiveä, josta malmin osuus oli noin 31,9 Mt. Malminlouhintamääriltään suurimmat kaivokset olivat Talvivaaran ja Kevitsan kaivokset, joiden yhteenlaskettu kokonaislouhinta on n. 77,6 Mt. /4/

1.1.1 Elijärvi

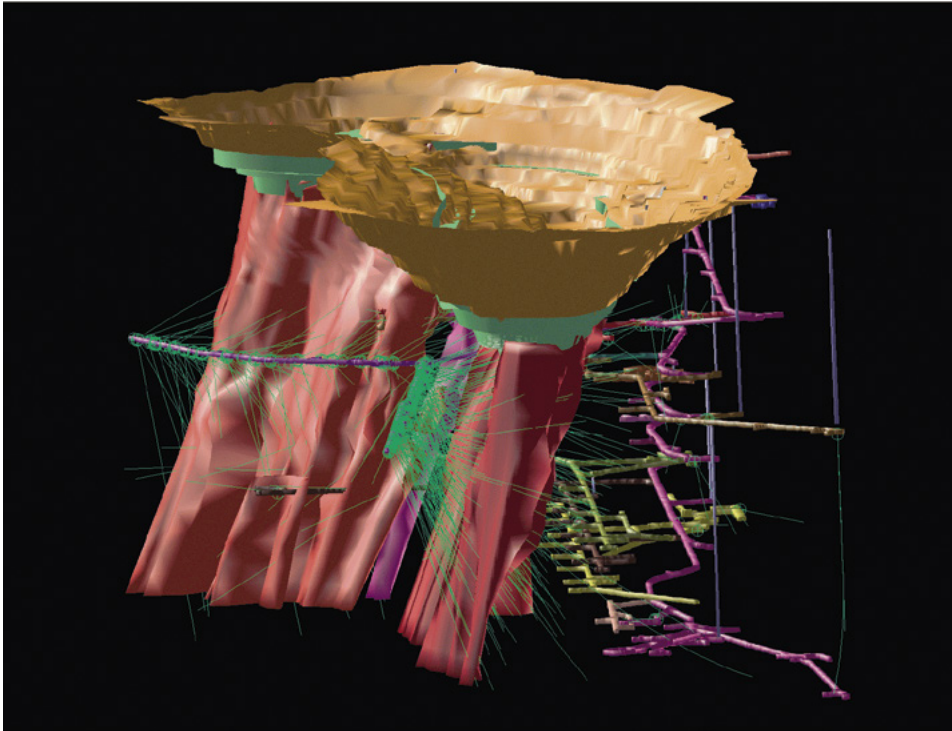
Elijärven kaivos, joka tunnetaan myös nimellä Kemin kaivos, on Outokumpu Oyj:n tytäryhtiön Outokumpu Chrome Oy:n omistama kaivos. Kaivos on yksi Suomen suurimmista sekä ainoa kromin tuottaja Euroopan unionissa. Sen ainoa hyödynnettävä arvomineraali on kromiitti, jota käytetään ferrokromin raaka-aineena Outokumpu Oyj:n Tornion ferrokromitehtaalla. Kaivos aloitti toimintansa avolouhoksena, mutta joulukuussa 2005 toiminta siirrettiin kokonaan maanalaiseksi. Vuonna 2017 kaivoksesta louhittiin yhteensä 2,2 Mt kiveä, josta malmin osuus oli noin 88%. /4,7/



Kuva 3. Kemin kaivoksen layout-kuva /7/

Vuoden 2012 loppupuolella kaivoksella valmistui mittava laajennusprojekti, joka liittyi Tornion terästehtaan ferrokromituotannon kaksinkertaistamiseen. Kaivoksen osalta tuotantomäärien kasvu tarkoitti uuden rikastamon sekä varasto- ja sosiaalityötilojen rakentamista. Laajennuksen jälkeen kaivoksen vuotuinen louhintamäärä oli 2,3 Mt malmin, josta rikastetaan pala- ja hienorikastetta. Rikastamon vuosittaiset tuotantomäärät vuonna 2016 olivat 313 906 t palarikastetta sekä 756 375 t hienorikastetta. Rikastusmenetelmänä käytetään ominaispainoerotusta, joka perustuu malmin ja sivukiven painoeroihin sekä niiden erilaisiin vajoamisnopeuksiin väliaineissa. Rikasteet kuljetetaan rekoilla Tornioon Outokumpu Chrome Oy:n ferrokromitehtaalle, jossa niistä valmistetaan ferrokromia ruostumattoman teräksen tuotantoa varten. /7 – 9/

Kaivoksen oletetut malmivarat ovat tällä hetkellä noin 41,35 Mt, joiden lisäksi mineraalivarantoja on 97,8 Mt. Alueella suoritettujen seismisten tutkimusten mukaan esiintymän saattaa ulottua jopa 3-4km syvyyteen. /10,11/ Outokumpu Oyj on alkanut syventää kaivosta DeepMine-projektissa. Hankkeen yhteydessä tullaan rakentamaan noin 1000 m:n syvyyteen uusi malminkäsittelylinja, nostokuilu, päätaso sekä muut tuotantoon tarvittavat tilat. Uuden nostokuilun päälle tullaan rakentamaan nostotorni lähelle nykyistä nostotornia. 2020-luvun alkupuolella louhintaa tullaan jatkamaan yli 500 metrin syvyydessä. /12/



Kuva 4. Elijärven malmion 3D-malli. /7/

1.1.2 Pyhäsalmi

Pyhäsalmen kaivos on Keski-Suomessa Pyhäjärvellä sijaitseva kaivos, jonka omistus siirtyi maaliskuussa 2013 kanadalaiselle kaivosyhtiölle First Quantum Minerals Ltd:lle, sen ostettua kanadalaisen Inmet Mining Corporationin osakekannan. First Quantum Minerals Ltd omisti jonkin aikaa myös Kevitsan kaivoksen, minkä se kuitenkin myi Bolidenille 2016. Pyhäsalmen kaivoksen hyödyntämä malmiesiintymä löydettiin paikallisen asukkaan kaivon kaivun yhteydessä tekemien kivilöydösten perusteella vuonna 1958 ja kaivos avattiin 1962 Outokumpu Oy:n toimesta. Kaivos aloitti toimintansa alun perin avolouhoksena, mutta maanalaiseen toimintaan siirryttiin kokonaisuudessaan jo vuonna 1975. Kaivosta on vaihteittain syvennetty sitä

mukaa kun uusia malmivarantoja on löytynyt. Nykyään se ulottuu 1440m syvyyteen ja on Suomen syvin kaivos. /13 – 15/

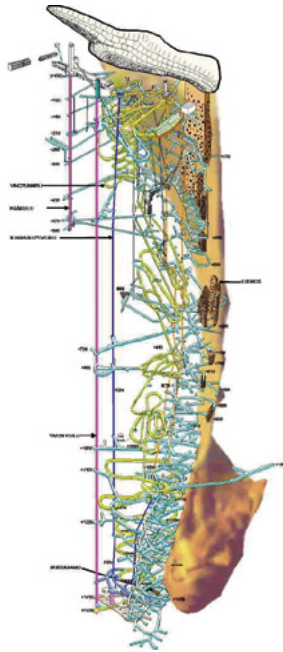
Kaivoksen pääasialliset tuotteet ovat kupari- ja sinkkirikasteet, joiden lisäksi tuotetaan myös pyriittiä eli rikkirikastetta. Kaikki kaivoksen tuottamat kupari- ja sinkkirikasteet kuljetetaan suoraan jatkojalostukseen kotimaisille sulatoille. Kaivosyhtiöllä on niiden hyödyntämisestä pitkäaikaiset sopimukset Boliden Harjavalta Oy:n sekä Boliden Kokkola Oy:n kanssa. Pyriittirikastetta myydään ulkomaille ja kotimaan markkinoille. Pyriittiä käytetään pääosin rikkihapon valmistukseen. /13,14/



Kuva 5. Pyhäsalmen kaivosaluetta /10/

Rikastusmenetelmänä käytetään vaahdotusmenetelmää, jossa erilaisten kemikaalien ja ilmakuplien avulla halutut mineraalit saadaan nousemaan vaahdon mukaan malmilietteestä pintaan. Pitoisuuksiin vaikuttaa huomattavasti louhittavan malmin sijainti esiintymässä, jonka vuoksi louhittu kiviaines pyritään siiloissa homogenisoimaan mahdollisimman hyvin. /13/

Kaivoksella louhittiin vuonna 2017 malmia yhteensä 1,26 Mt. Kuparia tuotettiin yhteensä 13,5 t, sinkkiä 17,4 t ja pyriittiä 692 t. Vuonna 2016 kaivoksen todetut malmivarat olivat noin 3,38 Mt, joiden on laskettu riittävän vuoteen 2019 asti. Kaivos suljetaneen vuoteen 2020 mennessä. /16/



Kuva 6. Pyhäsalmen kaivoksen layout /10/

1.1.3 Terrafame - Talvivaara

Itä-Suomessa, Sotkamossa sijaitsevan Talvivaaran kaivoksen kaupallinen toiminta aloitettiin vuonna 2009. Noin 590 henkilöä työllistävän kaivoksen omistaa suomalainen Terrafame Oyj, jonka liikevaihto vuonna 2016 oli noin 100,8 milj. euroa. Kaivos hyödyntää Kuusilammen ja Kolmisopen esiintymiä, jotka yhdessä muodostavat yhden Euroopan suurimmista sulfidisista nikkeliavarannoista. Nikkelin lisäksi alueella esiintyy sinkkiä, kuparia sekä kobolttia. Geologian Tutkimuskeskus löysi Talvivaaran esiintymän vuonna 1977 ja vuonna 2004 Talvivaara Oy osti kaivosoikeudet itselleen niiden silloisen omistajan, Outokumpu Oyj:n, luopuessa lähes kokonaan kaivostoinnasta. Vuonna 2015 toiminta siirtyi Terrafame Oyj:lle /17,18/

Talvivaaran esiintymässä malmia louhitaan avolouhoksesta, sillä maapeite on alueella hyvin ohut ja malmi-sivukivi suhde on alhainen. Metallien rikastustekniikkana käytetään biokasaliuotusta, jota Talvivaara on soveltanut erityisesti nikkelin rikastukseen. Siinä metalli irrotetaan sivukivistä luonnollisia bakteereja sisältävän liuoksen avulla, jota vaellellaan alueelle kasattujen malmikasojen päälle jatkuvalla kierrolla. Varsinainen metallien talteenotto tapahtuu liuotusprosessin jälkeen saostuslaitoksessa. /18,19/



Kuva 7. Terrafame Oy:n kaivosaluetta Sotkamon Talvivaarassa /16/

Täyteen tuotantoon pääsyä ovat hidastaneet mm. ongelmat avolouhoksen vedenkäsittelyssä, biokasaliuotukseen ja metallien talteenottolaitokseen liittyvät tekniset ongelmat sekä alueella sattuneet kuolemaan johtanut työtaturma, kipsisakka-altaanvuoto ympäristöön marraskuussa 2012, operoivan yhtiön Talvivaara Sotkamon konkurssi 2014. Valtioenemmistöinen Terrafame Oy osti kaivoksen konkurssipesältä. /17 – 20/

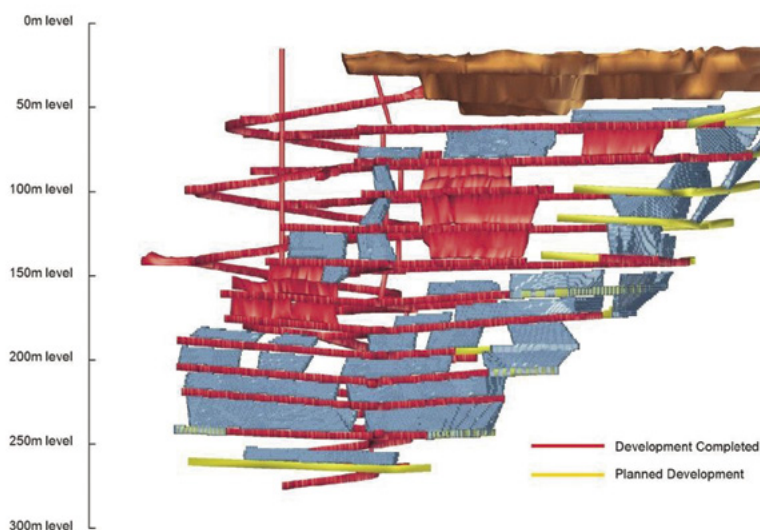
Joulukuussa 2015 yhtiö osti Winttal Oy:n, jolle Nyrstar Sales & Marketing AG oli siirtänyt Talvivaaran Kaivososakeyhtiö Oy:n saatavat. Kesäkuussa 2016 nämä saatavat siirrettiin Terrafame Oy:lle. Tuotannon ylös ajoa jatkettiin vuonna 2016 suunnitelmien mukaisesti. /18/

Vuonna 2017 kaivoksesta louhittiin 17,5 Mt malmia. Vuoden 2016 aikana kaivokselta tuotettiin 9554 t nikkelikastetta ja 22575 t sinkkirikastetta. Yhtiö päivitti 2016 arvionsa mineraalivarannoistaan, jotka ovat yhteensä 1458 Mt. Lisäksi yhtiö selvittää vaihtoehtoja nikkelituotannon kaksinkertaistamiseksi ja siihen liittyvien lupaprosessien käynnistämiseksi. /4,18/

Talvivaaran hyödyntämä malmiesiintymä sisältää muiden metallien lisäksi n. 0,002 % uraania, joka rikastusprosessin aikana liukenee päätuotteiden ohella prosessiliuokseen. Pitoisuus on liuoksessa alhainen 25mg/l, mutta riittävä kuitenkin erityisellä ja turvallisella uuttomenetelmällä hyödynnettäväksi. Vuoden 2012 aikana kaivosyhtiö sai valmiiksi uraanin talteenottolaitoksen rakennustyöt. 28.4.2016 saatiin Vaasan hallinto-oikeudelta päätös koskien uraanin talteenottoa ja koko muuta kaivostoimintaa. Näissä lupapäätöksissä Terrafame veloitettiin hakemaan uusia ympäristölupia elokuun 2017 loppuun mennessä. Näihin liittyen käynnistettiin kaksi YVA-menettelyä syksyllä 2016. YVA-menettelyt koskevat vesienhallintaa, sekä kaivostoiminnan jatkamista, kehittämistä ja vaihtoehtoista sulkemista. YVA-selostus on julkaistu 25.8.2017. /21,22/

1.1.4 Orivesi, Jokisivu ja Kaapelinkulma

Oriveden kunnassa sijaitseva Oriveden kaivos aloitti toimintansa alun perin vuonna 1994 silloisen Outokumpu Oy:n omistuksessa. Kaivos suljettiin vuonna 2003, kunnes se avattiin uudelleen vuonna 2007. Kaivoksen päätuote on kulta, jota louhitaan Sarvisuon ja Kutemajärven esiintymistä. Oriveden kaivoksen lähetyvillä Huittisissa sijaitsee toinen kultakaivos Jokisivu, joka aloitti toimintansa vuonna 2009 hyödyntäen Kujankallion kultaesiintymää. Myös Jokisivun aiempiin omistajiin on kuulunut mm. Outokumpu Oy. Molempien kaivosten malmit kuljetetaan läheiselle Sastamalan tuotantolaitokselle rikastettaviksi. Kaivokset omistaa nykyään australialaisen, kullann tuottamiseen keskittyneen kaivosyhtiön Dragon Mining Ltd:n suomalainen tytäryhtiö Dragon Mining Oy, jonka liikevaihto oli 2016 noin 31,9 milj. euroa. /23 – 25

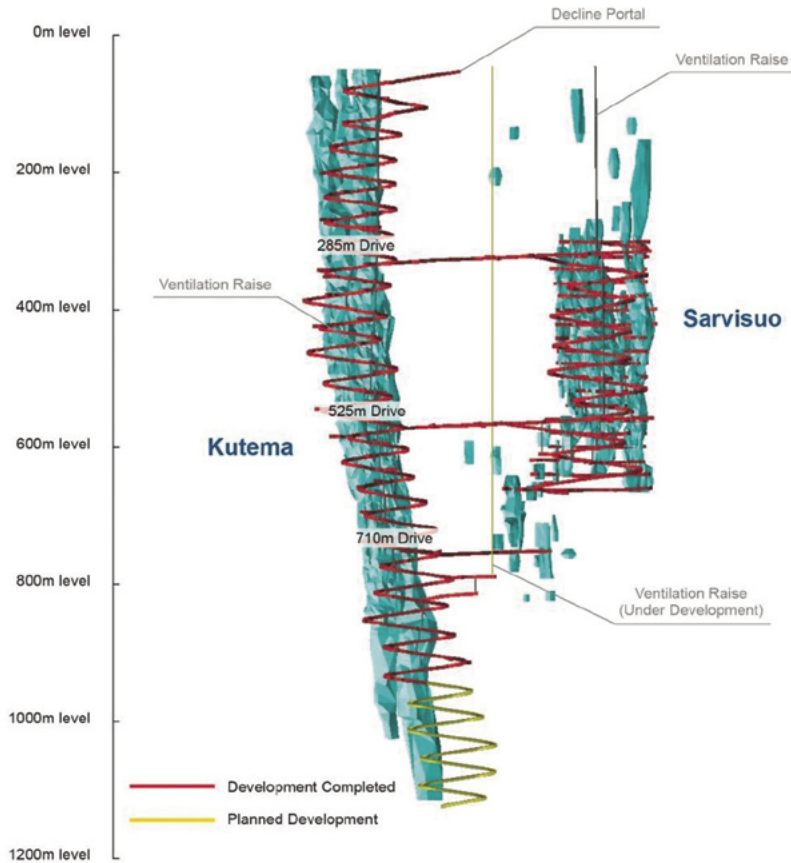


Kuva 8. Jokisivun kaivoksen layout /23/

Vuonna 2016 Oriveden kaivoksesta louhittiin 88 050 t malmia. Jokisivun louhintamäärä oli 232 870 tonnia. Yhteensä tästä saatiin Sastamalan rikastamolla tuotettua n. 864 kg (30 478 ounces) kultaa. /4, 25–27/

Dragon Mining Oy:llä on omistuksessaan myös Valkeakoskella sijaitseva Kaapelinkulman kultaesiintymä, johon on myönnetty ympäristölupa vuonna 2015. Kaivos-toiminta esiintymällä on tavoitteena aloittaa vuonna 2018. /28,29/

Ensimmäiset havainnot Kaapelinkulman kultaesiintymästä tehtiin vuonna 1986 malminetsintäkilpailuun lähetetystä kansannäytteestä. Tämän ansiosta GTK aloitti alueella malminetsintätutkimukset, joita jatkettiin viiden vuoden ajan. Vuosina 2000 – 2003 Outokumpu Mining Oy jatkoi tutkimuksia tunnetun mineralisaation täydennyskairauksilla. Marraskuussa 2003 alueen tutkimusoikeudet siirtyivät Polar Mining Oy:lle, jonka emoyhtiö on Dragon Mining Ltd. /30/



Kuva 9. Oriveden kaivoksen layout /23/

Oriveden kaivoksella on todettuja malmivaroja 12 000 t, sisältäen 5,2 g/t kultaa, sekä todennäköisiä malmivaroja 34 000 t, sisältäen 5,4 g/t kultaa. Jokisivun alueella todetut malmivarat ovat 176 000 t, sisältäen 3,5 g/t kultaa. Esiintymän todennäköiset malmivarat ovat 324 000 t, sisältäen 3,6 g/t kultaa. Kaapelinkulman todetut malmivarat ovat 79 000 t, sisältäen 3,5 g/t kultaa, sekä todennäköiset malmivarat 157 000 t, sisältäen 4,1 g/t kultaa. Malmivarantojen lisäksi kaikkien edellä kuvattujen kaivosten ja esiintymien mineraalivarantojen arvioidaan olevan yhteensä noin 2,8 Mt, sisältäen keskimäärin 4,0 g/t kultaa. /25–27/

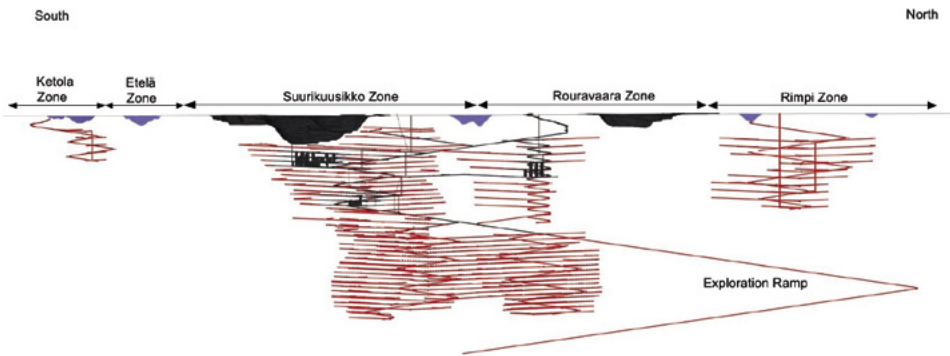
1.1.5 Suurikuusikko

Suurikuusikon kultakaivos sijaitsee Lapissa Kittilässä, Pohjois-Euroopan suurimmasa kultaesiintymässä. Esiintymän on alun perin löytänyt Geologian tutkimuskeskus vuonna 1986, mutta vuodesta 2008 toiminnassa ollut kaivos on nykyään kanadalaisen kaivosyhtiön Agnico-Eagle Mines Ltd:n omistuksessa. Vuonna 2016 noin 2,14 miljardin US dollarin liikevaihdon tehneellä yhtiöllä on Suomen lisäksi kaivoksia Kanadas-

sa ja Meksikossa, joissa tuotetaan kultaa, hopeaa, sinkkiä ja kuparia. Lisäksi yhtiö harjoittaa malminetsintää useilla alueilla Euroopassa sekä Pohjois- ja Etelä-Amerikassa. /31 – 33/

Noin 800 henkilöä työllistävästä (yhtiö 452 ja urakoitsijat 377) kaivoksesta louhittiin vuonna 2017 noin 1,564 Mt malmia, josta saatiin rikastettua noin 6228 kg kultaa. Marraskuussa 2012 avolouhoksen louhinta saatettiin loppuun ja toiminta on jatkunut sen jälkeen täysin maan alla. Rikastusprosessiin kaivoksella kuuluu vaahdotus, autoklaavikäsittely, syanidiliuotus ja elektrolyyttinen talteenotto, jonka lopputuotteena saadaan ns dore-harkkoja. /4,31,33/

Agnico Eagle on suunnitellut Suurikuusikon kaivokseen 240 milj. euron investoin- teja, josta 160 milj. euroa tullaan käyttämään seuraavan neljän vuoden aikana 1044 metrin syvyyteen yltävään kaivoskuiluun. Malmia tullaan nostamaan maan päälle kaivoskuiluun rakennettavan hissin avulla kuorma-autojen sijaan. Kaivoskuilun an- siosta esiintymää pystyttäisiin hyödyntämään aiempaa kustannustehokkaammin ja samalla päästäisiin hyödyntämään myös malmion syvempiä osia. Kuilun rakennus- vaiheen työllistäväksi vaikutukseksi on arvioitu n., 900 henkilötyövuotta. /34/



Kuva 10. Suurikuusikon kaivoksen layout /30/

Kaivoksen todetut/todennäköiset malmivarat vuoden 2016 lopulla olivat noin 30 Mt, jonka lisäksi mahdollisia mineraalivarantoja oli noin 11 Mt. Todettujen malmiva- rojen keskimääräinen kultapitoisuus on 4,64 g/t. /35/

Kaivosyhtiö otti käyttöön sulfaatinpoistoyksikön joulukuussa 2016. Laitoksella ol- laan saatu vesien sulfaattipitoisuudet ympäristöluvassa määritettyjen raja-arvojen alapuolelle, joten puhdistusprosessi näyttää tältä osin toimivan lupaavasti. /36/

1.1.6 Kevitsa

Kevitsan kaivos sijaitsee Lapissa, Sodankylän kunnassa, eräällä maailman suurim- mista nikkeli esiintymistä. Esiintymän on alun perin löytänyt Geologian tutkimus- keskus vuonna 1987, jonka jälkeen Outokumpu Mining Oy hallinnoi kaivosoikeuksia 1995 – 1998. Scandinavian Minerals Ltd valtasi alueen v. 2000 ja aloitti alueen kehit- tämisen tytäryhtiönsä Kevitsa Mining Oy:n lukuun ja käynnisti lupamenettelyt. First Quantum Minerals Ltd osti Scandinavian Mineralsin 2008 ja teki kaivospäätöksen

2009. Tuotanto alkoi toukokuussa 2012. Ruotsalainen Boliden osti kaivoksen 2016 ja sen tytäryhtiö Boliden Kevitsa pyörittää nyt toimintaa. /37,38/

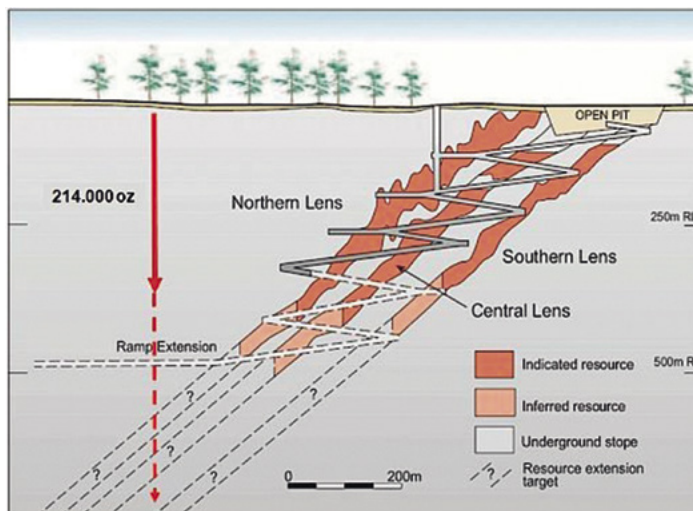
Kaivoksen päätuotteita ovat nikkeli- ja kuparirikasteet, joiden lisäksi sivutuotteena saadaan myös kultaa ja platinaryhmän (PGE) metalleja. Avolouhoksen kokonaislouhintahinta on n. 39,6 Mt, josta malmin määrä on n. 7,7 Mt. /38,39/

Malmin rikastus tapahtuu vaahdotusmenetelmällä. Vuonna 2016 rikastamo tuotti noin 11 100 t nikkeliä, 20 571 t kuparia, 486 kg kultaa, 1178 kg platinaa ja 901 kg palladiumia. Noin 400 henkilöä työllistävän kaivoksen eliniäksi on arvioitu n. 25 vuotta. Vuonna 2016 kaivoksen malmivarat olivat noin 147 Mt sisältäen noin 0,22 % nikkeliä ja 0,32 % kuparia. Kaivoksen mineraalivarannoiksi arvioitiin noin 166 Mt. /38,39/

1.1.7 Pampalo ja Rämepuro

Pampalon kaivos sijaitsee Itä-Suomessa Ilomantsissa. Sen on alun perin löytänyt Geologian tutkimuskeskus vuonna 1990 ja sen edeltäviin omistajiin on kuulunut myös Outokumpu Oyj. Helmikuussa 2011 toimintansa aloittaneen kultakaivoksen omistaa nykyään ruotsalainen kaivosyhtiö Endomines Ab. Vuonna 2016 noin 114 miljoonan kruunun (n. 11,3 milj. euroa) liikevaihdon tehneen yhtiön kaikki toiminnot ovat keskittyneet Suomeen, jossa sillä on Pampalon kaivoksen lisäksi myös tutkimustoimintaa. /40,41/

Kultaa louhitaan kaivoksessa sekä maan alta, että avolouhoksesta, maanalaisen kaivoksen ollessa 400 m:n syvyydellä. Vuoden 2016 lopulla kaivos työllisti 75 työntekijää. Kaivoksen vuotuinen louhintamäärä oli 151 000 t malmia, sisältäen keskimäärin noin 2,6 g/t kultaa. Rikastusmenetelmänä kaivoksella käytetään sekä vaahdotusta että painovoimaan perustuvaa (tärypöytä) rikastusta. Vaahdotusrikasteet myydään jatkojalostettavaksi Bolidenin Harjavallan sulatolle ja painovoimarikasteet norjalaiselle K.A. Rasmussen AS:lle. Vuonna 2016 kultaa tuotettiin yhteensä 325 kg. /41,42/



Kuva 11. Pampalon kaivoksen layout /42/

Pampalo sijaitsee niin kutsutulla Karjalan kultalinjalla, jossa sijaitsee useita hyödynnettävissä olevia kultaesiintymiä. Alueiden yhteenlasketut malmivarat ovat noin 1,4 Mt, josta Pampalon alueen osuus on 989000 tonnia, sisältäen keskimäärin 3,5 g/t kultaa. Lisäksi koko alueen mineraalivarannot ovat arvioiden mukaan noin 2,4 Mt, josta Pampalon alueella arvioidaan olevan noin 307 000 t. /41,45/

Rämepuron esiintymä sijaitsee 8 km Pampalon kaivoksen eteläpuolella. Esiintymän malmivarat ovat yhteensä 134 214 t, sisältäen keskimäärin noin 3,9 g/t kultaa. Vuosina 2013 – 2016 esiintymästä louhittiin yhteensä 1,2 Mt malmia ja 1,0 Mt sivukiveä avolouhintana. Malmi rikastettiin Ilomantsissa Pampalon rikastamolla. Louhinta Rämepuron esiintymällä lopetettiin helmikuussa 2016. /4,43,44/

1.1.8 Kylylahti

Toukokuussa 2012 toimintansa aloittanut Kylylahden kaivos sijaitsee Outokummun lähellä, Polvijärvellä Itä-Suomessa. Kaivoksen toiminnan käynnisti australialainen kaivosyhtiö Altona Mining Ltd, mutta esiintymän aiempiin omistajiin kuuluu myös Outokumpu Oyj, jonka hallussa alue oli pitkään. Ruotsalainen monimetalliyhtiö Boliden AB osti Kylylahden kaivoksen kesällä 2014. /46,47/

