



SAVONIA

OPINNÄYTETYÖ - AMMATTIKORKEAKOULUTUTKINTO
TEKNIIKAN JA LIIKENTEEN ALA

SUOMEN KAIVOSTOIMINNAN KAIVOSVESIEN TESTAUSTAR- PEIDEN SELVITYS

TEKIJÄ: Jukka Luostarinen

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma/Tutkinto-ohjelma Ympäristötekniikan tutkinto-ohjelma	
Työn tekijä(t) Jukka Luostarinen	
Työn nimi Suomen kaivostoiminnan kaivosvesien testaustarpeiden selvitys	
Päiväys	12.12.2018
Sivumäärä/Liitteet	35/5
Ohjaaja(t) TKI-asiantuntija Maarit Janhunen, yliopettaja Merja Tolvanen	
Toimeksiantaja Savonia-ammattikorkeakoulu oy, tutkimus- ja kehityspäällikkö Eero Antikainen	
<p>Tiivistelmä</p> <p>Tämä opinnäytetyö tehtiin Savonia-ammattikorkeakoulu oy:n ympäristötekniikan opetus- ja tutkimusyksikön tilauksesta. Työn tarkoituksena oli selvittää ja raportoida suomalaisten kaivosyritysten tutkimus- ja vedenkäsittelytarpeita. Selvitys tehtiin haastattelemalla yrityksiä sähköpostitse ja suullisesti. Haastateltujen kaivosyritysten toimipaikoilla vierailtiin mahdollisuuksien mukaan. Haastattelut ja Suomen kaivosteollisuuden yleisesittely tehtiin yhteistyössä Insinööriopiskelija Ville Hottolan kanssa.</p> <p>Aluksi kirjallisuusosiossa luotiin katsaus Suomen kaivosteollisuuden tunnuslukuihin, toimijoihin, kaivosten elinkaareen, toiminnan vaiheisiin ja ympäristövaikutuksiin. Lisäksi kirjallisuusosiossa käsiteltiin kaivosteollisuuden parissa yleisimmin käytettyjä vedenkäsittelymenetelmiä. Käsittelymenetelmät jaettiin teollisessa mittakaavassa käytettyihin ja koeluonteisiin menetelmiin. Kirjallisuusosiossa esiteltiin myös Savonian pilot-mittakaavan toimeksiantojen ja hankkeiden kulkua ja Savonian ympäristötekniikan tutkimusyksikön tarjoamia palveluita sekä Savonian kykyä vastata tarpeisiin.</p> <p>Työn tuloksena saatiin haastattelumuistioita, joissa esitettiin haastattelujen oleelliset asiat yrityskohtaisesti. Muistioiden pohjalta koostettiin taulukko, jossa eriteltiin kuinka tarpeellisia haastatellut kaivosalan yritykset koki- vat erilaiset tutkimus- ja käsittelymenetelmät. Taulukon avulla tilaajalle selviää konkreettisia esimerkkejä kaivosteollisuuden vedenkäsittelyn tarpeista ja tulevaisuuden toiveista.</p> <p>Haastatellut kaivostoimijat olivat kiinnostuneita erilaisista jäteveden käsittelymenetelmistä ja niiden tehostamisesta. Houkuttelevimpina vaihtoehtoina nähtiin kemialliset saostusmenetelmät. Rikastushiekkaan liittyvät palvelu- ja tutkimustarpeet vaikuttivat olevan sidoksissa käytettävissä olevaan rikastushiekkan varastointitilaan. Hydrologiselle mallintamiselle oli orastavaa mielenkiintoa, mutta mallinnusten käyttökohteet eivät olleet täysin selvät. Mit- taustekniikkaan liittyvät tuotekehitykset eivät herättäneet merkittävää mielenkiintoa. Pölyämisen ehkäiseminen oli useassa haastatellussa yrityksessä merkittäviä kuluja aiheuttava toimenpide, mutta varsinaista tarvetta uusille pölyntorjuntaratkaisuille ei ilmennyt.</p> <p>Tämän työn tarveselvitysosio on salattu ja vain työn tilaajan käytettävissä.</p>	
Avainsanat vedenkäsittely, jätevesi, kaivokset	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Environmental Technology			
Author(s) Jukka Luostarinen			
Title of Thesis Report of Mining Waste Water Related Research Needs of Finnish Mining Industry			
Date	12 December 2018	Pages/Appendices	35/5
Supervisor(s) Mrs. Maarit Janhunen, R&D Specialist, Mrs. Merja Tolvanen, Principal Lecturer			
Client Organisation /Partners Savonia University of Applied Sciences, Eero Antikainen, Research Manager			
<p>Abstract</p> <p>This thesis was commissioned by the education and research department of environmental technology of Savonia University of Applied Sciences. The objective of the thesis was to survey and report research- and water treatment-related needs of Finnish mining companies.</p> <p>A survey was made by interviewing the companies orally and by email. The interviewed companies were also visited, if possible. The interviews and the overview of the Finnish mining industry was made in collaboration with another engineering student. First, in the literature part, the key figures, operators, mine life spans, operational phases and environmental impacts of the Finnish mining industry were reviewed. In addition, in the literature part, the most common water treatment methods were studied. The treatment methods were compartmentalized into industrial-scale treatments and experimental treatments. The pilot-scale projects carried out at Savonia's environmental technology department are also presented in the literature part. In addition, services offered by the environmental engineering department of Savonia and their ability to meet the needs were discussed.</p> <p>The results of this thesis were interview memorandums in which the most essential discoveries of each company were presented. A table was made based on these memorandums showing how necessary the interviewed mining companies deemed various research and processing methods. The table shows the commissioner practical examples of the needs and future desires of water treatment methods in the mining industry.</p> <p>As a result of this thesis, it can be concluded that the interviewed mining companies were interested in various types of waste water treatment methods and their intensification. The companies regarded chemical precipitation methods as one of the most appealing treatment options. The need for tailings-related research and services appeared to be linked to the available tailings storage capacity. Hydrological modeling was considered to be interesting, but the practical uses of hydrological modeling were not entirely clear. Product development related to measuring technology did not generate significant interest. In many of the interviewed companies, dust control measures caused significant costs, but the companies showed no significant need for new dust control solutions.</p>			
<p>Keywords</p> <p>water treatment, waste water, mines</p>			

SISÄLTÖ

1	JOHDANTO	6
2	KAIVOSTEOLLISUUS SUOMESSA.....	7
2.1	Kaivostoiminnan yleisesittely.....	7
2.2	Kaivoksen elinkaari, tuotannon vaiheet ja ympäristövaikutukset.....	10
2.2.1	Malminetsintä	11
2.2.2	Kaivoksen avaamisvaihe	11
2.2.3	Tuotantovaihe.....	12
2.2.4	Jälkihoitovaihe	13
3	KAIVOSVESIEN KÄSITTELYMENETELMÄT	14
3.1	Aktiiviset vedenkäsittelymenetelmät	15
3.1.1	Alkalointi	15
3.1.2	Suodatusmenetelmät.....	15
3.1.3	Neutralointi.....	16
3.1.4	Ioninvaihto	17
3.1.5	Sähkökoagulaatio	17
3.1.6	Ilmastus ja kemiallinen hapetus-pelkistys	17
3.1.7	Adsorptio.....	18
3.2	Passiiviset vedenkäsittelymenetelmät	18
3.2.1	Rakennetut kosteikot.....	19
3.2.2	Suljetut kalkkikiviojat.....	19
3.2.3	Avoimet kalkkikiviojat	19
3.2.4	RAPS (R educing A lkalinity- P roducing S ystems)	20
3.2.5	Kalkkikivialtaat	20
3.3	Puolipassiiviset vedenkäsittelymenetelmät	21
3.3.1	Kalkkirakeiden lisääminen (pebble lime addition).....	21
3.3.2	Erotuskaivot (diversion wells).....	21
3.4	Kokeelliset käsittelymenetelmät	22
3.4.1	Typhen mikrobiologinen poisto	22
3.4.2	Sulfaatin mikrobiologinen poisto.....	23
3.4.3	Sulfaatin poistaminen jäädyttämällä	23
3.4.4	Nestemäiset orgaaniset maanparannusaineet	24

3.4.5	Suodattavat reaktiiviset seinämät	24
4	SAVONIAN TARJOAMAT PALVELUT KAIVOSTEOLLISUUDEN VESILLE	25
4.1	Vesilaboration palvelut	25
4.2	Vedenkäsittelyn pilothankkeen toimeksiannon kulku.....	25
5	KAIVOSALAN TUTKIMUSPALVELUJEN TARVESELVITYS.....	27
6	SAVONIAN KYKY VASTATA KAIVOSVESIEN TUTKIMUSTARPEISIIN	28
7	KILPAILIJA-ANALYYSI.....	29
8	YHTEENVETO.....	31
	LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT	33
	LIITE 1: ESITTELYMATERIAALI.....	36

1 JOHDANTO

Vuonna 2017 Suomessa oli yhteensä 44 aktiivista kaivosta. Nostetun kokonaiskiven määrässä mitattuna selkeästi suurin kaivostoiminta-ala oli metallimalmikaivokset. Kaivosteollisuus ry:n selvityksen mukaan kaivosteollisuuden työllisyysvaikutus oli v. 2016 välittömästi ja välillisesti noin 13 000 henkilövuotta. Metallimalmien louhinta on kasvanut 2010-luvulla merkittävästi, joten entistä tehokkaammat ja paremmat vedenkäsittelymenetelmät ovat tulevaisuudessakin tarpeellisia.

Savonia-ammattikorkeakoulu oy on Pohjois-Savossa toimiva ammattikorkeakoulu, joka tarjoaa opetusta seitsemällä eri koulutusalueella. Savonia tarjoaa opetustyön lisäksi tutkimuspalveluita vesiturvallisuuden, vastuullisen ruuantuotannon, soveltavan hyvinvointiteknologian sekä uudistuvan kone- ja energiateollisuuden painoaloilla.

Ympäristötekniikan opetus- ja tutkimusyksikkö tarjoaa yrityksille ja yhteisöille ympäristöalan tuotekehitys- ja tutkimuspalveluita ja tekee soveltavaa tutkimustoimintaa yhteistyössä yritysten ja tutkimuslaitosten kanssa. Toiminnan painopisteenä ovat vesiturvallisuus ja bioprosessit.

Tämä opinnäytetyö tehdään Savonia-ammattikorkeakoulu oy:n vesiturvallisuuden painoalan toimeksiannosta. Työn tarkoituksena on selvittää Suomen kaivostoimijoiden jätevedeen liittyviä tutkimus- ja käsittelytarpeita. Kartoitusta tehdään haastatteleamalla kaivosalan yrityksiä ja vieraillemalla kaivoksilla. Työssä käydään myös läpi keskeisimmät jätevedenkäsittelymenetelmät, Savonian tarjoamat palvelut kaivannaisalan toimijoille ja Savonian kyky vastata kaivosteollisuuden tarpeisiin. Opinnäytetyön pää tavoitteena on haastattelumuistioista koostettu taulukko, josta selviää kaivoskohtaiset käsittely- ja tutkimustarpeet.

