

YMPÄRISTÖTEKNIIKAN KEHITYS SUOMEN KAIVOKSILLA

OUTOKUMPU ANTAA ESIMERKIN

Ismo Björn

Suomessa on ollut kaivostoimintaa keskiajalta lähtien. Nykyisin kaivostoiminnan vaikutukset ympäristöön pyritään minimoimaan, mutta alkujaan ei kaivosten ja rikastamoiden päästöihin maahan, ilmaan ja veteen kiinnitetty suurta huomiota. Kaivokset laskivat rikastusjätteensä sellaisinaan luontoon ja läjittivät sivukivensä kaivosalueen viereen. Minkäänlaista jälkihoitoakaan ei ollut. Koska louhintamäärät olivat teollisen kehityksen alkuaikoina pieniä, vaikuttivat malmien louhinnassa, rikastuksessa, varastoinnissa yms. syntyneet päästöt ympäristöön vain hyvin paikallisesti. Suurimittakaavainen kaivosteollisuus alkoi Suomessa 1900-luvulla. Toisen maailmansodan jälkeen Suomessa on toiminut 50 metallimalmikaivosta. Kaivosten koko on kasvanut ja samalla niiden vaikutukset luonnossa näkyvät yhä selvemmin ja laajemmalla alueella.

Kaivosten ympäristötekniikkaan ryhdyttiin kiinnittämään laajempaa huomiota ensimmäisten laajojen ympäristövahinkojen tapahduttua Outokummun kaivoksella 1940-luvulla. Outokummussa kaivosyhtiötä vastaan nousi 1950-luvulla kansanliike, jonka seurauksena kaivosyhtiö haastettiin oikeuteen. Paikallinen vastustus uhkasi kasvaa laajemmaksi liikehinnäksi 1960-luvulla luonnonsuojelullisten näkökohtien saadessa yhteiskunnassa yhä enemmän painoarvoa. Suomen vesilaki uudistettiin 1962. Kaivosyhtiö sai ikävää julkisuutta vesien pilaamisesta käydyissä oikeudenkäynneissä. Outokumpu Oy ilmoitti ryhtyvänsä kehittämään pato- ja muuta ympäristötekniikkaa sellaiseksi, että vastaavaa ei yhtiön uusilla kaivoksilla pääsisi enää tapahtumaan.

Tässä artikkelissa selvitetään kaivosten ympäristötekniikan kehitystä ja siihen johtaneita tapahtumakulkuja. Artikkelin keskiössä on valtiollinen kaivosyhtiö Outokumpu Oy, joka oli Suomen merkittävin kaivosyhtiö ja monimetalliyhtiö niin kooltaan, asemaltaan kuin vaikutukseltaan. Artikkelissa

etsitään vastauksia kysymyksiin, kuinka Outokumpu Oy yritti ratkaista eteen tulleet ongelmat, mistä haettiin oppia ja milloin mikäkin uudistus otettiin käyttöön.

Outokumpu Oy hallitsi kaivosalaa koulutuksesta tuotantoon. Valtionyhtiö kehitti kaivosteknologiaa, mutta sijoitti myös runsaasti rahaa ympäristösuojelun teknisiin ratkaisuihin. Outokumpu antoi oppia muille kaivosyhtiölle ja kasvatti usean kaivosammattilaisten sukupolven. Outokummusta, kaivosyhtiön syntysijasta, ja yrityksen siellä saamista kokemuksista tuli merkittäviä koko Suomen kaivostoimintaa koskettavia esimerkkejä, joiden perusteella ympäristötekniikkaa ryhdyttiin kehittämään.

Termi ympäristötekniikka otettiin ensiksi käyttöön vesirakentamisen yhteydessä 1970-luvulla. Lappeenrannan tekniseen korkeakouluun perustettiin vesi- ja ympäristötekniikan laitos. Kaivosteollisuudessa puhuttiin vielä tuolloin ympäristönsuojelusta. Outokumpu Oy palkkasi ensimmäisen päätoimisen ympäristönsuojeluinsinöörin 1972. Kaksi vuosikymmentä myöhemmin

kaivosyhtiö otti käyttöön käsitteen ympäristösuojeluteknologia, jonka jälkeen 2000-luvulla omakuttiin vesirakentamisen puolelta myös käsite ympäristötekniikka.¹

Kaivosten ympäristöhistoriaa on käsitelty tätä ennen Suomessa muutamissa artikkeleissa, mutta kaivosten ympäristötekniikan kehitystä koskevaa ympäristöhistoriallista tutkimusta ei ole aiemmin tehty. Ympäristöhistorian tutkimuskohteita ovat olleet erityisesti metsät ja vedet. Alan ensimmäinen väitöskirja tehtiin 1994 (Ilmo Massa, Pohjoinen luonnonvalloitus). Ympäristöhistoria tuli esille omana tutkimusalanaan Suomessa 1990-luvun alussa. Taloustutkimuksissa ympäristöhistoriallista otetta oli käytetty jo aiemmin.²

Artikkelin lähdeaineiston muodostavat Outokumpu Oy:n tiedotus- ja henkilökuntalehdet Outokummun Sanomat ja Kaivoskierros. Niissä kaivosyhtiö selosti toimintaansa ja ympäristötekniikkaan tekemiään parannuksia. Lehdet pyrkivät muokkaamaan mielipiteitä kaivosyhtiölle myönteiseksi. Outokummun paikallista julkisuutta edustaa Kuusjärven lehti, jossa kirjoitettiin kaivosyhtiön toimista. Lehti pyrki heijastelemaan paikkakuntalaisten tunteja. Nämä lehdet on käyty systemaattisesti läpi. Outokumpu Oy:n ja muiden kaivosyhtiöiden ympäristötekniikkaan tekemiä parannuksia jäljitetään lisäksi kaivosyhtiöiden historiosta, alan tutkimuskirjallisuudesta, eri kaivostoimijoiden kuten etenkin Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) raporteista sekä ympäristöviranomaisten lausunnoista ja erityisesti 2000-luvun osalta myös kaivosten ympäristöluvista.

YMPÄRISTÖN PILAAMISESTA YMPÄRISTÖN HALLINTAAN

Suomessa on ollut kaivostoimintaa keskijalalta lähtien. Lopetettuja ja toimivia kai-

voksia arvioidaan olevan kaikkiaan yli tuhat.³ Nykyisin kaivostoiminnan vaikutukset ympäristöön pyritään minimoimaan, mutta alkujaan ei kaivosten ja rikastamoiden päästöihin maahan, ilmaan tai veteen kiinnitetty suurtakaan huomiota. Kaivokset laskivat rikastusjätteensä sellaisinaan luontoon ja läjittivät sivukivensä kaivosalueen viereen. Sulkemisen jälkeen kaikki käyttökelpoinen kaivosvälineistö poistettiin, mutta minkäänlaista jälkihoitoa ei kaivoksissa ollut. Koska louhintamäärät olivat teollisen kehityksen alkuaikoina pieniä, malmien louhinnassa, rikastuksessa, varastoinnissa yms. syntyneet päästöt vaikuttivat ympäristöön vain hyvin paikallisesti. Hylättyjä ja suljettuja metallimalmikaivoksia on Suomessa 378.⁴

Kaivosten pienuudesta huolimatta niiden vaikutukset ympäristöönsä saattoivat olla pitkäkestoisia. Esimerkkinä tästä on harvinaisen pitkään toiminut Kiskon Orijärven kaivos, josta louhittiin malmia vuodesta 1756 aina vuoteen 1955. Alun perin malmista rikastettiin vain kupari, joten varppikasoihin jäi sinkkipitoista hiekkaa. Rikastustekniikan kehittyessä jätteestä tuli resurssi. Sinkin vaahdotus alkoi Orijärvellä 1911, jolloin kaivoksen viereiselle jätekentälle läjitetty rikastushiekka otettiin uudelleen käyttöön. Sinkin erottamisen jälkeen rikastushiekka muuttui taas hapettumiselle alttiiksi jätehiekaksi, joka sai jäädä sellaisenaan paikalleen. Kaivoksen rikastushiekka-alue peitettiin 1990-luvulla, mutta alueelta valuu edelleen hapanta vettä Orijärveen.⁵ Pitkäkestoisesta haitasta kertovat kuvaavasti Aijalan kaivoksen ja rikastamon (1948-1974) jätekentän päästöistä tehdyt laskelmat. Hapettuminen hävittäisi sinkin 250 vuodessa. Kupari häviäisi 4800 vuodessa, mutta lyijy vaatisi 23 000 vuotta.⁶

Suurimittakaavainen kaivosteollisuus alkoi Suomessa 1900-luvulla. Samalla kaivosten vaikutukset luonnossa näkyivät yhä vakavampina ja vaatimukset kaivosvesien puhdistuksesta nousivat ensin paikallisesti

ja sitten laajemmin. Toisen maailmansodan jälkeen Suomessa on toiminut 50 metallimalmikaivosta. Ympäristövaikutusten kannalta Suomessa on toiminut ja toimii yhä parikymmentä merkittävää kaivosta. Merkittävimmät kuparikaivokset ovat olleet Outokumpu (1910-1989), Vuonos (1967-1986), Luikonlahti (1958-1983), Hammaslahti (1971-1986) ja Virtasalmen Hällinmäki (1966-1984). Nikkelikaivoksista suurimmat ovat olleet Kotalahti (1957-1987), Vammala (1975-1994) ja Enonkosken Laukunkangas (1984-1994.) Sinkkikaivoksista ylivoimaisesti suurin on ollut Vihanti (1952-1992). Pyhäsalmen kaivoksen (1962-) toiminta jatkuu edelleen. Siellä louhitaan kuparia ja sinkkiä. Lukuun ottamatta yksityisen Myllykoski Oy:n omistamaa Luikonlahden kaivosta kaikki nämä suuret kaivokset olivat valtiollisen Outokumpu Oy:n omistamia. Outokumpu Oy oli keskeinen toimija aina 2000-luvun alkuun saakka. Esimerkiksi Orijärven se hankki itselleen 1945.

Kaivosten vakavimmat ja pitkävaikutteisimmat ympäristöhaitat aiheutuvat sulfidimalmien (nikkeli-, kupari-, sinkki- ja lyijykaivokset) rikastamojätteiden ja sivukivien hapettumisesta, jolloin muodostuu rikkihappoa, joka puolestaan luottaa rikastusjätehiekasta raskasmetalleja. Bakteerit toimivat katalyytteinä ja nopeuttavat reaktioita. Ympäristön pohja- ja pintavesiin joutuessaan nämä liuokset aiheuttavat paitsi happamoitumista myös raskasmetallipitoisuuksien kohoamista.⁷ Hapettuminen alkaa jätepatjan yläosasta, missä ilman happea ja kosteutta on saatavilla. Hapettumisvyöhykkeen ja pohjaveden pinnan yläpuolella olevan muuttumattoman vyöhykkeen väliin muodostuu vaihettumisvyöhyke, missä tapahtuu happaman, yläpuolelta valuvan veden neutralisoitumista ja sekundääristen mineraalien saostumista.⁸ Jos rikastettava malmi vaihtuu, myös rikastushiekan koostumus muuttuu ja jätekentällä tapahtuvat kemialliset reaktiot monimutkaistuvat entisestään. Rikasta-

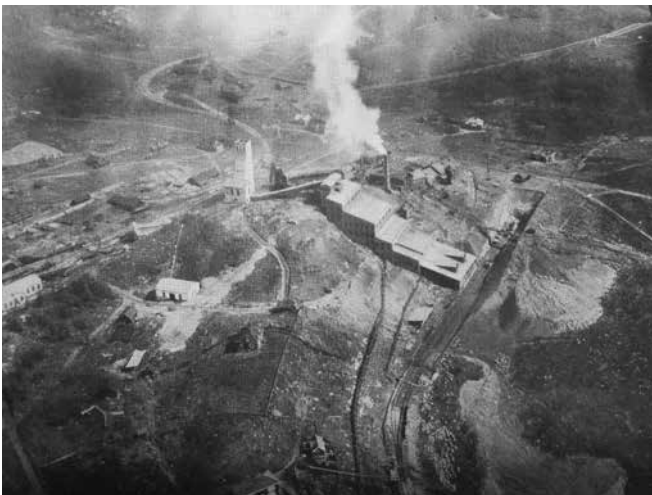
mojäte pumpataan rikastushiekkakentälle veden kanssa, joten rikastamon ollessa toiminnassa alue on enimmäkseen veden alla ja vesi estää sulfidien hapettumisen. Kuivilla alueilla rautasulfidien hapettuessa rikastushiekka muuttuu vähitellen punertavaksi ja jätealue saa kaivosalueille tunnusomaisen oranssinkellertävän värin ja omaleimaisen, tunnistettavan hajun.