Vuoden 2016 aikana malmia louhittiin lähes 815 762 tonnia, josta tuotettiin 17380 t kupari-kultarikastetta, sisältäen 3643 t kuparia sekä noin 107 kg kultaa, ja 1546 t sinkkirikastetta, sisältäen 730 t sinkkiä. Rikastamo sijaitsee n. 40 kilometrin päässä Kaavilla ja on modernisoitu vanhasta alueella olleesta rikastamosta. Sieltä vaahdotusmenetelmällä tuotettavat rikasteet kuljetetaan Bolidenin Harjavallan ja Kokkolan sulaitoille. /38,47,48/

Vuonna 2016 kaivoksen todetut malmivarat olivat yhteensä 2,9 Mt. Mineraalivarojen arvioitiin olevan 4,8 Mt suuruiset, jonka lisäksi rikastamon läheisyydessä on myös muita tutkimuksen kohteena olevia potentiaalisia esiintymiä. /49/

1.2 TEOLLISUUSMINERAALIEN JA -KIVIEN LOUHINTA

Teollisuusmineraaleja louhittiin vuonna 2017 yhteensä 35 eri esiintymästä. Näistä esiintymistä 14:ssä louhittiin karbonaattikiviä, käytännössä dolomittia ja/tai kalsiittia. Muita teollisuusmineraaleja, kuten apatiittia, talkkia ja kvartssia, louhittiin yhteensä 13 esiintymästä ja ns. teollisuuskiviä kahdeksasta esiintymästä. Vuonna 2017 teollisuusmineraalien ja -kivien kokonaislouhinta oli n. 35,3 Mt. /4,5/

Hyötykiven louhintamääriltään suurimmat kaivokset vuonna 2017 olivat Siilinjärven apatiittikaivos, Limberg-Skräbbölen kalsiittikaivos, Ihalaisen kalsiitti-wollasto-niittikaivos, sekä Horsmanahon ja Uutelan talkkikaivokset. Raaka-aineen rikastus- ja jatkojalostuslaitokset sijaitsevat usein esiintymien lähellä, jolloin louheen kuljetuskustannukset saadaan pidettyä mahdollisimman alhaisina. /4,5/

1.2.1 Siilinjärvi

Siilinjärven apatiittiesiintymää hyödyntää Yara Suomi Oy, joka on maailman suurimman kivennäislannoitteiden toimittajan, norjalaisen Yara International ASA:n tytäryhtiö. Yhtiöllä on Suomessa neljä tuotantolaitosta, jotka se hankki Yaran ostaessa Kemira GrowHow'n toiminnot vuonna 2008. Tuotantolaitokset sijaitsevat Uudessa-Kaupungissa, Siilinjärvellä, Harjavallassa ja Kokkolassa. /50/

Siilinjärven tuotantolaitoksen yhteydessä on myös Länsi-Euroopan ainoa apatiittikaivos, joka aloitti toimintansa 1980. Vuonna 2017 avolouhoksena toimivasta kaivoksesta louhittiin noin 11,1 Mt apatiittimalmia, kokonaislouhinnan ollessa noin 25,4 Mt. Vaahdottamalla tuotettu rikaste käytetään lähes kokonaan fosforihapon valmistukseen yhtiön omalla tehtaalla. Rikasteen tuotantokapasiteetti on n. 1 Mt vuodessa. /4,51,52/

1.2.2 Limberg-Skräbböle, Ihalainen ja Tytyri

Paraisilla sijaitsevan Limberg-Skräbbölen, Lappeenrannassa sijaitsevan Ihalaisen ja Lohjalla sijaitsevan Tytyrin kaivokset omistaa Nordkalk Oyj Abp. Yhtiö on Pohjois-Euroopan johtava kalkkikivipohjaisten tuotteiden valmistaja. Vuonna 2017 yhtiö louhi Suomessa yhteensä noin 4,5 Mt kiveä. Dolomiittia ja kalsiittia louhittiin em. kaivosten lisäksi Matkusjoen, Putkinotkon ja Silvikkalan kaivoksista Huittisissa, Ruokojärven kaivoksesta Savonlinnassa, Mustion kaivoksesta Raaseporissa, Ryytimaan ja Vesterbackan kaivoksista Vimpelissä sekä Siikaisten ja Sipoon kaivoksista. /4,53/

Limberg-Skräbbölen kalsiittikaivos on noin 70 hehtaarin kokoinen avolouhos, joka työllistää noin 40 henkilöä. Tällä hetkellä noin 130 m syvän louhoksen murskaamo sijaitsee 220 m maan alla. Vuonna 2017 kaivoksella louhittiin noin 2,02 Mt kiveä, josta arvoainetta oli noin 1,33 Mt. Louhittu kivi rikastetaan sementti- tai valkokiveksi seulomalla, lajittelemalla ja murskaamalla. Nykyisellä tuotantomäärällä avolouhintaa voidaan jatkaa noin 30 vuoden ajan, jonka jälkeen louhintaa on mahdollista jatkaa vielä maan alla. Kaivoksen lisäksi alueella sijaitsee kalkkitehdas ja Parfill-tehdas. /4,53,54/

Ihalaisen kaivoksella louhitaan kalsiitin ja dolomiitin lisäksi myös wollastoniittia. Avolouhoksena toimivan kaivos on pinta-alaltaan noin 40 hehtaarin suuruinen ja noin 150 m syvä. Vuonna 2017 kaivoksella louhittiin noin 1,91 Mt kiveä, josta arvoainetta oli noin 1,48 Mt. Rikastaminen tapahtuu alueella sijaitsevilla wollastoniittikalsiitti ja kalsiittirikastamoilla vaahdotusmenetelmällä. Kalsiittirikasteen tuotantokapasiteetti on noin 600000 t vuodessa ja wollastoniittirikasteen noin 45000 t vuodessa. Nykyisellä tuotantokapasiteetilla esiintymää voidaan hyödyntää noin 100–200 vuoden ajan. Noin 20 vuoden kuluttua toiminnassa voidaan siirtyä maanalaiseen louhintaan. /4,53,65/

Tytyrin kalsiittikaivos on noin 25 henkilöä työllistävä maanalainen kaivos, jonka syvyys on 350 m. Vuonna 2017 kaivoksella louhittiin noin 228000 t kiveä, josta malmin osuus oli noin 221000 t. Louhitusta kalsiitista valmistetaan pääsääntöisesti kalsiumoksidia, polttamalla sitä samaan kaivoskompleksiin kuuluvalla kalkkitehtaalla.

Lähes vuosisadan toiminnassa olleessa kaivoksessa toimii nykyään myös museo sekä Kone Oyj:n hissilaboratorio. /4,53,56,57/

1.2.3 Punasuo ja Horsmanaho

Sotkamossa sijaitsevan Punasuon ja Polvijärvellä sijaitsevan Horsmanahon talkkikaivokset omistaa hollantilaisen Mondo Minerals B.V.:n Suomen sivuliike. Vuonna 2017 yhtiö louhi Suomessa yhteensä noin 3,7 Mt kiveä, josta malmin osuus oli noin 1,05 Mt. Edellä mainittujen kaivosten lisäksi yhtiöllä on Suomessa kaivostoimintaa Karnukan louhoksella Polvijärvellä sekä Uutelan louhoksella Sotkamossa. /4,58/

Punasuon louhoksen pinta-ala on noin 23,5 ha ja sen suurin syvyys on noin 210 metriä maanpinnasta. Malmi rikastetaan vaahdotusmenetelmällä, jossa talkin lisäksi rikastetaan myös malmissa oleva nikkeli. /4,59/

1.3 MERKITTÄVIMMÄT MENEILLÄÄN OLEVAT KAIVOSHANKKEET

1.3.1 Sokli

Soklin esiintymä sijaitsee Savukosken kunnan alueella lähellä Venäjän rajaa. Esiintymä on alun perin löytynyt Rautaruukin malmietsinnöissä vuonna 1967, josta lähtien sitä on tutkittu. Nykyään alueella olevan fosforimalmin hyödyntämistä suunnittelee Yara Suomi Oy, jolla on entuudestaan fosfaattikaivos Siilinjärvellä. Kaivoshankkeen ympäristövaikutusten arviointi on valmistunut ja hakemus uudesta kaivospiiristä on jätetty kaivosviranomaiselle toukokuussa 2009. Kaivosyhtiö oli alun perin aikeissa kuljettaa Soklin malmin rikastettavaksi Venäjälle Kovdoriin. 2012 kaivosyhtiö ilmoitti Kovdorin vaihtoehdon kaatuneen teknis-taloudellisten selvitysten jälkeen ja se jatkoi selvityksiä malmin rikastamiseksi paikan päällä Soklissa. Kesällä 2012 yhtiö aloitti lisäkairaukset alueella selvittääkseen kaivoksen kannattavuutta. 2015 Yara International kuitenkin päätti keskeyttää valmistelut. Yhtiö perustelee päätöstä sillä, että hanke ei täyttäisi sen tuottovaatimuksia. Lupamenettelyjen eteenpäin vieminen kuitenkin jatkuu. Päätös tarkoittaa käytännössä sitä, että vaikka kaivoksen avaaminen ei olekaan tällä hetkellä näköpiirissä, yritys pitää esiintymää reservinään ja voi tehdä uudelleen arvioinnin avaamisesta myöhemmin. Soklin kaivoslupa, vaihemaakunta-kaava ja osayleiskaava ovat saaneet lainvoiman. /60 – 63/

Soklin päätuotteena on fosfori, jonka lisäksi esiintymä sisältää myös rautaa, mangaania, niobia, tantaalia ja harvinaisia maametalleja. Alueen arvioidut malmivarat ovat noin 191 Mt. /62/

1.3.2 Hannukainen

Kaivostoiminta Kolarin Hannukaisessa alkoi 1970-luvun lopulla, kun Rautaruukki Oyj laajensi alueelle toimintaansa Rautuvaaralle avaamastaan kaivoksesta. Tuolloin louhinta tapahtui Laurinojan ja Kuervaaran avolouhoksista. Samassa yhteydessä rakennettiin ratayhteys Kemistä Kolariin. Rautaruukki Oyj lopetti kaivostoimintansa vuonna 1985, jolloin toiminta Rautuvaarassa ja Hannukaisessa lopetettiin. Vuosina 1989 – 1990 Outokumpu Oyj louhi Laurinojan esiintymää. Rikastustoiminta jatkui

Rautuvaarassa edelleen kaivoksen sulkemisen jälkeenkin ja rautatietä hyödynnettiin vuoteen 1995 asti Outokumpu Oyj:n omistaman Saattoporan kultakaivoksen malmin rikastukseen ja käsittelyyn. /64/

Kolarin Hannukaisen esiintymän tutkimuksen aloitti uudestaan kanadalainen kaivosyhtiö Northland Resources Ltd. vuonna 2005. Yhtiö valmisteli hanketta kaivoksen toiminnallisilla suunnitelmissa ja ympäristöselvityksillä. Yhtiö teki esiintymästä myös kannattavuusselvityksen. Vuoden 2014 lopussa Northland Resources Ltd:n ja sen suomalainen tytäryhtiö menivät konkurssiin ja lopettivat toimintansa. Tämän jälkeen oikeudet Hannukaisen esiintymään hankki paikallisen kaivosalan alihankintayhtiön Tapojärvi Oy:n omistama Hannukainen Mining Oy. /64/

Hannukainen Oy on vienyt hanketta eteenpäin ja sai myönteisen kaivospiiripäättöksen syksyllä 2017. Hannukaisen kaivoshankkeen YVA-menettely on tarkistettu ja vahvistettiin voimassa olevaksi heinäkuussa 2016. Ympäristölupahakemus jätettiin helmikuussa 2016 ja sitä kuulutettiin touko-kesäkuun aikana 2017. Tällä hetkellä ympäristölupamenettely on vielä kesken. /65/

Hannukaisen esiintymässä on todettuja malmivaroja 101 Mt ja todennäköisiä 35 Mt. Malmin rautapitoisuus on keskimäärin 32 %, kuparipitoisuus 0,2 % ja kultapitoisuus 0,1 g/t. Lupahakemuksessa malmin suurimmaksi louhintamääräksi on määritetty 6 Mt/vuosi, josta saataisiin rautarikastetta n. 2 Mt/vuosi ja kupari-kultarikastetta n. 35 000 t/vuosi. Rautarikasteen etuna on se, että se on lähes rikitöntä. Kaivoksen toiminta-ajaksi on arvioitu n. 20 vuotta maksimaalisella vuosituotannolla. Louhinta tulee tapahtumaan aluksi Hannukaisen louhoksessa ja myöhemmin myös pohjoisempana sijaitsevassa Kuervitikon louhoksessa. /66/

1.3.3 Laivakangas

Kesällä 2011 toimintansa aloittanut Laivakankaan kaivos sijaitsee Raahessa, vuonna 1980 löydettyssä Laivakankaan kultaesiintymässä. Nykyään kaivosalueen omistaa ruotsalainen kullan tuottamiseen keskittynyt kaivosyhtiö Nordic Mines Ab, mutta sen aiempiin omistajiin on kuulunut mm. Endomines Ab. ja Outokumpu Oyj. Kaivostoiminta käynnistettiin 2011. /67/

Malmin louhinta tapahtui avolouhoksesta. Rikastamiseen käytettiin kaksitasoista liuotusmenetelmää, jossa kulta erotettiin malmista syanidi-happireaktion avulla. Prosessin edetessä kulta erotettiin liuoksesta elektrolyysillä, jonka jälkeen se valettiin harkoiksi jatkojalostusta varten. /68,69/

Tuotanto kaivoksella on ollut keskeytyksissä keväästä 2014 lähtien. Kanadalainen kehitysyritys Firesteel Resources Inc. on rahoittanut Laivan kaivosta 20,6 milj. \$:lla (16,7 milj. euroa). Yhtiön tavoitteena on aloittaa kullan tuotanto Laivakankaan kaivoksessa uudelleen elokuussa 2018. /70/

Firesteel Resources Inc on määrittänyt kaivoksen todetuiksi malmivaroiksi n. 3,8 Mt, missä keskimääräinen kultapitoisuus on 1,2 g/t. Todennäköisten malmivarojen on todettu olevan n. 9,0 Mt ja näiden keskimääräiseksi kultapitoisuudeksi on määritetty 1,5 g/t. Tuotantoa tullaan jatkamaan kahdesta avolouhoksesta ja louhintamäärä tulee

olemaan n. 6000 tonnia päivässä. Kaikki tarvittavat luvat tuotannon aloittamiselle ovat jo olemassa. /70/

1.3.4 Sotkamon hopeakaivos

Sotkamon Taivaljärven hopeakaivoshanketta vie eteenpäin Sotkamo Silver Oy. Sen tarkoituksena on tulevaisuudessa hyödyntää aikaisemmin mm. Outokumpu Oyj:n omistuksessa ollutta hopeamalmiesiintymää. Suunnitellun kaivoksen päätuote on hopea, mutta sivutuotteena voidaan hyödyntää myös kaivoksesta saatavat kulta, sinkki ja lyijy. Kaivoshankkeelle on myönnetty kaivoslupa 2012 ja ympäristölupa 2013. Yhtiö on kerännyt varoja useilla osakeanneilla ja viimeisin rahoituskierros päättyi 2017. Hankkeen rahoitus on varmistunut ja hopeakaivos on saanut rakentamispäätöksen maaliskuussa 2018. Tuotannon on määrä alkaa alkuvuodesta 2019. /71,73,152//

Kaivoksen mineraalivarantoja suunnitellaan hyödynnettävän sekä avolouhoksesta että maan alta. Alueen malmivarat ovat tällä hetkellä n. 2,76 Mt. Malmivarojen keskimääräiset pitoisuudet ovat: hopeaa 124 g/t, sinkkiä 0,9 %, lyijyä 0,43 % sekä kultaa 0,41 g/t. /72, 73/

Malmin vuotuiseksi louhintamääräksi on suunniteltu 350 – 450 000 t, jolloin nykyiset malmivarat riittäisivät 7 vuodeksi. Malmi rikastetaan vaahdottamalla sinkki- ja lyijy-hopea-rikasteiksi. /74/

1.3.5 Suhanko

Suhangon platinaryhmän metalleja sekä kuparia ja nikkeliä sisältävä esiintymä sijaitsee Rovaniemen ja Ranuan rajalla. Esiintymää hallitsee nykyään eteläafrikkalaisen Gold Fields Ltd:n tytäryhtiö Gold Fields Arctic Platinum Oy. Alueeseen liittyvä kaivoshanke käynnistettiin alun perin 2000-luvun alussa, jolloin nykyinen kaivospiiri sai lainvoimaisen ympäristöluvan vuonna 2008. Tuotantoa alueella ei tuolloin kuitenkaan käynnistetty metallien alhaisten hintojen sekä rikastusprosessiin liittyvien teknis-taloudellisten seikkojen vuoksi. Vuonna 2011 Gold Fields Ltd löysi hydrometallurgisen Platsol-rikastusmenetelmän, jolla Suhangon malmi voitaisiin rikastaa ja käynnisti alueella uuden kaivoshankkeen. /75,76/

Parhaillaan Gold Fields Arctic Platinum Oy suorittaa hankkeeseen liittyen uutta alustavaa toteutettavuussuunnitelmaa, siihen liittyvää uutta YVAa ja erilaista luvitusta. Verrattuna alueella aiemmin toteutettuun selvityshankkeeseen, uudessa hankkeessa kartoitetaan avolouhittavien esiintymien mineraalivarantoja laajemmalta alueelta. Tähän mennessä mineraalivarantojen suuruudeksi on arvioitu yhteensä 208,5 Mt, sisältäen kultaa, platinaa, palladiumia, kuparia ja nikkeliä. Hankkeen tulevaisuuteen liittyvä aikataulu on avoin. /76/

Marraskuussa 2017 Gold Fields Ltd myi koko Suhangon hankkeen Isossa-Britanniassa pääkonttoriaan pitävän CD Capital -pääomasijoitusyhtiön suomalaiselle CD APP -tytäryhtiölle. /77/

1.3.6 Mustavaara

Mustavaaran vanadiini-rauta-titaaniesiintymä sijaitsee Taivalkoskella. Vuosina 1976–1985 alueella sijaitsi Rautaruukki Oy:n avolouhos, joka oli tuolloin merkittävä vana-

diintuottaja. Nykyään alueen omistaa suomalainen Mustavaaran Kaivos Oy, jonka tavoitteena on aloittaa kaivostoiminta uudelleen vuonna 2020 hyödyntäen vanadiinin ja raudan lisäksi myös mahdollisesti titaania. Kaivoshankkeen esiselvitys valmistui vuonna 2012 ja parhaillaan on menossa Raaheen tulevan vanadiinitehtaan suunnittelu. /82/

Vuodessa malmia on suunniteltu louhittavan avolouhoksesta 3,25 Mt. Tästä tuotetaan 450000 t rikastetta, joka sisältää 0,9 % vanadiinia ja 62 % rautaa. Rikastaminen tapahtuu magneettierotusmenetelmällä. Rikasteet kuljetetaan kaivosyhtiön omalle sulatolle, jossa niistä valmistetaan vuosittain 350000 t harkkorautaa sekä ferrovanaadiinia, jonka vanadiinisäily on 4900 t. Esiintymän todennäköiset malmivarat ovat 97 Mt, jotka nykyisillä tuotantosuunnitelmilla riittäisivät yli 30 vuoden kaivostoimintaan. Valmistuttuaan noin 400 miljoonan euron kaivoshanke työllistäisi yhteensä 250 henkilöä. /78/

1.3.7 Sakatti

Sakatin monimetalliesiintymä sijaitsee 20 km Sodankylän pohjoispuolella. Esiintymää hallitsee nykyään AA Sakatti Mining Oy, joka on Anglo American Plc:n suomalainen tytäryhtiö. Anglo American on eräs maailman suurimmista kaivosyhtiöistä ja sen kotipaikka on Lontoo. /79/

Anglo American aloitti tutkimustyöt alueella 2004 ja sai ensimmäiset merkit mineralisaatiosta 2006. Ensimmäinen lävistys sulfidimineralisaatiosta tehtiin 2009, jota seurannut Step Out kairausohjelma (2009 – 2012) varmistti maailmanluokan malmiesiintymän löytyneen. Yhtiö on tämän jälkeen tehnyt ensimmäiset alustavat kannattavuusselvitykset (Opportunity Study ja Concept Study) sekä alustavia rikastettavuustestejä. Vuoden 2017 alusta yhtiö on aloittanut ensimmäisen alustavan toteutettavuusselvityksen tekemisen (Pre Feasibility Study) tekemisen. Sen on määrä päättyä 2018 loppuun mennessä. Tarkastelu tehdään JORC (2012) -koodiston mukaisesti. Rinnalla etenevät luvitukset sekä YVA- ja SVA-menettelyt. Vuoden 2017 alusta lähtien hankkeen status ei ole enää ollut malminetsintähanke, vaan se on kaivoshanke. Esiintymä rahoittaa hanketta omalla kassallaan. /79 – 80/

Sakatti on ollut paljon julkisuudessa alueen suojelustatuksen takia, sillä esiintymä on merkittävältä osiltaan Viiankaavan soidensuojelualueen alla. Suojellun alueen pinta-ala on 6595 hehtaaria ja se kuuluu kokonaisuudessaan Natura 2000 ohjelma-alueeseen. Suojelun ensisijainen kohde on aapasuo-suotyppi. Suojelustatus rajoittaa tutkimusmenetelmien käyttöä ja täytyy luonnollisesti ottaa huomioon tulevaa kaivostoimintaa suunniteltaessa. Tunnistettu mineralisaatio on laajuudeltaan pari prosenttia koko suojelualueesta. Kaivosyhtiö on tehnyt vuosien varrella suuren määrän erilaisia ympäristö- ja luontoselvityksiä. /79 – 80/

Sakatin monimetalliesiintymän merkittävimmät arvoaineet ovat kupari, nikkeli, PGE-ryhmän metallit ja kulta. Tähän mennessä mineraalivarantojen suuruudeksi on arvioitu todennäköisissä mineraalivarannoissa kuparin osalta 121 000 tonnia ja nikkelin osalta 87 000 tonnia. Oletetuissa mineraalivarannoissa vastaavasti 724 000 tonnia kuparia ja 337 000 tonnia nikkeliä. Merkille pantavaa on malmin rikkaus: kevääl-

lä 2017 Anglo Americanin vuosikertomuksessa julkistetun mineraalivarantoarvion mukaan esiintymän metallipitoisuudet (kupari, nikkeli, koboltti, platina, palladium, kulta) vastaavat kupari-ekvivalentiksi muunnettuna 11,41% CuEq (todennäköiset mineraalivarannot) ja 4,68% CuEq (oletetut mineraalivarannot). /79 - 81/

Hanke etenee kaksivaiheisen alustavan toteutettavuusselvityksen (PFS A ja PFS B) kautta varsinaiseen toteutettavuusselvitykseen ja sen jälkeen toteutuksen suunnitteluun. Käytetty etenemismalli on Anglo Americanin oma Investment Development Model & Investment Criteria. /79, 80/

Alustavassa toteutettavuusselvityksessä on tutkittavaksi vaihtoehdoksi valittu maanalainen kaivos täyttölouhinta- (cut and fill) sekä poraus ja räjäytyslouhintamenetelmillä (blast hole stoping). Selvitettävänä ovat sisäänkäynti ja yksityiskohtaisemmat louhintavaihtoehdot, malmin rikastusvaihtoehdot sekä infrastruktuurin ja rikastushiekan varastoinnin sijoittelu. /79 - 81/

1.3.8 Keliber Oy Kaustinen

Keliber Oy omistaa useita kattavasti tutkittuja litiumesiintymiä Keski-Pohjanmaalla. Yhtiö aikoo tuottaa päätuotteenaan litiumkarbonaattia litiumakkuja varten. Pitkällä aikavälillä tavoitteena on päästä 9000 tonnin litiumkarbonaatin vuosituotantoon. Sivutuotteina syntyy analiimia ja kvarsti-maasälpähiekkaa, joille löytyy useita käyttökohteita. /82/

Voimassa oleva kaivoslupa yhtiöllä on Ullavan Längän esiintymään. Yhtiöllä on myös malminetsintälupia ja valtauksia useisiin muihin spodumeenipegmatiitti-esiintymiin. Esiintymien todetut malmivarat ovat yhteensä 0,47 Mt, missä keskimääräinen litiumoksidi (Li_2O) -pitoisuus on 0,95 %. Todennäköiset malmivarat ovat yhteensä 4,020 Mt, missä Li_2O -pitoisuus on keskimäärin 1,11 %. Todetut ja todennäköiset mineraalivarannot ovat yhteensä 8,065 Mt, missä Li_2O -pitoisuus on keskimäärin 1,19 %. /82/

Ensimmäiset viitteet litiumista saatiin vuonna 1956 Kaustiselta löydetyistä beryyllipitoisista lohkkareita. Näissä tavattiin litiumfosfaatti-mineraaleja. Vuonna 1959 Kaustisen Nikulan irtolohkkareista löydettiin tunnistamatonta mineraalia, joka paljastui spodumeeniksi. Tämän löydöksen seurauksena Suomen Mineraali Oy aloitti Kaustisella laajat lohkkarekartoitukset, joita jatkettiin Paraisten Kalkkivuori Oy:n ostettua Suomen Mineraali Oy:n. Näiden kartoitusten tuloksena löydettiin Alavetelin Emmesin ja Jänislammen, sekä Ullavan Längän litiumesiintymät. Vuosina 1976 - 1982 Paraisten Kalkkivuori Oy teki rikastustutkimuksia spodumeenimalmille, sekä sivutuotteina syntyville kvartsi-, maasälpä- ja kiillerikasteille. Spodumeenirikasteen jalostamista litiumkarbonaatiksi tutkittiin investointipäätökseen asti, mutta tuolloin kaivos- ja rikastustoimintaan ei vielä lähdetty johtuen litiumin vähäisestä maailman-kaupasta ja suurista markkinariskeistä. /82/

Keväällä 1999 muodostettiin Keliber-työryhmä, joka teki varaukset viiteen eri varaukseen. Ryhmä sai esiintymän hyödyntämisen tutkimukseen Pohjanmaan TE-keskuksen maaseutuosastolta EU-rahoituksen ja tutkimusprojekti suoritettiin v. 2000 - 2001. Tutkimustulokset olivat niin lupaavia, että Keliber Resources Ltd perustettiin

syksyllä 2001. Vuosina 2001 – 2006 Keliber Resources Ltd ja Outotec kehittivät Keski-Pohjanmaan litiumkarbonaatin tuotantoprosessin, joka on suunniteltu erityisesti Keski-Pohjanmaan litium-esiintymien hyödyntämistä varten. Vuonna 2006 Keliber Resources Ltd sai ympäristöluvan ja kaivosluvan Ullavan Länttään, sekä ympäristöluvan litiumin tuotantoon Kaustisen Kallavedelle. Samana vuonna Keliber Resources Ltd:n nimi muutettiin Keliber Oy:ksi. /82/

Keliber Oy:stä suurimman osan omistavat suomalaiset sijoitusyhtiöt ja yksityiset sijoittajat. Norjalainen Nordic Mining ASA on yhtiön suurin omistaja n. 22 % osuudella. Merkittäviä omistajia ovat myös mm. Tesi Industrial Management Oy, Ab Mine Invest Oy ja Keskinäinen Eläkevakuutusyhtiö Ilmarinen. /82/

1.3.9 Otanmäki

Otanmäki Mine Oy omistaa Otanmäen rauta-titaani-vanadiinikaivoksen, joka suljettiin vuonna 1985. Yhtiön tavoitteena on avata kaivos uudelleen vuosien 2019 – 2020 välisenä aikana. Kaivoksen päätuotteina tulevat olemaan vanadiinipentoksidi, ilmeniitti ja rautapelletti. Rikastuksen yhteydessä tullaan tuottamaan myös vähäisiä määriä pyriittiä. Malmin louhintamäärä tulee olemaan 1,5 – 2,0 Mt vuodessa. Louhinta tullaan aloittamaan avolouhoksena, jonka jälkeen siirrytään maanalaiseen louhintaan. Avolouhosvaihe kestäisi 3 – 5 vuotta. Kaivoksella on jo olemassa rautatie, 110 kV sähkölinja, kolme kaivostornia, toimisto-, huolto- ja varastorakennuksia, sekä asuntoja työntekijöille. Kaivoksen suunniteltu toiminta-aika on ainakin 15 vuotta. /83/

Otanmäen esiintymä löydettiin vuonna 1938 ja kaivos avattiin vuonna 1953. Päätuotteita olivat vanadiinipentoksidi, ilmeniitti ja rautapelletti. Toiminta-aikana kaivoksesta louhittiin yhteensä 33,1 Mt malmia ja sivukiveä. Louhinta tapahtui lähes kokonaan maanalaisessa kaivoksessa. Louhintamenetelminä käytettiin aluksi makasiinilouhintaa ja myöhemmin siirryttiin välitasolouhintaan. Tuotanto lopetettiin alkuvuodesta 1985. /83/

Rikastusprosessin pohjana tullaan hyödyntämään samaa prosessia, jota käytettiin kaivoksen ollessa toiminnassa. Rikastusprosessi aloitetaan malmin primääri- ja sekundäärimurskauksella. Murskattu malmi siirretään kuivamagneettiseen erotukseen, jossa malmi ja sivukivi erotetaan toisistaan. Tämän jälkeen malmi jauhetaan kuulamylyssä, jonka jälkeen se siirretään märkämagneettiseen erotukseen. Siinä magnetiitti erotetaan erilleen ja loput malmista siirretään vaahdotukseen. Vaahdotuksessa malmista erotetaan ilmeniitti ja pyriitti, jotka myydään eteenpäin. Magnetiitti siirretään vanadiinitehtaalle, missä siitä jalostetaan vanadiinipentoksidia. Myöhemmässä tuotantovaiheessa vanadiinipentoksidi voidaan jatkojalostaa ferrovandii-niksi. Rikastushiekat siirretään kaivosalueelle rakennettavaan rikastushiekka-altaaseen tai niitä käytetään tyhjien maanalaisia tilojen täytössä. /83/

1.3.10 Hautalampi

Finncobalt Oy omistaa Hautalammen koboltti-nikkeli-kupariesiintymän, joka sijaitsee Outokummussa entisen Keretin kuparikaivoksen alueella. Yhtiön tavoitteena on

ottaa tämä esiintymä tuotantoon ja tuottaa koboltti- ja nikkelikemikaaleja akkuteollisuutta varten. /84/