Opinnäytetyön yleisesittelyosio tehdään yhteistyönä insinööriopiskelija Ville Hottolan kanssa. Hottolan työssä ”Suomen kaivostoiminnan kiviainesten testaustarpeiden selvitys”, 2018, sivumäärä 30, tarkastellaan kaivosteollisuuden tutkimustarpeita Savonia-ammattikorkeakoulun rakennuslaboratorion näkökulmasta. Molemmissa opinnäytetöissä on sisällöltään samanlainen Suomen kaivosteollisuuden yleisesittely, mutta kartoitustarpeet ja käsittely- ja tutkimuskeinot ovat eriytettyinä erillisiksi opinnäytetöiksi.

2 KAIVOSTEOLLISUUS SUOMESSA

Tämä luku on yhteinen osa Ville Hottolan opinnäytetyötä (Ville Hottola, Suomen kaivostoiminnan kiviainesten testaustarpeiden selvitys, 2018, 30).

2.1 Kaivostoiminnan yleisesittely

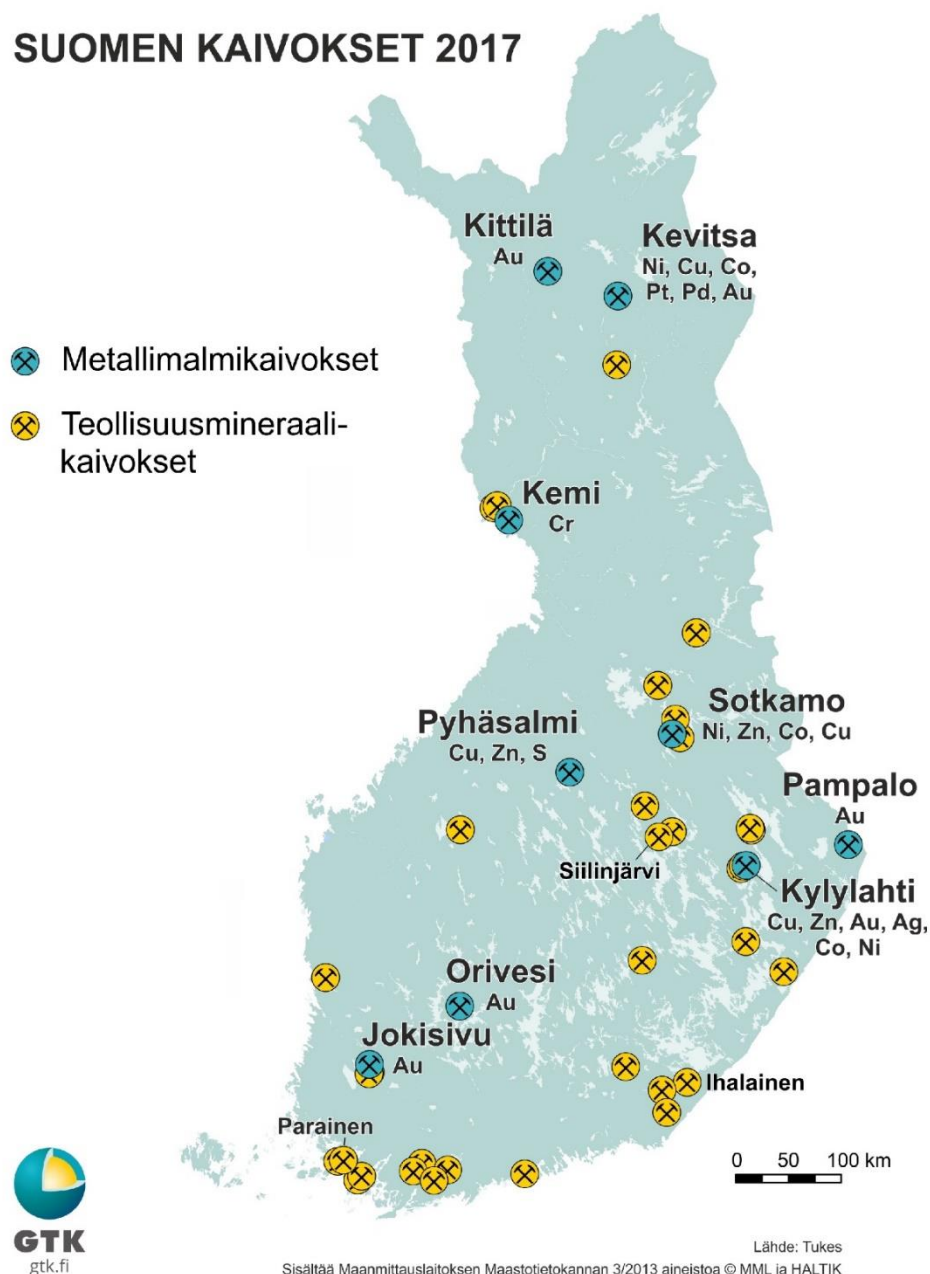
Suomessa toimiva kaivannaisteollisuus käsittää kaivosteollisuuden, kiviainesteollisuuden ja luonnonkiviteollisuuden. Kaivosteollisuudella tarkoitetaan yleensä metallimalmien ja teollisuusmineraalien tuotantoa. (TEM 2013, 12.) Laajemmin tarkasteltuna kaivannaisteollisuus voidaan jakaa metallimalmiteollisuuteen, teollisuusmineraaliteollisuuteen, kiviainesalaan, luonnonkiviteollisuuteen, raaka-ainesten etsintään, kaivosteollisuuden laitteiden valmistamiseen sekä kaivannaisteollisuutta tukeviin palveluihin (Särkkä ja Suomela, toim. Hakapää ja Lappalainen 2011, 13).

Suomessa oli vuonna 2017 9 metallimalmikaivosta, 14 karbonaattikivikaivosta, 13 muuta teollisuusmineraalikaivosta sekä 8 teollisuuskivi- tai muuta kaivosta (Kuva 1). Yhteensä aktiivisia kaivoksia oli 44. (Tukes 2017, 1.) Vuonna 2017 malminetsintään investoitiin 61,4 M€, kaivostoimintaan investoitiin 303 M€ ja louhintaa tehtiin yhteensä 120,4 Mt. Vuonna 2017 varausilmoituksia tehtiin 96 kpl ja malminetsintäluupahakemuksia 185 kpl. Malminetsintäkairausta tehtiin yhteensä 273 kilometriä. (Liikamaa 2018, 2-5.)

Suurin kaivostoiminta-ala vuonna 2017 oli kokonaiskiven määrässä mitattuna metallimalmikaivokset (85 153 167 t). Seuraavaksi suurimmat alat olivat muut teollisuusmineraalikaivokset (29 569 002 t) ja karbonaattikivet 5 245 845 t). (Tukes 2017, 1.)

Nostetun kokonaiskiven määrässä mitattuna Suomen suurimpia kaivostoimijoita vuonna 2017 olivat Boliden Kevitsa Mining Oy (42 483 658 t), Terrafame Oy (35 097 345 t) ja Yara Suomi Oy (25 382 529 t) (Tukes 2017, 1).

SUOMEN KAIVOKSET 2017



KUVA 1. Suomen metallimalmi- ja teollisuusmineraalikaivokset vuonna 2017. (Geologian tutkimuskeskus, turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2018.)

Suomen kaivostoimijoita

Boliden oy:llä on Suomessa kaksi kaivosta, Kevitsassa ja Kylylahdessa. Boliden osti Kevitsan avolouhoksen vuonna 2016. Kevitsan kaivos ja rikastamo on otettu käyttöön vuonna 2012, joten kaivos on käynnistysvaiheessa. Kaivoksella työskentelee noin 380 henkilöä. Kaivoksen syvyys on noin 500 metriä. Vuonna 2016 kaivoksella rikastettiin noin 451 800 tonnia malmin. Vuonna 2017 kaivoksella rikastettiin 7 911 000 tonnia malmin. Kevitsan kaivoksen päätuotteita ovat kupari ja nikkeli. Kaivoksen rikaste sisältää mm. nikkeliä, kuparia, kultaa, platinaa ja palladiumia. (boliden.fi.)

Bolidenilla on kaivostoimintaa myös Polvijärven Kylylahdessa. Kaivos siirtyi Bolidenin omistukseen vuonna 2014. Kylylahden kaivos on maanalainen ja sen syvyys on 800 metriä. Vuonna 2017 kaivoksella tuotettiin noin 809 000 tonnia rikastetta. Kaivoksen päätuotteita ovat kupari-, kulta- ja sinkkiriikaste (boliden.fi).

Dragon Mining oy:n toiminta keskittyy Suomessa Vammalaan, Jokisivuun, Orivedelle ja Kaapelinkulmaan. Vammalan rikastamossa rikastetaan Jokisivun ja Oriveden kultakaivosten malmia. Rikastamossa käsitellään noin 300 000 tonnia malmia vuodessa. Rikastamosta saadaan kahdenlaista rikastetta, suoraan myytäväksi kelpaavaa puhtaampaa rikastetta sekä vaahdotusrikastetta. Vaahdotusrikaste kuljetetaan Dragon Miningin Svartlidenin toimipisteeseen Ruotsissa, missä rikaste jatkojalostetaan Doré-harkoiksi. (dragonmining.com.)

Endomines oy omistaa maanalaisen kultakaivoksen Pampalossa, Ilomantsin läheisyydessä. Alueella on arkeinen orogeeninen kultaesiintymä. Vallatun alueen koko on 296,4 hehtaaria. Esiintymä on löydetty vuonna 1990. Endomines aloitti suuremman mittakaavan toiminnan Pampalossa vuonna 2011. Vuodesta 2016 lähtien louhinnassa on keskitytty rikkaimpiin alueisiin tuottavuuden parantamiseksi. Endominesilla on rikastamo Pampalossa. Käsittelykapasiteetti on 420 000 tonnia vuodessa. (endomines.com.)

Kesäkuussa 2018 Endomines tiedotti keskeyttävänsä väliaikaisesti Pampalon kaivoksen toiminnan, koska toiminnan jatkaminen olisi vaatinut kaivoksen syventämistä, ja toiminta ei ollut kannattavaa sen aikaisella kullan hinnalla. Toistaiseksi yhtiö keskittyy kultaesiintymien etsimiseen Karjalan alueelta. (endomines.com.)

Nordkalk oy ab on Pohjois-Euroopassa toimiva kalkkikivipohjaisten tuotteiden valmistaja. Tuotteita toimitetaan useille teollisuudenaloille eri käyttötarkoituksiin kuten vedenkäsittelyyn. Nordkalkin omistaa suomalainen Rettig Group. Yrityksellä on toimintaa Suomessa 10 paikkakunnalla, joista yhdeksässä on kaivostoimintaa. Suurimmat kaivokset ovat Paraisten ja Lappeenrannan avolouhokset sekä Tytyrin maanalainen kaivos Lohjalla. Näiden kaivosten toiminta on aloitettu yli 100 vuotta sitten. Niistä muodostuu 92 prosenttia Nordkalkin 3,07 miljoonan tonnin kalkkikiven tuotannosta Suomessa. Kokonaislouhintamäärä on 4,44 miljoonaa tonnia. Kalkkikiven lisäksi yritys louhii sivukiveä ja Lappeenrannassa myös wollastoniittia. Nordkalk tuottaa myös poltettua ja sammutettua kalkkia. (kaivosvastuu.fi.)