Oksidimalmikaivosten (esim. rauta-, titaani-, ja kromikaivoksilla) kohdalla vastaavaa hapettumisongelmaa ei ole, ja niiden merkittävin haitta on pölyäminen.⁹ Talkki- ja vuolukivet sisältävät puolestaan karbonaatteja, jotka neutralisoivat mahdollisten sulfidien aiheuttamaa haponmuodostusta.

Kaivosten ympäristötekniikkaan ryhdyttiin kiinnittämään laajempaa huomiota ensimmäisten laajojen ympäristövahinkojen tapahduttua Outokummun kaivoksella 1940-luvulla. Tuolloin jätekentän patoaltaat pettiin ja kaivoksen ja rikastamon happamat ja raskasmetalleja sisältävät vedet pilasivat Outokummun pohjaveden ja lähivesistöt. ”Rapatessa saattoi vähän roiskua”, totesi kaivosyhtiö Outokumpu Oy tiedotuslehdessään.¹⁰ Asia eteni 1960-luvulla oikeuteen ja pian sen jälkeen kaivosyhtiö ilmoitti ryhtyvänsä kehittämään pato- ja muuta ympäristötekniikkaa sellaiseksi, että vastaavaa ei yhtiön uusilla kaivoksilla pääsisi enää tapahtumaan. Outokumpu Oy esitti myös julkisen lupauksen toimia vastuullisesti ja sopusoinnussa ympäristön kanssa. Tavoitteena oli tasapaino luonnon ja taloudellisen kasvun välillä.¹¹ Kaksi vuosikymmentä myöhemmin yhtiö ilmoitti tavoitteekseen pääsyn kokonaan suljettuun vesikiertoon, jossa vesi palautettaisiin puhdistettuna prosessiin.¹² Mitä siis oli tapahtunut? Miten ja miksi ympäristötekniikkaa kehitettiin?

OUTOKUMMUN KAIVOS – SUUREMPI TUOTANTO, SUUREMMAT PÄÄSTÖT

Outokummun kaivos oli Suomen ja myös Euroopan mittakaavassa merkittävä niin louhintamääriensä kuin pitkäikäisyytensä vuoksi. Kaivoksen louhima malmi oli rikasta ja lisäksi malmio oli laaja. Outokummun kaivos (1910-1989) muodostui kolmesta kaivoksesta: ns. Vanhasta kaivoksesta, Mökkihaarasta ja Keretistä, joista kaikista louhittiin samaa Outokummun malmia. Kaivokset olivat tunneleilla yhteyksissä toisiinsa. Samoin yhdistyi kaivosten maanpäällinen jätte- eli rikastushiekka-alue, joka Outokummussa kuin myös monilla muilla kaivospaikkakunnilla tunnetaan nimellä Sumpppi. Outokummussa toimi lisäksi Outokumpu Oy:n omistama, mutta eri malmiota louhiva Vuonoksen kaivos (1972-1985).¹³ Outokummun kaivoksen alkuaikoina kaivoksen vaikutuksiin luonnolle ei kiinnitetty huomiota. Ympäristötekniikkaa tai osaamista ei ollut, eikä niitä nähty edes tarpeelliseksi. Niin kaivoksen kuin sen yhteydessä toimineen kuparitehtaan (1913-1929) jätteet laskettiin sellaisenaan luontoon, kuten oli tehty satojen vuosien ajan kaivoksilla eri puolilla maailmaa. Outokummun kuparitehtaan



rikkidioksidipitoiset savukaasut muuttivat Outokummun ympäristön autiomaaksi. Kaivosyhtiö kuitenkin totesi 1928, että savukaasujen päästö puhdistamattoman ilmaan ei ehkä olisi enää tulevaisuudessa mahdollista. Yhdysvalloissa oli korvausvaatimusten noustua ryhdytty ottamaan rikki-dioksidi talteen.¹⁴ Luontonäkemykset olivat siellä saaneet jalansijaa, ja tämä huomioitiin myös kaivosyhtiön johdossa. Lausunto osoitti myös sen, että Outokummussa seurattiin kansainvälistä kaivoskeskustelua.¹⁵

Savukaasut tappoivat kasvillisuuden kaivoksen ja kuparitehtaan ympäriltä noin puolentoista kilometrin säteellä. Outokummun lähialueen hengitysilman vaarallisuus tunnistettiin omana aikanaan. Outokummun kuparitehtaan laboratorion esimiehenä toiminut Guido Simberg, taidemaalari Hugo Simbergin nuorin veli, joutui perheineen muuttamaan pois paikkakunnalta, sillä lääkärit kehottivat hänen keuhkotaudista kärsivää ja lasta odottavaa vaimoaan Rhea Reginaa välttämään paikkakunnan myrkyllistä ilmaa.¹⁶

Kaivoksen ja rikastamon jätteet päästettiin kaasujen tapaan puhdistamatta suoraan luontoon. Alun hapuilun ja ns. norjalaisyhtiön epäonnistumisen jälkeen Outokummun kaivos hankittiin kotimaisiin käsiin valtiollisen Outokumpu Oy:n hoitoon. Rikastamon jäteliemi, joka nousi ensin kymmeneen tuhansiin tonneihin ja joka kaivoksen kukoistukseen nostaneen Eero Mäkisen johtaman suurtuotannon aikana paisui satoihin tuhansiin tonneihin vuodessa, laskettiin kaivoksen ja rikastamon ala-

Outokummun kaivoksen lähiympäristö kuparitehtaan toiminta-aikanaan 1920-luvulla. Ismo Björnin kokoelma.

puolella olevaan laaksoon, joka jatkui kilometrin pituisena Outolampena. Kaivosyhtiön lausunnon mukaan se ”oli kuin luotu vesisäiliöksi, jossa jäte ehti selvitä ja painua pohjaan niin, että ainoastaan kirkas vesi juoksi vieraaseen vesistöön”.¹⁷ Jätevesien käsittelyn vaikeimmaksi ongelmaksi nähtiin niiden ohjaaminen halutulla tavalla suurempiin vesistöihin.¹⁸

Outolampeen laskettu jäte oli paksua lietettä, sillä kaivoksesta pumpattavaan veteen ja rikastamon jätevetteen sekoitettiin kiinteää, hienoksi jauhattua kivijätettä. Lietettä täytti Outolammen kokonaan, jonka jälkeen luonnonallasta ryhdyttiin muokkaamaan kaivoksen patoaltaaksi. Outolampi jaettiin padolla kahteen osaan ja eristettiin maavalleilla. Rikastushiekan ja kaivosvesien lasku patoaltaaksi muuttuneeseen Outolampeen jatkui. Rikastamon jätevesien lisäksi jätealueelle – Sumpille - ohjattiin Vanhan kaivoksen kaivosvesien sekä viereisen, vuonna 1939 valmistuneen Mökkivaaran kaivoskuilun kaivosvedet sekä jätekentän vanhimmasta osasta, ns. Turulan lammesta pumpattava jätevesi. Kaikkien näiden jätevesien kemiallinen koostumus poikkesi toisistaan. Rikastamon jätevesien joukossa oli kiinteän aineksen lisäksi rikastuksessa käytettyjä vaahdotuskemikaaleja, joissa oli mukana mm. rikkihappoa ja syanidia. Vanhasta kaivoksesta pumpattu vesi sisälsi erilaisia raskasmetalleja ja hapanta vettä. Se pumpattiin ensin jätevesisäiliöön, jota kalkittiin 2-3 viikon välein ja johdettiin sitten jätealueelle. Mökkivaaran vedet laskettiin sellaisinaan, sillä niissä ei havaittu olevan vastaavia määriä luonnolle haitallisiksi arvioituja aineita. Vaarallisimmaksi todettiin jätealueen vanhimmasta osasta maapadon yli pumpattava vesi, sillä siinä oli kaivoksen alkuaajoilta peräisin olevaa ”punajätettä”. Rikastustekniikka oli ollut kaivoksen alkuaikoina puutteellinen ja keskittynyt kupariin. Jäte sisälsi rikkihappoa ja runsaasti metalleja (kuparia 100-150 mg/l, rautaa 500-600 mg/l, nikke-

liä, sinkkiä ja kobolttia yht. 20-30 mg/l).¹⁹

Eri jätelajit sijoitettiin samalle alueelle sekaisin. Outokummussa kaivoksen jätealueelle johdettiin myös Outokummun taajaman yhdyskuntajätteitä ja viemäriveresiä. Oman vaikeutensa jätekentän myöhempään hallintaan aiheutti rikastettavan malmin vaihtuminen, jolloin myös jätteen koostumus muuttui ja sen kemialliset reaktiot monimutkaistuivat entisestään. Outokummussa erilaisten jätevesien ja niiden sisältämien aineiden keskinäisiä reaktioita ei voitu edes teoriassa hallita.²⁰

Käytössä ollut patotekniikka oli vavaileva. Sivukivistä ja rikastamojätteestä rakennetut suojapadot eivät jäteliennä pidätelleet, vaan hapanta ja metallipitoista vettä valui patojen läpi lounaaseen Jyrin-Lietukkaan ja edelleen Hautalampiin kautta Ruutunjokeen ja tätä kautta Sysmäjärveen. Pohjustamaton luonnonallas osoittautui soveltumattomaksi rikastushiekan ja kaivosvesien varastointiin. Osa happamista vesistä virtasi vettä läpäisevien maakerrosten läpi etelään suoraan kohti Ruutunjokea saastuttaen samalla alueen pohjaveden. Ruutunjoen rannalta kilometrin päässä etelään kaivokselta tavattiin jätevesiä pulpuavia lähteitä. Yllätykseksi jätevesiä tiikui maaperästä myös kaivosalueelta kaakkoon ohi luonnollisena pidetyn virtausuunnan ja valui pelto-ojia ja puroja pitkin Lahejokeen ja sitä kautta edelleen Sysmäjärveen.²¹

Outolammen viereisessä järvessä Jyrin-Lietukassa kiellettiin uiminen 1940-luvulla. Sysmäjärvi, joka on noin viiden kilometrin päässä kaivoalueesta, oli happamoitumassa ja siitä muutaman kilometrin päässä sijainnut Suur-Saimaan pohjoisin lahti Heposelkä vaaravyöhykkeessä. Kaivoksesta Sysmäjärveen saakka olevan alueen pohjavedet olivat käyttökelvottomia, joten kaivovettä ei enää voitu käyttää talousvetenä. Ensimmäiset tieteelliset todisteet Sysmäjärven muutoksesta todettiin vuoden 1930 mittauksissa. Heposelässä havaittiin Outokummun vai-

Sumppi eli jätealue 1950-luvulla. Etualalla näkyy Mökkivaara, takana Vanha kaivos. Ismo Björnin kokoelma.

kutus 1950-luvulla.²² Sysmäjärven kuolema tapahtui nopeasti. Sysmäjärven vesi muuttui happamoitumisen vuoksi elinkelvottomaksi 1943 ja kalat kuolivat myös siihen virtaavan puhdasvetisen Kuusjoen suulta. Happamoitumisen johdosta kristallinkirkkaan Sysmäjärven pinnalla kellui tuulisina päivinä rautapitoinen kahvinruskea vaahto, joka ajautui tuulen mukana rannoille.²³ Heposelän pelastukseksi koitui Viinijärvestä virtaava puhdas vesi, joka auttoi riittävästi neutraloidakseen Sysmäjärvestä valuvan happaman veden kalojen elämälle sopivaksi.