Outokumpu Oy kehitti Hautalammen kaivoksen vuosina 1985 – 1986 ja kaivos oli tuolloin lyhyen aikaa tuotannossa. Malmi rikastettiin silloisen Keretin kuparikaivoksen rikastamossa. Tuotanto kuitenkin lopetettiin vuonna 1986 kobolttin ja nikkelin äkillisestä maailmanmarkkinahinnan alenemisen johdosta. Outokumpu Oy:n omistuksen aikana kaivokseen tehtiin vinotunneli, sekä noin 2,1 kilometriä muuta tunneliverkostoa. Vuonna 2007 esiintymän kartoitus aloitettiin uudestaan ja alueella suoritettiin koekairauksia vuosien 2007 – 2009 välisenä aikana. Vuonna 2009 esiintymälle tehtiin kannattavuusselvitykset ja mineraalivarantojen arviot. Ympäristö- ja vesitalousluvut myönnettiin heinäkuussa 2009 ja ne tulivat lainvoimaisiksi touku-kuussa 2011. Marraskuussa 2013 myönnettiin kaivospiiri 284 hehtaarin alueelle. Uusi kaivospiiri myötäilee aiempaa Keretin kaivospiiriä. Finncobalt Oy hankki alueen maa-alueet ja mineraalioikeudet omistukseensa noin vuosi sitten. Edellytyksiä kaivoksen avaamiselle selvitetään vuoden 2019 loppuun asti jatkuvassa kehitysprojektissa. Tuotannon on suunniteltu alkavan aikaisintaan v. 2020 – 2021. /85,86/

Kaivoksen suunniteltu toiminta-aika tulee olemaan ainakin seitsemän vuotta. Päätuotteina tulevat olemaan koboltti- nikkeli- ja kuparirikasteet. Suunniteltu louhintamäärä on 350 Mt/vuosi. Esiintymässä on todettuja mineraalivarantoja 1,030 Mt, mis- sä nikkeli-pitoisuus on 0,45 %, kupari-pitoisuus 0,42 % ja kobolttipitoisuus 0,15 %. Li- säksi esiintymään sisältyy todennäköisiä mineraalivarantoja 1,216 Mt. FinnCobalt:lla ei ole omaa rikastamoaa. Yhtenä vaihtoehtona on rikastaa malmi Boliden:n omista- massa Luikonlahden rikastamossa tai Mondo Minerals:n Vuonoksen rikastamossa. Toinen vaihtoehto on oman rikastamon rakentaminen kaivosalueelle. /85,86/

1.3.11 Pahtavaara

Pahtavaaran kultakaivos sijaitsee Lapissa Sodankylän kunnassa. Esiintymän löysi Geologian tutkimuskeskus vuonna 1985 ja varsinainen kaivostoiminta aloitettiin vuonna 1996 alunperin avolouhoksena ja 2005 lähtien maanalaisena kaivoksena. En- simmäinen omistaja Terra Mining Oy teki konkurssiin 2000, minkä jälkeen toimintaa jatkoi Scanmining Oy, joka meni konkurssiin 2007. Vuodesta 2008 lähtien kaivos on ollut ruotsalaisen Lappland Goldminers Ab:n omistuksessa, minkä toiminta päättyi konkurssiin 2014. /87,88/

Maaliskuussa 2016 kanadalainen malminetsintäyhtiö Rupert Resources solmi kon- kurssipesän kanssa optiosopimuksen kaivoksen mahdollisesta lunastamisesta itsel- leen. Syyskuussa yhtiö päätti käyttää optio-oikeutensa ja lunasti kaivoksen, rikasta- mon sekä malminetsintäoikeudet noin kahden miljoonan euron hinnalla. Tällä het- kellä Rupert Resources:n suomalainen tytäryhtiö Rupert Finland Oy valmistelee kaivoksen uudelleen avaamista. Tehdyt valmistelevat työt ovat ensisijaisesti malmiar- vioiden päivittämistä. /90,91/



Avolouhokset ja vinotunneli
Pahtavaara

Kuva 12. Pahtavaaran kaivoksen 3D-malli /89/

1.3.12 Rompas-Rajatpalot

Rompaksen kultaesiintymä sijaitsee Ylitornion ja Rovaniemen rajalla noin 40 km:n etäisyydellä Rovaniemestä. Alueen malmipotentialia selvittää Mawson Resources Oy. Malmitutkimukset ovat keskittyneet Rajapalojen alueelle. Vuonna 2016 syväkai-rauksia tehtiin yhteensä n. 3,3 km ja 2017 talvella n. 12 km. Alueella on tehty myös pohjamoreeni-näytteenottoa, sekä geofysikaalisia mittauksia. Tähän mennessä alueella on tehty vain aikaisen vaiheen malmitutkimuksia. /92/

Rajapalojen alueella kohonneita kultapitoisuuksia on löydetty 1,3 – 12,6 m:n syvyyk-siltä ja alueelta on mitattu 3,6 – 37,6 g/t kultapitoisuuksia. Rompaksen alueella kulta esiintyy pistemäisinä rikkaina esiintyminä. Korkeimmat kultapitoisuudet on mitattu 6 m:n paksuisesta näytteestä, jossa keskimääräinen kultapitoisuus on 617 g/t. Tähän sisältyy metrin paksuinen anomalia, jossa kultapitoisuus on 3540 g/t. /93/

2 PIENKAIVOSTOIMINTA JA KULLANKAIVU

Suomen kaivosteollisuuden perinne on toisenlainen kuin anglosaksisissa kaivosteollisuuden suurvalloissa. Meillä moderni kaivostoiminta on ollut ruotsalaisen ja venäläisen perinteen tavoin ylhäältä organisoitua toimintaa, jossa valtio eri elintensä kautta on ollut sekä käynnistäjänä että päätoimijana. Tämän perinteen ja siihen pohjautuvan lainsäädännön vuoksi Suomessa ei ole ollut eikä ole edelleenkään merkittävää pienkaivostoimintaa tai kaivosteollisuuden mikroyrittäjyyttä muutamaa positiivista poikkeusta lukuun ottamatta.

Kullankaivu on yllättävän kansainvälistä toimintaa. Suomalaiset kullankaivun ammattilaiset ovat työskennelleet viime vuosina myös Indonesiassa, Venäjällä, Kanadassa, Alaskassa, Australiassa ja useissa Afrikan maissa. Kullankaivun harrastajat ovat osallistuneet kullanhuuhdontakisoihin ja retkeilleet kulta-alueilla mm. Italiassa, Kanadassa, Sveitsissä, Puolassa, Slovakiassa, Etelä-Afrikassa, Japanissa, Kaliforniassa ja Kiinassa.

Suomessa kullankaivun julkista kuvaa leimaa harrastus ja elämäntapa. Kullankaivua ei meillä mielikuvissa rinnasteta kaivostoimintaan. Maailmalla kullanhuuhdonta on kuitenkin merkittävää liiketoimintaa ja sitä pidetään aivan normaalina kaivostoiminnan muotona ja siitä on suora jatkumo laajamittaisempaa kovan kiven kaivostoimintaan.

2.1 HISTORIA

Valtion organisoima retkikunta löysi 1868 Inarin Lapista, Ivalojoelta merkittävän placer-kultaesiintymän (so. irtomaassa oleva irtopartikkeliesiintymä). Retkikuntaa johti rahapajan apulaisjohtaja Johan Conrad Lühr. Etsintäinnon takana olivat vastikään Kaliforniasta, Uralilta ja Australiasta tehdyt valtavat kulturalöydöt. Löydös laajeni kultaryntäykseksi, jota kontrolloimaan valjastettiin ylimitoitetut viranomaisvoimat ja synnytettyin raskas hallinto. Kultaryntäykseen osallistui n. 500 miestä, eikä se kansainvälisessä mittakaavassa ollut merkittävä. Silloisen Inarin kunnan väkiluvun se kuitenkin kaksinkertaisti. Esiintymään asetettiin paljon toiveita – suunniteltiin jopa Suomen markan painamista oman maankamaran kullasta.

Kun rikkaimmat ja helpoimmin hyödynnettävät esiintymät ehtyivät muutamassa vuodessa, puoliteollinen jopa kymmenien miesten voimin pyöritettävä huuhdonta ei enää kannattanut ja kruunun tulot vähenivät. Tämän seurauksena hallintoa yksinkertaistettiin ja pienimuotoisempi, paikallinen hyödyntäminen alkoi kehittyä. Lapin kultamaat laajenivat alkuperäisestä löytöpaikasta Ivalojoelta itään nykyisen Saariselän matkailukeskuksen paikkeille saakka. Matkailukeskuksen välittömässä läheisyydessä on useita historiallisesti erittäin rikkaita kultapuroja, kuten Hangasoja ja Laanioja.

Kulta-alueella vuorottelivat välillä vilkkaat vuodet, kun vuosisadan alkuvuosina panostettiin voimakkaasti kalliokullan etsintään ja 1920-luvulla koneelliseen huuhdontaan. Oululaiset, tamperelaiset ja helsinkiläiset yhtiöt panostivat suuria summia tutkimuksiin ja infrastruktuurin rakentamiseen. Alueen tiestö on vuosisadan alun kultayhtiöiden rakentama. Välillä taas toiminta hiipui pettymyksiin ja oli pelkästään pienimuotoisen paikallisen toiminnan varassa. 1930-luvulla kulta-alue laajeni Sodankylän kunnan alueelle, kun Tankavaaran kulta-alue löydettiin. Toisen maailmansodan jälkeen löytyi Lemmenjoen alue, minne kullankaivun pääpaino nopeasti siirtyi. 1940-luvulla kullan hinta oli hyvin korkealla ja uusille alueille saapui runsaasti uutta väkeä kultaa kaivamaan. Tämä uusi ryntäys oli erilainen kuin vanhat. Se ei ollut valtion tai suurten yritysten organisoimaa toimintaa, vaan perustui yksittäisten kaivajien tai pienten porukoiden toimintaan. Lapiokaivun lisäksi alueella kaivettiin kultaa myös kaivinkoneella jo 1951.

1950-luvulla kullan maailmanmarkkinahinta laski voimakkaasti ja kullankaivajien määrä alkoi vähetä. 1960-luvulla ammattimainen kaivu oli muutaman veteraanin varassa. 1970-luvulla kullanhuuhdonta harrastuksena toi uuden nousukauden. 1976 vietiin Lemmenjoelle ensimmäinen nykyaikainen kaivinkone ja kullankaivu elinkeinona alkoi muotoutua. Koneet yleistyivät 1980-luvulla kaikkialla, myös vanhoilla Ivalojoen alueilla. Useat aiemmin loppuun kaivetut alueet olivatkin erittäin kannattavia konekaivupaikkoja. Samoin lapiokaivajat pystyivät keveitä polttomoottoripumppuja käyttämällä hyödyntämään jo kerran kaivettuja alueita.

2.2 NYKYTILA

2000-luvun puolella kullankaivu on ammattimaistunut lisää. Käsiteltävät maamäärät ovat kasvaneet, mutta esiintymien heiketessä kultasaaliit ovat pysyneet aiemmalla tasolla. Nouseva kullan maailmanmarkkinahinta on kuitenkin parantanut toiminnan kannattavuutta.

Suomalainen kullanhuuhdonta perustuu kokonaan ränniin. Maailmalla hyvin yleisiä tärypöytiä tai jigejä ei käytetä. Prosessissa maa nostetaan joko lapiolla tai kaivinkoneella seulontaan ja edelleen ränniin, jossa virtaava vesi kuljettaa kevyen aineksen pois. Kulta ja rautarikaste jäävät rännin pohjalla oleviin rihloihin, josta kulta loppurikastetaan perinteiseen tyyliin vaskoolilla tai modernimpaan tapaan lautasspiraalierottimella. Kultapöly ja hiekka myydään sellaisenaan eteenpäin sulatettavaksi ja jatkopuhdistettavaksi. Joskus se jatkojalostetaan pieniksi dore-harkoiksi. Kookkaampia hippuja ei sulateta, vaan ne käytetään sellaisenaan korujen raaka-aineena.

Kullankaivu harrastuksena on laajentunut. Lapin Kullankaivajain Liitto ry:n arvi-
on mukaan kullankaivun ammattilaisia on parisenkymmentä, puoliammattilaisia
satakunta ja harrastajia kolmisen tuhatta. Kultaa kaivetaan vuosittain 25 – 40 kiloa.
Lisätuloa kullankaivajat saavat matkailusta, korukivistä sekä tekemällä kultahippu-
koruja. Kauniin kultahipun myyntihinta on moninkertainen verrattuna sen sisältä-
män kullan maailmanmarkkinahintaan.

Lapista koko kultahistorian aikana kaivetun irtokullan määrän on arvioitu kerät-
tyjen tilastojen perusteella olevan 1500 – 2000 kiloa. Kullankaivun tuottaman kullan
arvo on n. 1,5 miljoonaa euroa vuodessa. Liitännäiselinkeinot tuottavat siihen n. puo-
len miljoonan euron lisän. Paikallistasolla taloudellinen vaikutus on ainakin kaksin-
kertainen, sillä suurin osa kullankaivun harrastajista kuluttaa paikallisiin palveluihin
huomattavasti enemmän kuin heidän esiin kaivamansa kullan arvo on.

Kaivu tapahtuu kaivospiireillä, joita on 27 kappaletta ja valtauksilla, joita on pari-
sen sataa. Hallinnon kustannusten noustua, on koko ajan yleisempää perustaa poruk-
kavaltauksia tai hyödyntää muutaman kesälomaviikon ajan kullankaivajain liiton
yhteiskäyttöisiä jäsenvaltauksia. Ammattimaisen koneellisen kullankaivun pääpaino
on kaivospiireillä ja harrastustoiminnasta suurin osa tapahtuu valtauksilla. Konekai-
vulupia on n. viisikymmentä, mistä puolet on annettu hyvin pienille parin tonnin ns.
moottorilapioille. Ammattikäytössä yleisin kaivinkonekoko on n. 20 tonnia. Tämän
lisäksi on käytössä joitakin 30 – 40 tonnin koneita.

Kullanhuuhdonta-alueella on todennäköisesti useita erillisiä kullan lähtöpaikkoja.
Todennäköisimmin maaperän irtokulta on rapautunut alueella monin paikoin tava-
tuista kvartsi-karbonaattijuonista. Näistä lähteistä kulta on rapautunut ja kulkeutu-
nut nykyisille löytöpaikoilleen monen eri välivaiheen kautta pitkänä geologisina ajan-
jaksoina. Ainoastaan ns. Laanilan kulta-alueelta on tavattu näitä kullan ns. emäkal-
lioita. Nämä Sodankylän ja Inarin kunnan rajalla olevat kultamineralisaatiot (3 kpl)
ovat olleet niin pieniä ja heikkopitoisia, että tutkimukset on lopetettu.

2.3 LAINSÄÄDÄNTÖ JA YMPÄRISTÖ

Kullankaivu vaatii 1.7.2011 voimaan tulleen kaivoslain mukaisesti kullanhuuhdonta-
luvan. Koneellinen kullankaivu vaatii tämän lisäksi aina ympäristöluvan ja useim-
missa tapauksissa vielä vesitalousluvan. Kullankaivajapiireissä uuden kaivoslain suu-
rimpana ongelmana pidetään sitä, että aiemmin myönnettyt kaivospiirit raukeavat
1.7.2020, mikä todennäköisesti vähentää kullankaivun ammattimaisuutta.

Uuden kaivoslain mukaisten kullanhuuhdontalupien ongelmia on vähentänyt kak-
si muutosta kaivoslakiin, joissa kaivosviranomaiselle on annettu mahdollisuus antaa
tietyissä tilanteissa toimeenpanomääräys, mikä on vähentänyt valitusten aiheutta-
maa haittaa. Lisäksi lupasykliä on pidennetty kolmesta kymmeneen vuoteen.

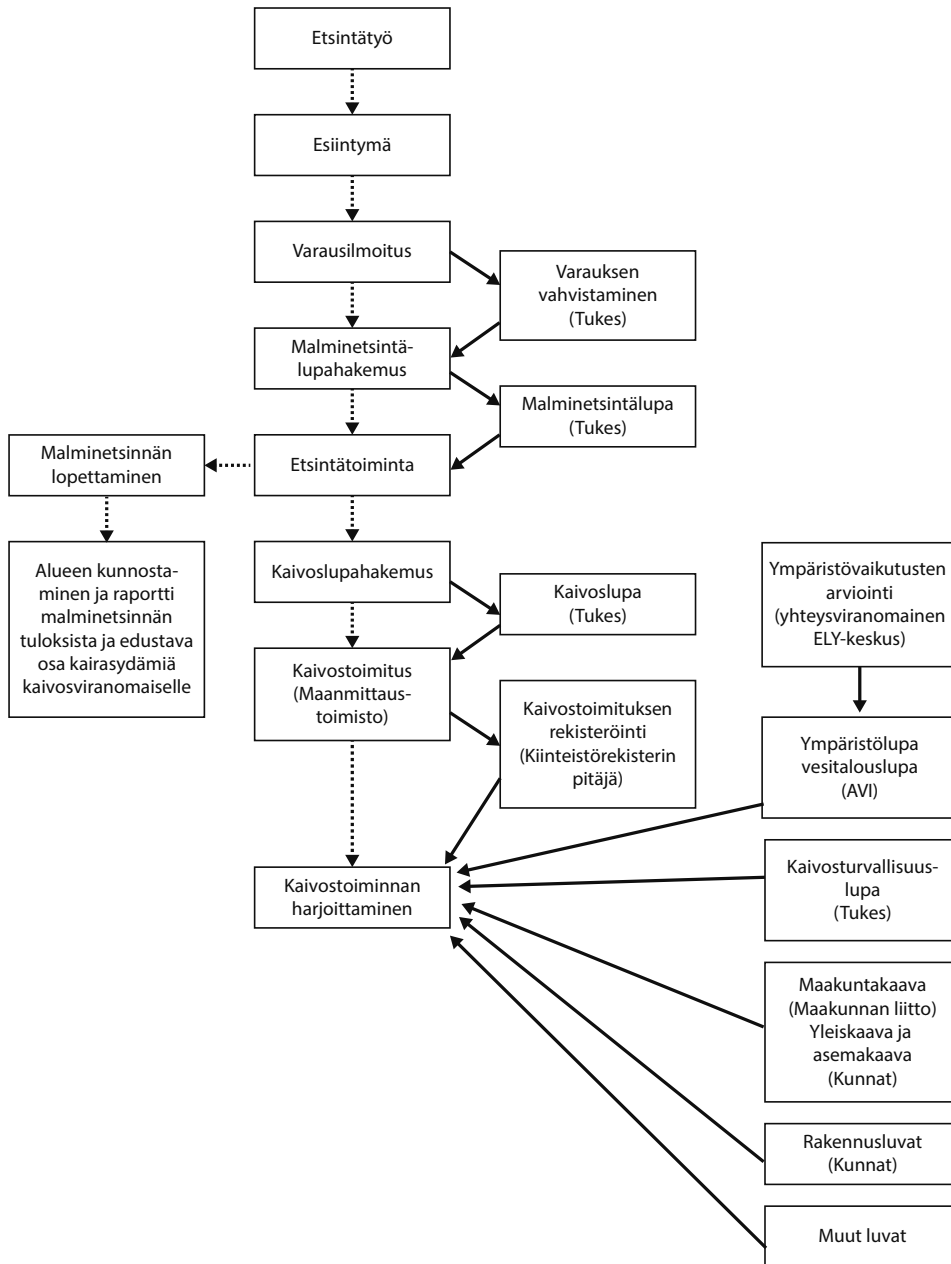
Ympäristöväki ja mm. Saamelaiskäräjät kritisoi koneellisen kullankaivun ympäris-
tövaikutuksia. Samaan aikaan kullankaivulla on kuitenkin erittäin myönteinen jul-
kisuuskuva. Varsinkin lapiokaivua ja kullankaivua elämäntapana sympatisoidaan
laajasti.

3 KAIVOSTOIMINNAN LAINSÄÄDÄNTÖ

Kaivostoiminta on elinkaarensa eri vaiheissa erittäin tarkkaan säädeltyä ja luvanvaraista toimintaa. Kuvassa 13 on esitetty keskeisimmät kaivoshankkeen eri vaiheissa tarvittavat luvat, joiden lisäksi tarvitaan vielä kymmeniä muita lupia liittyen mm. jätteiden käsittelyyn ja päästöihin. Kiviainesten hyödyntämiseksi kaivoslaissa (621/2011) edellytetään tutkimusvaiheen valmistelussa varausta, tutkimusvaiheessa malminetsintälupaa ja kaivosvaiheessa kaivoslupaa. Ympäristönsuojelulaki (86/2000) säätelee myös voimakkaasti kaivostoimintaa, jonka nojalla kaivoksella, rikastamolla ja kaivannaisjätealueilla on oltava ympäristölupa. Merkittävässä hankkeissa, jotka täyttävät ympäristövaikutusten arviointimenettelystä annetun asetuksen (713/2006) 6§:n tunnusmerkit, suoritetaan myös ympäristövaikutusten arviointilain (486/1994) mukainen menettely, jossa tuotetaan monipuolista tietoa päätöksenteon tueksi. /94-99, 146/

Vesistöihin ja pohjavesiin vaikuttavat toimenpiteet edellyttävät vesilain (587/2011) mukaista vesilupaa, jonka lisäksi rakennusvaiheessa kaivosalueelle tulee hankkia rakennuslupia sekä usein alueelle tulee laatia myös maankäyttö- ja rakennuslain (132/1999) mukaisia kaavoja. Toiminnassa käytettävien kemikaalien ja räjähteiden käyttöä sekä varastointia säädellään puolestaan kemikaalilailla (744/1989) ja vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta annetulla lailla (390/2005). /94, 100-103, 146/

Lupaprosessissa on mukana useita eri viranomaisia, kuten turvallisuus- ja kemikaalivirasto (TUKES), elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus (ELY), aluehallintovirasto (AVI) sekä kunta. Mikäli hanke sijoittuu Natura- tai muulle suojelualueelle, viranomaisista mukaan prosessiin tulevat kohteesta riippuen ympäristöministeriö sekä Metsähallitus. Uranin ja toriumin tuottamiseen liittyvät asiat käsitellään STUK:ssa ja valtioneuvostossa. Ajallisesti kaivoksen perustamiseen tarvittaviin lupajärjestelyihin kuuluu 2-3 vuotta, jonka lisäksi myös kaavoitus vie oman aikansa, riippuen tarvittavista uusista kaavoista. Yksi luvitusprosessin haaste on, että hankkeet ovat kooltaan yleensä niin suuria, jolloin erityisesti YVA-menettely vaatii erityisasiantuntijutta ja aikaa paneutua aineistoihin. /95, 146/



Kuva 13. Kaivoksen luvitusprosessi /104/

3.1 KAIVOSLAKI JA -ASETUS

Kaivostoimintaa Suomessa säätelevät kaivoslaki (621/2011) ja sitä täydentävä valtioneuvoston asetus (391/2012). Uudistettu kaivoslaki astui voimaan 2011, jolloin se korvasi aiemman, vuonna 1965 säädetyin, lain. Kaivoslailla säädetään kaivosmineraaleja sisältävän esiintymän etsintää ja hyödyntämistä, valtion omistamalla alueella tapah-

tuvaa kullanhuuhdonta sekä niihin liittyvän toiminnan lopettamista sekä kaivostoi-
mitusta. Kaivoslain mukaisena kaivosviranomaisena toimii Turvatekniikan keskus
(TUKES), joka ratkaisee kaivoslain mukaisia oikeuksia ja lupia koskevat hakemukset
sekä ylläpitää kaivosrekisteriä. /96,105,106, 146/

Uudistuksen lähtökohtana on ollut, että uusi laki turvaisi kaivostoiminnan ja mal-
minetsinnän edellytykset yhteiskunnallisesti, taloudellisesti ja ekologisesti kestäväällä
tavalla. Tavoitteena on ollut huomioida kansalaisten perusoikeudet ja elinolojen tur-
vaaminen, kuntien vaikuttamismahdollisuudet sekä maanomistajien oikeudet, jol-
loin valitusoikeus lupapäätöksistä olisi useammalla taholla. Uudistetun lupajärjestel-
män tarkoituksena on kaivoslain noudattamisen ennakoiva valvonta sekä erilaisten
intressien yhteensovittaminen. Tähän liittyen hallintomenettelyjä on tarkennettu ja
vaikutuksia huomioitu entistä tarkemmin, jotta haitta kolmansille osapuolille saatai-
siin minimoitua. /95,107, 146/

Kaivoslakiin tuli pieniä muutoksia 1.7.2017 alkaen. Muutokset mm. poistivat kaava-
maiset kaivosturvallisuuslupan päivitykset pienten kaivosmuutosten yhteydessä ja
kevensivät vuosittaista kaivoskarttojen toimittamisvelvollisuutta. Ylipäätään muu-
tokset olivat lähinnä teknisiä, viranomaistyötä suoraviivaistavia muutoksia. /96,109,
146/

3.1.1 Malminetsintä ja varaus

Malminetsintää voidaan tehdä jokamiehenoikeuksia muistuttavana etsintätöinä, jos-
sa kaivosmineraalien löytämiseksi tehdään geologisia mittauksia ja havaintoja. Myös
vähäisten näytteiden ottaminen on sallittua, mikäli toiminnasta ei aiheudu vahinkoa
tai suurempaa haittaa. Kaivoslaissa on määritelty alueet, joilla edellä mainittu etsin-
tätö maan pinnalla on lähtökohtaisesti kielletty, ellei viranomainen tai asianomai-
nen oikeudenhaltija anna suostumustaan. Tällaisia ovat mm. ehdottomasti hautaus-
maat, puolustusvoimien alueet, puutarhatalouden käytössä olevat alueet sekä yleises-
sä käytössä olevat liikenneväylät. Lisäksi etsintätöitä ei saa suorittaa 150 m lähempä-
nä asumiseen tai työntekoon tarkoitettua rakennusta tai yksityistä piha-alueetta. Van-
hassa kaivoslaissa kyseinen varoetäisyys oli 50 m, joka koskee nykyään vain yleistä
rakennusta tai laitosta. /95,96, 146/

Tietyissä tapauksissa malminetsintään tarvitaan lupa, jonka myöntää nykyinen
kaivosviranomainen Tukes, aiemman työ- ja elinkeinoministeriön sijaan. Luvan hal-
tija voi muun muassa tehdä kaivostoimintaa valmistelevia tutkimuksia sekä rakentaa
tai siirtää alueelle tutkimustoiminnassa tarvittavia rakennelmia ja laitteita. Malmin-
etsintälupa tarvitaan tilanteissa, joissa etsintää ei voida toteuttaa etsintätöinä, etsintä
kohdistuu uraania tai toriumia sisältävään esiintymän tutkimiseen tai jos etsinnästä
voi aiheutua haittaa terveydelle, yleiselle turvallisuudelle, elinkeinotoiminnalle ja
luonnolle. /94 – 96, 146/

Saadakseen etuoikeuden malminetsintälupaa varten, hakija voi varata alueen itsel-
leen malminetsintälupahakemuksen valmistelua varten. Varausta haetaan kaivosvi-
ranomaiselta ja se on voimassa enintään kaksi vuotta. Vanhan kaivoslain mukaisista
varauksen kokorajoituksista on luovuttu, jonka lisäksi päätösten tiedottamista eri

sidosryhmille on lisätty runsaasti ja näin ollen vaikuttamismahdollisuuksia lisätty. /96,108, 146/

Malminetsintälupa antaa sen haltijalle etuoikeuden hakea lupaa esiintymän hyödyntämiseen, jolloin se pääosin vastaa vanhan kaivoslain mukaista valtausoikeutta. Vanhasta kaivoslaista poiketen malminetsintäalueen kokoa ei ole rajoitettu ja luvan voimassaoloaikaa on pidennetty siten, että lupa myönnetään aluksi neljäksi vuodeksi, jonka jälkeen sitä on mahdollista pidentää kolmen vuoden jaksoilla enintään 15 vuoteen asti. Vanhan lain mukaan valtaus oli voimassa enintään 8 vuotta. Luvan haltijan on suoritettava maanomistajille vuosittain malminetsintäkorvausta, joka kasvaa portaittain:

- vuodet 1-4: 20 euroa/ha/vuosi
- 5-7: 30 euroa/ha/vuosi
- 8-10: 40 euroa/ha/vuosi
- 11-15: 50 euroa/ha/vuosi.