Lappeenrannassa on Nordkalkin suurin tuotantolaitos, johon kuuluu kaivoksen lisäksi jauhatuslaitos, kaksi rikastamo ja myyntikonttori. Lappeenrannan kaivoksessa louhitaan ainoana Euroopassa wollastoniittia. (nordkalk.fi.)

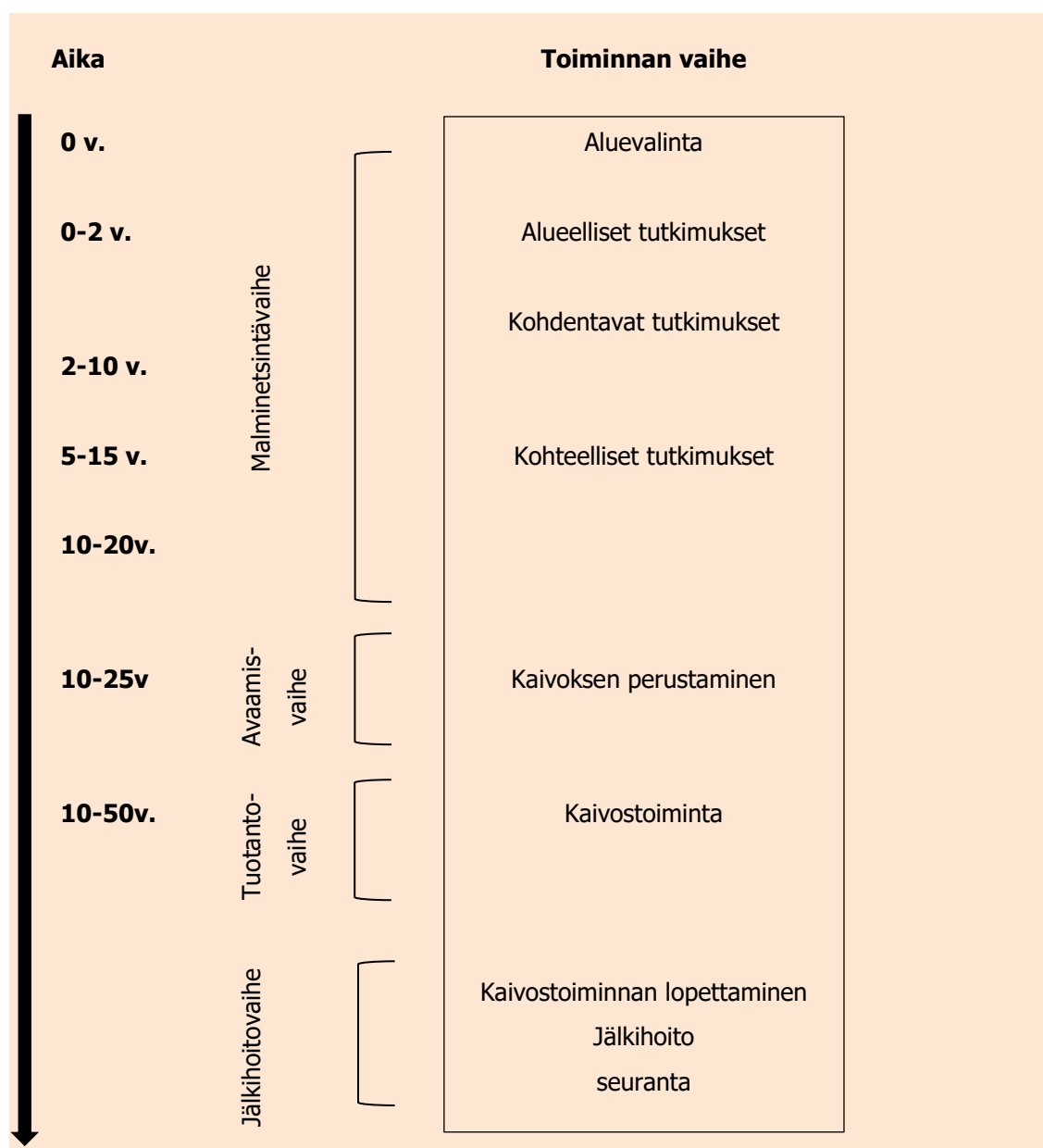
Terrafame Group omistaa 77,1 % Terrafame oy:stä. Terrafame Group on kokonaan Suomen valtion omistuksessa (terrafame.fi). Terrafame operoi Sotkamossa sijaitsevaa Talvivaaran kaivosta. Kaivostoiminta aloitettiin vuonna 2008 (mtv.fi). Terrafame osti kaivosoikeudet Talvivaara-konsernilta

vuonna 2015. Vuonna 2016 Terrafame vahvisti ostavansa kaivostoimintaan liittyvät omaisuuserät Talvivaaran Kaivososakeyhtiö Oyj:ltä (terrafame.fi).

Siilinjärvellä sijaitsevilla **Yara Suomi oy:n** tehtailla ja kaivoksella valmistetaan päätuotteina fosforihappoa ja erilaisia lannoitteita. Lannoitteita tuotetaan noin 300 000 tonnia vuodessa ja fosforihappoa tuotetaan noin 500 000 tonnia vuodessa. Työntekijöitä Siilinjärvellä on noin 600, sisältäen urakoitsijat. Siilinjärven kaivos on tällä hetkellä Länsi-Euroopan ainoa toiminnassa oleva fosfaattikaivos. (yara.fi.)

2.2 Kaivoksen elinkaari, tuotannon vaiheet ja ympäristövaikutukset

Kaivoksen elinkaarissa on tyypillisesti neljä päävaihetta: malminetsintävaihe, kaivoksen avaamisvaihe, tuotantovaihe ja jälkihoitovaihe (Kuvio 1).



KUVIO 1. Kaivoksen elinkaari. Muokattu materiaalista Kaivoksen elinkaari, Heikkinen et al. 2005.

2.2.1 Malminetsintä

Malminetsintävaihe saattaa kestää useita vuosia, koska kaivoksen avaamisen edellytyksenä on taloudellisesti hyödynnettävän malmiesiintymän löytäminen. Malminetsintä aloitetaan etsintäalueen valitsemisella ja alueellisella etsinnällä, jonka tavoitteena on selvittää malmipotentialisten vyöhykkeiden sijainti jatkotutkimuksia varten. Etsintävaiheessa hyödynnetään geologiaa, geofysikaalisia ja geokemiallisia tietoaineistoja kuten GTK:n kallioperä- ja maaperäkarttoja ja alueellisia moreenigeokemiallisia aineistoja (GTK 2015, 11.)

Malminetsinnän alavaiheena on kohdentava malminetsintä, jonka avulla tutkittavat kohteet rajataan tarkemmin löydetystä malmipotentialisista alueista. Kohdentavassa malminetsinnässä tehdään suoria havaintoja ja mittauksia kalliopaljastumista, lohkareiden etsintää, kallio- ja moreeninäytteenottoa ja näytteiden analysointia. (GTK 2015, 12.)

Ympäristövaikutusten arviointi sisältää kaivostoiminnan vaikutukset luontoon, ihmisiin ja yhteiskuntaan. Yleisesti olennaisimpia vaikutuksia kaivostoiminnasta ovat muutokset maankäytössä ja topografiassa, pölyäminen ja melu, sekä rapautuminen ja muut ajan myötä muodostuvat muutokset kaivannaisjätteiden läjitysalueilla ja louhosten seinämissä, ja niiden aiheuttamat muutokset pinta- ja pohjavesiin. (Kauppila, Lampinen, Siirama ja Suomela, toim. Lappalainen ja Paalumäki 2015, 435.)

Malmiesiintymälle tehtävien etsimis- ja tutkimisvaiheiden ympäristövaikutukset ovat yleisesti vähäiset, jos etsintätoimet on suunniteltu hyvin. Luonnonsuojelulliset kohteet tulee kartoittaa ja etsintätyössä välttää kyseisiä alueita. Alueen luonnolle tulee tehdä perustilaselvitys ennen suurempien tutkimuskaivantojen aloittamista, jotta vaikutukset ympäristöön voidaan tunnistaa. Etsintätoimien lopuksi pitää etsinnöistä aiheutuneet jätteet ja jäljet korjata pois luonnosta. (Kauppila ym. 2015, 440.)

2.2.2 Kaivoksen avaamisvaihe

Kun malmiesiintymän louhinta- ja rikastusmenetelmät on valittu ja hyödyntäminen on todettu kannattavaksi, kaivoksen rakentaminen voidaan aloittaa. Rakentaminen kestää yleensä noin kaksi vuotta, jos kaivoksen yhteyteen rakennetaan myös rikastamo. Rakennusvaiheessa kaivokselle tehdään tie- ja sähköyhteydet, kuivatus- ja vedenjohtamisjärjestelmät sekä valmistellaan tuotantolouhintaa. Lisäksi rakennetaan läjitysalueet louhinnassa ja rikastuksessa syntyville kaivannaisjätteille. Avolouhinta-alueilta poistetaan pintamaat. Poistettua pintamaata voidaan hyödyntää kaivosalueella maarakentamisessa. Maanalaisen kaivoksen rakentaminen aloitetaan louhimalla vinotunneli ja mahdollinen nostokuilu sekä huolto-, varasto- ja prosessointitilat. Syntyvät sivukivet hyödynnetään alueen rakennuskohteissa tai läjitetään sivukivialueelle. Kaivosalueelle rakennetaan tarpeellisuusjärjestyksessä pysyvät rakennukset, kuten rikastamo-, varasto- tai toimistorakennukset. (GTK 2015, 12-13.)

Rakentamisvaiheen ympäristövaikutukset näkyvät merkittävänä muutoksena alueen maisemassa ja maankäytössä. Avolouhos vaatii suuria maanpoistoja ja maanalainen kaivos tunneleiden ja kuilujen

perustamisen yhteydessä sivukiven poistamista ja läjittämistä maanpinnalle. Rikastuksen tapahtuessa paikan päällä, tulee kaivokselle tehdä myös rikastusjätteitä varten oma läjitysalueensa. Louhinnan aloittaminen vaikuttaa pohjaveden pinnankorkeuteen ja virtaussuuntiin. Merkittävimmät muutokset kaivosalueen maisemaan, kasvillisuuteen ja pintavesien hydrologiaan aiheutuvat rakennusvaiheessa. Rakentamisvaiheessa tehdään tärkeät ratkaisut päästöihin ja ympäristövaikutuksiin liittyen. Kaivannaisjätteiden läjitysalueiden patoja ja pohjarakenteita on tuotantovaiheessa hankalaa tai jopa mahdotonta muuttaa. Toiminnan suunnittelussa tulee valita sellaiset tekniikat ja menetelmät, joilla minimoidaan päästöjä ja ympäristövaikutuksia. (Kauppila ym. 2015, 440-441.)