Uuden Keretin kaivoksen ja rikastamon (1954-1989) myötä jätteiden lasku vanhalle Outolammen jätealueelle päättyi, mutta samalla alkoi Sumpin alueen voimakas hapettuminen. Keretin viereen syntyi uusi jättekenttä. Keretissä jatkettiin luonnonaltaiden käyttöä ja rikastamon jätteet johdettiin veden kanssa jo osin saastuneeseen Jyrin-Lietukkaan. Vesi virtasi siitä edelleen Ruutunjokea pitkin Sysmäjärveen. Jyrin-Lietukka täyttyi 15 vuodessa kokonaan rikastamon jäteliemestä. Yhtiö oli suunnitellut rikastusjätteen vaihtoehtoista laskua Alavin suoalueelle, mutta järvi-altaiden täyttö katsottiin ”pohjatonta” suota turvallisemmaksi ja edullisemmaksi vaihtoehdoksi.²⁴

Rikastushiekka oli jätettä aina niin kauan, kunnes sille keksittäisiin käyttöä. Rikastustekniikan kehittyessä kaivosyhtiön katseet kiinnittyivät Sumpin jätealueeseen uusiokäyttömielessä. Etenkin kuparitehtaan ja rikastamon alkuvuosikymmeninä Outolampeen laskettuun jätteeseen oli jäänyt runsaasti arvokkaita metalleja. Kun Kerettiin valmistui uusi rikastamo, vanhaa rikastamoa voitiin käyttää jätteen uudelleen rikastamiseen. Jätteessä oli runsaasti rikkiä ja rautaa, mutta myös kuparia 0,2-0,5%. Ku-



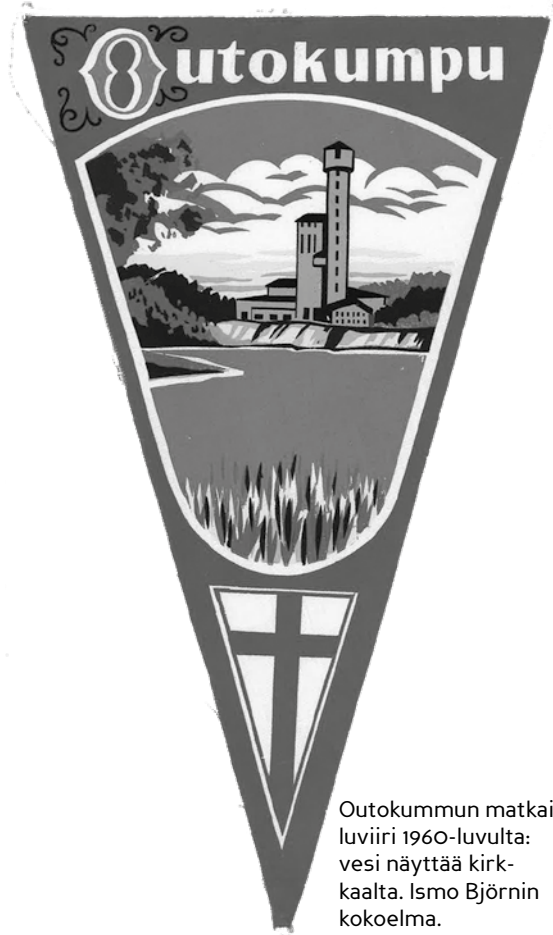
paritehtaan alkuaikoina jätteeseen oli jäänyt jopa 1,7-1,8% kuparia, joten se oli rikkaampi kuin moni malmio. Sumppi oli ikään kuin suuri avolouhos Mökkivaaran kaivoskuilun edessä, Outokummun vanhan kaivoksen ja Keretin uuden kaivoksen välissä.²⁵

Rikastushiekan kaivuu ja ajo nostattivat uuden ongelman – pölyn. Jos kaivosvedet virtasivat osin hallitsemattomina ja näkymättömissä maan alla ja osin ohjatusti ojissa ja viemäriksi muuttuneissa puroissa, niin kuiva ja hienojakoinen rikastushiekka aiheutti näkyvän ja haisevan haitan. Avolouhos pölysi ja oranssinkeltaista pölyä levisi tuulessa kilometrien päähän. Jätealueen ympäristön metsän aluskasvillisuus oli paikoin kuollut. Erilaisia kokeiluja pölyn sitomiseksi uuden rikastuskerran jälkeen tehtiin. Kasvit eivät menestyneet, sillä hiekka oli hapanta ja se sisälsi raskasmetalleja. Rikastushiekan tiivis ja tumma pinta johti vettä ja hohki kuumuutta, joten pinta oli kuiva ja olosuhteet kasvillisuudelle olemattomat. Kaivosjäte ei sisältänyt kasvien tarvitsemaa tyyppiä. Kokeimuksia jätealueen käsittelystä etsittiin eri puolilta maailmaa, mutta jätealueiden pölyhaittojen torjunta oli osoittautunut vaikeaksi myös ulkomailla tehdyissä kokeissa.²⁶

YHTEISKUNTASUHTEET KOETUKSELLE - KOKEILUTOIMINTA ALKAA

Kaivoksen ympäristössä asuvat maanomistajat ja muut asianomaiset nostivat 1960-luvun alussa syytteen Outokummun kaivoksen johtoa vastaan tahallisesta tai ainakin törkeästä tuottamuksesta vesistön pilaamiseen.²⁷ Uusi vesilaki oli astunut voimaan 1962. Oikeusprosessi poliisikuulusteluineen ja oikeuskäsittelyjen siirtämisineen oli pitkä. Välipäätös saatiin syksyllä 1966. Tällöin sovittiin rahallisista korvauksista. Yhtiö maksoi korvauksia mm. kalaston hävityksestä ja lunasti itselleen muutaman pahiten saastuneen maatilan. Uuden vesilain perusteella ei vanhan lain voimassa ollessa tehdyistä virheistä voitu kaivosyhtiötä rangaista.²⁸

Julkisuuden ja viranomaisten paineessa Outokumpu Oy ryhtyi laboratorioissaan testaamaan erilaisia keinoja ja jäteveden puhdistamiseksi. Oppia haettiin ulkomaisista kaivoksista ja niiden kokeiluista. Kokeet osoittivat, että edullisin ratkaisu rautapitoisen jäteveden neutraloinniksi oli kalkki. Sitä lisättiin jäteveteen 10–14 tonnia vuorokaudessa. Tällä tavoin uskottiin voitavan pelastaa Sysmäjärvi. Hankaluuksia aiheutti se, että Sysmäjärvi oli luontaisesti rautapitoinen.²⁹ Vaikka kalat pystyivät kalkituksen jälkeen elämään Sysmäjärvessä, muodosti jäteliemi paikoin järven pohjaan lähes metrin paksuisen kerroksen. Yhtiön ideana oli laskea jätekerros Heposelkään. Hanke kaatui alapuolisten vesistöjen ranta-asukkaiden vastustukseen.³⁰ Seuraava idea oli pumpata Juojärven vesiä Sysmäjärveen, mutta myös tästä luovuttiin ja jatkettiin järven neutralointia kalkilla.³¹ Orgaaninen aines peitti vähitellen järven pohjan jäteliemen, mutta



Outokummun matkailuviiri 1960-luvulta: vesi näyttää kirkkaalta. Ismo Björnin kokoelma.

samalla järvi alkoi kasvaa umpeen.³²

Outokummun kokemukset johtivat kaivosten ympäristö(suojelu)teknologian kehittämiseen. Outokumpu Oy ilmoitti ryhtyvänsä kehittämään pato- ja muuta ympäristötekniikkaa sellaiseksi, että vastavaa ei yhtiön uusilla kaivoksilla pääsisi enää tapahtumaan.³³ Kaivosten ja rikastamojen pato- ja pumpputekniikkaa oli parannettava. Uusille tuotantolaitoksilleen yhtiö ryhtyi rakentamaan jätevesille selkeytsaltaita, joista kaivoksen tuottamat vedet laskettaisiin vasta erilaisten puhdistusten kautta kaivoksen alapuoliseen vesistöön. Yhtiö palkkasi ensimmäisen päätoimisen ympäristösuoje-

luinsinöörin 1972 ja seuraavana vuonna se perusti tuotantolaitokselleen erityiset ympäristösuojelutoimikunnat, joiden tarkoitus oli parantaa yhteiskuntasuhteita.³⁴

Outokummun naapurikunnassa Kaavilla toiminut Myllykoski Oy:n Luikonlahden kuparikaivos (1968-1983) osoitti, että myös kukaan yksityisellä puolella ei ympäristöteknologiaan alkuaan panostettu. Rikastusjätteet laskettiin – kuten oli tehty Outokummussa – suoraan Petkellampeen ja sitä ympäröivän suon muodostamaan kallioselänteiden painanteeseen. Jätealueen padot tehtiin moreenista, sivukivistä ja osin rikastushiekasta. Sen verran Outokumpu antoi oppia, että rikastushiekka-altaan eteläpuolelle rakennettiin erillinen selkeytysallas, jonka kautta vedet johdettiin Kylmäpuron kautta Rikka-veden Luikonlahteen. Avolouhosten sivukivet läjitettiin vanhaan tapaan suoraan maan päälle. Maanalaisen louhinnan sivukivet käytettiin kaivostäytekiksi.³⁵

VUONOS JA HAMMASLAHTI – PARANNUKSIA TEKNIikkaan

Outokummun antamat opit kaivosvesien käsittelyssä ja rikastushiekka-altaan hoidossa otettiin käyttöön kaivosyhtiön uuden polven kaivoksilla Vuonoksessa (1972-1982) ja Hammaslahdessa (1973-1986). Molemmat kaivokset toimivat kumipyöräkaluston varassa ja niitä louhittiin myös avolouhoksina. Vuoksen malmi oli köyhää, joten kaivoksen kannattavuus perustui louhinnan suureen mittakaavaan. Myös Hammaslahden kaivos toimi kannattavuuden rajoilla.³⁶ Vuoksen alueen vesien luonnollinen laskusuunta olisi ollut Viinijärvi, mutta järvi tahdottiin säästää ja vedet pyrittiin pumppaamaan purkuputken kautta maakannaksen yli Lahejokeen, joka laskee jo aiemmin saastuneeseen Sysmäjärkeen. Vuoksen rikastushiekka-alue (97 ha) rakennettiin valmiiksi jo ennen kaivoksen avaamista. Alue muodos-

tui kahdesta yhtä suuresta rikastushiekkan varastoalueesta sekä välialtaasta (26 ha) ja pumppausaltaasta. Rikastushiekka läjitettiin turve-, hieta- tai hiesukerroksen päälle. Tavoitteena oli, että turve tiivistyisi vettä lämpimämmäksi kerrokseksi. Suoritetuissa kokeissa turpeen oli todettu sitovan raskasmetalleja.³⁷ Varastoalueisiin läjitettiin kuparimalmin rikastuksessa syntyneitä sulfidipitoista rikastushiekkaa ja sitten myöhemmin talkkimalmin rikastuksen magnesiittirikastushiekkaa. Rikastushiekka-alueen käyttö jatkui kaivostoiminnan loppumisen 1982 jälkeen, sillä Mondo Minerals Oy ryhtyi rikastamaan Vuonoksen rikastamossa Polvijärven ja Sotkamon talkkia. Vuonoksen kaivosvesiä voitiin käyttää talkin rikastusprosessiin ja jätekenttää talkin rikastuksen yhteydessä syntyneen jätteen varastointiin. Jätekenttä pysyi näin suojassa hapelta eikä happamoitumista päässyt tapahtumaan.³⁸

Pyhäselän kunnassa (nykyisin osa Joensuuuta) toiminut Hammaslahden kaivos avattiin vuonna 1973, siis vuotta myöhemmin kuin Vuonos. Kupariesiintymä oli löytynyt 1966, joten sen hyödyntäminen aloitettiin varsin lyhyen suunnittelujakson jälkeen. Hammaslahden kupari-sinkki-kultaesiintymä koostui kolmesta malmiosta, joita louhittiin avolouhoksina ja maan alta. Avolouhokset olivat tunneleilla yhteydessä toisiinsa. Kaivos otti prosessivetensä Iiksenjoesta ja laskee siihen toiminnasta ylijäävän jäteveden takaisin. Hammaslahden kaivoksen rikastushiekka-alue sijoitettiin Iiksenjoen viereen ja osin sen päälle. Alue oli laaja, noin 35 hehtaaria, ja siinä olevan rikastushiekkakasan korkeus vaihteli 9 ja 13 metrin välillä. Sara- ja järvikorteturve- ja silttimaa tiivistyi rikastushiekkapatjan alla kovaksi vesitiiviiksi kerrokseksi, joka esti happamien suotovesien pääsyn pohjaveteen. Alue jaettiin välipadolla länsi- ja itäpuolen altaaseen. Padot tehtiin moreenista ja vuorattiin sisä- ja ulkopuolelta sivukivilouheella. Rikastamon vesin käsittelyallas (4 ha) rakennettiin

entiselle suopellolle, josta pintaturve kuorittiin pois ja tilalle levitettiin 50-70 sentin hiekkamoreenikerros. Rikastuksen käytetty vesi laskeutettiin selkeytysaltaassa ennen sen kierrätystä takaisin rikastamolle.³⁹

SULJETTU KAIVOS VUOTAA

Hammaslahden kaivoksen päästöt pahenivat kaivostoiminnan lopettamisen jälkeen 1986, mikä johtui rikastushiekka-altaan vesipeiton vähenemisestä ja happamoitumisen kiihtymisestä. Hammaslahden suljettu kaivos kohosi Suomen kymmenen suurimman vesistöjen sulfaattikuormittajan joukkoon. Alumiinin ja mangaanin osalta se kuului viiden suurimman saastuttajan ryhmään. Iiksenjoen sulfaattipitoisuus oli kymmenkertainen Pielisjokeen nähden ja nousi lähes kaksinkertaiseksi vuosien 1990–2012 välillä. Selityksenä tapahtuneeseen oli kaivoksen sulkemisen jälkeen tapahtunut vesikierron muutos. Kaivostunnelit olivat täyttyneet muutamassa vuodessa ja kaivosvesi virtasi sen jälkeen läheiseen suo-ojaan. Kaivoksesta nousevaan pohjaveteen liukeni sulfideja kaivoksen sortuneista kiviseinistä. Rikastushiekka oli puolestaan päässyt yhteyteen hapen kanssa ja rikastushiekka-alueelta valuvat vedet muodostuivat jatkuvasti lisää suotuvista rikki- ja rautapitoisista vesistä ja sadevesistä. Kaivosalueelta valuviin vesiin vaikuttivat myös vesipinnan yläpuolelle jääneet sulfidipitoiset sivukivet ja osin myös viereisiltä soilta ja alueen kallioperästä tulevat päästöt.⁴⁰ Happamien kaivosvesien kiihdyttämää raskasmetallien liukenemista ja vesien virtaamista oli yritettävä estää tai vaihtoehtoisesti vedet oli neutraloitava ennen niiden laskua Iiksenjokeen ja edelleen Pielisjokeen.⁴¹

Kaivosalueen päästöjä pahensi edelleen se, että Pyhäselän kunta oli ostanut kaivosalueen ja luovuttanut siitä määrääalan Pyhäselän Metsästäjille ampumarata-alueeksi.