Valtiolle suoritettava korvaus on uudesta kaivoslaista poistettu. /96,108, 146/

Malminetsintäluvan haltijan on asetettava vakuus mahdollisen vahingon ja haitan korvaamista sekä jälkihoitotoimenpiteitä varten. Vakuuden lajin ja suuruuden määrää lupaviranomainen. Lisäksi malminetsintätöistä on vuosittain raportoitava kaivosviranomaiselle. Luvan rauettua, mikäli sen haltija ei ole hakenut alueelle kaivoslupaa, etsintäalue on kunnostettava mahdollisimman luonnonmukaiseen tilaan, jonka lisäksi on toimitettava kuuden kuukauden kuluessa kaivosviranomaiselle tutkimus-työselostus, tietoaineisto sekä edustava osa kairasydämistä. /96,108, 146/

3.1.2 Kaivoslupa

Kaivoksen perustamista ja kaivostoiminnan harjoittamista varten tulee olla kaivoslupa. Lupa oikeuttaa hyödyntämään kaivosalueella olevat mineraalit sekä toiminnan sivutuotteena syntyvää materiaalia, kuten rikastushiekkaa ja sivukiveä, jonka lisäksi sen haltija saa suorittaa kaivosalueella myös malminetsintää. Kaivosluvan haltija on velvollinen huolehtimaan, ettei toiminnasta aiheudu haittaa ihmisten terveydelle tai vaaraa yleiselle turvallisuudelle eikä huomattavaa haittaa yleiselle tai yksityiselle edulle. Lisäksi on huolehdittava, että toiminnan aikana ei tapahdu kaivosmineraalien ilmeistä tuhlausta ja että kaivoksen tai esiintymän mahdollista tulevaa käyttöä ei vaaranneta tai vaikeuteta. /108, 146/

Kaivosluvassa määriteltävän kaivosalueen tulee olla yhtenäinen alue, joka on suuruudeltaan ja muodoltaan sellainen, että turvallisuutta, kaivostoiminnan sijoittamista ja kaivostekniikkaa koskevat vaatimukset täyttyvät. Alue ei saa olla suurempi kuin mitä kaivostoiminta, esiintymän koko huomioon ottaen, välttämättä edellyttää. Varsinaisen kaivosalueen lisäksi voidaan määrätä myös apualue, joka sijaitsee kaivosalueen vieressä ja on tarpeen esimerkiksi teitä, voima- tai vesijohtoja sekä vesien käsittelyä varten. /96, 146/

Kaivostoiminnan harjoittaja voi hankkia kaivostoimintaa varten tarvittavan alueen omistus- tai käyttöoikeuden joko sopimusteitse tai hakea valtioneuvostolta kaivosaluelunastuslupaa. Kaivosaluelunastuslupa voidaan myöntää, jos kaivoshanke on

yleisen tarpeen vaatima. Tätä arvioidaan erityisesti kaivoshankkeen paikallis- ja aluetaloudellisten sekä työllisyysvaikutusten ja yhteiskunnan raaka-ainehuollon tarpeen perusteella. Alueiden käyttöoikeuksien sekä muiden erityisten oikeuksien lunastaminen tapahtuu alueella toimivan maanmittaustoimiston suorittamassa kaivos-toimituksessa. Vanhassa kaivoslaissa kaivosoikeuden haltija sai suoraan lain perusteella käyttöoikeuden kaivospiirin alueeseen. Uudistetun kaivoslain mukaisessa kaivosluvassa voidaan myöntää rajoitettu käyttö- tai muu oikeus kaivoksen apualueeseen, siltä osin kuin alueelle suunniteltujen toimintojen sijoittaminen järjestykseltään tyydyttävästi ja kustannuksiltaan kohtuullisesti edellyttää. /96,108, 146/

Kaivoslupan myöntämisen edellytyksenä on, että esiintymä on kooltaan, pitoisuuksiltaan ja teknisiltä ominaisuuksiltaan hyödyntämiskelpoinen. Esiintymän kokoa ja pitoisuutta voidaan pitää riittävänä, jos sen louhinnasta saatavat tulot kattavat käyttökustannukset ja takaavat vaadittavan tuoton sijoitetulle pääomalle. Teknisistä ominaisuuksista tärkeimmät ovat louhintatekniset ja rikastustekniset ominaisuudet. Kaivoslupaa ei saa myöntää, jos on painavia perusteita epäillä, ettei hakijalla ole edellytyksiä tai aikomusta aloittaa alueella kaivostoimintaa tai jos hakija on aiemmin oleellisesti laiminlyönyt kaivoslakiin perustuvia velvoitteitaan. Lupaa ei myöskään saa myöntää, jos toiminta aiheuttaa yleistä vaaraa turvallisuudelle, terveydelle ja ympäristölle, eikä niitä voida erilaisin lupamääräyksin poistaa. /96, 146/

Kaivoslupa on voimassa toistaiseksi, mutta sen määräyksiä tarkistetaan kaivosviranomaisen toimesta vähintään 10 vuoden välein. Lupa voidaan myös myöntää määräajaksi perustellusta syystä, jolloin lupa on voimassa enintään 10 vuotta päätöksen lainvoimaiseksi tulosta. Määräaikaiselle luvalla voidaan myöntää jatkoaikaa toistaiseksi tai enintään kymmeneksi vuodeksi kerrallaan, sen mukaan mitä esiintymän hyödyntäminen edellyttää. /96, 146/

Kaivoslupan voimassaolo raukeaa määräajan päättyessä. Lupaviranomaisen on päätettävä, että kaivoslupa raukeaa, jos luvanhaltija ei ole luvassa annettussa määräajassa aloittanut kaivostoimintaa tai ryhtynyt sellaiseen työhön, joka osoittaa luvanhaltijan pyrkivän vakavasti toiminnan aloittamiseen. Lupa raukeaa myös, jos kaivostoiminta on ollut luvanhaltijasta riippuvasta syystä keskeytyneenä yhtäjaksoisesti vähintään 5 vuoden ajan tai toiminta on loppunut. Lupaviranomainen voi kuitenkin enintään kahdesti lykätä luvan raukeamista ja antaa uuden määräajan toiminnan aloittamiseksi tai jatkamiseksi. Lykkäämistä voidaan tehdä enintään 10 vuoden ajan. /96, 146/

Kaivoslupan haltija on velvollinen maksamaan kaivosalueeseen kuuluvien kiinteistöjen omistajille louhintakorvausta, jonka suuruus on 50 euroa/ha tai 100 euroa/ha, mikäli kaivostoimintaan ryhtymistä lykätään. Tämän lisäksi metallimalmikaivokset maksavat louhintakorvauksena 0,15 % vuoden aikana louhitun ja hyödynnetyn metallimalmin kaivosmineraalien lasketusta arvosta. Muiden kaivosmineraalien kohdalla maksetaan kohtuullinen korvaus louhitusta ja hyödynnetystä mineraalista. Vanhassa kaivoslaissa maanomistaja sai vuosittain kaivospiirimaksua 20 euroa/ha ja louhintakorvaus oli sopimusperustainen. /96,108, 146/

Kaivostoiminnan lopetus- ja jälkitoimenpiteitä varten kaivosluvan haltijan on asetettava vakuus, jonka lajin ja suuruuden määrää lupaviranomainen. Luvan haltija on lisäksi velvollinen toimittamaan vuosittain selvityksen kaivosviranomaiselle esiintymän hyödyntämisen laajuudesta ja tuloksista sekä ilmoittamaan, jos tiedot mineraalivarannoista oleellisesti muuttuvat. Toiminnan loputtua kaivosalue on saatettava kahden vuoden kuluessa yleisen turvallisuuden vaatimaan kuntoon, kunnostettava, siistittävä sekä maisemoitava, jonka lisäksi on toimitettava kaivosviranomaiselle aluetta koskeva yleinen ja geologinen tietoaineisto. /96,108, 146/

3.1.3 Kaivosturvallisuuslupa

Kaivostoiminnan harjoittaja on velvollinen huolehtimaan kaivosturvallisuudesta, johon liittyvät kaivoksen rakenteellinen ja tekninen turvallisuus sekä kaivoksessa tapahtuvien vaaratilanteiden ja onnettomuuksien ehkäiseminen ja niiden seurauksien rajoittaminen. Kaivoksen rakentamiseen ja tuotannolliseen toimintaan tarvitaankin siis kaivosturvallisuuslupa, jonka myöntää kaivosviranomainen sen jälkeen, kun kaivoslupa on tullut lainvoimaiseksi. /96, 146/

Luvassa määrätään kaivosturvallisuuden edellyttämistä toimenpiteistä, kaivoksen sisäisestä pelastussuunnitelmasta, kaivosturvallisuuden kannalta keskeisen henkilöstön kouluttamisesta, opastuksesta ja ohjauksesta, kaivoskartasta, kaivostoiminnan lopettamisen huomioon ottamisesta sekä muista välttämättömistä ja lupaan liittyvistä seikoista. Kaivosturvallisuuslupa on voimassa toistaiseksi voimassa oleva, mutta kuitenkin enintään yhtä kauan aikaa kuin varsinainen kaivoslupa. Luvan määräyksiä tarkastetaan kaivosviranomaisen määräämin väliajoin, kuitenkin vähintään kymmenen vuoden välein. /96, 146/

3.2 YMPÄRISTÖNSUOJELULAINSÄÄDÄNTÖ

Ympäristösuojelulakia (527/2012) ja sitä täydentävää ympäristönsuojeluasetusta (713/2014) sovelletaan toiminnoille, jotka aiheuttavat vaaraa ympäristön pilaantumiselle. Lisäksi sitä sovelletaan toimintoihin, jossa syntyy jätettä sekä jätteen hyödyntämiseen tai käsittelyyn. Tällaisia toimintoja ovat esimerkiksi metsä-, metalli- ja kemianteollisuus, energian tuotanto sekä malmien tai mineraalien kaivaminen ja maaperän ainesten otto. Ympäristölain tavoitteena on muun muassa ehkäistä ympäristön pilaantumista, turvata terveellinen ympäristö ja ehkäistä jätteiden syntyä sekä edistää luonnonvarojen kestävää käyttöä. Näitä tavoitteita pyritään toteuttamaan asettamalla erilaisia määräyksiä ja raja-arvoja muun muassa toiminnan laajuudelle ja siitä syntyville päästöille. Laki edellyttää, että pilaantumisen vaaraa aiheuttavalla toiminnalla, kuten kaivostoiminnalla, on haettava ympäristölupa, jonka myöntää paikallinen aluehallintovirasto. /97,110,111, 146/

Ympäristösuojelulain mukaan toiminnanharjoittajan on oltava selvillä toimintansa ympäristövaikutuksista, -riskeistä ja haitallisten vaikutusten vähentämismahdollisuuksista. Jos toiminnasta aiheutuu tai uhkaa aiheutua ympäristön pilaantumista, toiminnanharjoittajan on ryhdyttävä toimenpiteisiin pilaantumisen ehkäisemiseksi

tai sen rajoittamiseksi mahdollisimman vähäiseksi. Nämä velvoitteet koskevat muun muassa malminetsintää ja kaivostoimintaa. /94,97, 146/

Jo malminetsintävaiheessa saattaa ympäristöön kohdistua vaikutuksia, jotka voivat tietyissä tapauksissa olla erittäinkin haitallisia. Vaikutukset ovat kuitenkin yleensä vältettävissä, mikäli kohdealueesta tehdään riittävät selvitykset, jotka huomioidaan toimenpiteiden suunnittelussa ja toteutuksessa. Hyvän käytännön mukaista on tehdä etsintätoimenpiteistä ilmoitus valvontaviranomaiselle, joka tarvittaessa voi pyytää lisätietoja sekä ohjeistaa toiminnanharjoittajaa. Kaivostoiminnan aloittamista harkitessa malmille tehdään pääsääntöisesti koerikastusta, joka edellyttää malmin louhintaa suunnitellulla kaivosalueella. Rikastusta varten tehtävästä koelouhinnasta aiheutuu ympäristöön päästöjä ja se muokkaa maisemaa sekä voi vaikuttaa alueen vesitalouteen, jonka vuoksi koerikastus- ja louhinta on katsottu ympäristösuojelulain mukaiseksi koetoiminnaksi, josta tulee tehdä ilmoitus toimivaltaiselle ympäristöviranomaiselle. Koelouhinnan ollessa pitkäkestoista, voidaan toiminnalta edellyttää jo tässä vaiheessa ympäristölupaa. /94, 146/

3.2.1 Ympäristölupa

Ympäristönsuojelulaissa mainittuun toimintaan tarvitaan ympäristölupa. Kun kyseessä on kaivostoiminta ja malmin tai mineraalien rikastamo, viranomaisena toimii aluehallintovirasto. Ympäristöluvassa annetaan ympäristön pilaantumisen ehkäisemiseksi lupamääräyksiä muun muassa päästöistä, jätteistä ja niiden synnyn ja haitallisuuden vähentämisestä. Näiden lisäksi luvassa määrätään toiminnan lopettamisen jälkeisistä toimista, kuten alueen kunnostamisesta ja päästöjen ehkäisemisestä. /95,110, 146/

Lupahakemuksesta on käytävä ilmi, mihin aineistoon ja laskenta-, tutkimus tai arviointimenetelmään siinä annetut tiedot perustuvat. Lupahakemuksen tarkemmas sisällöstä ja siihen liitettävistä tiedoista sekä suunnitelmista on kerrottu ympäristönsuojeluasetuksessa. Lupahakemuksen toimittamisen jälkeen, kun asia on riittävän yksityiskohtaisesti selvitetty, lupaviranomainen tekee siitä julkisen kuulutuksen. Kuulutuksen tarkoituksena on saattaa lupa-asia tiedoksi muille ja tarjota asianosaisille mahdollisuus ilmaista mielipiteensä muistutuksen muodossa. Tämän lisäksi aluehallintoviraston on pyydettävä lausunto mm. kunnilta, niiltä elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksilta, joiden alueita toiminta koskee sekä muilta mahdollisilta asianosaisilta. Lisäksi kaikki itsensä asianosaiseksi kokevat voivat jättää asiasta mielipiteen. /97, 146/

Ympäristölupa myönnetään lupaharkinnan jälkeen, mikäli toiminta täyttää ympäristönsuojelulain sekä muita sitä koskevien lakien, kuten jätelain (646/2011) ja luonnonsuojelulain (1096/1996) sekä vesilain (587/2011) asettamat vaatimukset. Hyvin usein ympäristölupapäätöksen yhteydessä tehdään vesilain mukaiset lupapäätökset. Lupaa harkitessa viranomaisen tulee ottaa huomioon asiassa annetut lausunnot ja tehdyt muistutukset. Kaivostoimintaa koskevassa ympäristöluvassa on huomioitava lisäksi toiminnasta syntyvät kaivannaisjätteet ja niiden jätehuoltosuunnitelma sekä mahdolliset vesistöihin kohdistuvat muutokset. Myönnettävässä luvassa on annettava

määräykset toiminnan käyttötarkkailusta, päästöjen, jätteiden ja jätehuollon, toiminnan vaikutusten sekä toiminnan lopettamisen jälkeisen ympäristön tilan tarkkailusta. Päästöraja-arvoja sekä päästöjen ehkäisemistä ja rajoittamista koskevien lupamääräysten on perustuttava parhaaseen käyttökelpoiseen tekniikkaan (BAT). /97,100,110,112,113, 146/

Valvontaviranomaisen tulee tarkastaa luvan saaneen toimintaa tietyin väliajoin. Näin varmistetaan, että luvan saaja varmasti toimii säännösten mukaisesti ja noudattaa annettuja vaatimuksia. Valvonnassa voidaan hyödyntää asiantuntijaviranomaisia ja -laitoksia. Luvan haltija on lisäksi velvollinen informoimaan valvontaviranomaista toiminnan kannalta olennaisista muutoksista. Ympäristönsuojelulaki velvoittaa ympäristöluvan mukaista toimintaa harjoittaneen pitämään huolta, ettei ympäristö pilaannu toiminnan loputtuakaan. /97,110, 146/

3.2.2 Ympäristövaikutusten arviointi YVA

Ympäristövaikutusten arviointimenettelyä (YVA) sovelletaan hankkeisiin, joista saattaa aiheutua merkittäviä haitallisia ympäristövaikutuksia. Tällaisia hankkeita ovat muun muassa metallimalmien tai muiden kaivoskivennäisten louhinta, rikastaminen ja käsittely yli 550000 tonnia vuodessa. Arviointimenettelyssä selvitetään ja arvioidaan hankkeiden ympäristövaikutukset, etsitään haitallisten vaikutusten ehkäisykeinoja sekä suunnitellaan hankkeen ympäristövaikutusten seuranta. Samalla myös kuullaan viranomaisia sekä niitä joihin hanke saattaa vaikuttaa, tarjoten mahdollisuus osallistua hankkeen valmisteluun. YVA-menettelyssä ei siis tehdä hanketta koskevia päätöksiä vaan tuotetaan monipuolista tietoa päätöksenteon pohjaksi, jota hyödynnetään laajasti esimerkiksi hankkeen ympäristölupakäsittelyssä. /94,99, 146/

YVA-menettelystä säädetään laissa (468/1994) sekä valtioneuvoston asetuksessa (713/2006). Lainsäädännön tarkoituksena on edistää ympäristövaikutusten arvioinnin huomioonottamista suunnittelussa ja päätöksenteossa sekä lisätä yleisön tiedonsaantia ja osallistumismahdollisuuksia hankkeen aikana. Menettelyn osapuolina toimivat hankkeen valmistelusta ja toteuttamisesta vastuussa oleva toiminnanharjoittaja eli hankkeesta vastaava, alueellinen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus eli yhteysviranomaisena sekä muut osallistujat eli muut viranomaiset, yksityishenkilöt ja yhteisöt. Hyvin suunniteltu ja toteutettu eri tahojen osallistumisen mahdollistaminen edesauttaa merkittävästi myös sosiaalisten vaikutusten arviointia, joka on keskeinen osa YVA-menettelyä. /94,98,99, 146/

Ympäristövaikutusten arviointimenettely on kaksivaiheinen ja se koostuu ympäristövaikutusten arviointiohjelmasta sekä arviointiselostuksesta ja niihin liittyvistä kuulemis- ja lausuntokierroksista. YVA-menettely alkaa, kun hankkeesta vastaava toimittaa yhteysviranomaiselle laatimansa arviointiohjelman. Ohjelmassa selostetaan millaisia hankkeen toteuttamisvaihtoehtoja ja seurauksia arvioinnissa tullaan selvittämään, mitä lupia ja suunnitelmia hanke edellyttää sekä miten arviointimenettely aiotaan toteuttaa. Ohjelman ja siitä annettujen lausuntojen sekä mielipiteiden perusteella kaivosyhtiö tekee tarvittavat selvitykset ja arvioinnit hankkeen vaikutuksesta, jotka selostetaan YVA-selostuksessa. Siinä mm. esitetään vaikuttavuusarvioin-

tien ja vaihtoehtotarkastelujen tulokset, haitallisten ympäristövaikutusten vähentämismahdollisuudet ja hankkeen vaikutusten alustava seurantaohjelma sekä hankkeen ympäristöriskejä. Yhteysviranomaisen velvollisuus on tiedottaa arviointiohjelmasta ja -selostuksesta kuuluttamalla niistä hankkeen todennäköisellä vaikutusalueella sekä kerätä niistä annetut mielipiteet ja lausunnot. YVA-selostuksen ja oman asiantuntemuksensa perusteella yhteysviranomaisen antaa oman lausuntonsa YVA-menettelystä, jonka jälkeen se päättyy. /94,99, 146/

3.3 Muuta lainsäädäntöä

Kaivostoimintaan oleellisesti liittyvää lainsäädäntöä ovat myös luonnonsuojelulaki (1096/1996), jätelaki (646/2011) sekä vesilaki (587/2011). Niiden lisäksi on olemassa vielä Euroopan Unionin direktiivi kaivannaisteollisuuden jätehuollosta. Luonnonsuojelulaki tavoittelee luonnonvarojen kestäväää käyttöä sekä luonnon monimuotoisuuden säilyttämistä. Sitä toteutetaan nimensä mukaan luonnon suojelemiseen ja sen hoitamiseen. Lain korkein valvoja on ympäristöministeriö ja toimeksipanimina toimivat alueelliset elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskukset sekä kunnat. Lailla kielletään mm. kaivostoiminta kansallis- ja luonnonpuistoissa, mutta kuitenkin kaivospiirin osana voi kyseinen alue olla. Poikkeuksen kaivostoiminnan osalta muodostavat luvanvaraiset geologiset tutkimukset sekä malminetsintä. /100,112–115, 146/

Jätelain tarkoituksena on minimoida jätteen aiheuttamat haitat ympäristölle ja terveydelle. Laki antaa mm. puitteet jätehuollon järjestämiselle eri alueilla. Kaivostoimintaa jätelaki sivuaa siten, että jätteiksi sen mukaan luokitellaan myös kaivostoiminnan jäännöstuotteet kuten rikastus- ja saostushiekka. Vesilaki puolestaan rajoittaa vesirakentamista ja vesistön järjestelyä sekä veden käyttöä ja ottoa. Kaivostoiminnassa tarvittavat vedet usein otetaan läheisestä vesistöstä, johon ne johdetaan takaisin puhdistuksen jälkeen. Kaivosten vedenottolupa onkin yhdistetty ympäristölupaan ja se voidaan ottaa olosuhteiden muuttuessa pois tai muuttaa yleensä tiukempaan suuntaan. Vedenottoluvassa annetaan mm. erilaisia määräyksiä ja rajoituksia vedessä esiintyvien mineraalien ja käytettävien vesimäärien suhteen, joita on ehdottomasti noudatettava. /100,112,115, 146/

EU:n direktiivi koskee malmin etsinnässä, rikastuksessa, louhinnassa ja varastoinnissa syntyviä jätteitä. Se painottaa kaivosteollisuutta laatimaan jätelaissakin veloitettun jätehuoltosuunnitelman, jonka tarkoituksena on estää ja vähentää jätteiden muodostumista. Direktiivi rajoittaa louhostäyttöön käytettävän kaivosjätteen sijoittamista, sillä se ei saa pilata pohja- ja pintavesiä tai saastuttaa maaperää. Omia rajoituksia annetaan myös rikastehiekka-altaille, joiden sijainnissa mm. on huomioitava kaikki maaperään liittyvät tekijät. Lisäksi altaiden rakenteiden on oltava vakaat ja kestävät sekä on varmistettava, ettei ympäröivän veden laatu huonone altaista tihkuvasta suotovedestä. Kaivostoiminnan aikana ja sen loputtua altaiden kuntoa on seurattava, sillä ne jäävät paikoilleen kaivostoiminnan loputtuakin ja näin ollen muodostavat tietyn riskin maaperän pilaantumiselle vielä vuosienkin päästä. /114,115, 146/

4 KAIVOSTOIMINNAN YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET JA PÄÄSTÖJEN EHKÄISY

Ympäristövaikutuksella tarkoitetaan yleisesti muutosta luontoon, rakennuksiin ja yhdyskuntarakenteeseen sekä ihmisten elinoloihin ja terveyteen. Muutokset voivat vaikuttaa edellä mainittuihin kohteisiin suorasti tai epäsuorasti ja ne voivat olla positiivisia sekä negatiivisia. Kaivostoiminta tuottaa aina muutoksia ympäristöön oli toiminnan volyymi minkä kokoinen tahansa. Vaikutukset ovat erilaiset hankkeen eri vaiheissa ja ne voivat jatkua myös toiminnan päätyttyä vielä pitkäänkin. Lisäksi niiden laatu ja laajuus riippuvat voimakkaasti louhittavan malmin mineralogisista ja kemiallisista ominaisuuksista, jotka vaikuttavat mm. toiminnan laajuuteen sekä käytettyyn tekniikkaan. /94,95,115, 147/

Kaivostoiminnassa merkittävimmät ympäristön päästölähteet liittyvät rikastusjätteeseen, kuten prosessissa käytettyyn veteen, sekä louhinnasta syntyviin melu- ja pölypäästöihin. Metallimalmikaivostoiminnan osalta yksi keskeisimpiä ympäristöhuolia on ihmisille ja ympäristölle haitallisten alkuaineiden ja yhdisteiden vapautuminen vesistöihin sekä maaperään. Runsaasti metalleja sisältävillä alueilla on jo luonnostaan keskimääräistä korkeammat metallipitoisuudet pohja- ja pintavesissä sekä maaperässä, jolloin ekosysteemi on pitkän ajan kuluessa sopeutunut niihin. Tämän vuoksi kaivostoiminnan vaikutuksia arvioitaessa ei voida käyttää valtakunnallisia keskiarvoja vaan ympäristön metallipitoisuuksia verrataan alueen luontaisiin tausta-arvoihin. /95,115, 147/

Hyvällä suunnittelulla haitallisiin muutoksiin osataan varautua ja parhaimmillaan ne voidaan jopa poistaa lähes kokonaan. Ympäristövaikutuksiin pyritään varautumaan ennalta laissa määrättyllä ympäristövaikutusten arviointimenettelyllä (YVA-menettely), jossa kerätään tietoa mm. ympäristölupaprosessin päätöksentekoa varten. Ympäristöluvassa kaivostoiminnalle asetetaan muun muassa rajat toiminnan volyymile sekä toiminnasta aiheutuville päästöille. Päästöjen tarkkailu perustuu ympäristösuojelulaissa määrättyyn toiminnanharjoittajan selvilläolovelvollisuuteen, jonka mukaan sen on oltava riittävästi selvillä toimintansa ympäristövaikutuksista ja -riskeistä sekä haitallisten vaikutusten vähentämismahdollisuuksista. Lisäksi viranomaiset suorittavat yksittäis- ja määräaikaistarkastuksia, joiden tarkoituksena on selvittää, onko toiminta ollut lupapäätösten mukaista. Hyvään suunnitteluun liittyy olennaisesti myös alueen jälkihoidon suunnittelu etukäteen, sillä hoitamattomilla alueilla voi

olla vaikutuksia ympäristöönsä jopa kymmeniä vuosia. Jälkihoitovaiheessa keskeisin ja pitkäkestoisin seurattava asia on ympäristöön suotautuvien ja kulkeutuvien vesien hallinta ja käsittely. Ympäristönsuojelulaki edellyttää kielteisten ympäristövaikutusten ennaltaehkäisemiseksi parhaan saatavilla olevan tekniikan (BAT, Best Available Techniques) soveltamista kaivostoimintaan koko sen elinkaaren ajan. /94,95,115,116, 147/

Ympäristövaikutusten lisäksi kaivostoiminnalla on myös sosiaalisia vaikutuksia. Kaivosteollisuus edistää syrjäseutujen asuttamista ja kehittymistä, kun kaivosten tuoma väestölisäys vaikuttaa paikalliseen elämäntapaan sekä parantaa kunta- ja kaupallisten palvelujen tarjontaa sekä saatavuutta. Esimerkiksi Pohjois- ja Itä-Suomessa lähes kaikki kaivoshankkeet sijaitsevat alueilla, joissa työllisyystilanne on aiemmin ollut heikko ja palvelujen saatavuus rajallista. Kaivosten taloudellinen merkitys on myös suuri, sillä yhteen kaivosinvestointiin kohdistuvien kustannusten sanotaan olevan noin 200 miljoonaa euroa. Rakennusaikaisten tulojen lisäksi kaivoksesta saadaan merkittävät verotulot niin yhteisöverotuksen kuin uusien asukkaiden käyttämien palveluiden kautta. Tämän lisäksi investointeja tehdään usein myös kansallisella tasolla tarvittavaan infrastruktuuriin eli parannetaan mm. liikenneväyliä itse kaivosalueelle sekä sille logistisesti tärkeille alueille. /95,104,117, 147/

4.1 RAKENTAMISEN AIKAiset YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

Tuotannon aikaiset vaikutukset ovat huomattavasti suuremmat kuin tutkimustyön aikaiset. Näkyvimvät vaikutukset syntyvät jo heti toiminnan alkuvaiheissa, kun maisema muuttuu rakennusten, teiden, sähköverkoston ja vesien ohjausjärjestelyiden rakentamisen vuoksi. Eräitä näkyvimpiä muutoksia ovat rakennusvaiheessa hyödyntämättömissä olevien sivukivien sekä maanpoistomassojen läjittämisestä syntyvät maa-aineskatat ja avolouhos. Lisäksi, jos malmi rikastetaan louhoksen yhteydessä, muuttavat jopa useiden kymmenien hehtaarien kokoiset rikastehiekan läjitysalueet sekä patorakennelmat maisemaa. /94, 147/

Maisemamuutosten ohella yleistä viihtyvyyttä saattaa haitata louhinnan, murskauksen, rikastuksen, kuljetuksen ja räjäytyksen synnyttämät melu, värinä ja pöly. Pöly, joka yleensä syntyy louhinnasta ja rikasteen varastoinnista, likaa paikallisesti ympäröivää maaperää sekä voi myös vaikuttaa ihmisten terveydentilaan kulkeutuessaan keuhkoihin ilmanlaadun heiketessä. Metall- ja sulfidimineraalipitoisen pölyn leviäminen voi lisätä esim. alueella olevien sienten ja marjojen metallipitoisuuksia. Kaivosalueella käytettävien kemikaalien johdosta maaperä voi myös pilaantua, jolloin öljyn ja muun käsiteltävän ongelmajätteen varastointiin ja jälkikäsittelyyn tulee kiinnittää erityistä huomiota. Edellä mainituilla tekijöillä ja alueella tehtävällä maan poistolla sekä muilla maansiirtotoilla on ihmisten lisäksi vaikutuksia myös alueen luonnon monimuotoisuuteen, eläimistön ja kasvillisuuden elin- ja lisääntymisolosuhteisiin sekä lajistomäärään. /94,115, 147/

Maan poisto, rakentaminen sekä vesiohjausjärjestelyt vaikuttavat myös alueen hydrologiaan muuttaen mm. vesien imeytymistä ja virtaussuuntia sekä valumavesien määriä. Kun kasvillisuus ei enää peitä maata, lisääntyvät eroosio ja pintavalunta, jolloin kiintoainetta pääsee helpommin kulkeutumaan vesistöön sameuttaen sitä ja vaikuttaen näen ollen vesieliöstön elinolosuhteisiin. Veden käyttö ja vesialueiden tukkiminen kaivoksilla muuttaa pohjaveden luonnollista kiertoa, jolloin pohjaveden pinta laskee vaikuttaen samalla alueen talousvesikaivojen pintoihin. Veden laatu saattaa paikallisesti myös huonontua, sillä kaivosalueelta tuleva vesi sisältää usein myös mm. kiintoaine-, metalli- ja typpiämiä. Laadun huonontumisella on vaikutusta mm. kalakannan kasvuun ja vesistön käyttömahdollisuuksiin. /94,115, 147/

4.2 TUOTANNON AIKAISET YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

Tuotantovaiheessa merkittävimmät vaikutukset ympäristöön aiheutuvat pölyämisestä ja alueen vesiin kohdistuvista muutoksista. Louhinnan seurauksena myös kaivosalueelle varastoidut sivukivikat kasvat ja rikastuksen alkaessa rikastushiekka-alueet alkavat täyttyä. Aivan kuten rakentamisaikavaiheessakin, pölylaskeumat vaikuttavat maaperän ja vesien laatuun sekä kasvillisuuteen. Mikäli pölyt sisältävät haitallisia metalleja tai sulfidimineraaleja voi seurauksena olla maaperän happamoitumista heikentäen eliöstön elinolosuhteita sekä pinta- ja pohjavesien laatua mm. sameuttamalla tai liettämällä niitä. Useimmat haitalliset metallit ovat happamissa olosuhteissa lisäksi entistä toksisempia eliöstölle. /94, 147/