2.2.3 Tuotantovaihe

Tuotantovaiheessa malmia irrotetaan kallioperästä avolouhinnalla tai maanalaisella louhinnalla. Usein toiminta aloitetaan avolouhintana ja myöhemmin siirrytään maanalaisen louhintaan. Avolouhintaa tehdään yleensä joko pengerialouhinta tai paikalleen räjäyttämällä. Maanalaisessa louhinnassa käytettäviä tekniikoita ovat mm. pilari-, välitaso-, pengerialouhinta, lyhytreikätyttö-, pengertäyttö-, makasiini-, levysorros- ja lohkosorroslouhinta. Louhitut kivet kuljetetaan murskaamolle autoilla tai hihnakuljettimilla. (GTK 2015, 12-14.)

Rikastuksessa louhitun malmin arvoaineet tai -mineraalit irrotetaan. Ennen rikastusta malmi murskataan, seulotaan ja jauhetaan. Prosessin tarkoitus on saada malmi sellaiseen raekokoon, että malmin sisältämät mineraalit voidaan erotella rikastusprosessissa muista mineraaleista. Yleisimpiä rikastusmenetelmiä ovat vaahdotus, ominaispainorikastus, magneettinen rikastus ja liuotusmenetelmät. Usein rikastusmenetelmiä yhdistellään paremman saannin varmistamiseksi. Rikastusvaiheessa käytetään usein kemiallisia menetelmiä tehostamaan arvoaineiden erottumista muusta kiviaineksestä. Rikastuksen lopputuotteena on kuiva, hienoksi jauhettu arvometallit sisältävä mineraaliaines. Toisaalta osa malmeista on käyttökelpoista sellaisenaan, esimerkiksi murskattu kalkkikivi. (GTK 2015, 14.)

Kaivostoiminnan sivutuotteena syntyy rikastushiekkaa ja hyödyntämätöntä sivukiveä. Rikastushiekka koostuu jauhetusta malmi- ja haimemineraaleista ja rikastuskemikaalien jäämistä. Jos sivukivi tai rikastushiekka ei sovellu hyötykäyttöön kaivosalueella, ne läjitetään varastokasoihin tai jätealtaisiin. Muita kaivostoiminnan tuottamia jätteitä ovat mm. poistettavat pintamaat ja rikastuksessa tai vesien käsittelyssä syntyvät lietteet ja sakat. Yleensä lietteet ja sakat läjitetään omiin läjitysaltaisiinsa. (GTK 2015, 14-15.)

Tuotantovaiheessa malmi louhitaan, murskataan ja jauhetaan rikastusprosessiin sopivaksi. Nämä ovat vaiheita, joista lähes kaikista tulee päästöjä ilmaan tai veteen, jonka lisäksi toiminta aiheuttaa melua ja tärinää. Määrältään suurimmat päästöt louhinnassa ja rikastuksessa ovat niistä muodostuvat kaivannaisjätteet. Päästöihin ja ympäristövaikutuksiin vaikuttavat malmin koostumus ja käsittelyssä käytettävistä menetelmistä. Toiminnan aikana merkittävimmät vaikutukset luonnonympäristöön aiheutuvat pölyämisestä ja alueen vesistöjen muutoksista. Toiminta muuttaa jatkossakin maisemaa varastoitujen kaivannaisjätteiden määrän lisääntyessä. Tehokkaimmin päästöistä aiheutuvia

ympäristövaikutuksia vähennetään päästöjä pienentämällä ja ennaltaehkäisemällä. Kaivostoiminnasta vesiin aiheutuu päästöjä louhinnasta ja kaivoksen kuivanapitovesistä, rikastusprosessista, vesien hallinnasta sekä kaivannaisjätteiden varastoimisesta. Pohjavettä ja louhokseen valuvaa pintavettä pumpataan pois kaivoksen kuivana pitämiseksi. Pumpkauksen seurauksena pohjaveden pinnan korkeus alenee, joka voi aiheuttaa lähialueen kaivojen kuivumista. Kuivanapitovesissä on kiintoainesta, räjähdysaineita ja malmista peräisin olevia haitta-aineita (metalleja, puolimetalleja, suoloja, typen yhdisteitä) sekä mahdollisesti myös koneista valuneita öljyjä. Rikastusprosessin jätevedet sisältävät malmissa olevia haitta-aineita ja jäämiä rikastuskemikaaleista (metalleja, puolimetalleja, suoloja, orgaanisia yhdisteitä, ravinteita). Jätevesistä johtuvia päästöjä vähennetään vesiä puhdistamalla ennen niiden johtamista vesistöihin. Puhdistamisessa käytetään esimerkiksi kemikaalilisäyksiä, ilmastusta, laskeuttamista, kosteikkoja tai imeytyskenttiä, reaktiivisia ojia tai patoja. (Kauppila ym. 441-442.)

2.2.4 Jälkihoitovaihe

Kaivostoiminnan päättyessä aloitetaan kaivoksen sulkemis- ja jälkihoitovaihe. Kaivosalueelta poistetaan tarpeettomat rakenteet ja varmistetaan, että jäljelle jäävistä rakenteista ei aiheudu riskejä tai haittoja luonnolle, ihmisille tai alueen jatkokäytölle. Suljettu kaivosalue voi muodostua merkittäväksi elinympäristöksi uusille lajeille, jolloin alueen kunnostuksessa tulee huomioida uusien lajien asettuminen alueelle. (GTK 2015, 15.)

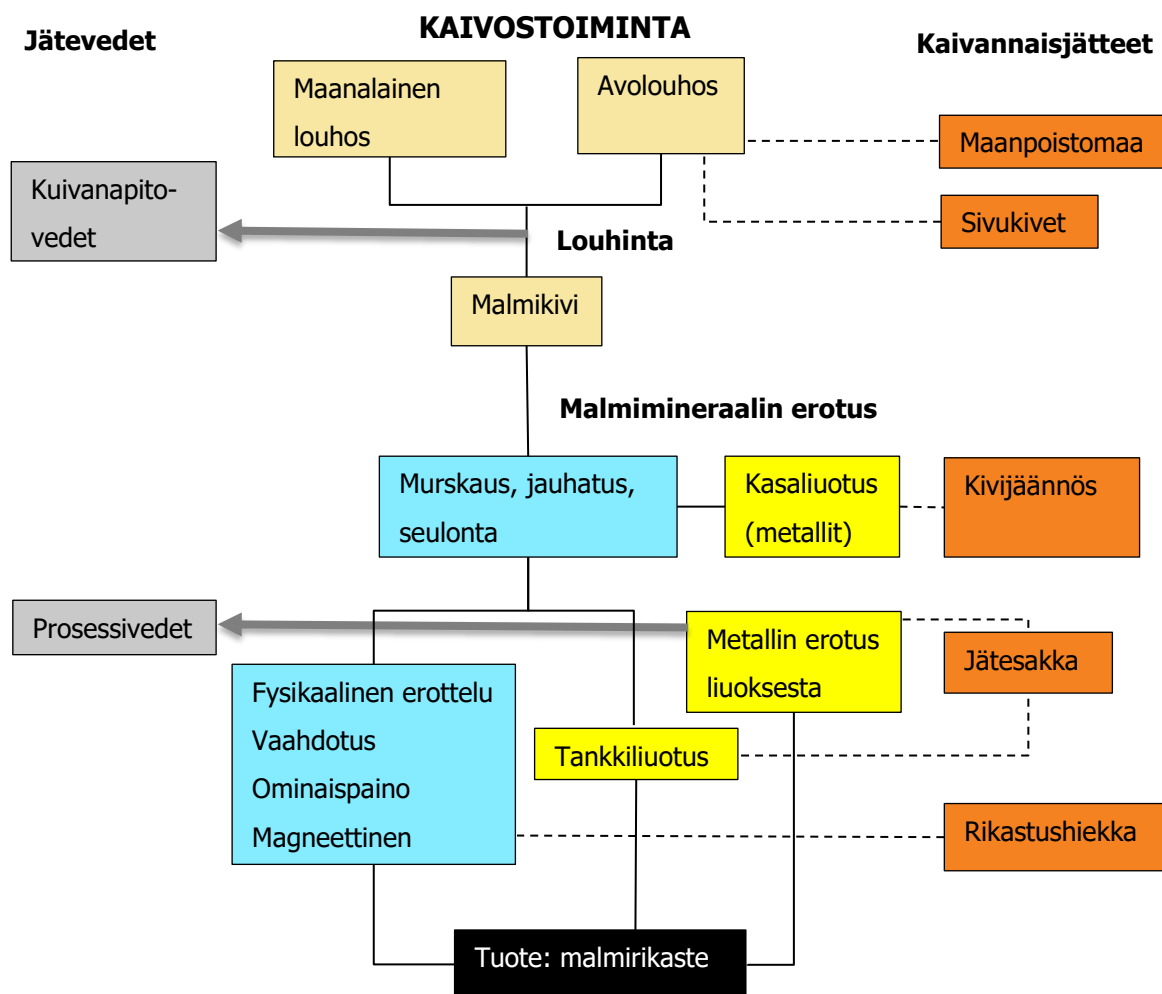
Sulkemisvaiheen suunnittelu on syytä aloittaa mahdollisimman aikaisessa vaiheessa kaivoksen elinkaarta, jotta ympäristövaikutuksia voidaan vähentää ennaltaehkäisevästi. Varsinainen sulkemissuunnitelma tehdään ympäristölupaa hakiessa ja sitä pitää päivittää kaivostoiminnan edetessä. Kaikille kaivosalueen toiminnoille laaditaan sulkemissuunnitelma, jossa kuvataan sulkemisen tavoitteet ja toimenpiteet tavoitteiden saavuttamiseksi. Sulkemistoimenpiteet määritetään tapauskohtaisesti, huomioiden kaivoksen erityispiirteet, kuten malmityyppi, louhintatapa, muodostuvat loppusijoitettavat massat, alueen sijainti ja todetut ympäristövaikutukset. (GTK 2015, 15.)

Kaivoksen kannattavuusarvioinnissa tulisi huomioida myös sulkemiskustannukset. Kaivosluvan haltija veloitetaan asettamaan lopetus- ja jälkihoitotoimenpiteitä varten kaivoslain mukainen vakuus, joka on sidoksissa toiminnan laajuuden ja laadun kanssa. Vakuuden suuruuden päättää lupaviranomainen. Sulkemissuunnitelmaan tulee kaivostoiminnan edetessä päivityksiä, jotka vastaavat toimintaa ja toiminnalle annettuja lupaehtoja. Lopullinen sulkemissuunnitelma tehdään 1-2 vuotta ennen sulkemistoimenpiteisiin ryhtymistä. (Kauppila ym. 444-445.)