Tähän alueeseen kuului entinen selkeytysallas, joka ojitettiin miettimättä seurannaisvaikutuksia. Jätealueen länsiosaan puolestaan oli perustettu pienlentokenttä, joka oli samoin ojitettu reunoiltaan. Kenttä toimi 1990-luvulle saakka. Molemmat uudet toiminnot lisäsivät päästöjä Iiksenjokeen.

Kauppakirjan mukaan myyjän eli Outokumpu Oy:n oli saatettava kaivos lopputarkastuksen ja kaivoslain edellyttämään kuntoon sekä huolehdittava siitä, että jätealueesta ei koidu ympäristölle pölyhaittoja. Lisäksi Outokumpu Oy oli sitoutunut kustannuksellaan hoitamaan ne toimet ja toimenpiteet, jotka jätealueelta tulevien vesien tarkkailu vaati, ja jotka Itä-Suomen vesioikeus oli sille velvoittanut. Kaivosyhtiön oli jatkettava vesien käsittelyä niin kauan, että haitallisten aineiden liukeneminen kaivoksesta sen läpi kulkevaan veteen laskisi haitattomalle tasolle. Yhtiön oli myös huolehdittava, että rikastushiekka-alueen muoto, peitto ja padot pidettiin sellaisessa kunnossa, että pölyäminen estyisi ja suotovesien muodostuminen jäisi mahdollisimman vähäiseksi.

Ympäristönäkökohdat olivat nousseet yhteiskunnassa yhä tärkeämpään asemaan, ja kun viranomaiset valvoivat tiukentuneiden lupaehtojen noudattamista, oli selvää, että kaivosyhtiön oma toiminta ei riittäisi löytämään ratkaisua Hammaslahden, Outokummun eikä muidenkaan lakkautettujen kaivosten tuottamiin happamiin vesiin. Ratkaisua oli etsittävä laajemmalla yhteistyöllä. Geologian tutkimuskeskus ja Vesi- ja ympäristöhallitus ryhtyivät kehittämään hanketta sulfidikaivosten ympäristövaikutusten tutkimiseksi 1990. Outokumpu Oy:n lisäksi mukaan hankkeeseen tuli toinen merkittävä kaivostoimija Oy Partek Ab sekä lisäksi Vuorimiesyhdistys ja Ympäristöministeriö.⁴²

Alkuun selvitettiin muutamien toimivien ja toimintansa lopettaneiden kaivosten jätealueet, jätteiden koostumus ja jätealu-

eilta valuvien vesien laatu ja muut ympäristövaikutukset.⁴³ Tämän jälkeen tutustuttiin ulkomailla vastaavissa olosuhteissa (Kanada, Ruotsi ja Norja) tehtyihin sulfidimalmikaivosten ympäristövaikutuksia varten tehtyihin tutkimuksiin.⁴⁴ Ruotsissa kaivosten ympäristövaikutuksia oli tutkittu etenkin Daljoella, Falunissa ja Garbenbergissä sekä Bersbon kuparikaivoksella, jossa oli tehty myös kunnostussuunnitelma.⁴⁵ Kunnostustöiden parhaista käytännöistä saatiin kokemustietoa etenkin Kanadasta. Esimerkiksi soiden käytöstä kaivosjätteiden puhdistukseen tehtiin laajoja kokeita 1980-luvulla. Kaivosten jätealueiden käsittelyyn oli myös laadittu ohjekirjoja ja järjestetty useita kansainvälisiä kaivoskokouksia, mutta kestävän ratkaisun löytäminen oli osoittautunut vaikeaksi.⁴⁶ Suomessa seurattiin kansainvälistä keskustelua. Omia maastotutkimuksia tehtiin Aijalan kaivoksen lisäksi toimintansa 1954 lopettaneella Makolan kaivoksella ja edelleen toimivalla Pyhäsalmen kaivoksella.⁴⁷

Tämän hankkeen keräämien kansainvälisten kokemusten, tulosten ja suositusten perusteella ryhdyttiin toimiin niin Hammaslahden kuin muiden Suomen kaivosten jätealueiden kunnostamiseksi.⁴⁸ Kaikkien tutkimusten keskeinen tulos oli, että kaivosjäte oli eristettävä ilman hapesta ja kosteudesta. Pinta-, pohja- ja sadevesien pääsy jätealueelle oli estettävä. Pölyämistä oli yritetty hoitaa erilaisilla bitumipitoisilla sumutteilla ja muilla kemikaaleilla, jotka muodostivat jätteen pinnalle kovan kerroksen, mutta tulokset osoittivat, että tämä ratkaisu ei toiminut.⁴⁹ Kasvillisuus esti pölyämisen, mutta se ei poistanut hapettumisongelmaa. Kasvit vaativat happamuuden neutralointia ja ravinteita. Parhaaksi keinoksi osoittautunut niin ulkomailla kuin kotimaassa suoritetuissa kokeissa peittää jäte tiiviillä kerroksella. Rikastamojätteen sijoittaminen järviin oli yksinkertainen ja halpa keino estää hapettuminen. Sitä ei enää 1990-luvulla suositeltu Kanadassa, mutta Suomessa sitä esitettiin

edelleen käytettäväksi etenkin pienillä valuma-alueen latvoilla olevilla järvillä ja myös suurilla järvillä, jos jätemäärä on pieni. Suositeltavinta oli saattaa jätealue veden alle.⁵⁰

HAMMASLAHDEN KOKEILUT – BAKTEEREJA JA PUHDASTA VIINAA

Hammaslahden kaivosalueesta muodostui testialue, jossa Outokumpu Oy toteutti hankkeen suosituksia, mutta jossa se myös testasi erilaisia keinoja rikastushiekka-alueen hoidossa sekä kaivosvesien ohjaamisessa ja käsittelyssä. Hammaslahden rikastushiekka-alue oli alun perin suunniteltu siten, että jätealue tuotannon jälkeen kuivuisi.⁵¹ Jätteen rikastushiekka jakautui pintaosan kuivaan, keskiosan kuivaan lähes hapettumattomana kerrokseen ja alaosan vedellä kyllästyneeseen kerrokseen. Hapettuneen kerroksen paksuus vaihteli 30 ja 70 sentin välillä. Kaivosalueen kunnostus aloitettiin rikastushiekan peitolla. Alueelle ajettiin 10-60 sentin paksuinen hiekkamoreenikerros. Pölyä levittävä lentokenttä peitettiin ja sen kuivatusojat tukittiin. Hylky- ja sivukivikasojen ja jätealueiden päälle ajettiin maata, turvetta ja orgaanista jätettä. Tämän jälkeen istutettiin kasvillisuutta ja alue lannoitettiin. Avolouhoksen ylivirtaus muutettiin kiertämään neliosaisen kosteikkoaltaan kautta, josta vesi johdettiin oja pitkin Iiksenjokeen.

Erikoinen kokeilu aloitettiin vuonna 1998, jolloin ensin kaivoksen kolmeen avolouhokseen ja myöhemmin koko jätealueelle ryhdyttiin ajamaan lietelantaa lähialueen sikaloista (sulfaatinpelkistäjäbakteeriympäristö). Ajatuksena oli pelkistää veden sisältämä sulfaatti rikkivedyksi ja aiheuttaa siten veden happipitoisuuden lasku. Hapettomuus yhdessä rikkivedyn kanssa saosti vedestä metallit niukkaliukoiseksi metallisulfideiksi. Sian lietelantaa levitettiin useana vuotena 2000-luvun alussa. Sulfaatinpelkistäjäbakteerien toiminnan tehostamiseksi valutettiin

avolouhoksiin 30 tonnia etanolia eli puhdasta viinaa bakteerien ravinteeksi 2006. Etanolin tarkoitus oli kiihdyttää bakteereiden toimintaa. Lietelantaa levitettiin jätekentälle, sillä näin haluttiin kokeilla toimisivatko sulfaatinpelkistäjäbakteerit myös rikastushiekka-alueella. Lannan levittäminen toteutettiin siinä suhteessa heikosti, että toimenpiteen seurauksia ei mitattu alkujaan millään indikaattoreilla. Vaikutuksen arvioinniksi voitiin vain todeta, että lanta kiihdytti kasvien kasvua.⁵²

Maisemointia alueella jatkettiin 2002, jolloin peitettiin 20 sentin turvekerroksella ne alueet, joissa aiemmin istutetut kasvit eivät olleet menestyneet. Koko jätekenttä kalkittiin happamuuden vähentämiseksi. Sivukivien läjitysalue (5 ha) ei maisemoitu, mutta sieltä pintavedet ohjattiin keskimmäiseen avolouhokseen. Kaivoksesta purkautuville vesille oli 1999 rakennettu hiekkakalkkikivi-turvesuodatin, joka nyt korvattiin kosteikolla. Ampumarata-alueelta Iiksenjokeen tuleva oja tukittiin kokonaan, ja osa ampumarata-alueesta rakennettiin uudeksi kosteikoksi. Kahta vuotta myöhemmin koko rikastushiekka-alueen ympäri rakennettiin tiepenger ja samalla kaivettiin vielä kerran uudet ojat kaivosalueelta virtaaville vesille.⁵³

Uusia kosteikkoja rakennettiin 2004 ja kaikki rikastushiekka-alueelta tulevat vedet ohjattiin kosteikkoihin. Suotovesien purkautumispaikkoihin rakennettiin turvepatoja raskasmetallien sitomiseksi. Kosteikkojen puhdistuskyky oli edelleen heikko, eivätkä ne toimineet odotetulla tavalla. Neutraloivan materiaalin määrä ei ollut riittävä, vaan siihen oli lisättävä kalkkikiveä.⁵⁴⁵⁵ Kunnostustoimenpiteitä jatkettiin vuosina 2008 ja 2009. Rikastushiekka-alueen ympärysojiin läjitettiin olki- ja heinäpaaleja, joiden päälle ajettiin kalkkikivimursketta. Alueen ympärillä kulkeva tie kalkittiin. Kalkkia levitettiin myös ampumaradan altaisiin ja suotovesialtaisiin. Entisen lentokenttäalueen etelä-

puoleiseen kosteikkoon lisättiin kalkkikivimursketta, samoin muihin kosteikkoihin. Vanhoja oja tukittiin vielä kerran. Kaikki suotovedet ohjattiin kulkemaan kalkittujen reunojen ja kosteikoksi muodostuneen suoalueen kautta yhteen poisto-ojaan. Kaikkiaan kalkkia levitettiin yli 2 200 tonnia.⁵⁶ Hammaslahti osoitti, kuinka vaikeaa kaivosten jälkihoito oli käytännössä toteuttaa, mutta ilman minkäänlaisia kunnostustoimenpiteitä kaivosten ympäristövaikutukset olisivat pitkäikäisiä.⁵⁷