Määrällistä muutosta kaivosalueen vesistöön voivat aiheuttaa mm. louhosten kuivanapitopumppaus sekä itse malminlouhinta. Veden pintaa voi laskea myös etenkin rikastusprosessissa tarvittavan raakaveden otto, jonka tarvetta pyritään pienentämään kierrättämällä vesiä kaivoksessa mahdollisimman tehokkaasti. Laadullisia muutoksia voivat aiheuttaa etenkin kaivannaisjätteiden varastointialueelta purkautuvat vedet, jätevedet, rikastamoalueen pintakuivatus vedet sekä louhoksen kuivanapitovedet. Näiden aiheuttamien muutosten laatu riippuu ensisijaisesti malmin tyypistä, malmin rikastusmenetelmästä sekä vesien käsittelystä. /94, 147/

Sulfidimetallimalmituotannossa, jollaista on suurin osa Suomen metallimalmituotannosta, happamien metalli- ja sulfaattipitoisten vesien muodostuminen on tyypillistä. Louhosvesien mukana kulkeutuu vesistöön myös räjähdaineissa käytettyjä nitraatteja ja ammoniumia, joilla on rehevöittävä vaikutus. Lisäksi rikastushiekka-aldaiden vedet ja rikastusprosessin jätevedet voivat myös sisältää jämiä rikastuskemikaaleista, jotka voivat aiheuttaa ravinnekuormitusta. Toisaalta laadun heikentymistä voi aiheutua myös alueella varastoitavien kemikaalien käsittelystä sekä laitteista ja koneista tapahtuvien öljyvuotojen seurauksena. /94, 147/

4.3 TUOTANNON JÄLKEISET YMPÄRISTÖVAIKUTUKSET

Kaivostoiminnan loputtua alueelta poistetaan kaikki ympäristölle haittaa aiheuttavat ja tarpeettomat rakenteet sekä laitteet ja alue kunnostetaan turvalliseksi. Suljetulle kaivosalueelle jäävät yleensä vain maisemoidut ja kunnostetut kaivannaisjätealueet sekä vähitellen vedellä täyttyvät louhokset ja niihin liittyvät vesienkäsittelyjärjestelmät. Tuotannon jälkeiset mahdolliset ympäristövaikutukset syntyvätkin pääasiassa sivukivien läjitysalueilta, rikastehiekka-altaista sekä louhoksista mahdollisesti purkautuvista vesistä. /94,119, 147/

Sulfidialmialueilla hapan kaivosvaluma voi jatkua vuosikautia toiminnan loputtua, jos sulfidien hapettumisreaktioita ei saada läjitysalueilla ja louhoksessa hallintaan. Varastointialueilta metallipitoinen vesi voi suotautua esimerkiksi padon alitse/lävitse tai varastointialueen pohjan kautta ympäröiviin vesiin. Vesikuormituksen hallinta edellyttää usein vesien käsittelyä ja niiden laadun seuranta vielä pitkään kaivosalueen sulkemisen jälkeenkin. Vesien lisäksi muita mahdollisia ympäristöön kohdistuvia riskejä ovat esimerkiksi maanvajoamat tai sortumat louhoksilla ja jätekaasoilla. Vaikkei kaivosaluetta yleensä voidakaan palauttaa täysin toimintaa edeltäneeseen tilaan, niin maisemoinnilla ja kasvillistamisella edesautetaan alueen soveltamista ympäristöön, alueen luonnon monimuotoistumista sekä estetään pölyvaikutuksia. /94, 147/

4.4 PÄÄSTÖJEN EHKÄISY

Päästöjen laadun ja määrän selvittäminen ennen toiminnan alkua on yksi keskeisimpiä asioita ympäristövaikutusten arvioinnissa ja vaikutusten vähentämistekniikoiden suunnittelussa. Kaivostoiminnan päästöistä ympäristöön ja vesiin ei saisi aiheutua sellaisia haitta-ainepitoisuuksien kasvua tai veden happamuuden tai muiden ominaisuuksien muutoksia, jotka heikentävät merkittävästi vesistön tilaa purkupisteen alapuolella. Kaivannaisjätteiden osalta laaditaan ennen kaivostoiminnan aloittamista jätehuoltosuunnitelma, johon liitetään myös jätealueiden tarkkailu- ja jälkihoitosuunnitelma. /94, 147/

Suomessa on valtioneuvoston asetuksella (1022/2006) ja sen muutoksella (868/2010) asetettu ympäristölaatumormit, joihin todellisia aiheutuvia pitoisuuksia voidaan verrata. Esimerkiksi nikkelille kyseinen laatumormi on 21 µg/l, kadmiumille 0,1 µg/l ja lyijylle 7,3–7,7 µg/l, riippuen vesistön laadusta. Talousveden laatumormeissa (STM 461/2000) on puolestaan esitetty enimmäispitoisuusrajat mm. antimonille (5,0 µg/l), arseenille (10 µg/l), kromille (50 µg/l), kuparille (2,0 mg/l), lyijylle (10 µg/l) ja nikkelille (20 µg/l). Tosin ne eivät sinänsä kuvaa suoraan vesistössä hyväksyttäviä pitoisuuksia, sillä esimerkiksi kuparille annettu pitoisuusraja aiheuttaa jo monille vesielioille haitallisia vaikutuksia. Ympäristöluvanhakijan tulisikin selvittää kaikkien toiminnasta vesiin johdettavien haitta-aineiden turvalliset pitoisuustasot. Kaivostoiminnassa tällaisia selvitettäviä haitta-aineita ovat mm. metallit, puolimetallit, sul-

faatti, tiosulfaatit, ravinteet, pH, rikastuskemikaalit ja niiden jäämät sekä kiintoaine. /94,120–122, 147/

Päästöjen pienentäminen ja ennaltaehkäisy ovat tehokkaimmat keinot päästöistä aiheutuvien ympäristövaikutusten vähentämiseksi. Varsinaiset ympäristöön kohdistuvat toimenpiteet ovat sellaisia, joilla ei välttämättä saavuteta pysyviä vaikutuksia. Hyvänä esimerkkinä tästä voidaan mainita sulfidimalmien käsittelystä aiheutuneen happamoituneen maaperän ja vesistöjen paikallinen kalkitseminen. Joissain tapauksissa ympäristöluvissa on velvoitettu myös vaikutusten kompensointiin esim. kalaisutustusten muodossa. Tällainen velvoite on esimerkiksi Elijärven kaivoksen ympäristöluvassa, joka velvoittaa luvanhaltijan istuttamaan kuhan poikasia kalastolle ja kalastukselle aiheutuvien vahinkojen ehkäisemiseksi. Tärkeitä päästöjen ennaltaehkäisemiskeinoja ovat myös riskiarviointiin perustuvat varautumissuunnitelmat ja -järjestelmät esimerkiksi ympäristön asukkaiden varoittamiseksi kaasupäästöjen varalta. Vastaavasti myös mahdollisten vesipäästöjen varalta on kaivoksilla oltava varautumisjärjestelmät, joilla turvataan ympäristövahinkojen minimointi. /9,94, 147/

4.4.1 Ilmaan kohdistuvien pöly- ja kaasupäästöjen ehkäisy

Pölypäästöjen hallitsemiseksi on tarjolla erilaisia teknisiä ratkaisuja, kuten suodattimia ja pölynkeräyslaitteita. Niiden lisäksi pölyämistä torjutaan mm. pitämällä pölyävät materiaalit riittävän kosteina sekä kattamalla tai peittämällä pölyn lähteet. Kaasumaisten päästöjen vähentäminen perustuu laiteteknisiin valintoihin ja erilaisten puhdistustekniikoiden käyttöön. Koneista ja laitteista aiheutuvia kaasumaisia päästöjä voidaan vähentää mm. vähärikkisen polttoaineen käytöllä, valitsemalla pieniä päästöisiä koneita ja kuljetuskaluston säännöllisellä huollolla. /94, 147/

Taulukkoon 1 on koottu esimerkkejä Suomen metallimalmikaivoksilla käytössä olevista keinoista ilmaan kohdistuvien päästöjen ja niiden aiheuttamien ympäristövaikutusten ehkäisemiseksi. Taulukosta havaitaan, että hyvin yleisiä käytössä olevia keinoja ovat rikasteiden varastointi halleissa sekä pölyämisen ehkäisy kastelulla.

Taulukko 1. Esimerkkejä käytössä olevista keinoista ilmaan kohdistuvien päästöjen ja ympäristövaikutusten ehkäisemiseksi. /9,94,123,124/

Kaivos/tuotantolaitos	Ilmaan kohdistuvien päästöjen torjunta/ympäristövaikutusten vähentämiskeino
Kemin kaivos	Kaivoksessa ja rikastamolla on käytössä pölynpoistojärjestelmät.
	Ajoteillä ja läjitysalueilla pölyämistä ehkäistään kastelulla ja pölynsidonta-aineilla.
	Rikasteet varastoidaan sisätiloissa. Lastausalueet on asfaltoitu ja ne pestään kesäaikaan säännöllisesti. Ulos varastoitua rikastetta kastellaan kesäaikaan sadetuslaitteilla.
	Rikastushiekka-alueiden peittäminen ja maisemointi heti alueen tultua täyteen.
	Varautumisjärjestelmä ympäristövahinkojen varalta olemassa.
Kittilän kaivos	Pölyämistä ajoteillä ja läjitysalueilla ehkäistään kastelulla ja pölynsidonta-aineilla.
	Murskaus suoritetaan osittain suljetussa tilassa. Poistoilma suodatetaan kangassuotimella, josta kiintoaine mene murskehihnalle.
	Painehapetusprosessin poistokaasu pestään kaasunpesurilla.
Pyhäsalmen kaivos	Rikasteiden kuivausrummut on korvattu painesuotimilla.
	Cu- Zn -rikasteet varastoidaan varastohallissa.
	Avoin varasto- ja lastausalue on asfaltoitu. Alue pestään säännöllisesti.
	Jätealue käsitellään kalkkimaidolla tarvittaessa pölyämisen ehkäisemiseksi
	Varautumisjärjestelmä ympäristövahinkojen varalta olemassa.
Sastamalan rikastamo	Murskaamalla käytetään kastelua tarvittaessa, mikäli jäätymisvaaraa ei ole.
	Rikasteet varastoidaan ja lastataan hallissa ja kuljetetaan peitetyinä.
	Pölyämistä rikastushiekka-alueella torjutaan kastelemalla ja savipeitolla.

4.4.2 Vesiin kohdistuvien päästöjen ehkäisy

Vesien hallintajärjestelmän toimivuuden perusteena on kartoittaa kaikki kohteet, joissa muodostuu ympäristöä potentiaalisesti pilaavia vesiä ja ohjata nämä vedet hallitusti puhdistettaviksi ennen vesien kierrätystä takaisin malmin rikastukseen ja/tai juokseutusta luonnon vesistöön. Vesipäästöjä voidaan yleisesti vähentää lisäämällä veden sisäistä kierrätystä ja minimoimalla veden käyttöä malmin prosessoinnissa. Ympäristövaikutusten vähentämisessä ja ennaltaehkäisyssä lähtökohtana on toimiva vesien keräysjärjestelmä sekä puhdistusmenetelmä. /94, 147/

Taulukkoon 2 on koottu joitain esimerkkejä Suomen metallimalmikaivoksilla käytössä olevista keinoista veteen kohdistuvien päästöjen ja ympäristövaikutusten ehkäisemiseksi. Kuten taulukosta huomataan, on kaivosvesien sisäinen kierrätys yleisin

keino päästöjen vähentämiseksi. Lisäksi kaivosyhtiöt on ympäristöluvuissaan veloitettu joko istuttamaan kalastoa tai tukemaan sitä rahallisesti.

Taulukko 2. Esimerkkejä käytössä olevista keinoista veteen kohdistuvien päästöjen ja ympäristövaikutusten ehkäisemiseksi. /9,94,123/

Kaivos/tuotantolaitos	Vesi- ja jätevesipäästöjen torjunta/ympäristövaikutusten vähentämiskeino
Kemin kaivos	Lähes kaikki rikastusprosessissa tarvittava vesi otetaan kiertovetenä jätealueen selkeytysaltaalta.
	Kaikki kaivosalueen pintavedet ohjataan selkeytysaltille.
	Suoritetaan kalojen istutuksia.
	Varautumissuunnitelma ympäristövahinkojen osalta on olemassa.
Kittilän kaivos	Kaivoksen kuivanapitovedet ohjataan ennen ulosjuoksutusta pintavalutuskentälle, johon kiintoaine, arseeni ja metallit pidentyvät.
	Malmin välivaraston pohja on vesitiivis. Suoto- ja valumavedet kerätään ja johdetaan prosessivesikiertoon.
	Suoritetaan kalojen istutuksia.
	Syanidi hajotetaan prosessivedestä tehtaalla ennen juoksutusta.
	Prosessivesien kierrätys pyritään maksimoimaan.
Pyhäsalmen kaivos	Kaivoksen kuivanapitovedestä saostetaan metallit kalkilla jätealtaalta.
	Jäteveden takaisinkierrätystä toteutetaan siinä määrin kuin se on mahdollista ilman kipsin saostumisongelmia.
	Kaikki kaivosalueen pintavedet kerätään ojituksiin talteen ja ohjataan jätealueelle neutraloitaviksi.
	Kalojen istutuksia tuetaan rahallisesti.
	Varautumissuunnitelma ympäristövahinkojen osalta on olemassa.

4.4.3 Kestävän kaivostoiminnan verkosto

Kaivostoiminta Suomessa on kasvussa, ja sen taloudellinen vaikutus Suomelle on varsin merkittävä. Kasvun myötä myös vastuullinen toiminta tulee entistä tärkeämmäksi. Tätä asiaa edistämään perustettiin Kestävän kaivostoiminnan verkosto toukuussa 2014 Sitran toimesta. Verkosto tarjoaa neutraalin foorumin kaivosalan ja sen sidosryhmien väliselle vuorovaikutukselle ja yhteistyölle tuoden kaivosteollisuudelle lisää läpinäkyvyyttä. Tärkeimpiä kaivosteollisuuden sidosryhmiä ovat paikalliset asukkaat, luonnonsuojelujärjestöt, saamelaiskäräjät, paliskunnat ja muut alueen elinkeinot kuten esimerkiksi matkailu. Verkosto edistää kaivoksia kestävämmän toimintamallin rakentamiseksi ja toiminnan tason lainsäädännön vaatimusten yläpuolelle nostamiseksi. /125, 147/

Kaivosalan itsesääntelyä varten verkosto on yhteistyönä kehittänyt yhteiskuntavastuuraportin, joka on julkaistu jo kolmena vuotena peräkkäin vuodesta 2014 lähtien. Raportti tukee valvontaviranomaisille, rahoittajille, emoyhtiölle ja omistajille suun-

tautuvaa perinteistä pitkään käytössä ollutta raportointia ja se kohdentuu erityisesti lähialueen asukkaisiin ja yhteisöihin. Raportti käsittelee Suomessa toimivien kaivosten ja malminetsintähankkeiden nykytilaa yleisellä tasolla sekä kaivostoimintaan tarvittavia kaivoslain edellyttämiä viranomaislupia. /125, 147/

Raportissa on myös eritelty 12 kaivosyhtiön ja 7 malminetsintäyhtiön tai Suomessa malminetsintää harjoittavan yhtiön yhteiskuntavastuuta kuvaavat tunnusluvut. Siihen on koottu tietoa muun muassa toiminnan laajuudesta henkilömäärien ja maankäytön osalta, maksetuista yhteisöveroista, ympäristöpäästöistä ja niiden vaikutusten mittaamisesta, toiminnan vaikutuksista lähialueiden käyttöön ja muihin elinkeinoihin, työturvallisuudesta sekä vuorovaikutuksesta ja yhteistyöstä eri sidosryhmien kanssa. Raportin kartat havainnollistavat kaivostoimintaa ja toisaalta myös muuta maankäyttöä Suomessa. Uusin raportti on luettavissa osoitteessa www.kaivosvastuu.fi/yhteiskuntavastuuraportti-2016. /125, 147/

Paikallista sidosryhmäyhteistyötä helpottamaan on koottu työkalupakki. Se kokoaa yhteen kaivosyrityksille olemassa olevia ohjeistuksia, toimintamalleja ja työkaluja hyödynnettäväksi paikallisen sidosryhmäyhteistyön eri osa-alueilla kaivostoiminnan elinkaaren eri vaiheissa. /125, 147/

Kaivosvastuujärjestelmä antaa kaivosyhtiöille konkreettisia ohjeita kestäväan toimintaan ja sen avulla myös arvioidaan ja todennetaan jäsenyhtiöiden sitoutuminen yhteisiin pelisääntöihin. Kaivosvastuujärjestelmä koostuu yhteisistä toimintaperiaatteista sekä kahdeksasta erillisestä arviointityökalusta, jotka kattavat kaivostoiminnan koko elinkaaren.

Pohjana järjestelmälle on kanadalainen kaivosteollisuuden vastuullisuusstandardi, josta verkoston yhteistyön tuloksena on muokattu Suomen kaivostoiminnoille soveltuva järjestelmä. Se on johtamisjärjestelmä, joka auttaa ennakoimaan asioita sekä mahdollistaa jatkuvan parantamisen. Järjestelmä ei aseta yksityiskohtaisia vaatimuksia kuten Suomen lainsäädäntö vaan toiminnanharjoittaja itse asettaa tavoitteet toimintojensa kehittämiseksi. Kaivoksilla on meneillään järjestelmän käyttöönottovaihe. /125, 147/

Malminetsintävaiheeseen on myös kehitetty oma vastuullisuusjärjestelmänsä. Se koostuu niin ikään yhteisistä toimintaperiaatteista sekä neljästä arviointityökalusta, jotka kattavat malminetsinnän koko elinkaaren vaihteittain esiselvityksistä ja suunnittelusta jälkihoitoon. /125, 147/

Verkoston jatkotoimenpiteisiin kuuluvat vastuullisuusjärjestelmän lisäkoulutusten järjestäminen sekä tulevien järjestelmäarviointien suunnittelu. Verkoston toiminta on herättänyt laajasti myös kansainvälistä kiinnostusta. /125, 147/

5 KAIVOSPROSESSI

Kaivosprosessi alkaa louhinnasta, jonka aikana kalliota porataan, räjäytetään ja lastataan kuljetettavaksi. Louhittu kallio murskataan sopivan kokoiseksi kappaleiksi, jonka jälkeen se rikastetaan erilaisia menetelmiä käyttäen, riippuen siitä minkälainen malmi on kyseessä. Louhinta- ja erityisesti maanalaisia menetelmiä on monia erilaisia. Se, mitä menetelmää käytetään, riippuu mm. louhittavan kallion laadusta. Seuraavassa eri louhintamenetelmät on esitelty yleisellä tasolla.

5.1 AVOLOUHINTA

Avolouhintaa pidetään periaatteessa edullisempänä kuin maanalaista louhintaa, sillä nimensä mukaisestikin toimintaa suoritetaan taivasalla, eikä sitä varten tarvitse rakentaa erillisiä kaivostunneleita ja muita tarvittavia tiloja maan alle. Edullista se onkin, varsinkin silloin kun malmiesiintymä sijaitsee lähellä maan pintaa, kuten Talvihaarassa, mutta avolouhinnan haittana on sivukiven määrän lisääntyminen sitä mukaa mitä syvemmälle louhinta etenee. Esimerkiksi Outokummun Kemian kaivoksella päädyttiin siirtymään maanalaiseen louhintaan mm. juuri runsaan sivukivimäärän vuoksi, jota pahimmillaan louhittiin jopa 6-kertainen määrä malmiin nähden. Avolouhinnan lisääntyessä myös läjitysalueiden riittävyys sekä niiden aiheuttamat ympäristövaikutukset tulee huomioida, mikä osaltaan vaikuttaa kustannuksiin. Läjitysalueiden hoito jatkuu vielä kaivoksen sulkemisen jälkeenkin. /7,126, 148/

Yleensä kaivoksen toiminta alkaa avolouhoksena, josta vähitellen siirrytään maanalaiseen louhintaan. Avolouhinnalla saadaan tehtyä tuotantoa samaan aikaan, kun maanalaista kaivosta vielä rakennetaan. Avolouhoksen suunnittelussa huomioidaan mm. tasot ja niitä yhdistävät rampit sekä louhoksen seinämien kaltevuuskulmat, jotka ovat hyvin oleellisia louhoksen turvallisuuden ja taloudellisuuden kannalta. Ennen varsinaisen louhinnan aloittamista kallion pinta paljastetaan poistamalla maa-aines riittävältä etäisyydeltä myös louhittavan alueen ympäriltä. Varsinaisia louhintamenetelmiä on yleisesti käytössä kahta tyyppiä: pengerlouhinta ja paikalleenräjäyttämisen. /126, 148/

5.1.1 Pengerloughinta

Pohjoismaissa yleisin avolouhinnan menetelmä on pengerloughinta, joka suoritetaan räjäyttämällä. Sen työvaiheita ovat irrotus eli poraus ja räjäytys, rikotus sekä louheen lastaus ja kuljetus. Louhinta aloitetaan kallionpaljastamisen jälkeen louhimalla kalliioon luiska, jota laajennetaan pohjatasoon saavuttamisen jälkeen varsinaisen louhinnan aloittamiseksi. Pengerloughinta etenee yleensä ylhäältä alaspäin tasapaksuin tasoin, jotka yhdistetään toisiinsa ajoteillä. Teitä pitkin, irrotettu kiviaines kuljetetaan kaivosajoneuvoilla pois joko murskaamoon tai läjitysalueelle sitä mukaa kun kiveä irrotetaan. /126, 148/



Kuva 14. Pengerloughittu avolouhos /127/

5.1.2 Paikalleenräjäyttäminen

Paikalleenräjäyttämisessä nimensä mukaisesti räjäytetään malmi paikoilleen. Hyvin paljon pengerloughinnan kaltainen menetelmä erottuu siitä, että irrotuksen ja lastauksen ei tarvitse seurata toisiaan, jolloin irrotettua kiveä ei useinkaan lastata ennen seuraavaa räjäytystä. Pengerloughinnasta poiketen louhintareivät ovat pystysuoria, jolloin kentän horisontaalinen liike saadaan pidettyä mahdollisimman vähäisenä. Paikalleenräjäyttäminen sopii erinomaisesti loivakaateisille eli maan alla loivassa kulmassa esiintyville malmeille, jossa malmikerrosten välissä on raakku- eli sivukivikerros sekä kapeiden malmijuonteiden louhintaan. Myös massiivisten malmien suurimittakaavaiseen louhintaan se sopii tuotantotehonsa ja taloudellisuutensa vuoksi. Kyseistä menetelmää käytetään Ruotsissa Aitikissa, sekä Suomessa Suurikuusikon kulta-kaivoksella Kittilässä. Menetelmä on ollut myös aikoinaan käytössä Pahtavaaran kaivoksella Sodankylässä. /126, 148/



Kuva 15. Paikalleenräjäyttämistä hyödyntävä Aitikin kaivos Ruotsissa /128/

Menetelmän etuna on lastausvaiheessa tapahtuva selektiivinen erottelu, jolloin malmi ja sivukivi sekoittuvat mahdollisimman vähän keskenään. Teknisesti lastaus on tosin vaikeampaa, sillä se vaatii lastauskuljetusvälineen kuljettajalta huolellista seuranta ja ohjausta, kun pitää seurata esim. geologin ennalta merkitsemää rajaa. Myöskään lastauskalustoa ei tarvitse siirtää niin useasti suojaan räjäytyksiltä, kun voidaan irrottaa suuri määrä kiveä kerralla. Paikalleenräjäytyksen haittapuolena tai oikeastaan vaikeutena on normaalia suurempi ominaispanostus sekä hieman alentunut lastausteho. Jotta menetelmän käyttö onnistuisi, tulee irrotettavan kiven olla helposti räjäytettävää. Suomessa yleisesti esiintyvää sitkeää kiveä ei pidetä tällaisena, jonka vuoksi perusteelliset koelouhinnat ovat paikallaan ennen varsinaisen louhinnan aloittamista. /126, 148/

5.2 MAANALAINEN LOUHINTA

Avolouhinnan sijaan kaivoksella voidaan tehdä maanalaista louhintaa, joka tiettyyn syvyyteen mentäessä voi tulla jopa avolouhintaa edullisemmaksi. Yksi maanalaisen louhinnan eduista on, että sivukiven määrää saadaan pienennettyä huomattavasti,

jolloin myös ympäristövaikutukset vähenevät. Maan alle siirryttäessä turvallisuusnäkökulmat korostuvat entuudestaan, sillä kivimassat voivat olla hyvin arvaamattomia ilman asiantuntevaa suunnittelua. Louhintamenetelmänä käytetään yleensä sellaista, jossa ei työskennellä varsinaisen louhoksen sisällä vaan tunneleista käsin. Louhintamenetelmän valinnassa huomioidaan malmigeometria, kuten malmin asento ja muoto, kalliolaatu ja jännitystila sekä malmin arvo ja kustannukset, unohtamatta ympäristövaikutuksia ja tarvittavaa kalustoa. /126, 148/

Maanalaiset louhintamenetelmät voidaan luokitella monella eri tavalla. Yleisin poraus-räjäytysmenetelmien jaottelu tehdään tukemistarpeen mukaan. Tällöin puhutaan avoimista, täyttö- ja sorrosmenetelmistä. Näistä Suomessa suosituimpia ovat avoimet menetelmät, joihin kuuluu mm. välitaso- ja pengerlouhinta. Käytännössä kaivoksilla kuitenkin käytetään useita menetelmiä tai niiden yhdistelmiä, riippuen louhittavasta malmista ja siitä, miten se voitaisiin hyödyntää kustannustehokkaimmin. /126, 148/

5.2.1 Avoimet menetelmät

Avoimiin menetelmiin kuuluvat pilari-, välitaso- ja pengerlouhinta. Niille on tyypillistä, että louhos pidetään avoimena suunnitellusti jätettyjen malmitukipilareiden ja holvimuotoisen louhoskaton avulla. Näiden menetelmien edellytys on, että louhoksen katto ja seinät pysyvät koossa louhinnan ajan ilman merkittäviä toimenpiteitä, jonka vuoksi ne soveltuvat parhaiten vakaisiin kalliomekaanisiin olosuhteisiin. Useimmiten suuret jännevälit kuitenkin varmistetaan katto- tai vaijeripultituksella ja louhinnan jälkeen tyhjät louhokset täytetään kovettumattomalla tai kovetetulla täyteaineksella. Tyypillisesti täyteaines on esim. louhittua sivukiveä, johon on sekoitettu kovettuvaa ainesta. /126, 148/

5.2.1.1 PILARILOUHINTA

Pilarilouhintaa sovelletaan laattamaisiin esiintymiin, jotka ovat sijoittuneet loivaan, alle 30° kulmaan. Siinä työskentely tapahtuu louhosten sisällä etenemällä ylhäältä alaspäin vastaten tavallista peränajoa. Louhinta suoritetaan siten, että kattoa tukemaan jätetään pilariverkosto. Ennen työstöä, louhosten katot pultitetaan, verkotetaan sekä ruiskubetonoidaan malmipilaritappioiden minimoimiseksi sekä työturvallisuuden parantamiseksi. Pilarilouhinta on tehokkainta 5-15m tasapaksuissa malmeissa, sillä näin varmistetaan mahdollisimman suuri talteenotto. Yksi menetelmän suurista ongelmista Suomessa onkin malmioiden repaleisuus ja paksuusvaihtelut, jolloin sivukivilaimennus saattaa paikoitellen olla varsin merkittävä. /126, 148/

5.2.1.2 VÄLITASOLOUHINTA

Välitasolouhinta, joka perustuu pitkäreikäporaukseen, on ylivoimaisesti Suomessa eniten käytetty louhintamenetelmä, sillä sen käyttökustannukset ovat alhaiset ja vuosikapasiteetti korkea. Menetelmä ei ole riippuvainen malmiesiintymän paksuudesta, sillä louhinnassa voidaan käyttää joko pitkittäistä tai poikittaista louhintatapaa. Tällöin louhokset, joiden koko tyypillisesti vaihtelee 10 000- 300 000 välillä, louhitaan tiettyssä järjestyksessä, jossa ensimmäisessä vaiheessa tyhjennetyt louhokset täytetään

kovettuvalla täytteellä, jonka jälkeen toisessa vaiheessa louhitaan niiden väliin jääneet louhokset. /126, 148/

Yleensä louhinta tapahtuu edeten alhaalta ylöspäin, 15-40m tasoväleihin, joita voi olla päällekkäin useita samanaikaisesti. Räjähdytystä varten, louhos jaetaan viuhkoihin, joihin porataan 30-40m pitkiä reikiä. Räjähdytys tapahtuu yleensä 1-2 viuhkaa kerrallaan, jonka jälkeen malmi lastataan lastausastolla olevista suppilomaisista lastausaukoista siihen tarkoitettulla kalustolla. Tarvittaessa lastaus voidaan kokonaan automatisoida, jolloin ohjaus tapahtuu etävalvomosta käsin videokameroita ja langatonta WLAN-tekniikkaa hyväksikäyttäen. /126, 148/

5.2.1.3 Pengerlouhinta

Pengerlouhinta on välitasolouhinnan sovellus, jossa louhinta etenee yksi pengeriä eli tasoväli kerrallaan. Eteneminen voi tapahtua joko ylhäältä alaspäin tai päinvastoin ja siinä voidaan käyttää apuna louhostäyttöä tai pilareita. Parhaiten pengerialouhinta soveltuu massiivisille tai jyrkkäkaateisille ohuille juonimalmeille ja se voidaan jakaa poikittaiseen sekä pitkittäiseen pengerialouhintaan. Poikittaista pengerialouhintaa kutsutaan myös jälkitäyttölouhinnaksi. Siinä eteneminen tapahtuu samalla tavalla kuin välitasolouhinnassakin, ensimmäisen ja toiseen vaiheen louhosten välillä. Työturvallisuuden vuoksi ja etenkin epävakaisissa kallio-olosuhteissa, louhokset lujitetaan pultituksilla, ruiskubetonoinnilla sekä verkotuksella. Ylhäältä alaspäin irrotetun malmin lastaus tapahtuu louhoksen alaosaan, joko käsin- tai kauko-ohjatulla laitteistolla, jolloin erillisiä malmisuppiloita ei tarvita. /126, 148/