Kaivoksen sulkemisen jälkeen aloitetaan seurantavaihe. Seurantavaiheessa varmistetaan, että asetetut tavoitteet saavutetaan, ja että ratkaisut toimivat suunnitellulla tavalla. Seuranta vaativia asioita voivat olla esimerkiksi vesienkäsittelyn tai läjitysalueiden peittorakenteiden toimivuus, alueen vedenlaatu tai kaivospatojen, loppusijoitettujen läjitysalueiden ja sortumavaarallisten alueiden fyysikaalinen vakaus. Toisaalta alueella voi olla keskenään ristiriidassa olevia sulkemistarpeita, jolloin ratkaisut tehdään tapauskohtaisesti. (GTK 2015, 15.)

3 KAIVOSVESIEN KÄSITTELYMENETELMÄT

Kaivostoiminnan eri vaiheissa syntyy väistämättä jätevesiä. Jätevettä syntyy kaivosalueille pohja- ja pintavesien kautta, kaivosalueen kuivanapitovesistä, sekä prosesseissa, kaivostöissä ja laitteistossa käytetyistä vesistä (Kuvio 2). Kuivanapitovedet muodostuvat vesistä, joita pumpataan pois louhinta-alueelta. Prosessivedet muodostuvat pääasiassa liuottamisessa ja rikastamisessa käytettävistä vesistä. Myös kaivannaisjätteiden säilyttämisestä syntyy jätevettä, kun vesi päätyy luontaisesti valunnan ja sadannan kautta kosketuksiin kaivannaisjätteiden kanssa varastointivaiheessa.



KUVIO 2. Tyypillinen kaivoksen yleisprosessikaavio. Muokattu materiaalista Kaivos- ja louhintatekniikka, Kauppila ym. 2015, 441.

Veden tulo kaivoksiin on jatkuvaa, mutta valumaveden määrä on riippuvainen vuodenaajoista ja sääolosuhteista. Jatkuvan virtaaman takia vettä tulee myös poistaa ja kierrättää kaivosalueella jatkuvasti.

Jos ennaltaehkäisevät ja vedenkäsittelyn hallinnalliset toimenpiteet eivät riitä kaivoksen prosessiveden tai poisjohdettavan veden laadun ylläpitämiseen, tulee vesiä kerätä talteen ja käsitellä. Kaivos-

vesien käsittelymenetelmät voidaan jakaa aktiivisiin, passiivisiin sekä aktiivisten ja passiivisten menetelmien sekoitukseen, puolipassiivisiin menetelmiin. Aktiiviset menetelmät vaativat säännöllistä valvontaa, hallintajärjestelmiä, menetelmäkohtaista laitteistoa ja asiantuntevaa työskentelyä. Aktiiviset menetelmät ovat käytetyimpiä käsittelymenetelmiä, koska niiden käyttämisestä on pitkä historia, ja ne on todettu tehokkaiksi käytännön olosuhteissa. Käsittelymenetelmät valitaan kaivoskohtaisesti jäteveden ominaisuuksien, ympäristön tilan ja geologisten ominaisuuksien perusteella. (Gusek ja Figueroa 2009, 81.)

3.1 Aktiiviset vedenkäsittelymenetelmät

Aktiiviset vedenkäsittelymenetelmät vaativat säännöllistä seurantaan, tarkoitusta varten valmistettuja laitteita sekä tyypillisesti myös käyttöenergiaa. Aktiiviset menetelmät aiheuttavat väistämättä kuluja kemikaalien, käsittelylaitteiden, työajan ja käytetyn energian muodossa. Siitä huolimatta aktiiviset menetelmät ovat vakiintuneita ja yleisesti käytössä kaivosteollisuuden vedenpuhdistuksessa. Aktiivisten menetelmien käyttämisestä on paljon kokemusta erilaisissa kaivosympäristöissä, mikä luultavasti selittää niiden suosiota.

3.1.1 Alkalointi

Alkaloinnissa jäteveeseen lisätään emäksistä ainetta, yleensä kalkkia tai natriumhydroksidia. Jäteveden pH kohotetaan yleensä tasolle 5-11 yhdessä tai useammassa vaiheessa, riippuen poistettavasta metallista. Alkaliteetin kohoaminen aiheuttaa metallien saostumista, mutta usein tämä ei vielä tuota riittävän isokokoisia hiukkasia, joten jäteveeseen lisätään tarvittaessa koagulanttia ja polymeeriä, joka parantaa saostumista. Flokkulaation jälkeen kiintoaineet erottuvat painovoimaisesti esimerkiksi selkeytysaltaassa. Syntynyt liete varastoidaan pysyvästi kaivosalueelle. (Gusek ja Figueroa 2009, 86-87.)

3.1.2 Suodatusmenetelmät

Suodatusmenetelmissä jätevesi johdetaan suodatinmateriaalin läpi, jolloin kiinteät aineet erottuvat vesifaasista suodattimeen. Suodattaminen voi olla vuoro- tai jatkuvatoimista. Suodattimet voidaan jakaa toimintaperiaatteensa perusteella fysikaalisiin, kemiallisiin ja biologisiin suodattimiin. Suodatusmenetelmiä voidaan myös luokitella käytetyn suodatinmateriaalin, käytetyn paineen ja suodatusajan perusteella. Suodatuksen kaksi pääluokkaa ovat rakeisen suodatinmateriaalin läpi suodattaminen ja pintasuodatus. Rakeisissa suodattimissa pääosa suodatuksesta tapahtuu suodattimen sisällä. Pintasuodattimissa suodatus tapahtuu samankaltaisesti kuin siivilöissä tai kalvosiivilöissä. (Karttunen 2004, 107–108).

Raesuodatuksessa pidättyminen on mekaanista suodattumista tai hiukkasten kasaantumista suodatinmateriaalin pinnalle. Mekaanisessa suodattamisessa kaikki suodatinaukkoa suuremmat hiukkaset jäävät suodattimen pinnalle. Pidättymis- ja kulkeutumisläpimittien takia myös hiukkaskooltaan suodatinaukkoa pienemmät hiukkaset voivat pidättyä suodattimeen. Pidättymis- ja kulkeutumisläpimittien

ovat mm. siivilöityminen, sieppaus, diffuusio, laskeutuminen ja hydrodynaamiset ilmiöt. (Karttunen 2004, 108–110).

Epäpuhtauksien kiinnittyessä suodatinmateriaaliin suodatinaukkojen koko pienenee ja virtausnopeus aukkojen lävitse kasvaa. Tämän seurauksena jo kiinnittyneitä hiukkasia siirtyy syvemmälle suodatinmateriaaliin, ja osa saattaa mennä suodattimen läpi. Suodatinmateriaaliin kertyneet hiukkaset aiheuttavat virtausvastuksen kasvua ja suodattimen toiminnan heikkenemistä. Virtausvastuksen kasvaessa riittävästi suodatin tulee puhdistaa huuhtelun avulla. (Karttunen 2004, 110).

Kalvosuodatustekniikoissa hyödynnetään puoliläpäiseviä kalvoja, jotka erottavat kiintoaineita jätevedestä. Kalvosuodatuksessa käytetään yleensä painetta, mutta myös lämpötilaa, konsentraatiogradienttia ja sähkövarausta voidaan hyödyntää (Karttunen 2004, 120). Konsentraatiogradientin vallitessa puoliläpäisevän kalvon molemmilla puolilla pyrkii laimeammasta nesteestä siirtymään vesimolekyylejä tasoittamaan konsentraatioeroa, jolloin syntyy osmoottinen paine.

Käänteisosmoosilaitteistossa jäteveten kohdistetaan painetta, jolloin jätevesi painuu puoliläpäisevää kalvoa vasten. Puoliläpäisevä kalvo päästää vain tietyn koon tai varauksen omaavia molekyylejä ja ioneja lävitseen, esimerkiksi vesimolekyylejä. Tällöin jätevesi tiivistyy ja laitteisto tuottaa puhdistettua vettä. Käänteisosmoosilaitteistot ovat kalliita, ja yleensä niitä käytetään vain, jos muut puhdistusmenetelmät eivät riitä veden käsittelemiseksi. Taulukossa 1 on koottu suodatusmenetelmien ominaisuuksia ja käyttökohteita. (Gusek ja Figueroa 2009, 95.)

Taulukko 1. Suodatusmenetelmien ominaisuudet ja käyttökohteet (muokattu materiaalista Gusek ja Figueroa 2009, 96).

Suodatusmenetelmä	Huokoskoko, nm	Käyttöpaine, MPa	Käyttökohte
Käänteisosmoosi	< 1,5	2,7 – 10,3	monovalenttien ja divalenttien suolojen erotus
Nanosuodatus	1,5 – 2,5	1,0 – 2,7	divalenttien suolojen erottaminen
Ultrasuodatus	2,5 – 100	0,35 – 1,4	kolloidien ja hienoainekseen erottaminen
Mikrosuodatus	100 – 10 000	0,04 – 0,35	Hienoainekseen erottaminen

3.1.3 Neutralointi

Neutraloinnissa jäteveden pH säädetään halutulle tasolle kemiallisesti. Neutralointi on yleinen käsittelytapa etenkin happamien kaivosvesien käsittelyssä. Neutralointi voidaan tehdä esimerkiksi kalkilla, kalsiumhydroksidilla, kalsiumoksidilla, natriumkarbonaatilla, natriumhydroksidilla, dolomiitilla tai magnesiitilla. Neutralointia käytetään usein saostusmenetelmien rinnalla paremman saostumisen varmistamiseksi.

3.1.4 Ioninvaihto

Ioninvaihdossa nimensä mukaisesti vaihdetaan ioneita kiinteän aineen ja liuoksen (jäteveden) välillä. Kiinteä aine on yleensä hartsia tai polymeeria. Nesteen divalentit ja trivalentit ionit pyrkivät kiinnittymään varautuneisiin funktionaalisiin ryhmiin voimakkaammin kuin monovalentit ionit. Divalentit ja trivalentit ionit korvaavat sidonta-aineen monovalentit ionit, vapauttaen monovalentit ionit nesteseen. Ioninvaihto on tyypillinen käsittelymenetelmä veden pehmentämisessä, jossa liuennut kalsium ja magnesium vaihtavat ioneita natriumionien kanssa. Yleensä ioninvaihtoaine sitoo metallien ioneita tai niiden yhdisteitä riippuen niiden varauksesta liuoksessa. Tämä sitoutuminen aiheuttaa vaarattoman kationin vapautumisen hartsista. Kun hartsin kaikki monovalentit ionit ovat vaihtuneet prosessi ei voi enää jatkaa, jolloin hartsia pitää pestä tai harjata vahvalla happo-, emäs- tai suolaliuoksella, riippuen jäteveden ominaisuuksista. Ioninvaihtojärjestelmiä on käytetty mm. uraanin talteenotossa. Ioninvaihtojärjestelmät ovat tehokkaimmillaan jäteveden koostumuksen ollessa mahdollisimman tasainen ja ionivahvuudeltaan matala. Prosessia voidaan käyttää anionien lisäksi myös kationien poistoon. Yleisimpiä poistettavia kationeita ovat natrium, kalium ja kalsium. (Gusek ja Figueroa 2009, 97-98.) Ioninvaihtoa voidaan soveltaa myös fosfori- ja typpiyhdisteiden poistamiseen (Karttunen 2004, 163).