SUOSITUKSET KÄYTÄNTÖÖN MYÖS OUTOKUMMUSSA

Samaan aikaan Hammaslahden kanssa Outokumpu Oy joutui miettimään myös muiden kaivosalueiden kunnostusta. Päällimmäisenä oli yhtiön emäkaivos Outokumpu. Keretin kaivoksen loppumisen 1989 jälkeen Outokumpu Oy kertoi maisemoivansa Outokummun kaivosympäristön sellaiseen kuntoon: ”että kaivostarkastaja, vesi- ja ympäristöviranomaiset sekä luonnonsuojelijat ja yhtiön taholta vastuunkantajat ovat tyytyväisiä”.⁵⁸ Outokumpu Oy:n ei kuitenkaan tarvinnut itse ryhtyä toimiin, sillä koko 150 hehtaarin suuruisen kaivosalueen rakennuksineen osti Eastern Company Ltd -niminen yritys 1990. Kaupan ehtoihin kuului jäte- eli rikastushiekka-alueen saattaminen viranomaisten edellyttämään kuntoon. Samalla vastuu kaivoksen jälkitöistä siirtyi uudelle toimijalle. Eastern Company Ltd suunnitteli Keretin entiselle rikastushiekka-alueelle golfkentän, jonne olisi tullut maailman syvin golfreikä ja Keretin torniin maailman korkein klubirakennus (96 metriä). Kaivosalueelle suunniteltiin lisäksi lentokenttää, ratsastuskeskusta maneeseineen, jalkapallo- ja tenniskenttiä, loma-asuntoja ja muita vapaa-ajan huvituksia. Tälle kuun maisemaan muistuttavalle jätekentälle oli aiemmin, 1980-luvulla, kaavailtu yhdessä



Uutuuttaan kiihtelevä Keretin torni kuvattiin 1950-luvun lopun postikorttiin. Oikealla on kuva samalta paikalta kuusi vuosikymmentä myöhemmin. Golfkenttä peittää rikastushiekan täyttämän Jyrin-Lietukan järven. Ismo Björnin kokoelma.

neuvostoliittolaisen osapuolen kanssa turisteille tarkoitettua avaruusteemapuistoa kuukulkijoiheen. Neuvostoliiton talousongelmat ja lopulta hajoaminen estivät keino-kuun toteutumisen. Tätä ennen jätealueelle oli hahmoteltu mm. eläintarhaa.⁵⁹

Yrittäjien rahat loppuivat ja Eastern Company Ltd teki konkurssin. Keretin rakennukset ja maa-alueet palautuivat Outokumpu Oy:n omistukseen.⁶⁰ Omistusolojen selkinnyttyä kaivosyhtiö ryhtyi toimiin kaivosalueen jälkihoitoon ympäristön kunnostamiseksi. Outokumpu Oy aloitti Outolammen eli Sumpin ja Keretin eli Hautalammen jätealueiden jälkityöt. Outokummun kaivosalueen kunnostuksessa eri jätekenttien kemialliset erot osoittautuivat merkittäviksi. Keretin rikastamon jätehiekka poikkesi vanhan kaivoksen jätehiekasta siinä, että se oli säilynyt kohtalaisen muuttumattomana, eikä vesi luottanut sitä samalla tavoin. Keretin soranottoalueiden ja jätealueen hoito oli siksi helpompaa kuin vanhan Sumpin.⁶¹

Kaikkiaan noin 140 hehtaarin suuruisen jätealue peitettiin noin 20 cm paksulla sorakerroksella, jonka päälle levitettiin 10 cm paksu turvehiekkasekoitus vuonna 1997. Jätealueille ruiskutettiin kemikaaleja, ajettiin joutomaata, istutettiin ruohoa ja koivuja. Osa jätealueesta oli onnistuttu

jo Eastern Companyn aikana muuttamaan golfkentäksi. Samalla paikalla, missä nyt pelataan golfia, lainehti aikoinaan Jyrin-Lietukka. Outolampi, joka oli aikoinaan täyttynyt jätteestä, ilmestyi uudelleen, mutta eri paikkaan, paljon alkuperäistä pienempänä ja kuolleena.⁶²

Peitosta huolimatta Outokummun sulfidikiisun hapettuminen tuotti edelleen happamia vesiä. Kaivosvesien käsittelymahdollisuuksien parantamiseksi ja käyttökustannuksien vähentämiseksi kaivoksen yläpuolisille luonnonvesille rakennettiin 2000-luvun alussa uusi väylä. Kaivos- ja suoltovedet johdettiin puolestaan kalkituslaitokselle neutralointiin. Hautalampien kaksi ylintä vesiallasta ruopattiin kaivosvesien selkeytysaltaiksi, joista kaivosalueilta laskeva vesi johdettiin Ruutunjokea pitkin Sysmäjärveen ja edelleen Heposelkään. Hautalampea ruopattiin ja siihen rakennetulle kosteikolle sijoitettiin kalkkikiveä ja turvetta ja rakennettiin patoja. Ruoppausjätettä sijoitettiin suunniteltua mutta avaa-matta jäänyttä Hautalammen kaivosta varten kaivettuun vinotunneliin. Hautalammen kosteikkopuhdistamoon tuli vesiä myös Outokummun kaupungin Jyrin kaatopaikka-alueilta.

Outokummun rikastushiekka sisältää yhä kuparia 0,14 %, sinkkiä 0,11 % ja pieniä määriä kulta, hopeaa ja seleeniä, joten se kiinnostaa kaivosyrittäjiä.⁶³ Suunnitelmassa on rikastaa se vielä kerran. Nykyisessä suunnitelmassa kaivoksen kuivausvesille sekä läjitysalueiden suoto- ja valumavesille on tarkoitus rakentaa käsittelyallas, josta käsitelty kaivosvesi pumpattaisiin Alimmaiseen Hautalampeen ja edelleen Ruutunjokea pitkin Sysmäjärveen.⁶⁴

YHTEISKUNTA – NYKYKAIVOKSEN YMPÄRISTÖ

Ympäristötekniikka kehittyi ja valvonta parani, mutta ongelmia oli edelleen. Yhteiskunnan kiinnostus ympäristöasioihin kasvoi ensin metsänkäytössä ja vähitellen myös kaivosalalla.⁶⁵ Ruotsissa, Espanjassa ja Romaniassa tapahtuneet kaivospato-onnettomuudet herättivät Suomen ympäristöviranomaiset tarkkailemaan, voisiko vastaavia onnettomuuksia tapahtua Suomessa. Suomen ympäristökeskus selvitti 1999, kuinka patoturvallisuus oli toteutunut Suomen kaivoksilla.⁶⁶ Selvitys osoitti puutteita ja ilmeisiä kehittämiskohteita. Suomessa kaivospatoihin sovellettiin kaivoslain (503/1965) säästöjä. Tätä täydentävä patoturvallisuuslaki oli säädetty 1984 (PTL 413/1984), mutta muihin patoihin nähden kaivospatojen määräkset olivat esimerkiksi mahdollisiin tulvatilanteisiin nähden lievemmät. Patojen korotuksissa käytettiin usein rikastushiekkaa, jonka soveltuvuus tähän oli varmistamatta. Suomen oman lainsäädännön lisäksi kaivosten jätealueisiin vaikutti Euroopan unionin säätely. Yleiseurooppalaista ohjeistusta kaivostoiminnan jätteiden käsittelyn suhteen yhdenmukaistettiin patosortuminen jälkeen. Kaivannaisteollisuuden jätehuollon direktiivi (2006/21/EY) tuli voimaan 2006. Uuden patoturvallisuuslain (PTL 494/2009) ja patoturvallisuudesta annetun valtioneuvoston

asetuksen (319/2010) tavoitteisiin kuului padoista aiheutuvan vahingonvaaran vähentäminen. Säädökset täydensivät ympäristönsuojelulain, vesilain ja maankäyttö- ja rakennuslain patoja koskevia määräyksiä.⁶⁷ Kaivosyhtiön velvollisuus oli huolehtia, että kaivospadot ja altaiden pohjarakenteet suunniteltiin ympäristögeoteknisellä asiantuntemuksella ja toteutettiin suunnitelmien mukaisesti. Vaatimus, että vesistöpato on mitoitettava enintään 1 % todennäköisyydellä esiintyvät tulvan mukaan, ulotettiin kaivospatoihin vuoden 2010 patoturvallisuusasetuksen tultua voimaan. Erikoista oli, että patoturvallisuuslaissa oleva padon määritelmä rajasi kaivosaltaan pohjarakenteen lain soveltamisrajan ulkopuolelle myös niissä tapauksissa, joissa pato- ja pohjarakenteissa oli yhteinen tiivisrakente. Padotun nesteen vuotaminen pohjan kautta aiheutti kuitenkin vastaavan uhan kuin nesteen virtaaminen padon yli.⁶⁸

Yhteiskunnan suhtautuminen kaivostoimintaan muuttui kriittisemmäksi 2000-luvulla. Tähän vaikutti myös Suomen kaivosteollisuudessa tapahtunut merkittävä muutos. Keskeinen toimija valtiollinen Outokumpu Oy keskittyi teräksentuotantoon, ja Suomen kaivokset siirtyivät yksityisten ja kansainvälisten kaivosyriyten haltuun.⁶⁹ Vaikka Outokumpu ei ollut enää 2000-luvun alussa keskeinen toimija, se jatkoi kaivosten ympäristötekniikan kehittäjänä ja tutkimusrahoittajana. Yhtiö koordinoi vuosina 2003-2005 toteutettua Kaivostoiminnan ympäristötekniikka-hanketta, jonka tuloksena laadittiin Kaivoksen sulkemisen käsikirja.⁷⁰ Esimerkkikohteena käytettiin tällä kertaa Hituran nikkeli-kaivosta.⁷¹ GTK jatkoi kaivostutkimuksia ja hankki aktiivisesti tietoa maailmalta.⁷²

Kaivosyhtiöt saivat uusia ohjeita keskeisen käytön hengessä. Niiltä vaadittiin toimenpiteitä esimerkiksi rikastushiekan ja sivukivien hyötykäytön edistämiseksi, joten kaivosyhtiöiden oli yritettävä keksiä niille

sopivia käyttökohteita. Ainoa käyttömuoto oli niiden käyttö kaivospatojen korostusmateriaalina, mutta myös tähän ne olivat soveltumattomia tuottaessaan happamia vesiä.

Vastuu kaivostoiminnan päättymisen jälkeistä toimenpiteistä kuuluu uusitun kaivoslain (621/2011) mukaan ensisijaisesti kaivostoiminnan harjoittajalle.⁷³ Keskeisiä kysymyksiä ovat prosessivesien selkeytys ja rikastushiekan varastointi.⁷⁴ Tuotannon aikana jätehiekkä pidetään kalkituksen avulla emäksisenä ja se sijoitetaan padottuihin vesialtaisiin.

Talvivaaran kaivoksen kipsisakka-altaiden vuodot 2012–2013 johtivat siihen, että ympäristöministeriö asetti erityisen kaivosten ympäristöturvallisuutta käsittelevän työryhmän. Se havaitsi puutteita myös muiden kaivosten vesien hallinnassa, pohjarakenteiden valvonnassa, poikkeuksellisten päästöjen havaitsemisessa, kaivannaisjätteiden kemiallisen muuttumisen tunnistamisessa kuin patovaurioiden ehkäisemisessä ja tarkkailussa.⁷⁵ Suomen hallituksen määräyksestä kaivoksille tehtiin mahdollisia poikkeus-tilanteita kartoittavat stressitestit. Näissä kaikkien haasteellisemmaksi osoittautui vesien hallinta.⁷⁶ Kittilän kaivoksella paljastui syksyllä 2015 vakava vuoto. Kaivoksen jätealtaan pohjasta löytyi useita reikiä, joiden kautta kaivosvesiä pääsi Seurujokeen. Kittilää oli pidetty eräänlaisena mallikaivoksena, jossa kaivoksen ympäristöasioihin kuten pato- ja allastekniikkaan oli kiinnitetty huomiota. Tekesin green mining-ohjelma oli palkinnut kaivoksen vuoden ympäristötekonä. Julkisuudessa Kittilästä pelättiin uutta Talvivaaraa, mutta Kittilän vuoto saatiin tukittua, eikä vastaavanlaisia ympäristövahinkoja kuin Talvivaarassa päässyt syntymään. Molemmissa tapauksissa kaivosvesiä oli tullut suunniteltua enemmän, eikä riittäviä vara-altaita ylimääräiselle vedelle ollut.

Kaivosten ympäristötekniikan kehitymisestä huolimatta peruseriaate kaivosvesien laskemisesta eriaisteisten puhdistusten

ja neutraloinnin jälkeen luonnonvesiin jatkuu. Nykyisin rikastushiekkä-alueet muotoillaan siten, että keskelle muodostuu sade- ja sulamisvesiä keräävä allas. Muotoillulle alueelle levitetään 15 sentin kerros moreenia. Peittämisessä voidaan hyödyntää kompostoituvia sellu- ja paperiteollisuuden lietteitä ja käsiteltyjä yhdyskuntajätelietteitä, joilla lisätään orgaanisen aineksen pitoisuutta ja parannetaan kasvittumista. Tavoite on myös estää jätealueen halkeilemista kuivina kausina. Jätehiekkään imeytyvän veden määrä on saatava mahdollisimman pieneksi. Kalkkineutralointia käytetään yleisesti kaivosten jätealueiden suotovesien käsittelyssä. Kalkitus on edullista ja tehokasta, mutta lietettä syntyy paljon ja kalkituksen tulisi olla jatkuvaa. Tehokas ja edullisempi keino on rakentaa kalkkikivimurskeesta ilmasta eristetty salaoja. Valumavedet kerätään ojituksen ja käsitellään kosteikoissa ennen niiden johtamista eteenpäin alapuolisiin vesistöihin.