Ohuille juonimalmeille sovelletaan erityisesti pitkittäistä pengerialouhinta, joka on tehokas menetelmä silloin kun malmirajat ovat suoraviivaiset. Menetelmässä esiintymä jaetaan tasoihin 12-25m välein ja etenemä tapahtuu ylhäältä alaspäin. Irrotettu malmi kuljetetaan malmiperä eli louhokselle kulkevaa käytävää pitkin kaatonousuihin tai dumpperiin. Menetelmä on tehokas, hyvin mekanisoitavissa sekä muunneltavissa mutta se voi vaatia runsaita etukäteiskairauksia tarkkojen malmirajojen selvittämiseksi. /126, 148/

5.2.2 Täyttömenetelmät

Tähän menetelmäryhmään kuuluvat makasiini-, lyhytreikästäyttö- sekä pengertäyttö-louhinta. Täyttömenetelmille on tyypillistä, että louhostila tuetaan keinotekoisesti louhostäytön avulla jo louhinnan yhteydessä, seinien ja katon paikallaan pysymisen varmistamiseksi. Käytettävä täyteaine voi olla sivukivilouhe, rikastehiekka tai kovettuva pasta. Täyttömenetelmä soveltuu parhaiten rikkaisiin malmiesiintymiin sekä vaikeisiin kallio-olosuhteisiin, sillä se mahdollistaa malmin korkean talteen saannin. /126, 148/

5.2.2.1 Makasiinilouhinta

Makasiinilouhinta on avoimien ja täyttömenetelmien välimuoto, jossa väliaikaisesti käytetään täytteenä malmilouhetta tukemaan louhoksen seiniä. Täytön tavoitteena on estää seinämien lohkeilu eli raakkulaimennuksen syntyminen. Menetelmää sovel-

tuukin näin ollen erinomaisesti jyrkkäkaateisille malmeille, jotka itsessään ovat lujia mutta niiden sivukivet ovat heikkoja. Lastausjärjestelyt ovat samankaltaiset kuin välitasolouhinnassa, mutta varsinainen louhinta tapahtuu vaakasuorina kerroksina edeten vaiheittain ylöspäin. Louhinnan aikana louhoksesta lastataan vain noin 40 % malmista pois, ja loput kun koko louhos on irrotettu. Makasiinilouhinnan etuina on menetelmän tehokkuus sekä mekanisoitavuus. Haittapuolena ovat menetelmän herkkyys porausvirheille sekä tarkkuutta ja valvontaa vaativa lastaus siten, että malmia jätetään tarpeeksi sivutuiksi. /126, 148/

5.2.2.2 LYHYTREIKÄTÄYTTÖLOUHINTA

Lyhytreikätyttömenetelmä soveltuu parhaiten ohuisiin, rikkaisiin esiintymiin, joissa kallio-olosuhteet ovat hyvin heikot. Siinä malmi louhitaan vaakasuorina kerroksina, alhaalta ylöspäin edeten. Louhitut tunnelit täytetään sivukivellä tai rikastamon jätehiekalla, jolloin täytettyä tunnelia voidaan käyttää seuraavan yläpuolen kerroksen työskentelyalustana. Yleensä lyhytreikätyttölouhinta yhdistetään pengerialouhintaan, sillä se on yksistään melko tehoton menetelmä. Etuina ovat kuitenkin vähäiset malmitappiot sekä malmirajojen vähäinen etukäteistuntemuksen tarve. /126, 148/

5.2.2.3 PENGERTÄYTTÖLOUHINTA

Pengertäytölouhinta on menetelmänä tehokkaampi kuin lyhytreikätyttömenetelmä ja soveltuu hyvin kapeisiin jyrkkäkaateisiin malmeihin, joiden lujuus on alhainen. Louhinta etenee välitasomaisesti alhaalta ylöspäin, vetäytyen malmin pituisesti sen pituussuunnassa. Tyhjä louhokset täytetään välittömästi etenemän mukaan. Työturvallisuus on hyvä, sillä työskentely voidaan tehdä etävalvomosta käsin ja tarvittaessa louhosten väliin voidaan jättää kalliopilareita. /126, 148/

5.2.3 Sorrosmenetelmät

Sorrosmenetelmiin kuuluvat levy- ja lohkosorroslouhinta, joissa louhosten katto sorrutetaan tarkoituksellisesti sen tyhjennyttyä. Ne soveltuvat parhaiten hyvin kookkaille malmeille, sillä menetelmien haittana on suhteellisen alhainen malmin talteen saanti ja suuri sivukivilaimennus, joka syntyy, kun sivukiveä ajautuu suunnittelemattomasti rikastukseen menevän malmilouheen joukkoon. Etuna menetelmällä puolestaan ovat työskentelyvaiheiden systemaattisuus, korkea vuosikapasiteetti sekä alhainen tonnikustannus. Vaikka menetelmä kuulostaa vaaralliselta ja sortuma etenee usein maan pinnalle saakka, työturvallisuus voidaan säilyttää työskentelemällä pelkästään tunneleista käsin. /126, 148/

5.2.3.1 LEVYSORROSLOUHINTA

Levyorroslouhinta soveltuu parhaiten syvälle ulottuvien ja kookkaiden esiintymien louhintaan. Menetelmässä malmi rikotaan räjäyttämällä, jolloin katon sivukivet sorrutuvat malmin päälle estäen tyhjän tilan syntymisen. Louhinta etenee järjestelmällisesti ylhäältä alaspäin sorruttaen malmi mahdollisimman tasaisena patjana. Louhinnan onnistumisen yksi edellytys on perien ajon tarkkuus, sillä ne sijoitetaan päällekkä-

käisillä tasoilla toisiinsa nähden limittäin. Lastaus suoritetaan koko louhoksen leveydeltä vuorottelemalla lastauskohteiden välillä, jolloin estetään alaspäin etenevien sivukivipiikkien syntyminen. /126, 148/

5.2.3.2 LOHKOSORROSLOUHINTA

Lohkosorroslouhinta soveltuu parhaiten massiivisille, hyvän lohkaroitumiskyvyn ja sopivan rakoilun omaaville esiintymille. Siinä malmi lohkaroituu itsestään painovoiman ja kalliojännitysten avulla avausräjäytyksen jälkeen. Menetelmän etuna ovat alhaiset käyttökustannukset mutta toisaalta investointikustannukset ovat suuret. Menetelmää varten aluksi rakennetaan useita vuosia kaivosinfraa ja tehdään louhinnan valmistavia töitä, jolloin varsinaiseen tuotantoon pääsy voi kestää hyvinkin kauan. /126, 148/

5.3 RIKASTAMINEN

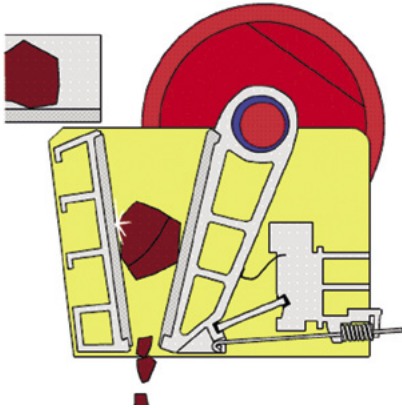
Louhittu malmi sisältää sekä arvokkaita metallimineraaleja että hyödyttömiä harmemineraaleja. Jotta malmi saataisiin metallipitoisuudeltaan lähelle puhtaiden mineraalien pitoisuuksia, on se rikastettava ennen käyttöä. Rikastusprosessi koostuu monista eri osa-alueista, joita yleensä ovat murskaus, seulonta, palarikastus, jauhatus, hienorikastus ja varastointi. Prosessin eri vaiheissa on monia erilaisia laitteita ja laitekokoisuuksia kuten siloja, kuljettimia, syöttimiä sekä seuloja. Ne ovat tärkeässä roolissa malmin matkalla maan alta lopputuotteeksi eli rikasteeksi. /126, 148/

5.3.1 Murskaus ja seulonta

Murskauksen tarkoituksena on saattaa louhitun malmin kappalekoko mahdollisimman sopivaksi seuraavaa prosessia varten. Murskaus tapahtuu tavallisesti 2-3 vaiheessa, esimurskaus, välimurskaus sekä hienomurskaus, joiden aikana kappaleiden halkaisija voi pienentyä jopa 1m noin 1cm kokoiisiin kappaleisiin. Eri vaiheet muodostavat murskauspiirin, johon kuuluu erilaisia murskia, siloja ja seuloja, jotka erottelevat erikokoiset kappaleet toisistaan. Murskaus tapahtuu joko puristamalla tai iskemällä. Puristuksessa kivi murskautuu kahden, sitä puristavan, metallipinnan välissä, kun taas iskumurskauksessa nopeasti pyörivä vasara hajottaa kiven iskullaan. /126, 148/

Murskaimet voidaan jakaa toimintaperiaatteensa mukaan kahteen ryhmään: puristumurskaimiin ja iskumurskaimiin. Puristumurskaimia ovat leukamurskain (kuva 16), kartiomurskain (kuva 17), karamurskain sekä valssimurskain. Iskumurskaimia puolestaan ovat iskupalkkimurskain sekä vasaramylly. Yleisimmin käytössä olevat murskaimet ovat leuka- ja kartiomurskaimet. Esimerkiksi Outokummun Kemmin kaivoksessa käytössä on Metso Oyj:n valmistama kartiomurskain, jonka kapasiteetti on 1000 t/h. Kartiomurskaimissa epäkeskossa oleva liikkuva murskauskartio pyörii pysty akselinsa ympäri, jolloin malmi murskautuu kiinteän ja liikkuvan murskauskartion välissä. Pyhäsalmen kaivoksella puolestaan käytetään puolestaan niin ikään Metso Oyj:n toimittamaa leukamurskainta, jonka kapasiteetti on 500 t/h. Leu-

kamurskaimessa epäkeskoakseliin kiinnitetty liikkuva leuka puristaa kiven kiinteää leukaa vasten, jolloin kivi hajoaa paineen vaikutuksesta. /7,13,126, 148/



Kuva 16. Leukamurskain /129/



Kuva 17. Kartiomurskain /130/

Seulonnan tarkoituksena on erottaa aines kappalekoon mukaan. Esimerkiksi ennen murskausta seuloilla voidaan erottaa liian hieno kiviaines pois kapasiteetin parantamiseksi. Seulojen verkkomateriaali on yleensä metallia, kumia tai polyuretaania riippuen seulottavasta materiaalista. Seulat voidaan jakaa kahteen ryhmään: staattisiin (kuva 18) ja dynaamisiin (kuva 19). Yksinkertaisimmillaan staattiset seulat ovat säleikköjä, joiden reikäkoko on halutun aineksen kokoinen. Yleisimmin käytössä ovat dynaamiset seulat, jotka värähtelevät tai tärisevät joko vaaka- tai pystyasennossa. Niiden liike tuotetaan joko mekaanisesti tai sähkömagneettisesti. Täryseuloja käytetään kappaleiden erotteluun koon perusteella sekä myös romun poistamiseen ennen murskainta. Sekä staattiset että täryseulat voivat olla yksi- tai monitasoisia, jolloin esimerkiksi päällekkäin kasataan eri reikäkoolla varusteltuja seuloja. Esimerkiksi Pyhäsalmen kaivoksella käytössä on Sandvikin valmistama 2-tasoinen suuntaisvärähtelyseula. /13,126, 148/



Kuva 18. Staattinen seula /131/

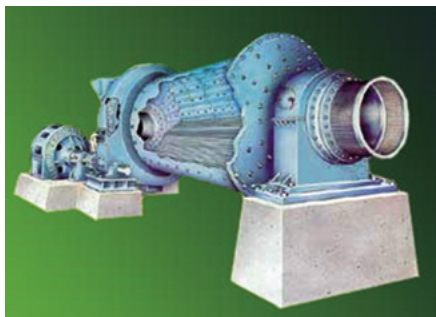


Kuva 19. Dynaaminen seula /131/

5.3.2 Jauhatus

Murskauksen jälkeen malmi jauhetaan edelleen hienommaksi aineeksi rikastamista varten. Jauhatusessa käytetään yleensä tanko- ja kuulamyllyjä, jotka ovat pyöriä lieriöitä. Malmi jauhautuu niissä lisättävien terästankojen tai -kuulien avulla hienoainekseksi. Jauhatus voidaan tehdä kuivana tai märkänä, jolloin puhutetaan myös liettämistä. Myllyjä voi olla peräkkäin useampia, jolloin puhutetaan jauhuspiiristä. /126, 148/

Esimerkiksi Pyhäsalmen kaivoksella jauhuspiiriin kuuluu kolme vaihetta: primaarijauhatus, sekundaarijauhatus ja tertiaarijauhatus. Myllyinä käytetään Wärtsilän kumivuorattuja lohkar-, pala- ja kuulamyllyjä, jotka jauhavat malmin 250 mm:n kokoisesta syötteestä jopa 74 µm:n kokoiseksi tuotteeksi. /13, 148/



Kuva 20. Jauhinmylly /132/

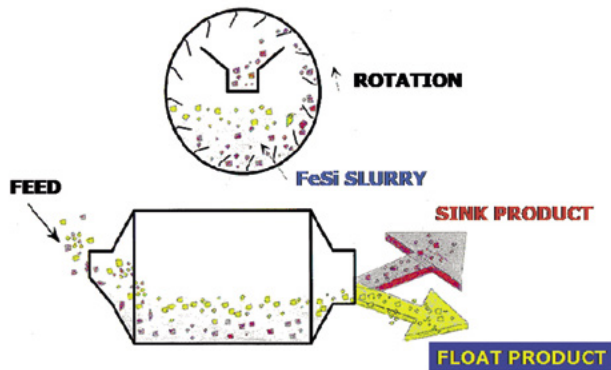


Kuva 21. Jauhinmyllypiiri /133/

5.3.3 Painovoimaan perustuvia rikastusmenetelmiä

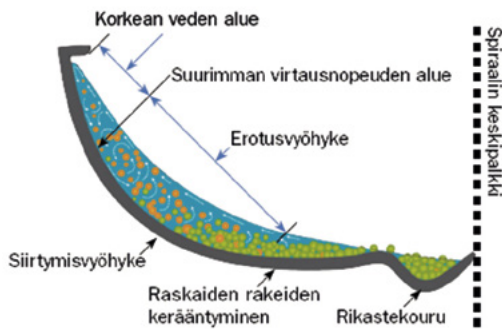
Painovoimaan perustuvat rikastusmenetelmät hyödyntävät mineraalien välisiä tiheyseroja. Perinteinen esimerkki painovoimarikastuksesta on käsikäyttöinen vaskooli, jota käytetään kullanhuuhdossa. Painovoimarikastuksessa malmi joko vajoaa väliaineessa, kuten vedessä, piirauta-vesilietteessä tai kvartsihiekkavesilietteessä, pohjaan tai se keskipakovoiman avulla erotetaan lietteestä. Yleisimpiä painovoimaan perustuvia rikastusmenetelmiä ovat erotusrumpumenetelmä, spiraalierotin sekä kartioerotin. /134, 148/

Erotusrummussa malmi sekoitetaan raskaan väliaineen kanssa, jolloin painavammat malmikappaleet painuvat rumpun pohjalle ja kevyemmät sivukivet nousevat kellumaan väliaineen pinnalle. Rumpun erotuskykyä säädetään väliaineen litrapainoa muuttamalla, jolloin malmi saadaan mahdollisimman hyvin talteen. Uponnut rikaste ohjataan rummusta eteenpäin rikastusprosessissa, kun taas kelluvat sivukivet ohjataan jätekasaan (kuva 22). /134, 148/



Kuva 22. Painovoimaerotuksen periaatekaavio /7/

Spiraalierotin on kierteelle taivutettu, tyypillisesti muovista valmistettu, kouru, jota pitkin rikastettava vesi-malmiliete virtaa alaspäin (kuvat 23 ja 24). Painovoiman vaikutuksesta raskaat, malmia sisältävät, partikkelit jäävät kierteen sisäreunalle ja kevyet partikkelit kulkeutuvat spiraalin ulkoreunalle. Spiraalien erottelukykyyntä vaikuttavat rikasteen raekoko ja ominaispaino sekä lietteen litrapaino. Säädettävien ohjureiden avulla sisäkaarteissa kulkeva malmirikaste saadaan otettua talteen. /134, 148/

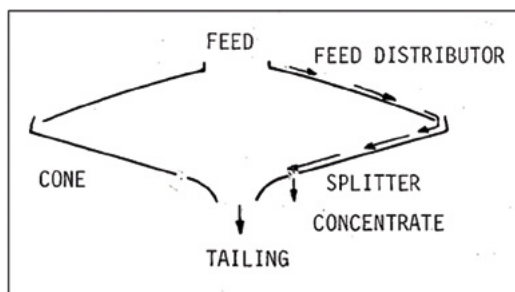


Kuva 23. Spiraalierotuksen periaate /134/



Kuva 24. Spiraalierotin /7/

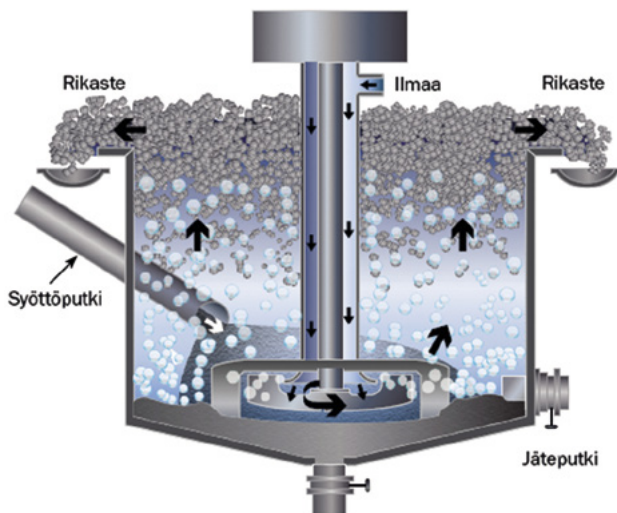
Spiraalierotinta toimintaperiaatteeltaan hyvin paljon muistuttava kartioerotin muodostuu useista päällekkäin asennetuista kartioista (kuva 25). Kartioerottimessa rikastettava liete virtaa kartioiden pinnalla alaspäin, jolloin raskaat partikkelit kulkevat lähempänä kartion pintaa kuin kevyet. Rikasteen talteenotto toimii samalla tavalla kuin spiraalierotimissakin ohjureiden avulla. Sekä spiraali- että kartioerottimia on käytössä Outokummun Kemin kaivoksella, jossa rikastaminen perustuu puhtaasti painovoimaan hyödyntämiseen. /134, 148/



Kuva 25. Kartioerottimen toimintaperiaate /7/

5.3.4 Vaahdotus

Vaahdotusta käytetään pienten mineraalirakeiden rikastamiseen lietteestä. Se perustuu mineraalien fysikaalisiin ominaisuuksiin sekä pinta-aktiivisuuteen. Vaahdotuksessa käytetään apuna erilaisia kemikaaleja, kuten ksantaattia, kalkkia ja syanidia, riippuen rikastettavasta mineraalista. Rikastaminen tapahtuu vaahdotuskennoissa, jotka täytetään malmi-kemikaalilietteellä. Kennon keskelle johdetaan ilmaa, jolloin lietteeseen syntyy ilmakuplia (kuva 26). /134, 148/

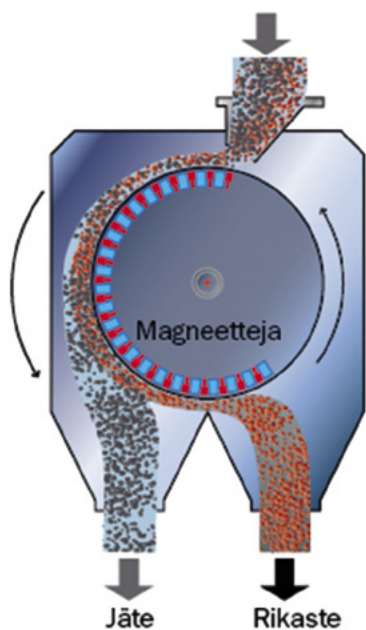


Kuva 26. Vaahdotuksen toimintaperiaate /134/

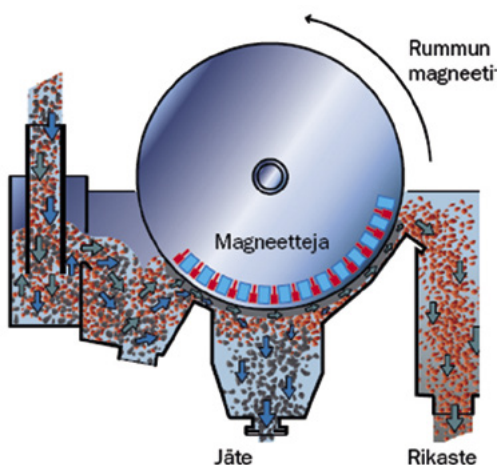
Kemikaalien avulla halutut malmihiukkaset saadaan tarttumaan ilmakupliin jolloin ne kohoavat vaahdon pinnalle ja ovat näin ollen helposti talteen otettavissa. Ilmakupliin kiinnittymättömät rakeet vajoavat kennon pohjalle ja jatkavat matkaansa joko jätteeksi tai uuteen vaahdotusvaiheeseen, josta rakeista erotetaan toista mineraalia. Vaahdotusmenetelmä on käytössä mm. Pyhäsalmen kaivoksella, jossa yhdestä malmista saadaan erotettua monivaiheisen vaahdotusprosessin aikana kolmea metallia. /13,134, 148/

5.3.5 Magneettisuuteen perustuvia rikastusmenetelmiä

Magneettisuuteen perustuvat rikastusmenetelmät voidaan jakaa kahteen ryhmään: heikkomagneettisiin ja vahvamagneettisiin menetelmiin, joista jälkimmäinen on kehitetty erityisesti hematiittia sisältävien malmien rikastukseen. Riippumatta siitä, kummanlaista menetelmää käytetään, erottimia on kahta tyyppiä: kuivaerottimia (kuva 27) ja märkäerottimia (kuva 28). Kuivaerottimia käytetään palamalmien rikastukseen sekä malmimurskeen esirikastukseen ennen jauhatusvaihetta ja märkäerottimia puolestaan veteen lietetyn sekä jauhetun malmin erotukseen. /134, 148/



Kuva 27. Kuivaerotuksen periaate /134/



Kuva 28. Märkäerotuksen periaate /134/

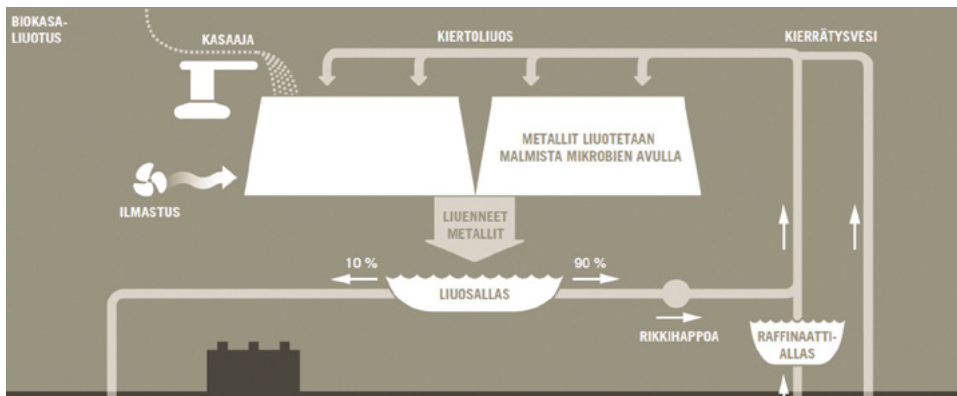
Kuivaerotus tapahtuu pyörivässä rummussa, jonka sisällä on kiinteät kesto- ja sähkömagneetit. Murske syötetään rumpuun ylhäältä päin, jolloin sivukivi tippuu suoraan alas ja magneettinen rikaste seuraa rummun magneetteja ja ohjautuu eri paikkaan. Märkäerottimissa rumpu magneetteineen pyörii erotusaltaassa, josta magneettiset rikasteet nousevat sivukivirakeista eroon. Yleensä rikastus tapahtuu märkäerottimilla monivaiheisesti, jolloin jokaisen jauhatuskerran välillä suoritetaan märkäerotus 2-4 peräkkäisellä erottimella. /134, 148/

5.3.6 Liutusmenetelmä

Rikastamiseen voidaan käyttää myös liutusmenetelmää, joka perustuu malmin ja liuottimen välisiin kemiallisiin reaktioihin. Perinteisin liutusmenetelmä on kulta-kaivoksilla tapahtuva kullan rikastaminen natriumsyanidiliuoksen avulla. Innovatiivisempaa liutusmenetelmää puolestaan edustaa esimerkiksi Terrafamen kaivoksella suoritettava bakteeriliuotus, jossa metalli irrotetaan malmista kallioperässä luontaisesti esiintyvien bakteerien avulla. /14, 148/

Bakteerien johdosta tapahtuvaa liukenemista esiintyy luonnossa itsestään, mutta teollisesti prosessia voidaan nopeuttaa säätämällä olosuhteet bakteereille otollisiksi sekä kasvattamalla malmin pinta-alaa murskaamalla. Terrafamen kaivoksella käytävässä biokasaliuotuksessa malmi murskataan alkuun noin 8 mm:n kokoisiksi paloiksi, jonka jälkeen se agglomeroidaan eli sitoutetaan isompiin partikkeleihin kiinni. Tämän jälkeen kivimurska kasataan noin 8 m korkeiksi kasoiksi, joiden alle on asennettu salaoja- ja ilmastusputkisto. Kasan päältä sijaitsevasta kasteluputkistosta liuotuskasaan suihkutetaan pH-säädettyä vettä, johon on lisätty tiettyjä liukenemista edistäviä bakteereja. Liuos valuu kasan päältä liuosaltaaseen, josta sitä pumpataan takaisin kasan päälle niin kauan, kunnes haluttu metallipitoisuus saavutetaan. Varsinainen metallien erotus tapahtuu saostamalla liuotusaltaasta johdettua noin 10 %:n suuruista sivuvirtaa. /14 – 16, 148/

Kun primäärikasaa on liuotettu 18kk ajan, se puretaan ja malmi kasataan uudelleen sekundäärialustalle. Siellä liuotusta jatketaan, pyrkien saamaan talteen ensimmäisessä vaiheessa liukenemattomat mineraalit. Primäärikasa on dynaaminen kasa, jolla tarkoitetaan sitä, että koneiden purkaessa kasaa sekundäärialustalle, kuljetin kasaa uutta malmin tilalle liuotukseen. Toisen liuotusvaiheen jälkeen kasoja ei enää pureta, vaan hyödynnetyt malmikasat jäävät paikoilleen ja ne maisemoidaan. /14 – 16, 148/



Kuva 29. Biokasaliuotusprosessi /16/

5.4 VARASTOINTI JA KULJETUS

Rikastamisen jälkeen valmiit tuotteet eli rikasteet usein varastoidaan odottamaan kuljetusta jatkokäsittelylaitoksiin, kuten tehtaille ja valimoihin. Useimmiten rikasteille on rakennettu oma varastorakennuksensa tehdasalueelle, jotka täytetään rikastamolta suoraan tulevilla kuljettimilla tai pyöräkuormaajaa käyttäen. Kuljetus eteenpäin tapahtuu yleisimmin rekalla tai junalla sekä mahdollisesti myös laivalla, riippuen missä rikasteiden jatkokäyttöpaikka sijaitsee. Rekoilla siirtäminen on yleensä kannattavaa lyhyillä välimatkoilla. /7, 148/

Useimmiten rekkaliikenteen hoitaa kaivosyhtiön alihankkija. Junaliikenne kannattaa, kun kyseessä on pidemmät välimatkat tai jos on tiedossa toiminnan jatkuminen useiden vuosien ajan. Alkuinvestoinnit ovat junakuljetuksessa kalliit, sillä yleensä kaivosalueille ei ole olemassa valmiita ratayhteyksiä, mutta käyttökustannukset ovat puolestaan alhaiset. Laivausta varten kaivoksen on oltava suotuisan välimatkan päässä satamasta, johon rikasteet yleensä kuljetetaan edellä mainituin keinoin. Laivakuljetusta on kannattavin käyttää, mikäli jatkokäsittelypaikka sijaitsee hyvin kaukana, esimerkiksi Suomen kannalta muualla Euroopassa. /7, 148/

6 TEKNIikka

6.1 SÄHKÖ

Sähkö on kaivoksissa nykyisin eniten käytetty energiamuoto, sillä valvonta- ja ohjauslaitteistot sekä niiden käyttö on lisääntynyt huomattavasti. Kaivoksissa käytettäviin sähkölaitteisiin kuuluvat sähkön siirtoon ja jakeluun liittyvät laitteet, sähköenergialla toimivat laitteet sekä mm. erilaiset automaatiolaitteet. Sähkölaitteiston kestävyydeltä vaaditaan paljon, sillä kaivosolosuhteet ovat erittäin raskaat ja kulutus on noin 12–25 kWh/malmitonni. Kaivoksen sähköverkon suunnitteluvaiheessa erityistä huomiota kiinnitetään johtojen ja laitteiden mekaaniseen lujuuteen tai sijoitteluun, jotta ne kestäisivät pölyn, kosteuden ja räjähdyspaineen aiheuttamat olosuhteet. Yleisesti kaivoksissa on käytössä 400V kolmivaihejärjestelmä, mutta myös 690V käyttöjännite, joka mahdollistaa pidemmät kaapelietäisyydet, on standardisoitu. Jakeluverkossa suurin sallittu jännite on 20kV. /126, 149/

Maanalaisessa kaivoksessa sähkösuunnittelu poikkeaa hieman avolouhoksesta, sillä ensisijaisesti käytetään mm. kuivaeristettyä muuntajaa, joka on tulipalon sattuessa turvallisempi vaihtoehto kuin tavallinen öljyeristeinen. Muutenkin, kosteiden ja pölyisten olosuhteiden vuoksi johdot on oltava vain märkään tilaan sallittuja ja varustettuja ylikuormitus- ja oikosulkusuojilla. Avolouhoksessa olosuhteisiin tuovat vielä oman lisänsä ilmaston aiheuttamat muutokset, kuten pakkanen ja sen myötä jää. Mitään varsinaisia erityissäädöksiä kaivosten, niin maanalaisen kuin avolouhoksen, sähköverkosta ei ole laadittu vaan suunnittelun pohjana ovat pitkälti olosuhteet, joiden asettamat vaatimukset sähkölaitteistoille tulee huomioida. /126, 149/