3.1.5 Sähkökoagulaatio

Sähkökoagulaatio on kalvoton käsittelymenetelmä, jossa haitta-aineita flokkuloidaan sähkön avulla. Sähkökoagulaatiossa ei käytetä kemikaaleja ollenkaan (Gusek ja Figueroa 2009, 97) tai hyvin vähäisissä määrin verrattuna kemialliseen saostukseen (Kivisaari 2009, 12). Sähkökoagulaatiossa koagulantti luodaan paikallisesti hapettamalla sopivaa anodimateriaalia sähköllä. Sähköisesti varautuneet partikkelit poistuvat jätevedestä reagoimalla vastakkaisen varauksen omaavien ionien tai muodostuneiden metallihydroksidien kanssa (Mollah ym 2001).

3.1.6 Ilmastus ja kemiallinen hapetus-pelkistys

Ilmastusta käytetään yleisterminä puhuttaessa kaasun siirtämisestä vesi- ja kaasufaasin välillä. Ilmiö on luonteeltaan fysikaalinen, mutta sillä on runsaasti kemiallisia vaikutuksia, joten se voidaan luokitella fysikaaliskemialliseksi käsittelyksi. Ilmastuksen tavoitteena on muuttaa veteen liuenneiden kaasujen määrää. Ilmastus jaetaan kahteen päätapahtumaan: Absorptioon, jolloin kaasua lisätään veteen ja desorptioon, jolloin kaasua poistetaan vedestä. (Karttunen 2004, 69.) Kaivosteollisuudessa ilmastusjärjestelmät tyypillisesti lisäävät käsiteltävään veteen happea. Hapen lisääminen jäteveteen helpottaa mm. mangaanin ja arsenikin poistossa.

Kemiallista hapetusta käytetään, jos ilmastuksella ei saavuteta haluttua lopputulosta. Hapetus-pelkistysprosessin tavoite on muuttaa alkuaine tai yhdiste sen liukoisesta muodosta saostuneeseen muotoon. Hapetus-pelkistysprosessin tavoitteena voi myös olla liuenneessa muodossa olevan aineen

muuttaminen kaasumaiseen muotoon, aineen hajottaminen yksinkertaisempaan muotoon tai hajottaa biologisesti hajoamattomat aineet sellaiseen muotoon, jossa niitä voidaan käsitellä biologisesti. (Karttunen 2004, 150.)

Kemiallisen hapetuksen avulla saadaan myös poistettua syanidia. Kemiallinen hapettaminen voidaan tehdä mm. vetyperoksidilla, natriumhypokloriitilla, kloorilla ja kaliumpermanganaatilla. Natriumhypokloriitti ja kloori saattavat muodostaa väärissä olosuhteissa trihalometaaneja, jotka voivat vaikeuttaa puhdistusprosessia ja ovat haitallisia ihmiselle ja ympäristölle. Kaliumpermanganaatin käyttö voi nostaa jäteveden mangaanipitoisuutta.

3.1.7 Adsorptio

Adsorptiossa aineet kerääntyvät kahden faasin rajapinnalle. Adsorptioon vaikuttavat käytettävän adsorbenttien kemialliset ja fysikaaliset ominaisuudet ja adsorbenttien ja adsorbaatin välille syntyvien sidosten ominaisuudet. Kyseessä voi olla kemiallinen tai fysikaalinen sitoutuminen, ja adsorbaatti ja adsorbentti voivat sitoutua joko sähköisesti, hydrofobisesti tai vetysidoksen kautta. Lisäksi ympäristön olosuhteet kuten pH ja lämpötila vaikuttavat adsorptioon. Adsorptioon kolme päävaihetta ovat 1) adsorbaatin kulkeutuminen vesifaasissa lähelle adsorbenttien pintaa, 2) adsorbenttien kulkeutuminen adsorbenttien pinnalla olevan vesifaasin läpi adsorbenttien läheisyyteen ja 3) sorptio eli adsorbaatin tarttuminen pintaan ja kulkeutuminen syvemmälle adsorbenttien huokosrakenteisiin. Yleisin vesihuoltotekniikassa käytetty adsorbentti on aktiivihiili. (Karttunen 2004, 118–120.)

3.2 Passiiviset vedenkäsittelymenetelmät

Passiiviset menetelmät hyödyntävät luonnollisia ilmiöitä ja kemiallisia prosesseja jäteveden puhdistamisessa. Passiivisia menetelmiä ovat esimerkiksi painovoima ja kasvien tai mikrobien aiheuttamat geokemialliset reaktiot. Passiiviset menetelmät eivät vaadi jatkuvaa seurantaa, ja yleensä niissä käytetään vain vähän tai ei ollenkaan kemikaaleja. Passiiviset menetelmät matkivat luonnon järjestelmiä kemiallisesti ja fyysisesti. Passiivisia menetelmiä ovat esimerkiksi

- painovoima,
- kasvien tai mikrobien aiheuttamat geokemialliset reaktiot,
- rakennetut aerobiset tai anaerobiset kosteikot, joiden avulla voidaan alentaa biologista hapenkulutusta ja saostaa rauta-, alumiini-, mangaani- ja arsenikipitoisia kiintoaineita,
- hapettomat kalkkikiviojat, joiden avulla voidaan säätää kohtalaisen happamien kaivosvesien alkaliteettia,
- kalkkikivialtaat, joiden avulla voidaan muuttaa miedosti happamien jätevesien alkaliteettia,
- avoimet kalkkikiviojat, joiden avulla voidaan muuttaa jäteveden alkaliteettia,
- pystyvirtausjärjestelmät (SAPS, RAPS/ Reducing and alkalinity producing systems), ja
- suodattavat reaktiiviset seinämät. (Gusek ja Figueroa 2009, 109-110.)

3.2.1 Rakennetut kosteikot

Tyypillisessä rakennetussa kosteikkopuhdistamossa kosteikon pohja on hieman kallistettu sora- tai hiekkakerros, jonka alla on vesitiivis kerros. Jätevesi johdetaan kosteikon yläreunaan ja jaetaan esimerkiksi reiällisen putken ja kivien avulla mahdollisimman tasaisesti kosteikon alueelle. Kosteikkoon on istutettu kasveja, joiden juuriverkosto kiinnittyy kosteikon pohjan muodostavaan orgaaniseen kerrokseen. Kosteikon alempaan osaan on sijoitettu poistoputki. (Karttunen 2004, 223.) Kosteikkoihin voidaan myös lisätä erilaisia hapettavia bakteerikantoja käyttötarkoituksen mukaan (Gusek ja Figueroa 2009, 120). Kosteikko voi olla aerobinen tai anaerobinen käyttötarkoituksesta riippuen.

Anaerobinen kosteikko on mikrobiologinen puhdistusmenetelmä, jossa hyödynnetään yleensä sulfatteja pelkistäviä bakteereja (SRB, **S**ulfate **R**educing **B**acteria) (Gusek ja Figueroa 2009, 110). Bakteereille annetaan ravinnoksi yleensä orgaanisen ja epäorgaanisen aineksen sekoitusta, jossa voi olla esimerkiksi puuperäistä jätettä, heinää, kompostoitua lantaa, kalkkikiveä ja bakteereita (Gusek ja Figueroa 2009, 119–120).

Anaerobisia kosteikoita käytetään yleensä silloin, kun halutaan saostaa liuenneita metalleja. Anaerobinen kosteikko on todettu tehokkaaksi menetelmäksi mm. rauta-, alumiini-, kupari-, lyijy-, nikkeli- ja arseeniyhdisteiden poistossa. Osa näistä metalleista saostuu sulfideina, osa hydroksideina ja osa karbonaateina. (Gusek ja Figueroa 2009, 120.)

3.2.2 Suljetut kalkkikiviojat

Kalkkikiviojat voidaan jakaa aerobisiin kalkkikiviojiin (avoimet) ja anaerobisiin kalkkikiviojiin (suljetut). Anaerobinen kalkkikivioja on oja, joka on vuorattu tai täytetty murskatulla kalkkikivellä ja eristetty ilmakehästä. Kalkkikivi liukenee virtaavaan veteen ja lisää alkaliteettia passiivisesti, kun hapan, hapeton vesi virtaa sen läpi vaakasuorasti. Yleensä anaerobisia kalkkikiviojia käytetään yhdessä rakennettujen kosteikkojen tai selkeytysaltaiden kanssa. Hapettomissa olosuhteissa kalkkikiven pintaan ei kerry rautahydroksideja, koska rauta ei pääse hapettumaan. Tyypillisesti poistuvan veden pH on välillä 6–7.5. Hapettoman kalkkikiviojan tarkoitus itsessään ei ole saostaa metalleja, vaan muuttaa käsiteltävän jäteveden kokonaisalkaliteettia ja -happamuutta, ja varsinainen saostaminen tehdään suljetun kalkkikiviojan jälkeen. Jos saostuminen tapahtuu suljetussa kalkkikiviojassa, kalkkikiven liukeneminen vähenee ja lopulta pysähtyy kokonaan, ja saoste voi jopa tukkia ojan ja estää veden virtaamisen. Tämän takia ojan ja siinä virtaavan veden tulee pysyä hapettomana. Jätevedessä tulisi olla mahdollisimman vähän tai ei ollenkaan kolmiarvosta rautaa (Fe^{3+}), liuennutta happea tai alumiinia kationimuodossa (Al^{3+}), koska ne voivat lyhentää anaerobisen kalkkikiviojan elinkaarta merkittävästi. Jäteveden suositeltu viipymäaika anaerobisessa kalkkikiviojassa on 15 tuntia. (Gusek ja Figueroa 2009, 117–118.)

3.2.3 Avoimet kalkkikiviojat

Avoimet kalkkikiviojat ovat maan päällä kulkevia suojaamattomia kanavia tai ojia, jotka täytetään murskatulla kalkkikiviheitokkeella tai -murskalla. Toisin kuin hapettomissa kalkkikiviojissa, avoimissa

kalkkikiviojissa käsiteltävän jäteveden ei tarvitse olla anoksista. Avoimet kalkkikiviojat soveltuvat happamille, rauta- tai alumiinipitoisille kaivosvesille. Liukeneva kalkkikivi lisää jäteveden alkaliteettia, jolloin metallit saostuvat hydroksidikerrokseksi kalkkikiven pinnalle. Jos virtaama ja viettokulma eivät ole riittäviä saoste saattaa kovettua kovaksi panssarimaiseksi kerrokseksi kalkkikiven päälle. Kovettumista voidaan ehkäistä suunnittelemalla ojasta riittävän pitkä, ja käyttämällä runsaasti kalkkikiveä. Panssaroitumisesta huolimatta kalkkikivi liukenee edelleen, mutta liukenemisnopeus tippuu noin viidesosaan verrattuna panssaroitumattomaan kalkkikiveen. Yli 10 prosentin vieton arvellaan olevan riittävä takaamaan kovettumisen ehkäisevä virtausnopeus, mutta menetelmä toimii optimaalisesti yli 20 prosentin vietolla. Käytettävän kalkkikiven lohkokoko tulisi olla noin 15–30 cm. Puhdistusmenetelmänä pelkkä kalkkikiviojakäsittely soveltuu vain lievästi pilaantuneille vesille. Pakkasolosuhteet ja Suomessa tyypilliset kevään sulamisvirtaamat hankaloittavat menetelmän hyödyntämistä tehokkaasti Suomessa. (Gusek ja Figueroa 2009, 128–129.)