Kaivosvesien hallinta niin kaivoksen toiminta-aikana kuin sen sulkemisen jälkeen on osoittautunut vaikeaksi. Outokummussa luonnonaltaasta muokattu jäteallas ei soveltunut kaivosvesien ja rikastushiekan käsittelyyn ja varastointiin. Pohjavesien pilaamisesta nousi oikeusjuttu. Julkinen paine ja lainsäädännön kehitys vaativat kaivosyhtiötä kehittämään ympäristötekniikkaa. Vastaavilta onnettomuuksilta haluttiin välttyä. Oppia haettiin ulkomailta, erityisesti Kanadasta ja Ruotsista. Yhtiön kaivoslaboratoriossa tutkittiin jätevesien neutralointia. Outokumpu Oy:n uuden sukupolven kaivoksissa kuten Vuonoksessa ja Hammaslahdessa rikastushiekkä-alueen suunnitteluun ja vesitalouteen kiinnitettiin huomiota jo suunnitteluvaiheessa. Rikastushiekkä-alueet rakennettiin valmiiksi ennen kaivoksen avaamista. Kaivosten koon kasvaessa myös niiden ympäristövaikutukset kasvoivat. Yleinen kiinnostus kaivoksia kohtaan lisääntyi ympäristötietoisuuden kasvaessa.

Outokumpu Oy, joka koko 1900-luvun oli ollut keskeinen toimija, luopui kaivostoi-
minnasta, mutta jatkoi ympäristötekniikan
kehittämistä. Suomessa seurattiin kansain-
välistä keskustelua ja otettiin suositukset so-
vellettuina käyttöön. Outokumpua merkit-
tävämmäksi ympäristötekniikan kehittäjäksi
muodostui 2000-luvulla Geologian tutki-
muskeskus. Samaan aikaan Suomen kaivos-
teollisuus kansainvälistyi. Ympäristöviran-
omaisten rooli korostui ja valvonta tiukkeni
onnettomuuksien jälkeen. Kaivospatojen
vuodot niin koti- kuin ulkomailla nostivat
esille Suomen kaivospatoturvallisuuden
puutteet ja saivat aikaan parannuksia.

Toiveissa ollut kaivosvesien kierrätys on
osoittautunut vaikeaksi, sillä prosessiveden
oli oltava mahdollisimman puhdasta. Jäteve-
sien ja rikastushiekan käsittely muuttuu alati
haastavammaksi, sillä köyhenevät malmit
vaativat jatkuvasti laajenevia louhintamää-
riä, jotta kaivostoiminta olisi taloudellisesti
kannattavaa. Jokaisen kaivoksen jätealueen
kunnostus vaatii omat ratkaisunsa, sillä si-
jaintiratkaisut ja käytettävät kunnostusmateriaalit ovat tapauskohtaisia.

Kirjoittaja on dosentti (FT). Hän työskentelee
erikoistutkijana Itä-Suomen yliopistolla Karjalan
tutkimuslaitoksella. Hän on kotoisin Outokummun
Sumpin eli jätealueen reunalta.

Tämä artikkeli on vertaisarvioitu. *Tekniikan Wai-
heita* kiittää arvioijia arvokkaista kommentteista.

¹ Outokummun Sanomat 5/1972, 3;6/1984; 2/1992;
Grönqvist 1982, 717; Kuisma 1985, 389.

² Myllyntaus 1991, 321-331; Massa 1994; Björn 1999.

³ Räisänen et. al. 2013, 7; Toropainen 2006, 1.

⁴ Räisänen et. al. 2013, 30.

⁵ Outokumpu Oy:n Aijalan kuparikaivos toimi
Kiskossa 1949-1958. Kaivoksen yhteydessä toiminut
rikastamo jatkoi vuoteen 1974, sillä rikastamossa
jalostettiin läheisen Metsämöntun sinkkikaivoksen
(1952-1958, 1964-1974) ja Taipalsaarella sijainneen
Telkkälän kaivoksen (1969-1970) nikkeli- ja kupari-
malmeja. Aijalan jätealue padottiin kahden mäen
väliin noin 600 metrin päähän rikastamosta. Pato-
jen rakentamiseen käytettiin kaivoksen sivukiviä.
Rikastushiekkakenttä jätettiin toiminnan loppumi-

sen jälkeen peittämättä. Outokumpu Oy määrättiin
tarkkailemaan vesiä vuosina 1976-1981, jonka jälkeen
jätevesien metallipitoisuus todettiin niin alhaisiksi,
että velvoitetarkkailu lopetettiin. Tarkkailua tehtiin
enää satunnaisesti. Sipilä 1994b, 1; Orijärvestä: Toro-
painen 2006, 17, 34; Poutanen 1996.

⁶ Aijalan kunnostuksessa oli tarkoitus estää vesien
pääsy jätealueelle ja rajoittaa näin hapettumista.
Toinen tehtävä oli estää pölyäminen ja peittää
jätealue maakerroksella. Aijalan jätealuetta oli osin
verhoiltu soralla. Suurimmaksi osaksi jätealue oli
täysin ilman kasvillisuutta ja rikastusjäte hapettu-
nutta. Välittömät vaikutukset rajoittuivat jätealueen
lampiin ja laskuojaan. Pölyhaittoja ei havaittu. Sipilä
1994b, 16. Aijalan rikastamohiekan sisältämät korkea
metallipitoisuus kiinnosti kaivosyrityksiä. (Kupari
0,12%, sinkki 0,50%, lyijy 0,11%) Oy Kiskon Sortti-
niminen yritys suunnitteli rikastamon perustamista
ja 2000-luvun alussa alueelta kaadettiin puita.

⁷ Esim. Sipilä 1996a, 4; Tornivaara ja Karlsson 2013,
51-53.

⁸ Sipilä 1996b, 5.

⁹ Ks. Kauppila et. al. 2013, 47.

¹⁰ Outokummun Sanomat 5/1972, 3.

¹¹ Outokummun Sanomat 4/1991, 26-27. Ks. myös
Outokummun Sanomat 4/1969; 1/1970.

¹² Kaivoskierrös 3/1992, 3-5; Käytännössä vesien
suljettu kierto osoittautui hankalaksi, sillä veden
kierrätys väkevoitti vettä, ja siten sen käyttö
rikastusprosessissa oli vaikeaa. Joillain pienillä
rikastamoilla kuten Sastamalassa päästiin lähes
100 prosentin kierrätykseen, mutta suurilla kuten
Pyhäsalmeilla kierrätettyä vettä oli prosessissa
vain 18 prosenttia. Talvivaarassa kierrätetyn veden
määrä vaihteli 10 ja 20 prosentin välillä vuonna
2010. Pahtavaaran kaivoksella ei vedenkierrätystä
saatu toimimaan. Suomen ympäristö 29 2011, 35;
Outokummun Sanomat 4/1991, 26-27; Kärnä 2014, 1.

¹³ Kuisma 1985, Särkikoski 1999; Outokummun kaivos
1910-1928, 10.

¹⁴ Outokummun kaivos 1910-1928 (1928), 12.

¹⁵ Ks. Särkikoski 1999, 229-232.

¹⁶ Simberg 1954; Håkan ja Tom Simbergin tiedonan-
not 5.6.2000.

¹⁷ Outokummun kaivos 1910-1928, (1928), 18; ks. myös
Outokumpu ja sen tuotanto 1935, 4-5; Outokummun
Sanomat 1/1959, 14. Emil Rönkä, Vanha muistelee.
Kuparitehdas valmistuu; Björn 2014.

¹⁸ Outokummun Sanomat 1944, 77.

¹⁹ Ryhänen 1960, 25; Kuisma 1985; Särkikoski 1999.

²⁰ Sipilä 1996b, 5.

²¹ Ryhänen 1960, 9-10.

²² Ryhänen 1985, 90.

²³ Ryhänen 1960, 12; Ahtianen, Sandman & Tyynni
1983, 303; Leivo 1993, 9.

²⁴ Björn 2014, 140.

- ²⁵ Björn 2014, 138.
- ²⁶ Kokeiluista ks. Sipilä 1995, 14-15. Outokummun vanhaa rikastusjätettä rikastettiin kolmannen kerran Keretin rikastamossa vuosina 1967-1980. Rikastuksessa otettiin talteen tällä kertaa pääasias-
sa kobolttia.
- ²⁷ Vesistön pilaantumista... 1966.
- ²⁸ Vesistön pilaantumisesta... 1966, 15-17; Kuusjärven Lehti 24.9.1964.
- ²⁹ Kuusjärven Lehti 29.4.1966; Ahtiainen, Sandman & Tynni 1983, 303-308.
- ³⁰ Huttunen ja Sivonen 1974, 227.
- ³¹ Kuisma 1986, 385, Huttunen ja Sivonen 1974, 227.
- ³² Ahtiainen, Sandman & Tynni 1983, 307; Leivo 1993, 9.
- ³³ Outokummun kaivoksen lisäksi ympäristö oli vaarantunut Outokumpu Oy:n Kokkolan tehtaiden ympäristössä. Kuisma 1985, 383; Outokummun Sanomat 1/1974, 14-15; Kaivoskierros 3/1992, 3-5; 3/1995, 1
- ³⁴ Kuisma 1985, 389; Grönqvist 1982; Outokummun Sanomat 5/1972, 11; 2/1974, 17.
- ³⁵ Kaivoksella rikastettiin talkkia vuosina 1979-2006 osin rinnan kuparimalmin rikastamisen kanssa. Polvijärven Horsmanahon kaivokselta tuodun malmin magnesiittihiekka peitti Luikonlahden vanhan kuparikaivoksen rautasulfidipitoisen rikastushiekan. Rikastamon toiminnan loputtua alkoi hapettuminen ja happamien vesien virtaaminen Rikkaveden Luikonlahteen. Suotovesiä purkautui myös länteen Suursuolle, ja kohti Retusen Petkellahtea pohjoiseen kohti Palolampea sekä etelään Heinälampeen, josta Kylmäpuron kautta Rikkaveteen. Happamat vedet sisälsivät rikkiä, rautaa, mangaania, alumiinia. Luikonlahden jälkihoitotitä tehtiin 2006-2007. Se piti sisällään sivukivialueiden muotoilun ja maisemoinnin. Padot peitettiin magnesiittipitoisella rikastushiekalla. Rikastushiekka alue jätettiin veden alle hapettumisen estämiseksi ja rakennettiin kosteikko rikastusalueen vesien käsitlemiseksi. Kosteikko muodostuu neljästä altaasta. Kosteikon yhteyteen rakennetut padot tehtiin kalkkipitoisesta kivistä. Kalkkikiveä kasattiin myös vesiuomiin. (Ns. SAPS-tekniikka: Successive Alkalinity Producing Ssystem). Avolouhosten annettiin täytyä vedellä. Jälkihoito jäi osin kesken, kun kaivospiiri siirtyi Finn Nickel Oy:lle 2007 ja edelleen Vulcan Resourcesille 2009. Altona Mining Ltd:ksi muuttunut yritys ryhtyi rikastamaan Luikonlahdessa Kylynlahden kaivoksen monimetallimalmia 2012. Jätealueen patoja korotettiin ja uudistettu rikastamo ryhtyi läjittämään rikastamohiekat vanhalle jätealueelle. Samalla jo puhdistamaan saadut valumavesien laatu heikkeni uudelleen. Altona Mining Oy:n alkuperäinen suunnitelma oli ollut rakentaa Kylylahteen oma rikastamo ja sijoittaa rikastushiekka kaivoksen toiminta-ajaksi altaisiin, jolloin hapettumista ei pääsisi tapahtumaan. Samalla valumavesiä olisi voitu tarkkailla ja neutraloida. Suotovesistä oli tarkoitus saostaa metallit ja sulfaatti ja neutraloida ne ennen päästämistä takaisin prosessikäyttövesien tasausaltaaseen. Räisänen 2015a, 1; Räisänen 2016b, 2-3; Kauppila ja Räisänen 2014, 7-10, 15; Jäntti 2012, 18; Toropainen 2006, 13, 44. Toropainen 2006, 17.
- ³⁶ Karhu 2015, 190.
- ³⁷ Sipilä 1995, 15; Sipilä 1996a, 12-13; Sipilä 1994a, 11. Sipilä viittaa erityisesti Lapakkon ja Egerin 1980-luvun lopulla tekemiin laboratorio- ja kenttäkokeisiin Minnesotan Duncan kaivoksella. Ks. esim. Lapakko & Eger (1989).
- ³⁸ Vuonoksen rikastamon ja talkkitehtaan ympäristöluvan muuttaminen 2014.
- ³⁹ Toivonen 2001, 3; Karhu 2015, 182-195.
- ⁴⁰ Karhu 2015. 190-195.
- ⁴¹ Toivonen 2001, 3.
- ⁴² Kuusisto 1991; Sipilä 1995.
- ⁴³ Kuusisto 1991.
- ⁴⁴ Sipilä 1995.
- ⁴⁵ Sipilä 1995, 7; Södermark & Lundgren 1988; Lundgren & Hartlen 1990.
- ⁴⁶ Sipilä 1995, 7-8; Williams 1975; Robertson & Kirsten 1989; Ritcey 1989.
- ⁴⁷ Pyhäsalmen kaivoksessa ympäristöasioihin oli kiinnitetty huomiota ja mm. erilaiset rikastusjätteet eriteltiin. Louhitusta sivukivestä suurin osa käytettiin täyttömateriaalina kaivoksessa. Pyhäsalmen rikastushiekka sisälsi raskasmetalleja ja runsaasti happoa tuottavia sulfideja, joten se oli pidettävä erillään kosketuksesta hapen kanssa. Rikastushiekka sisälsi kuparia, sinkkiä, rautaa, rikkiä sekä hieman kultaa ja hopeaa. Pyhäsalmen jätealueelle johdettava liete neutraloitiin kalkilla tai kalsiumhydroksidilla. Liete, kaivosvedet ja jätealueelta suodattuneet vedet pumpattiin veden alla pidettävään pyriittiköyhään ns. A-altaaseen. Alueella oli lisäksi kaksi selkeytysallasta (altaat B ja C) ja osin veden alla oleva pyriitti rikasta rikkikiusurikastetta sisältävä D-allas. Selkeytysaltaiden kautta vesi palautui rikastusprosessiin. Rikastusalue oli rakennettu suolle, joten altaan alapuolinen turve sitoi raskasmetalleja. Varotoimista huolimatta Pyhäsalmen kaivoksen jätevedet näkyivät Pyhäjärven rannalla. Pölyhaittoja oli havaittavissa noin kahden kilometrin säteellä kaivoksesta. Toropainen ja Heikkinen 2006, 3; Toropainen 2006, 10, 35, 42; Sipilä 1994a, 3, 10.
- ⁴⁸ Aijalan jäteketän itä- ja eteläpuolella maasto oli jätealueetta korkeammalla, joten sieltä purkautui pinta- ja pohjavesiä jätealueelle. Osa vesistä virtasi jätealueen yli, mutta osa suodattui rikastusjätteen sisään tuottaen hapettuuksaan rikkihappoa. Suotovesiä purkautui sivukivistä tehtyjen patojen ja pohjamaan välitse läheisiin lampiin ja edelleen laskuojaan pitkin Kiskojokeen. Laskuojan vaikutus näkyi vielä kuuden kilometrin päässä Kiskojoessa. Vähäisessä määrin pintavesiä valui myös luoteeseen. Jätealue põlisi, ja sen vaikutukset näkyivät sammalien koostumuksessa 300 metrin päässä. Myös humuksessa havaittiin muutoksia. Põlyämisen