6.2 AUTOMAATIO

Automaatiolla on nykypäivänä suuri merkitys kaivostoiminnassa. Sen avulla malmi virta saadaan jatkuvaksi erilaisten siilojen, välivarastojen ja eri osaprosessien välillä ilman, että jokainen vaihe tarvitsee fyysisesti työntekijän suorittamaan toimintoja. Automatisoinnin optimoiminen on vaativa tehtävä, joka vaatii eri osatoimintojen kokonaishallintaa. Hankalaksi sen tekee se, että työpisteet muuttuvat kaivosalueella jatkuvasti, geologisia olosuhteita on hanakala ennakoida ja eri vaiheet ovat toisistaan

hyvin riippuvaisia. Nykyään automaation avulla tuotantotilanteiden muutoksiin voidaan reagoida nopeasti sekä kerätä suuri määrä tietoa, joista tuotetaan vaivattomasti erilaisia raportteja päätöksenteon tueksi. /126, 149/

Kemin ja Pyhäsalmen kaivoksilla on pitkät perinteet automaation kehittämisessä. Molemmat kaivokset osallistuivat 1990-luvulla läpivietyyn, 10 miljoonan euron teknologiahankkeeseen ”Älykäs Kaivos”, jossa kehitettiin uutta teknologiaa eri laitevalmistajien kanssa asiakassoveltajina olleille kaivosyhtiöille. Kemin ja Pyhäsalmen kaivoksilla on yhteistä historiaa saman omistajan alaisuudessa, jonka vuoksi kaivosten toimintojen ja tuotannon ohjaus on pitkälti samankaltaista. Ohjaus perustuu KaTTi-tietojärjestelmään ja alati päivitettävään tietokantaan sekä koko kaivoksen kattavaan reaaliaikaiseen tietoverkkoon ja kommunikaatiojärjestelmään. Pyhäsalmen kaivoksella on lisäksi mm. Outotec:n toimittama Courier 6SL- analysaattori, joka analysoi rikastamalla tärkeimpien lietevirtojen metallipitoisuuksia ja niiden tietojen perusteella optimoi prosessia. /13,126, 149/

6.3 RAKENTEET JA TIET

Rakenteissa kaivoksella käytetään joko puu-, betoni- tai teräsrakenteita kohteesta riippuen. Näiden lisäksi kaivosverkko koostuu ajoteistä, lattioista ja suurimmissa kaivoksissa myös ratateistä. Puurakenteiden käyttö on vähentynyt huomattavasti, sillä kalliopultit, teräsbetoni ja teräs ovat syrjäyttäneet sen kestävämpinä ja paremmin nykyiseen kaivostekniikkaan soveltuvina rakennusaineina. Nykyään puuta käytetään enimmäkseen erilaisten betonirakenteiden muoteissa sekä lisäksi jonkin verran mm. kuilun pohjarakenteissa, tilapäistukina ja räjäytyssuojina. /126, 149/

Betonirakenteita syntyy kaivoksessa lähes päivittäin, louhoksessa tehtävien ruisku-betonointitöiden vuoksi. Enimmillään betonin käyttö on kaivoksen avaamis-, laajenus- ja uudistamisvaiheissa. Lisäksi betonista voidaan valmistaa mm. tukiseiniä, nostotorneja, kuiluja, teitä ja erilaisia perustuksia. Kaivosolosuhteet ovat betonirakenteille haasteelliset, sillä niihin kohdistuu suuria paine-, hankaus- ja iskukuormituksia, joita voi olla hankala määritellä etukäteen. Lisäksi kaivoksen ilmassa ja vesissä saattaa olla betonia vahingoittavia aineita, jotka aiheuttavat kemiallista rasiutusta rakenteille. Teräsrakenteissa käytetään yleensä joko haponkestävää terästä tai sinkityksessä suojattua tavallista rakenneterästä. Teräksestä valmistettuja rakenteita voidaan käyttää mm. kuiluissa, kaiteissa, porteissa sekä huoltopaikkojen ja nostureiden rakenteissa. /126, 149/

Kaivoksissa käytettävä ajoneuvokalusto asettaa suuret vaatimukset kaivosten kulkureiteille ja niiden kunnolle. Kaivosolosuhteet ovat aina märät, sillä vettä tihkuu mm. pohjavedestä ja sadevedestä maanalaisen kaivoksen lattioille, joten on tärkeää, että vedet poistetaan hallitusti pumppaamalla. Yleisin teiden rakennusmateriaali kaivoksessa on sepeli, joka vilkkaimmin liikennöidyillä väylillä voi saada vielä betoni- tai asfalttipinnan. Sepeli on edullinen rakennusmateriaali, jonka suhteen kaivos voi olla omavarainen. Sitä voidaan nimittäin murskata kaivoksen sivukivestä omiin tarpeisiin sopivan kokoiseksi. Kaivoksissa, joissa liikutellaan suuria tonnimääriä kiveä,

on käytössä myös varmatoimisen raidekuljetuksen mahdollisuus. Suomessa ei maanalaisilla kaivoksilla tällä hetkellä malmia siirretä raiteita pitkin vaan enimmäkseen käytetään automatisoitua nostokappaa. Pohjoismaiden merkittävien kaivosraideverkosto löytyy LKAB:n kaivokselta Ruotsin Kiirunasta. /126, 149/

6.4 KUNNOSSAPITO

Kunnossapidon tehtävänä on ensisijaisesti pitää laitteet käyntikunnossa sekä korjata rikkoutuneita laitteita ja komponentteja. Nykyään kunnossapitoa ei pidetä enää kustannuseränä vaan se mielletään tärkeäksi tuotantotekijäksi, jolla on vaikutusta laitoksen kilpailukykyyn. Kunnossapidon kustannusten osuus maanalaisella kaivoksella on noin 30 % käyttökustannuksista. Tästä 41 % kuluu kaivoksen kunnossapitoon, 51 % rikastamolle ja loput 8 % muuhun toimintaan, kuten tutkimus ja kehitys, geologia, osto ja suojele. Kunnossapidon toimintakyvyn edellytyksenä on, että toiminnalle varataan riittävästi niin tila-, henkilö- kuin laiteresursseja, koulutetaan käyttö- ja kunnossapitohenkilöstä sekä toimitaan saumattomasti yhteistyössä käyttöhenkilöstön kanssa. /126,135, 149/



Kuva 30. Kevitsan kaivoksen konekorjaamo /118/

Kunnossapito-ongelmat syntyvät useimmiten jo kaluston hankintavaiheissa. Tyypillisimpiä ongelmia ovat konekannan kirjavuus, koneet ovat alimitoitettuja, tarvittavia piirustuksia ei ole toimitettu tai varaosia ei ole tilattu koneen mukana, saati turvattu niiden saantia. Joissain tapauksissa kunnossapidollisia näkökulmia laitteiden asen-

nuksesta ja huollosta ei ole huomioitu, jolloin laittein luokse on hankala päästä tai erityisesti sähkölaitteet eivät ole sopivia kaivosolosuhteisiin. Ongelmien välttämiseksi olisi jo toimitusvaiheessa hyvä hankkia tarvittavat piirustukset, ohjeet, kaaviot ja todistukset laitteista. /135, 149/

6.4.1 Esimerkkejä kaivoksen kunnossapitokohteista

Voiteluhuolto kuuluu ehkäisevään kunnossapitoon. Sen tehtävänä on erottaa koneen osat tai pinnat toisistaan ja näin ollen pienentää kitkaa. Kaivosteollisuudessa voiteluaineen oleellinen tehtävä on poistaa epäpuhtaudet ja estää niiden pääsy kohteisiin, luonnollisesti itse voitelun lisäksi. Kaivoksissa on runsaasti laakerointeja erilaisissa kohteissa, joita täytyy voidella. Laakerityypeistä melko yleisesti käytössä on yhä liukulaakerointi, jota käytetään pääasiassa niveltapeissa, jauhatusmyllyjen kannatuslaakereina, kartiomurskainten pallolaakereina sekä epäkeskon ja karan holkkeina. Maanalaisilla kaivoksilla on lisäksi myös paljon erilaisia tuulettimia, jotka poistavat haitallisia räjähdekaasuja sekä tuovat tiloihin raitista ilmaa. Tuuletuslaitteiden sähkömoottorit ja sulkulaitteistot tarvitsevat säännöllistä voiteluhuoltoa. /126,135, 149/

Kaivosteollisuudessa käytetään eri kohteissa paljon kulutusta kestäviä materiaaleja. Tyypillisimpiä käyttökohteita ovat mm. lastauskoneiden kauhat, dumpperien lavat sekä kuljettimien, syöttimien, seulojen ja murskainten kulutusosat. Käytetyt materiaalit ovat yleensä kulutuskumit ja -teräkset, kuten mangaaniteräs sekä karkaistut mikroaeteräkset, mutta jonkin verran käytetään myös keraameja ja erikoismassoja. Kumit soveltuvat käytettäväksi lähes kaikissa kohteissa ja ovat oikein valittuina hyvinkin pitkäikäisiä materiaaleja. Verrattuna kulutusteräkseen ne ovat helpommin asennettavissa ja niiden ylläpitokustannukset ovat melko pienet. Pinnoitukset eivät kuitenkaan ole korjattavissa, vaan ne tulee korvata uudella materiaalilla. /126, 149/

Kaivoksen kunnossapidon piiriin kuuluu paljon erilaisia vaihtotoimenpiteitä, jotka johtuvat sekä lakisääteisistä velvoitteista että kulumisesta syntyvistä turvallisuusriskeistä. Nostokuilun laitteisto kuuluu kaivoksen kriittisimpiin laitteisiin, sillä sitä pitkin malmi nostetaan rikastamolle. Säännöllisin väliajoin tehtävä köysien vaihto, jopa tuhansia metrejä syvään kuiluun on kunnossapidollisesti vaativa työ. Muita kriittisiä laitekokonaisuuksia ovat erilaiset kuljettimet, joita kaivoksissa voi olla useiden kilometrien pituudelta. Yleisimmin automatisoitujen kuljettimien häiriöt johtuvat ylikuormittumisesta tai ne kuluvat epänormaalilla tavalla sinne kuulumattomien partikkeleiden hankaavasta vaikutuksesta. Jo suunnitteluvaiheessa tulisi huomioida laitteiden huollettavuus siten, että niiden ympärille jätettäisiin tarpeeksi tilaa ja rakennettaisiin asianmukaisia huoltotasoja. /126,135, 149/

6.4.2 Esimerkkejä kylmän ilman aiheuttamista ongelmista

Kylmä ilma aiheuttaa ongelmia paitsi työntekijöille myös kaivoksella oleville lukuisille laitteille. Erityisesti ongelmat korostuvat avolouhoksissa, jossa työskennellään jatkuvasti vallitsevien olosuhteiden keskellä toisin kuin maanalaisissa kaivoksissa, jossa olosuhteet pysyvät kutakuinkin samanlaisina kesät talvet. Jää ja jäätyminen yli-

päättänsä muodostavat suurimmat kylmän ilman aiheuttamat ongelmat. Varsinkin sähkölaitteet ovat kylmälle ilmalle hyvin herkkiä. /135, 149/

Talvella kosteus tiivistyy rakennuksiin, kuten nostotorniin, aiheuttaen raja-antureiden jäätymistä ja näin ollen myös ongelmia mekaanisessa toiminnassa. Kuljettimet kuljettavat materiaalia välillä sisä- ja ulkotilojen välillä, jolloin vaarana on, että lämmin ja kostea materiaali jäätyy hihnaan kiinni. Kostean materiaalin jäätyminen on ongelmana myös varastoinnin ja kuljetuksen aikana, jonka vuoksi rikasteet pyritään saamaan mahdollisimman kuiviksi. Jäätymistä vastaan on myös kehitetty erilaisia menetelmiä, kuten Kemin kaivoksella, jossa rikaste voidaan pakokaasun avulla lämmittää kuljetuksen ajaksi. /7,135, 149/

7 LOGISTIikka

7.1 VIESTINTÄ JA TIEDONSIIRTO

Kaivosten viestintä- ja tiedonsiirtoverkosto koostuu analogisista ja digitaalisista puhejärjestelmistä sekä tietoverkoista. Analogiset puhejärjestelmät lankapuhelimineen voivat kuulostaa hyvin vanhanaikaisilta mutta kaivosolosuhteissa ne ovat vertaansa vailla. Lankapuhelimista kun ei akku lopu, ne ovat helppokäyttöisiä ja löytyvät aina omalta kiinteältä paikaltaan. Etua niiden käytöstä on varsinkin rakennusvaiheessa, sillä lankapuhelinlinjan vetäminen työmaalle on helppoa ja nopeaa eikä sen tekemiseen vaadita erityisosaamista. Valmiissa kaivoksessa lankapuhelimia käytetään mm. turvapaikoissa, sähkökeskuksissa ja erilaisten kriittisten koneiden ja laitteiden luona. Lankapuhelinten lisäksi analogisiin puhejärjestelmiin kuuluvat radiopuhelimet. Luvanvaraisten radiopuhelimien ja radiopuhelinjärjestelmien käyttöä valvoo Suomessa lakisääteisesti Viestintävirasto. Radiopuhelinten käyttöä varten maanalaiseen kaivokseen tulee rakentaa antenniverkosto, jota pitkin yhteys toisiin puhelimiin muodostetaan. /126, 150/

Nykykaikaisessa kaivoksessa tiedonsiirtoa voidaan hoitaa myös digitaalisten puhejärjestelmien avulla. Niihin oleellisesti liittyvät nykyään hyvin yleinen 3G-verkosto sekä langaton verkko. Suomessa 3G-verkosto sekä laajakaistayhteydet ovat nykyään saatavilla lähes joka kolkkaan maassamme, jolloin ne palvelevat hyvin avolouhosten tarpeita. Maanalaisilla kaivoksilla tilanne on kuitenkin toinen, sillä luja kallio eristää hyvin kaikki ilmassa lähetetyt signaalit, jolloin esimerkiksi maanpäällisestä 3G-verkosta ei ole siellä hyötyä. Verkon rakentaminen kaivokseen tukiasemien avulla ei ole kuitenkaan taloudellisesti kannattava ratkaisu vaan puhejärjestelmänä käytetään VoIP-järjestelmää. /126, 150/

VoIP eli Voice over IP- järjestelmässä hyödynnetään langatonta verkkoa, jonka kautta puhelinliikenne voidaan hoitaa. Itse laite muistuttaa hyvin paljon tavallista matkapuhelinta. VoIP-laitteen tarvitseman langattoman verkon ulottaminen maanalaiseen kaivokseen onnistuu kohtalaisen helposti sekä kustannustehokkaasti antennien ja tukiasemien välityksellä. VoIP-tekniikan etuna on monikäyttöisyys sillä puhelinominaisuuden lisäksi laitteeseen voidaan ladata esimerkiksi työmääräimiä ja tiedotteita. Lisäksi laitetta käytetään paikannukseen, sillä sen avulla liikereitit voi-

daan taltioida ja reaaliaikaiset sijaintitiedot niin ihmisille kuin koneillekin ovat kätevästi kaikkien saatavilla. Paikannusominaisuudella on myös erityistä merkitystä kaivosten työturvallisuuden kannalta. /126, 150/

7.2 KALUSTO JA KIVEN SIIRTO

Kaivoksen louhintavaiheet voidaan jakaa karkeasti neljään osaan: poraus, räjäytys, kiven siirto ja kalliolujitus. Riippumatta siitä onko kyseessä avolouhos vai maanalainen kaivos, on jokaiselle vaiheelle oma siihen tarkoitettu erikoiskalustonsa. Maan alle ja päälle samoihin vaiheisiin tarkoitettu kalusto eroaa toisistaan käsiteltävän materiaalikoona ja vallitsevien olosuhteidenkin pakosta. /126, 150/

Kiveä käsitellään niin yhden miehen työnnettävistä kuution kokoisista vaunuista aina 400tonnin maansiirtoautoihin. Nykyään kaivoksissa ollaan enenevässä määrin siirtymässä jatkuvaan prosessiin, jossa kiven pitää virrata koko ajan eteenpäin. Käytännössä tämä ei suomalaisessa mittakaavassa täysin onnistu, vaan erilaisia välivarastoja on yhä edelleen matkan varrella, jonka aikana malmilohkare muuttuu rikasteeksi. /126, 150/

7.2.1 Avolouhos

Avolouhoksessa käytössä oleva porauskalusto vaihtelee suuresti työkohteen ja sen luonteen mukaan. Useimmiten käytetään mekanisoituja porauslaitteita, joiden halkaisija on jopa 300–450 mm, kun kaivoksen volyymit ovat suuret. Porauskalusto voidaan jakaa neljään ryhmään: päältälyövä jatkotankokalusto, päältälyövä putkitankokalusto, uppoporauskalusto sekä kiertoporauskalusto. Se, mitä kalustoa käytetään, riippuu irrotettavasta kivimäärästä, kallion laadusta, rintauksen korkeudesta ja halutusta reikäkoosta. Porauslaitteet voivat olla hytillisiä tai hytittömiä, jolloin laitteen ohjaus tapahtuu radio-ohjauksella. Ympäristöön syntyvän melun vuoksi on kehitetty myös sellaisia porauslaitteita, jotka ovat äänivaimennettuja. /126, 150/

Reikien porauksen jälkeen seuraava vaihe on panostaminen ja kallion räjäyttäminen. Panostusta helpottamaan on kehitetty erilaisia apulaitteita, joista suosituimmat ovat bulk-räjähdyksineiden panostamiseen tarkoitettuja. ANFO:n eli ammoniumnitraatin ja polttoöljyn seoksesta valmistetun räjähdysaineen panostamiseen käytetään enimmäkseen paineastiaperiaatteella toimivia laitteita, joissa räjähdysaine pakotetaan paineen avulla panostusreikään (kuva 31). Joillain kaivoksilla on ANFO-laitteita, jotka ovat kauko-ohjattavia tai sellaisia, joissa räjähdde sekoitetaan paikan päällä raaka-aineista. Panostusvälineiden suurimmat kehitysasteet on otettu kuitenkin bulk-emulsioräjähteiden parissa, jotka -toisin kuin ANFO- soveltuvat myös kosteisiin olosuhteisiin. /126, 150/



Kuva 31. Panostuslaitteisto /136/

Kun malmi on irrotettu kalliosta alkaa kiven lastausvaihe, jonka aikana malmi kuljetetaan eri tavoin rikastamolle rikastettavaksi. Lastauskalustona käytetään pääasiassa pyöräkuormaajaa ja hydraulista kaivinkonetta, riippuen lastattavasta materiaalista sekä operaation koosta. Mikäli kaivoksen tuotanto on jatkuvaa ja materiaali kuljetetaan eteenpäin erillisillä kuljetuslaitteilla, valitaan lastaukseen yleensä kaivinkone. Pyöräkuormaajia tosin tarvitaan louhoksella aina mm. tasojen siivoamiseen ja louhekasojen valmisteluun. Pyöräkuormaajien koko vaihtelee 40–200 t välillä, riippuen tarvittavasta tuotantotehosta (kuva 32). Yleensä pyritään siihen, että kuljetusväline saadaan kuormattua 4-8 kauhallisella. Pyöräkuormaajat sopivat parhaiten löyhäksi räjäytetyn kiven lastaamiseen. Kaivinkoneiden koko puolestaan vaihtelee 30–1200 t välillä, mutta yleisesti kaivostoiminnassa käytetään koneita jotka ovat kooltaan yli 80 t (kuva 33). Käytössä olevat hydrauliset kaivinkoneet voidaan jakaa kahteen ryhmään; pistokauhalla varustettuihin tai kuokkakauhalla varustettuihin. Se, kumpaa käytetään, riippuu kaivossuunnittelusta, mutta tyypillisesti 80–100 t koneet ovat kuokkakauhallisia ja yli 700 t koneet pistokauhallisia. /126, 150/



Kuva 32. Talvivaaran (nyk. Terrafamen) kaivoksella käytetty pyöräkuormaaja /137/



Kuva 33. Esimerkki kaivoksella käytettävästä kaivinkoneesta /138/

Avolouhoksella louhitun materiaalin kuljetukseen käytetään kolmea ajoneuvoa: kuorma-autoja, dumpereita tai louhosautoja. Kuljetusvälineen valintaan vaikuttavat kapasiteetti, kuljetusmatka, olosuhteet ja kokonaistaloudellisuus. Näistä kolmesta vaihtoehdosta, kuorma-autoja ei juurikaan varsinaisessa jatkuvassa tuotantokäytössä käytetä, vaan ne soveltuvat parhaiten tilapäiseen kuljetukseen. Niiden käyttö edellyttää myös, että kuljetettava materiaali on kappalekooltaan suhteellisen pientä. Enimmillään 50 t kooltaan olevia dumpereita (kuva 34) käytetään kuljetukseen silloin, kun olosuhteet ovat vaikeakulkuiset. Dumperoiden rakenne on monimutkainen, jonka vuoksi niiden huoltokustannukset ovat melko suuret ja elinikä voi olla paljon lyhyempi kuin muulla kalustolla. Taloudellisin kuljetusmatka dumperoilla on noin 1,2km. Ylivoimaisesti yleisin kuljetusväline louhoksella on louhosauto (kuva 35), joiden kuormamäärä vaihtelee 40–350 t välillä. Niiden käyttömatka vaihtelee 200 m – 9

km välillä ja ne soveltuvat käytettäväksi lähes kaikenlaisissa olosuhteissa. Louhosautot voidaan jakaa voimansiirron perusteella kahteen ryhmään: dieselmekaanisiin ja dieselsähköisiin, joista dieselmekaaniset ovat yleisempiä. /126, 150/



Kuva 34. Dumperi /139/



Kuva 35. Louhosauto /140/

7.2.2 Maanalainen kaivos

Maanalaisen kaivoksen louhintatyöt aloitetaan peränajolla, jossa käytetään peränporausrakenteita, joilla voidaan porata sekä räjäytysreikiä että jatkotankoporausta. Porausrakenteet jaotellaan puomien lukumäärän perusteella neljään ryhmään: yksi-, kaksi-, kolmi- ja nelipuomisiin laitteisiin. Laitteet ovat tyypillisesti sähköhydraulisia ja ne voidaan varustaa erilaisia ohjausjärjestelmillä, kuten suoraohjaus- ja väyläohjausjärjestelmillä. Peränporausrakenteet voidaan myös automatisoida manuaalikäytön, yhden reiän automatiikan ja täysautomatiikan välillä. Täysautomatiikkaa hyödyntäen reiät voidaan porata valmiin porakaavion avulla, ilman että käyttäjän tarvitsee tehdä muuta kuin seurata laitteen toimintoja. /126, 150/

Peränajon jälkeen suoritettavia tuotantoporausrakenteita varten on oma porauskalustonsa, joilla voidaan porata 360 asteen viuhkoja ja enintään 50 m pituisia reikiä. Tuotantoporausrakenteet voidaan jaotella kahdella tavalla: päältä lyöviin ja uppoporausrakenteisiin tai puomiston mukaan kehikkolaitteisiin ja puomilaitteisiin. Suomessa käytetään yleisesti päältä lyöviä laitteita, joiden reikäkoko vaihtelee 52–89 mm:n välillä. Myös tuotantoporausrakenteet voidaan jakaa samanlaisella automatiikalla kuin peränajolaitteet, kuitenkin sillä erotuksella, että tuotantoporausrakenteet voidaan varustaa täysin etäkäytettäväksi. /126, 150/

Maanalaisissa tuotantoräjäytyksissä voidaan käyttää esimerkiksi Kemiitti 810-räjähdettä sen hyvän vedensietokyvyn vuoksi. Kemiitti 810 koostuu ammoniumnitraatin, veden ja öljyn muodostamasta emulsiosta, joka sekoitetaan ja pumpataan paikan päällä porattuihin räjähdereikiin erityisen kaluston avulla (kuva 36). Nitraattien ja

öljyn johdosta räjähdäaine palaa melko puhtaasti, jolloin ympäristökuormituksetkin jäävät melko vähäisiksi. Räjähdyksessä kuitenkin syntyy haitallista häkää sekä typen oksideja, joiden vuoksi kaivostunneli on huolellisesti tuuletettava ennen räjäytetyn kiven poisajoa. /126,141, 150/



Kuva 36. Kemiitin panostusajoneuvo /142/

Maanalaisissa kaivoksissa lastausjärjestelmään valintaan vaikuttavat käytetty louhintamenetelmä, kaivoksen yleinen rakenne sekä käytettävän tekniikan taso. Nykypäivän kaivoksissa käytetään eniten kumipyöräkalustoa, joista tavallisimmat lastauskoneet ovat pyöräkuormaajat ja LHD:t eli load hand dump -koneet (kuva 37). LHD:t on suunniteltu erityisesti maanalaisiin olosuhteisiin ja ne soveltuvat suuren kauhansa sekä tehokkuutensa vuoksi sekä lastaukseen että kuljetukseen. Niiden pisin taloudellinen kantomatka tosin on vain 400 m, mutta maanalaiseen toimintaan se soveltuu hyvin. LHD:n suunnittelussa on kiinnitetty erityistä huomiota koneiden mataluuteen, pakokaasupäästöihin, paloturvallisuuteen sekä lujaan rakenteeseen. Yleisesti ne ovat dieselkäyttöisiä, mutta sähkökäyttöisten koneiden käyttö on koko ajan lisääntymässä. Sähkökäyttöisten koneiden perässä kulkee kaapelikela, jota pitkin kone on liitettyä virtalähteeseen sitä käytettäessä. /126, 150/



Kuva 37. LHD-lastauskone /143/

Malmin kuljetuksessa kiviaines siirretään kaatonoususta tai lastauskoneelta maan-
alaiseen esimurskaimeen tyypillisesti käyttäen kuorma-autoja, hihnakuuljettimia tai
junia. Lyhyillä kuljetusmatkoilla kuljetusvälineenä voidaan käyttää myös LHD:tä, jota
käytetään myös lastauksessa. Kuorma-autojen käytön etuna on niiden joustavuus,
sillä kuljetusreitit voivat vaihdella ja kapasiteetti on helppo muuttaa. Kuorma-autoilla
voidaan myös kuljettaa lohkkareista ainesta, eikä materiaalia tarvitse tällöin esimurs-
kata. Maanalaisiin olosuhteisiin on suunniteltu erityisiä dumppereita (kuva 38), joiden
koko on pieni suhteessa kantokapasiteettiin. /126, 150/



Kuva 38. Maanalainen dumperi /144/

Hihnakuljettimet (kuva 39) soveltuvat puolestaan kohteisiin, joissa kuljetusmatkat ovat pitkiä ja materiaalivirrat suuria ja jatkuvia. Kuljettimilla reitti pysyy koko ajan samana ja ne asettavat kuljetettavalle materiaalille kokorajoituksia, jonka vuoksi malmi pitää usein esimurskata. Alkuinvestoinnit kuljettimille ovat suuret, mutta käyttökustannukset ovat pienet verrattuna muihin kuljetusmenetelmiin. Suomessa malminkuljetuksessa vähemmän tunnettu raidekuljetus on ensisijaisesti pitkien ja vaakasuorien kuljetusten menetelmä. Kuten hihnakuljetuksessakin menetelmän alkuinvestoinnit ovat suuret mutta käyttökustannukset alhaiset. Erona kuitenkin on, että järjestelmällä voidaan helposti kuljettaa lohkeista materiaalia ilman esimurskaustarvetta. /126, 150/



Kuva 39. Hihnakuljetin /145/

LÄHDELUETTELO

- /1/ Geologian tutkimuskeskus, Geologisten luonnonvarojen hyödyntäminen Suomessa 2012, Tutkimusraportti 210, 2014. Saatavilla PDF-tiedostona: http://tupa.gtk.fi/julkaisu/tutkimusraportti/tr_210.pdf
- /2/ Geologian Tutkimuskeskus 2018. Viitattu 2.1.2018. <http://www.gtk.fi>.
- /3/ Kauppa- ja teollisuusministeriö, Suomen kaivannaisteollisuus -muistio 3.2.2006.
- /4/ Turvallisuus- ja kemikaalivirasto TUKES. Vuoriteollisuustilasto 2017. Saatavilla PDF-tiedostona: <http://tukes.fi/Tiedostot/kaivokset/VUORI2017.pdf>
- /5/ Vasara Heino. Kaivosalan tilanne ja näkymät. TEM toimialaraportit 3/2017. Saatavilla PDF-tiedostona: https://tem.fi/documents/1410877/2132296/Kaivosalan_tilanne_ja_nakymat_2017.pdf/bo13f997-6140-4b18-a17f-a46f87boa1ba
- /6/ Kaiva.fi, kaivannaistietoa kaikille. Viitattu 2.1.2018. <https://kaiva.fi/kaivannaisala/kaivostoiminta/>
- /7/ Vuolukka Petri, Outokumpu Chrome Oy, Outokumpu Tornio Works - Kemi mine-esitys. Suomen kaivostoiminta, prosessit ja tekniikka -koulutus, 2010
- /8/ Groundia Oy & Outokumpu Oyj. Outokumpu Chrome Oy, Kemin kaivoksen laajennus, ympäristövaikutusten arviointiselostus 30.6.2009. Osa 1. Saatavilla PDF-tiedostona: <http://www.ymparisto.fi/download.asp?contentid=105979&lan=fi>
- /9/ Kemin kromiittikaivoksen ja rikastamon ympäristö- ja vesitalouslupa sekä toiminnanaloittamislupa, Keminmaa. Pohjois-Suomen aluehallintoviraston lupapäätös nro 125/101. Saatavilla PDF-tiedostona: http://www.avi.fi/fi/virastot/pohjoissuomenavi/Ymparistojavesitalousluvat/Ymparistoluvat/Documents/Paatokset/2010/psavi_paatos_125_10_1-2010-12-27.pdf
- /10/ Outokumpu Oyj. Annual report 2017. Saatavilla PDF-tiedostona: <http://www.outokumpu.com/SiteCollectionDocuments/Outokumpu-Annual-report-2017.pdf>
- /11/ Kaivosvastuu 2018. Outokumpu Chrome Oy. Viitattu 2.1.2018. www.kaivosvastuu.fi/yrittyskortti/outokumpu-chrome-oy/
- /12/ Kemi-Tornion kaupunkilehti nro 48. Julk. 29.11.2017. <https://issuu.com/finland/docs/kemi-tornio-kaupunkilehti-nro-48-29>
- /13/ Lähteenmäki Seppo, Pyhäsalmi Mine Oy, Pyhäsalmi Mine -yleisesittely. Suomen kaivostoiminta, prosessit ja tekniikka -koulutus, 2010
- /14/ Pyhäsalmi Mine Oy, asiakasesite, 2004.