3.2.4 RAPS (Reducing Alkalinity-Producing Systems)

RAPS:lle ei ole vakiintunutta suomenkielistä ilmausta, mutta suomeksi käännettynä se tarkoittaa pelkistäviä ja alkaliteettia tuottavia järjestelmiä. RAPS:ia voidaan käyttää happamien metallipitoisten kaivosvesien käsittelyssä. RAPS kehitettiin alun perin hapettomien kalkkikiviojien vaatimiin olosuhteisiin. RAPS:ssa veden virtaussuunta on kalkkikiviojista ja kosteikoista eroten pystysuuntainen, tyypillisesti ylhäältä alas. RAPS yhdistää hapettoman kalkkikiviojan ja kompostoivan kosteikkojärjestelmän sisältäen aerobisen ja anaerobisen vaiheen. RAPS:ssa hapen vesi virtaa hydraulisesti johtavan kompostiosion läpi, jossa happi kulutetaan ja kolmiarvoinen rauta pelkistyy kaksiarvoiseksi raudaksi. Tämän seurauksena vedestä tulee anoksista ja se virtaa anoksisen kalkkikivikerroksen läpi, aiheuttaen veden alkalisoitumisen ilman raudan saostumista kalkkikivikerrokseen. Liunneen hapen kuluessa mikrobit muodostavat alkaliteettia, alumiini saostuu alumiinihydroksidiksi ja pidättyy orgaaniseen kerrokseen. Rautayhdisteet saostuvat vasta saadessaan lisää happea, tyypillisesti silloin kun vesi pääsee kosketuksiin ilmakehän kanssa.

Yleensä RAPS-yksikön jälkeen käytetään aerobista kosteikkoa tai allasta, johon saostumisesta syntyvä liete kerätään. RAPS-järjestelmän happamuuden poistokapasiteetti on noin 20–40 g happamuutta /m²/d, järjestelmän arvioidun eliniän ollessa n. 20–30 vuotta. Järjestelmän suositeltu uusimisväli on kuitenkin 2–3 vuotta. RAPSin heikkouksia ovat hapen aiheuttama tukkeutumisvaara, sekä mikrobin vaatimat vakaat olosuhteet ja riittävä lämpötila. Mikrobit ovat herkempiä lämpötilan muutoksilla prosessin käynnistysvaiheessa, joten RAPS tulisi käynnistää lämpimänä vuodenaikana. Järjestelmää voi käyttää myös talvella, kunhan laitteiston lämpöeristys on riittävä. (Turunen 2016.)

3.2.5 Kalkkikivialtaat

Kalkkikivialtaassa altaan pohjalle laitetaan noin 30–100 cm kerros kalkkikiveä, ja sen päälle jätevettä noin 1–3 metriä. Kalkkikivialtaat soveltuvat parhaiten suodosvesien käsittelyyn. Käsiteltävässä ve-

dessä tulisi olla mahdollisimman vähän liuennutta happea ennen kontaktia kalkkikiven kanssa. Käsiteltävän veden viipymä altaassa tulisi olla 1–2 vuorokautta, jotta kalkkikiveä ehtii liueta. Kalkkiviollaskäsittelyä suositellaan jätevesille, joissa on vähän tai ei ollenkaan kolmiarvoista rautaa tai kolmiarvoista alumiinia, koska hapettuessaan rauta ja alumiini saostuvat muodostaen lietettä, joka ensin vähentää ja lopulta poistaa kalkkikiven ja veden välisen kontaktipinnan. Allasmaisessa ympäristössä pystytään helposti tarkkailemaan kalkkikiven pintaa mahdollisten kovettumien ja lietteen varalta, toisin kuin suljetuissa RAPS- ja kalkkikiviojajärjestelmissä. Kalkkikiveä voidaan lisätä tarpeen mukaan, ja kalkkikivikerrosta voidaan puhdistaa harjauksella tai huuhtelulla. (Gusek ja Figueroa 2009, 128.)

3.3 Puolipassiiviset vedenkäsittelymenetelmät

Puolipassiiviset puhdistusmenetelmät soveltuvat käytettäväksi silloin, kun tarvitaan kertaluonteisia puhdistusratkaisuja, esimerkiksi kasaliuotuksen yhteydessä syntyvien jätevesien puhdistamiseen. Puolipassiivisia menetelmiä voidaan käyttää yhdessä passiivisten menetelmien kanssa. Jätevesien puolipassiivinen käsittely sisältää kertaluonteisen ilman mekaanista suodatusta tapahtuvan kemikaalin annostelun sekä reagenssien ajoittaisen lisäämisen painovoimaisesti tai vesivirran mukana. (Gusek ja Figueroa 2009, 139.)

Puolipassiivisia menetelmiä ovat mm.

- nestemäiset orgaaniset maanparannusaineet,
- kalkkirakeiden lisääminen,
- nestemäisten neutralisoivien reagenssien lisääminen,
- kuivien reagenssien lisääminen,
- kalkkikiven lisääminen ja
- erotuskaivot. (Gusek ja Figueroa 2009, 139.)

3.3.1 Kalkkirakeiden lisääminen (pebble lime addition)

Kalkkirakeiden vaikutusmekanismi on samanlainen kuin aiemmin kuvatuissa kalkkikiveen perustuvissa menetelmissä. Käsittely-yksikkö koostuu kalkkirakeita sisältävästä säiliöstä, vesirattaasta, josta syöttöjärjestelmä saa käyttövoimansa ja ruuvisyöttimestä, joka siirtää kalkkirakeita virtaavaan jäteveeseen. Järjestelmässä on sekoitusyksikkö ja saostusyksikkö lietteen keräämistä varten. Koska käyttövoima saadaan virtaavasta jätevedestä, yksikkö ei toimi ilman minimivirtaamaa. Lisäksi järjestelmä on altis kalkin kovettumiselle varsinkin vähäisen syötön tilanteissa. (Gusek ja Figueroa 2009, 140.) Kalkkirakeita voidaan myös lisätä kertaluonteisesti ilman käsittely-yksikköä.

3.3.2 Erotuskaivot (diversion wells)

Erotuskaivo on metallista tai betonista valmistettu sylinterimäinen kaivo, joka on täytetty hienoksi jauhetulla kalkkikivellä. Yleensä erotuskaivot rakennetaan lähellä jäteveden virtauspaikkaa. Jätevesi johdetaan kaivoon halkaisijaltaan 20–30 cm kokoisella putkella, joka sijoitetaan lähelle kaivon pohjaa. Jätevesi virtaa ylös ollen kontaktissa kalkkikiven kanssa, jolloin kalkkikiveä liukenee jäteveeseen

ja jäteveden alkaliteetti nousee ja metallit saostuvat. Virtaaman on oltava riittävän suuri, jotta kalkkikivi liikkuu kaivossa. Kalkkikiven liike aiheuttaa hankautumista, joka estää kalkkikiven panssaroitumisen. Saostuneet metallit laskeutuvat käsittelypisteen jälkeen painovoimaisesti. Aktiivisessa käytössä kalkkikivi tulee vaihtaa viikoittain. (Gusek ja Figueroa 2009, 144-145.)

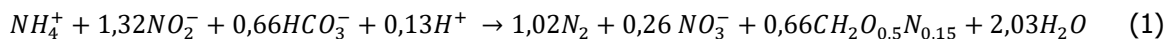
3.4 Kokeelliset käsittelymenetelmät

Kokeelliset menetelmät ovat menetelmiä, joiden soveltuvuutta käytännön olosuhteisiin ei ole aukottomasti osoitettu. Kokeelliset menetelmät voivat myös olla menetelmiä, joiden käyttämisestä on kokemusta muilta kuin kaivosteollisuuden alalta. Erityisesti mikrobiologisten menetelmien soveltamisesta on paljon kokemusta esimerkiksi metsäteollisuudessa ja kunnallisessa jätevedenkäsittelyssä.

3.4.1 Typen mikrobiologinen poisto

Vakiintuneissa mikrobiologisissa typenpoistomenetelmissä typpeä poistetaan nitrifikaatio-denitrifikaatioprosessilla, jossa ammoniumia hapettavat bakteerit muuttavat ammoniumtypen ensin nitriittitypeksi, jonka nitriittiä hapettavat bakteerit muuttavat edelleen nitraattitypeksi. Tämän jälkeen bakteerit pelkistävät nitraattitypen vaiheittain typpikaasuksi. Ammoniumia hapettavista bakteereista käytetään lyhennettä AOB (**a**mmonium **o**xidizing **b**acteria), kun taas nitriittiä hapettavista bakteereista käytetään lyhennettä NOB (**n**itrite **o**xidizing **b**acteria). Nitrifikaatio on aerobinen prosessi. Nitriifioivien bakteerien hitaan kasvun takia ne eivät pysty kilpailemaan orgaanista ainetta hajottavien heterotrofisten bakteerien kanssa, joten biohajoavaa orgaanista ainesta on vähennettävä ennen nitrifikaatiovaihetta. Denitrifioivat bakteerit tarvitsevat biohajoavaa orgaanista ainetta ravinnokseen. (Helsingin seudun ympäristöpalvelut-kuntayhtymä, 2016, 5).

Viime vuosina typpeä on onnistuttu poistamaan myös anammox-menetelmällä. Anammox-menetelmässä ammoniumtyppeä hapetetaan anaerobisessa ympäristössä. Anammox-lyhenne tulee prosessin englanninkielisestä nimestä **A**naerobic **A**utotrophic **A**mmonium **O**xidation. Anammox-menetelmässä ammoniumtyyppi hapetetaan kaksivaiheisesti typpikaasuksi käyttäen nitriittiä elektronien akseptorina kaavan (1) mukaisesti: (Stefansdottir 2017, 5.)



Anammox-menetelmä perustuu ammoniumtypen osittaiseen nitrifikaatioon ammoniumia hapettavien bakteerien ja anammox-bakteerien aiheuttamaan autotrofiseen typen poistoon. Anammox-prosessissa nitriittiä hapettavien bakteerien kasvu pyritään estämään luomalla sopivat olosuhteet ja anammox-bakteereille suotuisa anoksinen olosuhde. Anammox-menetelmä soveltuu erityisesti paljon ammoniumtyppeä ja vähän hiiltä sisältävien lämpimien jätevesien käsittelyyn. (Helsingin seudun ympäristöpalvelut-kuntayhtymä, 2016, 5). Anammox-menetelmä vaatii vakaat olosuhteet ja hitaan ylösajon.

3.4.2 Sulfaatin mikrobiologinen poisto

Sulfaatin mikrobiologinen poisto perustuu sulfaattia pelkistävien bakteerien (SRB) toimintaan, jossa SRB:t pelkistävät sulfaatin rikkivetykaasuksi ja kohottavat samalla jäteveden alkaliteettia (Gusek ja Figueroa 2009, 100).