estämiseksi osa peitettiin sekalaisella maalla. Muilta osin jätealue jäi paljaaksi ja se hapettui ruskeaksi. Makolassa rikastusjätekenttä oli veden alla olevia notkopaikkoja lukuun ottamatta hapettunutta. Kasvillisuutta ei jätekentällä kasvanut. Jätekentän alapuolinen turve oli pidättänyt itseensä metalleja, mutta rikastushiekka-alueen alapuolisissa vesissä vesien laatu oli heikentynyt ja jätekentän pölyäinen näkyi 200 metrien etäisyydellä. Sipilä 1996b, 3, 9-10; Toropainen 2006, 35.

⁴⁹ Tornivaara 2014; Kaivoskierrros 3/1995, 10. Ks. myös Outokummun Sanomat 4/1969; 1/1970.

⁵⁰ Sipilä 1994, 3.

⁵¹ Samaa suunnitelmaa toteutettiin esimerkiksi Enonkoskella. Isomäki 1996, 13.

⁵² Itä-Suomen ympäristölupavirasto päätös Nro 43/08/2; Toropainen 2006, 42.

⁵³ Itä-Suomen ympäristölupavirasto päätös Nro 43/08/2; Toropainen 2006, 42.

⁵⁴ Itä-Suomen ympäristölupavirasto päätös Nro 43/08/2; Toropainen 2006, 42.

⁵⁵ Toimintansa lopettaneen Hammaslahden kaivoksen...2008; Toivonen 2001; Toropainen 2006, 42.

⁵⁶ Hammaslahden vanhan kaivoksen...2011.

⁵⁷ Kauppila, Räisänen ja Myllyoja (toim.) 2011; Kauppila ja Räisänen 2014; Heikkinen (toim.) 2009; Räisänen 2015 a, b.

⁵⁸ Kaivoskierrros 3/1989, 11.

⁵⁹ Björn 2000, 44.

⁶⁰ Outokummun Sanomat 1/1990, 20-21.

⁶¹ Kaivoskierrros 4/1995, 12-15.

⁶² Vanha kalkitusasema, joka oli toiminut vuodesta 1993, lopetettiin 2001. Kaivoskierrros 4/1995, 12-15; ks. Hakola 2009, 348-349; Tornivaara 2014, 31-33.

⁶³ Tornivaara 2014, 28.

⁶⁴ Ruotsalainen monimetalliyhtiö Boliden Ab osti Altona Mining Oy:n Kylylahden Copper Oy:n Kylylahden kaivoksen ja Luikonlahden rikastamon kesällä 2014. Hautalammen kaivoshanke jäädytettiin. TUKES. Hakemuksesta kuuleminen. Kaiv. K7602. Yhteenvedo kaivospiirihakemuksesta 22.8.2013. Outokummun Seutu 10.7.2014; 25.8.2014; Tornivaara 2014, 25-26.

⁶⁵ Turunen 2008, 70-75; Björn 2003.

⁶⁶ Sivonen ja Frilander 2001, 9.

⁶⁷ Kaivosten ympäristöturvallisuus 2014, 17.

⁶⁸ Kaivosten ympäristöturvallisuus 2014, 43.

⁶⁹ Outokumpu Mining Oy myi Oriveden (Kutemajärven) kultakaivoksen Polar Mining Oy:lle 2003. Oriveden kaivospiiri oli perustettu 1982. Varsinainen toiminta alkoi 1994 ensin avolouhoksena ja sitten maanalaisena vuoteen 2003 ja uudelleen vuodesta 2007. Rikastustoimintaa Orivedellä ei ollut, vaan malmi ajettiin kasettirekoilla Vammalan rikastamolle. Tästä huolimatta kaivoksen vaikutukset lähiluon-

toon olivat merkittävät. Oriveden kaivannaisjätteet olivat sivukivilouhetta ja hienojakoista liettä. Sivukivet varastoitin kahdelle erilliselle sivukivialueelle, joista toinen on kooltaan 2,4 hehtaaria ja toinen noin 1 hehtaari. Oriveden rakentamisen aikana ympäristönäkökohdat oli pyritty ottamaan huomioon. Sivukivialueen pohja oli tasattu ja tiivistetty moreenimaalla. Kaivoksessa kertyvä rauta- ja alumiinihydroksidipitoinen liete pumpattiin kahteen selkeytysaltaaseen, josta vesi haihdutettiin ja kuivattu liete pumpattiin takaisin kaivokseen täytteeksi. Toinen lieteallas rakennettiin sivukivilouheesta, altaasta kaivetusta savimaasta ja muualta tuodusta savisesta siltistä. Altaan ympärille rakennettiin ojat pumppuineen. Vanhemman altaan ja Ylä-Jalkajärven väliin rakennettiin patopenger vuokaniittirouheesta, jota tiivistettiin 2103 savipitoisella siltillä. Kaivoksen kuivanapitovedet koostuvat pohjavedestä, sadevesistä ja Ala-Jalkajärvestä poraukseen otetusta käytövedestä. Kaivoksen käyttämään veteen lisättiin natronlipeää ja muita kemikaaleja. Kuivatusvedet johdettiin ensin selkeytysaltaaseen ja sitten kahden muun altaan kautta metsäojoan ja Ala-Jalkajärveen. Vedenkiertoa tehostettiin 2012, jolloin tavoitteeksi asetettiin, että kuivatusvesistä puolet kierrätettäisiin. Toimenpiteistä huolimatta kaivos aiheutti huomattavat vesistövaikutukset Ala-Jalkajärveen ja Peräjärveen. Ala-Jalkajärvi muuttui kokonaan kaloilte elinkelvottomaksi metallipitoisuuden nousun ja suolaantumisen vuoksi. Sivukivikasassa olevalla kiviaineksella oli runsaasti reaktiopintaa hapen kanssa. Läjityskasan kanssa kosketuksissa ollut vesi happamoitui ja liuotti metalleja sivukivestä. Happamat vedet päätyivät avolouhoksen kautta kaivokseen, sieltä kuivatusveden mukana laskeutus- ja liejunkuivausaltaisiin ja edelleen Ala-Jalkajärveen, josta Horhanpuroa pitkin Peräjärveen ja Peräjokea pitkin Näsijärven Paarlahteen. Kärnä 2014, 2. Oriveden kaivoksen ympäristölupapäätös 2015.

⁷⁰ Heikkinen (toim.) 2009.

⁷¹ Hituran rikastushiekka-alue on noin 110 hehtaaria ja korkeudeltaan 25 metriä. Hituran jättealueelle on tuotu myös Kokkolan sulatolta tuotua jarosiittijätehiekkaa. Suotovedet ovat epätyypillisiä, sillä ne ovat lähes neutraaleja, mikä johtuu rikastushiekan mineraaleista. Rikastuksessa oli käytetty 1970-luvulla rikkihappoa, ja se näkyi lähialueen moreenissa. Heikkinen (toim.) 2009.

⁷² Heikkinen ja Laukkanen 2007.

⁷³ Tarkemmin ks. esim. Kauppi (toim.) 2013, 26.

⁷⁴ ks. Kärnä 2014, 55-58.

⁷⁵ Kaivosten ympäristöturvallisuus 2014, 30; Tiainen, Sairinen ja Mononen 2014.

⁷⁶ Välisalo (toim.) 2014, 7, 48.

LÄHTEET

Arkisto

Elinkeinoelämän keskusarkisto, Outokumpu Oy:n arkisto. OKKA. Perimätietoa Outokummun kaivoksen vanhojen asuinrakennusten nimistä ja asukkaista. (R. Silvasto) 5.3.1971.

Lehdet

Outokummun Sanomat 1937-1993

Kaivoskierros 1985-1996

Kuusjärven lehti 1962-1966

Julkaisemattomat lähteet ja tiedonannot

Hammaslahden vanhan kaivoksen kunnostamis- ja päästöjen ehkäisemistoimenpiteitä koskeva ympäristöluvan tarkastaminen, Joensuu. Aluehallintovirasto. Päätös Nro 47/2011/1.

Itä-Suomen ympäristöluvapavirasto päätös nro 43/08/2. Toimintansa lopettaneen Hammaslahden kaivoksen kunnostamis- ja päästöjen ehkäisemistoimenpiteitä koskeva ympäristöluva, Pyhäselkä.

Oriveden kaivoksen ympäristöluvapäätös: Aluehallintovirasto. Länsi- ja Sisä-Suomi. Nro 212/2015/1. 9.12.12105.

TUKES. Hakemuksesta kuuleminen. Kaiv. Nro K7802. Yhteenveto kaivospiirihakemuksesta 22.8.2013.

Vuonoksen rikastamon ja talkkitehtaan ympäristöluvan muuttaminen. Outokumpu ja Liperi. Aluehallintovirasto. Päätös 15/2104/1.

Håkan ja Tom Simbergin tiedonannot kirjoittajalle 5.6.2000.

Kirjallisuus

AHTIAINEN, Marketta, Olavi Sandman & Risto Tynni. *Sysmäjärvi – a lake polluted by mining waste-water*. Hydrobiologia 1983, 103, 303-308.

BJÖRN, Ismo. *Kaikki irti metsästä. Metsän käyttö ja muutos taigan reunalla itäisimmässä Suomessa erätaloudesta vuoteen 2000*. Bibliotheca Historica 49. Suomen Historiallinen Seura. Helsinki 1999.

BJÖRN, Ismo. *Kaivos kaupungin yllä*. Teoksessa Ismo Björn, Liisa Immonen ja Matti Pennanen, *Outo kumpulaisuus*. Kaivoskaupungin historiaa. Karisto, Hämeenlinna 2000.