- /15/ First Quantum Minerals Ltd, press release 2.4.2013. Saatavilla PDF-tiedostona: <http://www.first-quantum.com/Media-Centre/Press-Releases/Press-Release-Details/2013/First-Quantum-Minerals-Announces-Successful-Completion-of-Offer-9274-of-Inmet-Shares-Tendered/default.aspx>
- /16/ First Quantum Minerals Ltd. 2018. Operating mines, Pyhäsalmi. Viitattu 2.1.2018. <http://www.first-quantum.com/Our-Business/operating-mines/Pyhasalmi/default.aspx>
- /17/ Terrafame Oy. 2018. <http://www.terrafame.fi/>
- /18/ Terrafame Oy 2017. Vuosikertomus 2016. Saatavilla PDF-tiedostona: <http://vuosikertomus2016.terrafame.fi/media/pdf-paketit/terrafame-vuosiraportti-2016.pdf>
- /19/ Talvivaara Oy 2013. Vuosikertomus 2012. Saatavilla PDF-tiedostona: http://www.ahtium.com/files/talvivaara/AR%202012/Talvivaara_VSK_2012.pdf
- /20/ Talvivaaran Kaivososakeyhtiö Oyj 2013. Pörssitiedote 16.1.2013. Saatavilla PDF-tiedostona: <http://hugin.info/136227/R/1670729/543013.pdf>
- /21/ Terrafame Oy ja Pöyry Oyj 2017. Kaivostoiminnan jatkaminen ja kehittäminen tai vaihtoehtoinen sulkeminen. Ympäristövaikutusten arviointiselostus. PDF: https://www.terrafame.fi/media/mediapankki/kaivostoimintaa-koskeva-yva/yvaselostus/aa-terrafame_tuotanto_yva_selostus_180817_web.pdf
- /22/ Talvivaara Mining Company Plc, 2010. Uraani talteen -esitys 9.2.2010. PDF: http://www.talvivaara.com/files/talvivaara/Uranium/Talvivaara_uraani_presentation_09_02_2010_FI.pdf
- /23/ Geological Survey of Finland 2013. Gold database, Jokisivu. Viitattu 2013. <http://en.gtk.fi/ExplorationFinland/Commodities/Gold/jokisivu.html>
- /24/ Geological Survey of Finland 2013. Gold database, Kutemajärvi. Viitattu 2013 <http://en.gtk.fi/ExplorationFinland/Commodities/Gold/kutemajarvi.html>
- /25/ Dragon Mining Ltd. 2016. Annual Report 2016. Saatavilla PDF-tiedostona: http://www.dragonmining.com/static/files/56/dra-annual-report-2016_asx.pdf
- /26/ Dragon Mining Ltd. 2013. Full Year 2012 Results Presentation, March 2013. Saatavilla PDF-tiedostona: <http://www.dragonmining.com.au/sites/default/files/1208354.pdf>
- /27/ Dragon Mining Ltd. 2013 Quarterly activities report, Q4/2012. Saatavilla PDF-tiedostona: http://www.dragonmining.com.au/sites/default/files/dra_quarterly_dec_12_final_o.pdf
- /28/ Aamulehti 2017. Valkeakosken kultakaivoksen toiminta alkaa alkuvuodesta 2018, lupaa Dragon Mining. 19.10.2017. <https://www.aamulehti.fi/uutiset/valkeakosken-kultakaivoksen-toiminta-alkaa-alkuvuodesta-2018-lupaa-dragon-mining-200473098/>
- /29/ Dragon Mining Ltd. 2018. Kaapelinkulma Gold Project. Viitattu 2.1.2018. <http://www.dragonmining.com/kaapelinkulma>
- /30/ Grönholm P. 2010. Kaapelinkulman kultaesiintymä Valkeakoskella. Polar Mining Oy raportti 4.10.2010. Saatavilla PDF-tiedostona: http://www.tukes.fi/Tiedostot/kaivokset/kaivospiirihakemukset/Polar_Mining/Polar_koosteraportti.pdf
- /31/ Agnico-Eagle Mines Ltd. 2018. Viitattu 2.1.2018. <http://www.agnico-eagle.com/>

- /32/ Geological Survey of Finland 2013. Gold database, Suurikuusikko. Viitattu 2013. <http://en.gtk.fi/ExplorationFinland/Commodities/Gold/suurikuusikko.html>
- /33/ Agnico-Eagle Mines Ltd. 2017. Annual report 2016. Saatavilla PDF-tiedostona: https://s21.q4cdn.com/374334112/files/doc_financials/annual/2016/AEM-2016AR.pdf
- /34/ Lapin Kansa 2018. Jättihissin rakentaminen alkaa keväällä – Kittilän kultakaivokseen investoidaan 160 miljoonaa neljässä vuodessa. 15.02.2018. <https://www.lapinkansa.fi/lappi/jattihissin-rakentaminen-alkaa-kevaalla-kittilan-kultakaivokseen-investoidaan-160-miljoonaa-neljassa-vuodessa-200746435/>
- /35/ Agnico Eagle Finland Oy. 2017. Kittilän kaivos, esitys Suomen Kaivosyrittäjien seminaarissa 2017. Saatavilla PDF-tiedostona: <https://drive.google.com/file/d/oB1xdoClnmkyPZS1tbWIFYUJhZzQ/view>
- /36/ Agnico-Eagle Finland Oy 2016. Kaivoksen kuulumisia joulun alla 2016. Kaivos-sanomat 2/2016. Saatavilla PDF-tiedostona: http://agnicoeagle.fi/wp-content/uploads/2016/12/Kaivossanomat_2016_2.pdf
- /37/ Boliden Ab. 2018. Viitattu 2.1.2018. <https://www.boliden.com/fi/>
- /38/ Boliden Ab. 2017. Annual report 2016. Saatavilla PDF-tiedostona: <http://reports.boliden.com/globalassets/gri2016/pdfs/boliden-annual-report-2016.pdf>
- /39/ Boliden Kevitsa Mining Oy. 2017. Kevitsan kaivos. Esitys Suomen kaivosyrittäjien seminaarissa 2017. PDF: <https://drive.google.com/file/d/oB1xdoClnmkyPNWo4N1ViV1c3NFU/view>
- /40/ Geological Survey of Finland 2013. Gold database, Pampalo. Viitattu 2013. <http://en.gtk.fi/ExplorationFinland/Commodities/Gold/pampalo.html>
- /41/ Endomines AB. 2017. Årsredovisning 2016. Saatavilla PDF-dokumenttina: <http://mb.cision.com/Main/2472/2216204/643567.pdf>
- /42/ Endomines AB. 2018. Viitattu 2.1.2018. <http://www.endomines.com/>
- /43/ Endomines AB. 2018. Karjalan kultalinja, Rämepuro. Viitattu 2.1.2018. <https://endomines.com/index.php/karjalan-kultalinja/ramepuro>
- /44/ Aluehallintovirasto 2017. Päätös Nro 3/2017/1. Rämepuron kaivosta koskevan vaakuuden osittainen vapauttaminen, Ilomantsi. Saatavilla PDF-tiedostona: https://tietopalvelu.ahtp.fi/Lupa/AvaaLiite.aspx?Liite_ID=2875604
- /45/ Endomines AB. 2013. Press release, 18.3.2013. Saatavilla PDF-tiedostona: <http://files.shareholder.com/downloads/AMDA-EI7J1/2425545714xox646251/fc18eb49-702d-4f68-bd35-3529518f6cfa/03181422.pdf>
- /46/ Geological Survey of Finland 2013. Copper database, Kylylahti. Viitattu 2013. <http://en.gtk.fi/informationsservices/commodities/Copper/kylylahti.html>
- /47/ Boliden Ab. 2018. Viitattu 2.1.2018. <https://www.boliden.com/fi/operations/mines/boliden-kylylahti/>
- /48/ Altona Mining Ltd. 2013. Quarterly report Q4/2012, 30.1.2013.
- /49/ Kaivosvastuu 2018. Boliden Kylylahti Oy. Viitattu 2.1.2018. <https://www.kaivosvastuu.fi/yrityskortti/2016-boliden-kylylahti-oy/>
- /50/ Yara Suomi Oy. 2018. Viitattu 2.1.2018. <http://www.yara.fi/>

- /51/ Yara International ASA. 2011. Health, Safety & Environment Information, Yara Siilinjärvi, 2011.
- /52/ Yara Suomi Oy. 2013. Siilinjärven kaivoksen sivukivialueiden laajennus. Ympäristövaikutusten arviointiohjelma, 2013.
- /53/ Nordkalk Oy. 2018. Viitattu 2.1.2018. <http://www.nordkalk.fi/>
- /54/ Aluehallintovirasto 2012. Nordkalk Oy Ab:n Paraisten kaivoksen ympäristölupahakemus, Parainen. Etelä-Suomen aluehallintoviraston päätös nro 174/2012/1. Saatavilla PDF-tiedostona: http://www.avi.fi/documents/10191/56816/esavi_paatos_174_2012_1-2012-10-31.pdf
- /55/ Aluehallintovirasto 2010. Lappeenrannan kaivoksen sekä kalsiitti- ja wollasto-niittirikastamoiden ympäristöluvan lupamääräysten tarkistaminen, Lappeenranta. Itä-Suomen aluehallintoviraston päätös nro 91/10/1.
- /56/ Uudenmaan ympäristökeskus 2007. Tytyrin kalkkitehtaan ja kalkkikivikaivoksen ympäristölupapäätös. 5.6.2007.
- /57/ Tytyrin kaivosmuseo. 2018. Viitattu 2.1.2018. <http://palvelut.lohja.fi/tytyrinkaivos/default.asp?sivu=2&alasivu=20&kieli=246>
- /58/ Mondo Minerals B.V. 2018. Viitattu 2.1.2018. <http://www.mondominerals.com/>
- /59/ Pohjois-Suomen ympäristölupavirasto 2008. Sotkamon kaivoksen ja tehtaan ympäristö- ja vesitalouslupa, Sotkamo. Päätös nro 9/08/2. Saatavilla PDF-tiedostona: <http://www.ymparisto.fi/download/noname/%7B2AD7AB1C-5E8B-40BF-9BA8-2D23E61DC8E2%7D/86649>
- /60/ Aamulehti 2018. Soklin kaivoksesta on odotettu piskuisen Savukosken kunnan pelastajaa jo 50 vuotta – ympäristölupapäätös on tulossa alkuvuodesta. 1.1.2018. <https://www.aamulehti.fi/uutiset/soklin-kaivoksesta-on-odotettu-piskuisen-savukosken-kunnan-pelastajaa-jo-50-vuotta-ymparistolupapaatos-on-tulossa-alkuvuodesta-200635144/>
- /61/ Gehör S. 2010. Esitys kaivosseminaarissa, Kokkola 2010. Yara Suomi Oy.
- /62/ Lintinen P. 2015. Selvitys Suomen fosforipotentiaalista. Geologian Tutkimuskeskus, tutkimusraportti 17/2015. Saatavilla PDF-tiedostona: http://tupa.gtk.fi/raportti/arkisto/17_2015.pdf
- /63/ YLE uutiset 2012. Yara otti vuoden aikalisän Soklissa. 9.6.2012. http://yle.fi/uutiset/yara_otti_vuoden_aikalisän_soklissa/5064697
- /64/ Hannukainen Mining Oy. 2018. Hannukaisen alueen kaivoshistoria. Viitattu 2.1.2018 <http://www.hannukainenmining.fi/hannukainen-mining/kaivoshistoria.html>
- /65/ Hannukainen Mining Oy. 2018. Luvat ja lausunnot. Viitattu 2.1.2018. <http://www.hannukainenmining.fi/ajankohtaista/luvat-ja-lausunnot.html>
- /66/ Hannukainen Mining Oy. 2018. Malmivarannot. Viitattu 2.1.2018. <http://www.hannukainenmining.fi/malmivarannot.html>
- /67/ Firesteel Resources Ltd. 2018. Laiva Property. Viitattu 2.1.2018. <https://www.firesteelresources.com/laiva-property>
- /68/ Nordic Mines Ab. 2013. Annual report 2012.

- /69/ Joensuu M. 2012. Laivan kultakaivos tänään, PPT-esitys 7.6.2012. Nordic Mines Ab.
- /70/ Quarisa R. 2017. GOLD: Firesteel to buy, restart Laiva gold mine in Finland. Canadian Mining Journal. 27.11.2017. <http://www.canadianminingjournal.com/news/gold-firesteel-buy-restart-laiva-gold-mine-finland/>
- /71/ Sotkamo Silver Oy. 2018. Tilinpäätöstiedote 2017. http://www.silver.fi/sivu/fi/taloustraportit_suomeksi/?show=one&lang=fi&id=7A83040FDEDE691A
- /72/ Sotkamo Silver Oy. 2017. Miksi sijoittaa hopeaan. Saatavilla PDF-tiedostona: http://www.silver.fi/tiedostot/presentations/170404_SOSI_ja_hopea_Tampereella.pdf
- /73/ Aluehallintovirasto 2013. Sotkamo Silver Oy:n Tipaksen hopeakaivoksen ympäristö- ja vesitalouslupa sekä toiminnanaloittamislupa ja töidenaloittamislupa, Sotkamo. Lupapäätös nro 33/2013/1.
- /74/ Sotkamo Silver Oy. 2018. Hopeakaivoksen kaivos- ja louhintasuunnitelman arviointi. Viitattu 2.1.2018. http://www.silver.fi/sivu/fi/projects/taivaljarvi_-_reserve_and_resource_estimate/
- /75/ Gold Fields Ltd. 2013. Viitattu 2013. <http://www.goldfields.co.za/>
- /76/ Gold Fields, Arctic Platinum Finland. 2018. Palladium-Platinum Project in Finland targeted for divestment. Viitattu 2.1.2018. <https://www.goldfields.com/arctic-platinum-finland.php>
- /77/ Gold Fields, Arctic Platinum Finland. 2017. Gold Fields solmii sopimuksen Suomessa sijaitsevan Arctic Platinum –projektin myymiseksi CD Capitalle. Lehdistö-tiedote ja tiedonanto 27.11.2017. Saatavilla PDF-tiedostona: <http://paatokset.ranua.fi/d5web/kokous/20171373-3-1.PDF>
- /78/ Mustavaaran Kaivos Oy. 2018. Viitattu 2.1.2018. <http://www.mustavaarankaivos.com/fi>.
- /79/ Jokela J. 2017. AA Sakatti Mining Oy. Sakatin Cu-Ni-PGE-projektin tämän hetkinen tilanne. Esitys Suomen Kaivosyrittäjien seminaarissa 8.6.2017.
- /80/ Jokela, J. 2017. AA Sakatti Mining Oy. Haastattelu 20.6.2017.
- /81/ Anglo American plc. 2017. Annual Report 2016. Saatavilla PDF-tiedostona: <http://www.angloamerican.com/~media/Files/A/Anglo-American-PLC-V2/documents/annual-reporting-2016/downloads/annual-report-2016-interactive-v2.pdf>
- /82/ Keliber Oy. 2018. Viitattu 2.1.2018. <https://www.keliber.fi/>
- /83/ Otanmäki Mine Oy 2017. Esite 2017. Saatavilla PDF-tiedostona: http://www.otanmaki.fi/Otanmaki_Mine_Oy_esite_2017.pdf
- /84/ Vulcan Hautalampi Oy, FinnCobalt Outokumpu. 2018. Viitattu 2.1.2018. <https://www.finncobalt.com/?lang=fi>
- /85/ Nevalainen E. 2017. Hautalampi nyt tarkempaan syyniin. FinnCobalt selvittää uuden kaivoksen mahdollisuutta kahden seuraavan vuoden aikana. Outokummun Seutu 14.12.2017. Saatavilla PDF-tiedostona: <https://www.finncobalt.com/wp-content/uploads/2017/12/Outokummunseutu.pdf>

- /86/ FinnCobalt Outokumpu. 2017. Hautalammen Koboltti-Nikkeli-Kuparikaivos-projekti. Saatavilla PDF-tiedostona: https://www.finncobalt.com/wp-content/uploads/2017/12/FinnCobalt_Dec13_2017_FI.pdf
- /87/ The Independent Barents Observer. 2016. Canadian firm acquires bankrupt Lapland gold mine. <https://thebarentsobserver.com/en/industry/2016/03/canadian-firm-acquires-bankrupt-lapland-gold-mine>
- /88/ Lapland Goldminers Ab. 2013. Interim Report January-December 2012.
- /89/ Mikkola P. 2009. Lapland Goldminers Ab. Pahtavaaran kaivoksen 3D-malli, 16.11.2009.
- /90/ Rupert Resources Ltd. 2018. Viitattu 2.1.2018. <http://rupertresources.com/>
- /91/ Nieminen J. 2017. Rupert Finland Oy. Pahtavaaran kaivos. Esitys Suomen Kaivosyrittäjien seminaarissa 8.6.2017. Saatavilla PDF-tiedostona: <https://drive.google.com/file/d/oB1xdoClnmkyPMFV2SWZNNURKTTQ/view>
- /92/ Ahola N. 2107. Mawson Resources Ltd. Rompas-Rajapalot projekti Ylitorniolla. Esitys Suomen Kaivosyrittäjien seminaarissa 8.6.2017. PDF: <https://drive.google.com/file/d/oB1xdoClnmkyPNTh6eUhzZTNoRzA/view>
- /93/ Mawson Resources Ltd. 2018. Malminetsintähankkeet. Viitattu 2.1.2018. <http://mawsonresources.com/suomi>
- /94/ Kauppila P, Räisänen M ja Myllyoja S. (toim.). 2011. Metallimalmikaivostoiminnan parhaat ympäristökäytännöt. Suomen Ympäristökeskus, 2011.
- /95/ Loukola-Ruskeenniemi K (toim.). 2012. Suomen kaivosteollisuuden tilannekatsaus vuonna 2012. Työ- ja elinkeinoministeriön raportteja 23/2012. Saatavilla PDF-tiedostona: https://www.researchgate.net/profile/Kirsti_Loukola-Ruskeenniemi/publication/264455535_Suomen_kaivosteollisuuden_tilannekatsaus_vuonna_2012/links/53dfceb40cf27a7b8306bdd7/Suomen-kaivosteollisuuden-tilannekatsaus-vuonna-2012.pdf
- /96/ Kaivoslaki 2011/621. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110621>
- /97/ Ympäristönsuojelulaki 2014/527. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140527>
- /98/ Valtioneuvoston asetus ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 713/2006. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2006/20060713>
- /99/ Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 252/2017. <https://www.finlex.fi/fi/laki/smur/2017/20170252>
- /100/ Vesilaki 2011/587. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2011/20110587>
- /101/ Maankäyttö- ja rakennuslaki 1999/132. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1999/19990132>
- /102/ Kemikaalilaki 2013/599. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2013/20130599>
- /103/ Laki vaarallisten kemikaalien ja räjähteiden käsittelyn turvallisuudesta 2005/390. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2005/20050390>
- /104/ Uusisuo M. 2012. Kaivosteollisuus -toimialaraportti 2/2012. Työ- ja elinkeinoministeriö.
- /105/ Valtioneuvoston asetus kaivostoiminnasta 2012/391. <http://www.edilex.fi/tukes/fi/lainsaadanto/20120391>

- /106/ Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. 2018. Kullanhuuhonta, malminetsintä ja kaivokset. Viitattu 2.1.2018. <http://tukes.fi/fi/Toimialat/Kaivokset/>
- /107/ Hallituksen esitys Eduskunnalle uudeksi kaivoslaiksi ja eräksi siihen liittyviksi laeiksi. HE 273/2009. Saatavilla PDF-tiedostona: <http://www.finlex.fi/fi/esitykset/he/2009/20090273.pdf>
- /108/ Keskitalo I, TUKES. 2012. Uudet kaivoslain käytännöt -muutokset kumottuun lakiin, esitys kaivosseminaarissa 2012.
- /109/ Hallituksen esitys eduskunnalle laiksi kaivoslain muuttamisesta. HE10/2017. Saatavilla PDF-tiedostona: <https://www.finlex.fi/fi/esitykset/he/2017/20170010.pdf>
- /110/ Ympäristönsuojeluasetus 2017/713. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2014/20140713>
- /111/ Ympäristöministeriö, lainsäädäntö. 2018. Viitattu 2.1.2018. <http://ym.fi/fi-FI/Lainsaadanto>
- /112/ Jätelaki 646/2011. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20110646>
- /113/ Luonnonsuojelulaki 1996/1096. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1996/19961096>
- /114/ Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi kaivannaisteollisuuden jätehuollosta. 2009/360/EY. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32009D0360&from=FI>
- /115/ Tikkanen T. 2007. Yleiskatsaus kaivostoimintaan ympäristön kannalta, Tutkintotyö 2007. Tampereen ammattikorkeakoulu. Saatavilla PDF-dokumenttina: <https://publications.theseus.fi/bitstream/handle/10024/8436/Tikkanen.Tarja.pdf?sequence=2>
- /116/ Kovalainen H. 2012. Hyvät valvontakäytännöt kaivostoiminnassa. Pohjois-Pohjanmaan elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, raportteja 115/2012. Saatavilla PDF-tiedostona: https://www.doria.fi/bitstream/handle/10024/86297/Raportteja_115_2012.pdf?sequence=1
- /117/ Korhonen T. 2010. Kommenttipuheenvuoro, Kaivoslaki 2010 -seminaari. Saatavilla PDF-tiedostona: http://www.lapinliitto.fi/c/document_library/get_file?folderId=49757&name=DLFE-2903.pdf
- /118/ Maaseudun tulevaisuus 19.5.2016. Tämä menopeli hörppää 4000 litraa löpöä päivässä – on silti kustannustehokas. Kuva konekorjaamosta. [https://www.maaseudun-tulevaisuus.fi/suomalainen-maaseutu/t%C3%A4m%C3%A4-menopeli-h%C3%B6pp%C3%B6%C3%A4-p%C3%A4iv%C3%A4ss%C3%A4-on-silti-kustannustehokas-1.145976](https://www.maaseudun-tulevaisuus.fi/suomalainen-maaseutu/t%C3%A4m%C3%A4-menopeli-h%C3%B6pp%C3%A4-4-000-litraa-l%C3%B6pp%C3%B6%C3%A4-p%C3%A4iv%C3%A4ss%C3%A4-on-silti-kustannustehokas-1.145976)
- /119/ Heikkinen P.M. & Noras P. (toim.). 2005. Kaivoksen sulkemisen käsikirja. Kaivostoiminnan ympäristötekniikka.
- /120/ Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista annetun valtioneuvoston asetuksen muuttamisesta 868/2010. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2010/20100868>
- /121/ Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista. 2006/1022. <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2006/20061022>

- /122/ Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriön asetus talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista. 461/2000. <http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2000/20000461#Pid1886245>
- /123/ Pohjois-Suomen ympäristölupavirasto 2002. Pyhäsalmen kaivoksen ympäristö- ja vesitalouslupa, Pyhäjärvi. Päätös nro 85/07/02.
- /124/ Länsi-Suomen ympäristölupavirasto 2008. Ympäristölupahakemus koskien Polar Mining Oy:n Vammalan rikastamon toimintaa. Päätös nro 15/2008/2.
- /125/ Kestävän kaivostoiminnan verkosto. 2018. Viitattu 2.1.2018. www.kaivosvastuu.fi
- /126/ Hakapää A & Lappalainen P. 2009. Kaivos- ja louhintatekniikka, Kaivannaisteollisuus ry. Opetushallitus.
- /127/ Rissanen T. ja Peronius A. 2013. Suomen kaivostoiminnan toimialakatsaus 2012. Pengerlouhittu avolouhos. Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu. s.54.
- /128/ Rissanen T. ja Peronius A. 2013. Boliden Ab, Aitik. Suomen kaivostoiminnan toimialakatsaus 2012. Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu. s.55.
- /129/ Rissanen T. ja Peronius A. 2013. Leukamurskain. Suomen kaivostoiminnan toimialakatsaus 2012. Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu. s.60.
- /130/ Infomine. 2018. Cone crusher. Viitattu 2.1.2018. <http://www.infomine.com/equipment/sellers/amking/6089.jpg>
- /131/ Sandvik Mining and Construction. 2013. Seulat-esite 2013.
- /132/ Rissanen T. ja Peronius A. 2013. Metso Oyj, Jauhinmylly. Suomen kaivostoiminnan toimialakatsaus 2012. Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu. s.62.
- /133/ Rissanen T. ja Peronius A. 2013. Metso Oyj, Jauhinmyllypiiri. Suomen kaivostoiminnan toimialakatsaus 2012. Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu. s.62.
- /134/ Metallinjalostajat ry. 2014. Teräskirja, 9.painos. Saatavilla PDF-tiedostona: http://teknologiateollisuus.fi/sites/default/files/teraskirja_flip/Teraskirja.html#p=2
- /135/ Siimes A. 2010. Kaivosten kunnossapito-esitys, Suomen kaivostoiminta, prosessit ja tekniikka -koulutus, 2010.
- /136/ Rissanen T. ja Peronius A. 2013. Panostuslaitteisto. Suomen kaivostoiminnan toimialakatsaus 2012. Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu s.72.
- /137/ Rissanen T. ja Peronius A. 2013. Kaivoksella käytössä oleva pyöräkuormaaja. Suomen kaivostoiminnan toimialakatsaus 2012. Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu. s.73.
- /138/ Rissanen T. ja Peronius A. 2013. Kaivoksella käytössä oleva kaivinkone. Suomen kaivostoiminnan toimialakatsaus 2012. Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu. s.73.
- /139/ Rissanen T. ja Peronius A. 2013. Kaivoksella käytettävä dumpperi. Suomen kaivostoiminnan toimialakatsaus 2012. Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu. s.74.
- /140/ Rissanen T. ja Peronius A. 2013. Kaivoksella käytettävä louhosauto. Suomen kaivostoiminnan toimialakatsaus 2012. Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu. s.74.
- /141/ Forcit Oy 2012. Kemiitti 810 -tuotetietoesite. Saatavilla PDF-tiedostona: <http://forcit.fi/assets/product-brochures/KEMIITTI-810-INFO-FI.pdf>
- /142/ Rissanen T. ja Peronius A. 2013. Kemiitin panostusajoneuvo. Suomen kaivostoiminnan toimialakatsaus. Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu. s.75.

- /143/ Sandvik Mining and Construction Oy. 2018. LHD-lastauskone. Viitattu 2.1.2018. <http://www.miningandconstruction.sandvik.com/fi>
- /144/ Direct Industry. 2018. Articulated Dump Truck, Sandvik TH430. Viitattu 2.1.2018. <http://www.directindustry.com/prod/sandvik-mining-and-sandvik-const-ruktion/underground-trucks-40142-644191.html>
- /145/ Caiman Mining. 2011. Belt conveyor for ore mining industry. <http://www.irono-remining.org/product/materials-handling/belt-conveyor-for-ore-mining-in-dustry/>
- /146/ Rissanen T. ja Peronius A. 2013. Kaivostoiminnan lainsäädäntö. Suomen kaivos-toiminnan toimialakatsaus. Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu. ss. 35 – 43.
- /147/ Rissanen T. ja Peronius A. 2013. Kaivostoiminnan ympäristövaikutukset ja pääs-töjen ehkäisy. Suomen kaivostoiminnan toimialakatsaus. Kemi-Tornion ammatti-korkeakoulu. ss. 45 – 51.
- /148/ Rissanen T. ja Peronius A. 2013. Kaivosprosessi. Suomen kaivostoiminnan toi-mialakatsaus. Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu. ss. 53 – 66.
- /149/ Rissanen T. ja Peronius A. 2013. Tekniikka. Suomen kaivostoiminnan toimiala-katsaus. Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu. ss. 67 – 70.
- /150/ Rissanen T. ja Peronius A. 2013. Logistiikka. Suomen kaivostoiminnan toimiala-katsaus. Kemi-Tornion ammattikorkeakoulu. ss. 71 – 77.
- /151/ Liikamaa T. 2018. Kaivosviranomaisten ajankohtaiskatsaus malminetsinnästä ja kaivosteollisuudesta vuodelta 2018. TUKES. Saatavilla PDF-tiedostona: http://tu-kes.fi/Tiedostot/kaivokset/Tukes_Kaivosviranomaisen_ajankohtaiskatsaus_%20vuodelta2017_23.3.2018%20%e2%80%93%20kopio.pdf
- /152/ Lindborg T. 2018. Sotkamo Silver AB: Rakentamispäätös tehty ja kaivoshanke täysin rahoitettu. Pörssitiedote 28.3.2018. Saatavilla PDF-tiedostona: <http://mb.cisi-on.com/Main/15292/2483338/812626.pdf>

Tämä raportti sisältää perustiedot Suomessa toimivista kaivoksista ja meillä olevista kaivoshankkeista, sekä kaivosprosesseista, kaivoksissa tarvittavasta tekniikasta ja tukitoiminnoista. Geologi Antti Peronius on luonut katsauksen Suomessa tapahtuvaan pienkaivostoimintaan ja kullankaivukseen. Raportissa tarkastellaan myös kaivostoiminnan lainsäädäntöä ja kaivostoiminnan ympäristövaikutuksia.

Tämä raportti on päivitetty versio Suomen kaivostoiminnan toimialakatsaus 2012-julkaisusta, joka julkaistiin vuonna 2013. Raportti on tehty osana Arctic Smart Mining Cluster (AMIC)-hanketta. Hankkeen tavoitteina on luoda Lapin ja Pohjois-Karjalan alueille yhteistyöverkosto ja kaivannaisalan klusteri, verkostoida kaivannaisalan toimijoita sekä lisätä kaivannaisalan tunnettavuutta ja yhteiskunnallista hyväksyttävyyttä. Hanke on Euroopan aluekehitysrahaston (EAKR) rahoittama.

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



LAPIN LIITTO



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto

LAPIN AMK

Lapland University of Applied Sciences

www.lapinamk.fi

ISBN 978-952-316-219-8