BJÖRN, Ismo. *Ympäristöpolitiikka metsässä?*

Joensuun yliopisto. *Karjalan tutkimuslaitoksen julkaisuja* 141. Joensuu 2003.

BJÖRN, Ismo. *Rikkiä, sumppia ja syanidia*. Outokummun jätevedet ja lähiluonto. Kirjassa Ismo Björn (toim.) *Ihmeellinen luonto. Kirjoituksia luonnoista*. Pohjois-Karjalan historiallisen yhdistyksen vuosikirja 16, Joensuu 2014.

GRÖNQVIST, Per O. *Ympäri-vaikutukset ja ympäristön suojele*. Kirjassa *Kaivos- ja louhintatekniikan käsikirja*. Vuorimiesyhdistys, Helsinki 1982.

HAKOLA, Arto. *Kaivostyön historia*. Outokummun kaivosmuseo. Hämeenlinna 2009.

HEIKKINEN, P. M. (toim.) *Kaivoksen sulkemisen käsikirja*. Kaivostoiminnan ympäristötekniikka. Espoo 2009.

HEIKKINEN, Päivi M. ja Jukka Laukkanen, *Rikastushiekköjen ja sivukivien mineraloginen ja kemiallinen koostumus sekä neutraloitumispotentiaalisuhteet – tuloksia kahdeksalta eurooppalaiselta kaivokselta*. Geologian tutkimuskeskus. Itä-Suomen yksikkö. S/49/0000/2007/93. Kuopio 2007.

HUTTUNEN, Veikko ja Tuovi Sivonen. *Kuusjärven – Outokummun historia*. Joensuu 1974.

ISOMÄKI, O-P. *Enonkosken kaivoksen loppuraportti*. Outokumpu Finnmines Oy 1996.

JÄNTTI, Tuomas. *Kuparin, nikkelin ja sinkin vaikutukset maaperän hajotustoimintaan Luikonlahden kaivosympäristössä*. Pro gradu-tutkielma. Ympäristöbiologia. Ympäristötieteen laitos, Itä-Suomen yliopisto 2012.

Kaivosten ympäristöturvallisuus. Viranomaistyöryhmän loppuraportti (2014). Ympäristöministeriön raportteja.

KARHU, Jani. *Kupari kääntää kunnan suunnan*. Hammaslahden kaivos. Kirjassa Jani Karhu (toim.) *Pyhäselän kunta 1925-2008*. Hammaslahden seudun kyläyhdistys ja Mulo-Niittylahden kyläyhdistys. Joensuu 2015.

KAUPPI, Sari (toim.). *Ympäristötietoa kaivoshankkeista. Taustatietoa kaivostoimintaan liittyvästä lainsäädännöstä ja eräiden kaivosten ympäristötarkkailusta*. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 10/2013.

KAUPPILA, Päivi, Marja-Liisa Räisänen ja Sari Myllyoja (toim.). *Metallimalmikaivostoiminnan parhaat ympäristökäytännöt*. Suomen ympäristö 29/2011. Helsinki 2011.

KAUPPILA, P. ja Räisänen M.-L. *Kohde 2*. Luikonlahden suljettu vanha kuparikaivosalue ja sivukivi- ja rikastushiekka-alueiden vesien käsittely passiivisilla menetelmillä. Julkaisussa Anna Tornivaara ja Päivi M. Kauppila (toim.) *Kaivoksen sulkeminen ja jälkihoito. Ekskursio Luikonlahden ja Keretin kaivosalueille*. Geologian tutkimuskeskus. Opas 60, 2014.

KAUPPILA, Tommi, Maria Nikkainen, Anne Kousa, Antti Pasanen ja Teemu Karlsson. *Kaivostoimin-*

- nan pölypäästöjen arviointi. Kirjassa Kauppila T., Komulainen, H., Makkonen, S. ja Tuomisto, J. (toim.) (2013). *Metallikaivosalueiden ympäristöriskinarviointiosaamisen kehittäminen: MINERVA-hankkeen loppuraportti*. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 199. Espoo 2013.
- KUISMA, Markku. *Outokumpu 1910-1985. Kuparikaivoksesta suuryritykseksi*. Outokumpu Oy. Forssa 1985.
- KÄRNÄ, Kaarina. *Kaivoksen ympäristötiedon saattavuus ja tulkinta. Esimerkkikohteena Pahtavaaran kultakaivos*. Opinnäytetyö. Ympäristötekniikan koulutusohjelma. MAMK 2014.
- LAPAKKO, Kim & Paul Eger. Use of wetlands to remove Nickel and Copper from Mine drainage. In Hamner D. A. (ed.) *Constructed Wetlands for Wastewater Treatment*. Lewis Publisher. Chelsea. Michigan 1989.
- LEIVO, Mauri. *Kaivos jätti pilatun maan*. Suomen Luonto 52 (1993): 1, 9.
- LUNDGREN, Tom & Jan Hartlen. *Gruvavfall i Dalälves avrinningsområde. Melallutsläpp och åtgärdesmöjligheter*. Statens geotekniska institut. Rapport 39. 1990.
- MASSA, Ilmo. *Pohjoinen luonnonvalloitus. Suunnitus ympäristöhistoriaan Lapissa ja Suomessa*. Gaudeamus. Helsinki 1994.
- MYLLYNTAUS, Timo. *Suomalaisen ympäristöhistorian kehityslinjoja*. Historiallinen aikakauskirja 4/1991, 321-331.
- MÄKINEN, Jari ja Marja-Liisa Räisänen. *Otanmäen yhdyskunnan jätevesien kosteikkopuhdistuksen toimivuus vuonna 2004 ja suositukset toimivuuden parantamiseksi*. Geologian tutkimuskeskus. Arkistoraportti 47/2015.
- Outokummun kaivos 1910-1928*. (1928) Joensuu.
- POUTANEN, Pekka. *Suomalaisen kuparin ja sinkin juurilla. Orijärven kaivos 1757-1957*. Gummerus Kirjapaino oy. Jyväskylä 1996.
- RITCEY, Gordon. *Tailings management. Problems and solutions in the mining industry*. Amsterdam 1989.
- ROBERTSON, Steffen & Kirsten (B.C.) Inc. (Prepared by) *Draft Acid Rock. Drainage Technical Guide*. Volume 1. British Columbia acid mine drainage task force report. Vancouver 1989.
- RYHÄNEN, Reino. *Outokummun kaivosteollisuuden jätteiden vaikutus vesistöihin, A. Biotyyppi*. Pro gradu. Limnologian laitos. Helsingin yliopisto 1960.
- RÄISÄNEN, Marja Liisa, Anna Tornivaara, Teija Haavisto, Kaisa Niskala ja Matti Silvola. *Suljettujen ja hylättyjen kaivosten kaivannaisjätealueiden kartoitus*. Ympäristöministeriön raportteja 24/2013.
- RÄISÄNEN, Marja Liisa. *Luikonlahden suljetun kuparikaivoksen ympäristön nykytila vuonna 2004 ja yleissuositukset kunnostukseen*. Geologian tutkimuskeskus. Arkistoraportti 50/2015A.
- RÄISÄNEN, Marja Liisa. *Luikonlahden Suusuon ja suljetuskaivosalueen kosteikkopuhdistamojen veden laatu ja toimivuus vuonna 2007*. Geologian tutkimuskeskus. Arkistoraportti 48/2015B.
- SAIRINEN Rauno. *Kaivosteollisuuden ympäristövaatuu ja muuttuva suhde paikallisyhteisöön*. Terra 123(2011), 3, 11-18.
- SIMBERG, Guido, *Original*. Söderström, Helsingfors 1954.
- SIPILÄ, Pekka. *Aijalan, Pyhäsalmen ja Makolan sulfidalmikaivosten rikastamoiden jätealueiden ympäristövaikutukset*. Osa I – Raporttiyhenteen veto. Geologian tutkimuskeskus. Kiviainestutkimukset. KA 33/94/1.1. 1994a.
- SIPILÄ, Pekka. *Aijalan, Pyhäsalmen ja Makolan sulfidalmikaivosten rikastamoiden jätealueiden ympäristövaikutukset*. Osa II Aijala. Geologian tutkimuskeskus. Kiviainestutkimukset. KA 33/94/1.2. 1994b.
- SIPILÄ, Pekka. *Sulfidalmikaivosten jätealueiden ympäristövaikutusten tutkimukset Kanadassa, Ruotsissa ja Norjassa, kirjallisuusselvitys*. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 129. Espoo 1995.
- SIPILÄ, Pekka. *Kaivosten jätealueiden kunnostaminen. Yleinen osa. Sulfidalmikaivosten rikastamoiden jätealueista aiheutuvien ympäristöongelmien syyt ja niiden ehkäiseminen*. Geologian tutkimuskeskus. KA 61/97/1. 1996a.
- SIPILÄ, Pekka. *Aijalan kaivoksen rikastamon jätealueen kunnostussuunnitelma*. Geologian tutkimuskeskus KA 61/97/2. 1996b.
- SIVONEN, Mikko ja Reetta Frilander. *Patoturvallisuuden toteutuminen Suomen jäte- ja kaivospaodoilla*. Suomen ympäristö 462. Helsinki, 2011.
- SÄRKIKOSKI, Tuomo. *Tiedon liekki. Kuinka Outokumpu loi keksinnön ja teki siitä kulttuurin*. Suomen tekniikan historia julkaisuja 1. Espoo 1999.
- SÖDERMARK, Björn & Tom Lundgren. The Bersbo project. The first full scale attempt to control acid mine drainage in Sweden. International Conference on Control Environmental Problems from Metal Mines. Roros. June 1988.
- TIAINEN, Heidi, Rauno Sairinen ja Tuija Mononen. *Talvivaaran kaivoshankkeen konfliktoituminen*. Ympäristöpolitiikan ja -oikeuden vuosikirja VII 2014, 7-76.
- TOIVONEN, Tapio. *Turvetutkimusten ja johtavuusluotausten käyttö Pyhäselän Hammaslahden kaivoksen jätealueen ympäristötutkimuksissa kesällä 2000*. Geologian tutkimuskeskus. Arkistoraportti P45.004, 2001.
- TORNIVAARA, Anna ja Teemu Karlsson. *Päästöt vesiin kaivannaisjätteiden varastoinnista*. Kirjassa Kauppila T., Komulainen, H., Makkonen, S. ja Tuomisto, J. (toim.) *Metallikaivosalueiden ympäristöriskinarviointiosaamisen kehittäminen*:

- MINERVA-hankkeen loppuraportti. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 199. Espoo 2013.*
- TORNIVAARA Anna. Kohde 3. Keretin suljetun kaivosalueen ympäristövaikutukset ja kohteen nykytila. Julkaisussa Anna Tornivaara ja Päivi M. Kauppila (toim.) *Kaivoksen sulkeminen ja jälkihoito. Ekskursio Luikonlahden ja Keretin kaivosalueille*. Geologian tutkimuskeskus. Opas 60, 2014
- TOROPAINEN, Vesa, *Yhteenveto sulfidimalmi-kaivostoiminnasta Suomessa ja toiminnassa muodostuvista sivutuotteista sekä niiden ympäristövaikutuksista*. Geologian tutkimuskeskus. Itä-Suomen yksikkö/Maankäyttö ja ympäristö. S 49/0000/20006/2. Kuopio 2006.
- TOROPAINEN, Vesa ja Päivi Heikkinen. *Pyhäsalmen, Hituran, Talvivaaran ja Ihalaisen kaivosten sivukivien ja rikastushiekkojen mineraloginen ja kemiallinen koostumus*. Geologian tutkimuskeskus 2006.
- TURUNEN, Olli. Metsien suojelun monet keinot. *Kirjassa Laulujoutsenen perintö. Suomalaisen ympäristöliikkeen taival*. Suomen Luonnonsuojeluliitto. 2008.
- Vesistön pilaantumista aiheuttavan toimenpiteen rankaisemisesta*. Professoreiden Tauno ja Reino Ellilän 14.3.1966 antama lausunto Outokummun kaivoksen jätevesikysymyksistä. Professori Ilmari Melanderin 5.4.1966 antama lausunto samoista kysymyksistä. Joensuu 1966.
- VÄLISALO, Tero (toim.). Timo Juottijärvi, Antti Kallio, Sari Kauppi, Päivi Kauppila, Hannu Komulainen, Juha Laasonen, Jutta Laine-Ylijoki, Minna Leppänen, Jussi Reinikainen ja Margareta Wahlström. *Kaivosten stressitestit 2013*. Ympäristöministeriön raportteja 2/2014.
- WILLIAMS; Roy E. *Waste Production and Disposal in Mining, Milling, and Metallurgical Industries*. Miller Freeman Publication Inc. San Francisco 1975.