SRB:tä sisältävään bioreaktoriin syötetään ravinteita, ja reaktorin olosuhteet säädetään prosessille sopivaksi. Sulfaatin mikrobiologinen poisto voi häiriintyä rajuista olosuhdemuutoksista, kuten pH:n vaihtelusta, korkeasta alkaliteetista, korkeasta suolaisuudesta, liian korkeasta tai matalasta lämpötilasta, hiilidioksidin tai metaanin kertymisestä, liiallisista metalleista, hapen läsnäolosta ja hapettajista (Gusek ja Figueroa 2009, 100–101.)

SRB:t vaativat anaerobisen, melko neutraalin pH:n olosuhteet, jotta ne voivat pelkistää liuenneita sulfaatteja tehokkaasti. Kaivosvedet ovat kuitenkin usein happamia, joten kaivoskäytössä ennen sulfaatin mikrobiologista poistoa on yleensä käytettävä esikäsittelymenetelmiä sopivan pH:n saavuttamiseksi. Mikrobiologisen käsittelyn jälkeen jätevedessä on hyvin vähän liuennutta happea, joten sitä on yleensä ilmastettava ennen vesistöön johtamista. (Gusek ja Figueroa 2009, 101).

3.4.3 Sulfaatin poistaminen jäädyttämällä

Jäätyessään vesi pyrkii syrjäyttämään muita komponentteja, jolloin jäätyneeseen faasiin jää vähemmän epäpuhtauksia. Vain harvat ionit ja molekyylit pystyvät liittymään jäärakenteeseen merkittävässä määrin. Tämä johtuu niiden erilaisesta koosta tai sähkövarauksesta. (Petrich ja Eicken 2009, 26). Epäpuhtaudet väkevöityvät nestemäiseen faasiin. Tätä luonnollista ilmiötä pystytään hyödyntämään myös jätevesien käsittelyssä. (Lorain, Thiebaud, Badorc ja Aurelle 2001.)

Jäädyttämismenetelmässä sulfaattipitoisen jäteveden annetaan jäätyä osittain, jolloin nestefaasissa olevan jäteveden sulfaattipitoisuus kohoaa, ja vastaavasti jääfaasissa olevan jäteveden sulfaattipitoisuus laskee. Jäätyamisen jälkeen jää- ja nestefaasit erotetaan toisistaan, esimerkiksi pumppaamalla nestefaasissa oleva vesi pois käsittelyaltaasta tai irrottamalla muodostunut jää ja kuljettamalla se erillisille alueelle odottamaan sulamista. (Linnove, Luostarinen, Pöllänen, Savonen 2016).

Jäätyamisen valjastamisessa vedenkäsittelyn tarpeisiin on vielä useita ratkaistavia ongelmia. Luonnonvaraista jäätymistä hyödynnettäessä sääolosuhteet voivat vaikuttaa merkittävästi jäätymiseen, ja esimerkiksi lumisade saattaa vähentää jäätymistä merkittävästi. Lisäksi jää- ja vesifaasin erottaminen voi osoittautua työlääksi ja kalliiksi, ja puhdistunutta vettä ei pääse juoksuttamaan ennen sen sulamista. Veden siirtäminen jääfaasissa aiheuttaa ylimääräisiä kustannuksia. Menetelmän soveltamisesta kenttäolosuhteisiin ei ole riittävää kokemusta.

Jäädyttäminen ei luultavasti sovellu pääkäsittelymenetelmäksi, mutta sille voisi löytyä paikka jatkotai esikäsittelymenetelmänä. Luonnollisena prosessina käytettynä jäädyttäminen on täysin riippuvainen ulkoilman lämpötilasta, joten se soveltuu parhaiten alueille, joissa terminen talvi on pitkä.

Sulfaattien lisäksi menetelmää pystyy soveltamaan myös muiden epäpuhtauksien poistamiseksi jätevedestä. Aalto-yliopiston professori Marjatta Louhi-Kultasen mukaan jäädyttäminen soveltuu epäorgaanisia ja orgaanisia epäpuhtauksia sisältävien jätevesien käsittelemiseen (Yle 2018).

Kaivosjäteveden sulfaattipitoisuutta on pystytty alentamaan laboratoriomittakaavassa n. 30–52,5 % yhdellä jäädyttämällä yksinkertaisissa olosuhteissa (Linnove ym. 2016). Muun kirjallisuuden perusteella jäädyttäminen ei ole erityisen valikoiva epäpuhtauksien suhteen ja soveltuu useille erilaisille jätevesille, puhdistustehon ollessa laboratorio-olosuhteissa 83 % – 98 % (Lorain ym. 2001).

3.4.4 Nestemäiset orgaaniset maanparannusaineet

Gusek ja Figueroa (2009) viittaavat Gellerin ym. vuonna 1998 tekemään tutkimukseen, jossa esitetään, että kaivosvesien matala biologinen aktiivisuus ei johtuisi suoranaisesti happamien ja metallipitoisten kaivosvesien läsnäolosta, vaan niiden aiheuttamasta ravinteiden niukkuudesta. Lisäämällä pinta- tai pohjaveteen orgaanisia maanparannusaineita voidaan tehostaa niiden mikrobiologisia ominaisuuksia, jotka aiheuttavat sulfidien saostumista. Maanparannusaineita käytetään in-situ. Tapaus-tutkimuksen mukaan käsitellyn jäteveden redoxpotentiaali muuttui +400 mV:sta -50 mV:n. (Gusek ja Figueroa 2009, 139–140). Luotettavaa tietoa menetelmän tehokkuudesta ja tuloksien pysyvyydestä ei ole saatavilla.

3.4.5 Suodattavat reaktiiviset seinämät

Suodattavia reaktiivisia seinämiä (PRB, **p**ermeable **r**eactive **b**arriers) voidaan hyödyntää pilaantuneiden pohjavesien käsittelyssä. Käsittelyjärjestelmä koostuu pohjavettä johtavaan kerrokseen asennetusta reaktiivisesta seinämästä, jonka läpi pohjavesi pääsee johtumaan. Seinämän reaktiivinen materiaali reagoi kemiallisesti tai mikrobiologisesti pohjaveden kanssa, poistaen haitta-aineita. PRB-ratkaisut soveltuvat parhaiten kohteisiin, joiden tarkat hydrologiset ominaisuudet ovat tiedossa tai selvitettävissä. Seinämän toiminnan kannalta on olennaista, että pohjaveden virtaukset eivät muutu seinämän takia merkittävästi, ja että pohjavesi varmasti kulkee seinämän läpi mahdollisimman tasaisesti. PRB-järjestelmien pitkäaikaisista hyödyistä ei ole vahvaa näyttöä. Gusekin ja Figueroan tekemässä katsauksessa vain yksi kolmesta PBR-sovelluksesta kykeni erottamaan raskasmetalleja yli kolmen vuoden ajan. (Gusek ja Figueroa 2009, 131–134.) PBR-tekniikan keskeinen ongelma vaikuttaisi olevan vaihteleva virtausnopeus seinämän eri kohtien läpi, jolloin PBR:n puhdistusteho laskee.

4 SAVONIAN TARJOAMAT PALVELUT KAIVOSTEOLLISUUDEN VESILLE

Savonia tarjoaa Pohjois-Savon alueella yrityksille ja yhteisöille ympäristöalan tuotekehitys- ja testauspalveluita ja harjoittaa soveltavaa tutkimustoimintaa yhteistyössä yritysten ja tutkimuslaitosten kanssa.

Vesiturvallisuus -painoala Kuopiossa keskittyy veden monitorointi- ja mallinnusmenetelmien sekä puhdistusteknologioiden kehittämiseen ja testaamiseen. Sovellusalueina ovat erityisesti yhdyskuntien vesihuolto, maatalous sekä runsaasti vettä käyttävät teollisuuden alat, kuten kaivos-, sellu- ja pape-riteollisuus. Bioprosessien osalta toiminta painottuu uusien sovellusten kehittämiseen orgaanisten jätevirtojen hyödyntämiseksi energiana ja biomateriaalien raaka-aineina mikrobiologisten prosessien avulla. Tyypillisiä sovelluskohteita ovat mm. typen ja rikin mikrobiologinen talteenotto teollisuuden jätevesistä uudelleenkäytettävään muotoon, kuten hapoksi. Savonia toimii yhteistyössä mm. Itä-Suomen yliopiston, GTK:n, Luonnonvarakeskuksen ja THL:n kanssa.

Savonian Kuopiossa sijaitsevan ympäristötekniikan yksikön tiloista löytyvät koehalli, jätevesilaboratorio, analyysilaboratorio ja ympäristötekniikan pilot-mittakaavan koelaitteistot.

4.1 Vesilaboratorion palvelut

Savonian Kuopion vesilaboratorio tarjoaa

- Tuotekehitys- ja testauspalveluita vedenkäsittelyn prosesseihin,
- ympäristömonitorointi- ja tietokantapalveluita,
- mallinnuspalveluita ja
- koulutuspalveluita.

Tuotekehitys- ja testauspalveluita ovat analyysipalvelut, laboratoriomittakaavan tuotekehitys- ja testauspalvelut sekä pilot-mittakaavan palvelut. Monitorointi-, tietokanta- ja mallinnuspalvelut sisältävät hydraulisen mallinnuksen ja vesitaseiden hallinnan, datapohjaisen mallinnuksen, data-analyysit sekä tietokantapalvelut. Koulutuspalveluita ovat vesiturvallisuuskoulutukset, patokoulutukset sekä kokoeko-seminaarit. (savonia.fi.)

Vesitutkimuksia voidaan tehdä laboratoriomittakaavasta pilotmittakaavaan. Vesilaboratoriossa on kehitetty valmiuksia toteuttaa erityisesti haastavia pilot-mittakaavan koeajoja asiakkaiden määrittämissä kohteissa siirrettävillä koelaitteistoilla. Savonia pystyy tarjoamaan testauspalveluja vedenkäsittelyprosessien parantamiseen erityisesti vesi-intensiivisillä aloilla, joihin myös kaivosteollisuus lukeutuu. Savonian Kuopion vesilaboratoriolla on kokemusta kymmenien pilothankkeiden läpiviennistä.

4.2 Vedenkäsittelyn pilothankkeen toimeksiannon kulku

Vedenkäsittelyn pilothanke on hanke, jossa todennetaan vedenkäsittelymenetelmän toimivuutta käytännön olosuhteissa. Savonian vedenkäsittelyn pilothankkeiden käsittelykapasiteetti on mitoitettu virtaamalle 1–5 m³/h. Pilothankkeen avulla saadaan hyödyllistä tietoa menetelmän soveltuvuudesta

käytäntöön ja skaalaamisesta kohti täyden mittakaavan ratkaisua. Pilothankkeet voivat olla joko osa yksittäisen yrityksen tekemää tilaustutkimushanketta tai osana laajempaa julkisrahoitteista tutkimushanketta.

Pilothanke aloitetaan keräämällä tarpeelliset taustatiedot ja suunnittelemalla laboratoriomittakaavan esikokeiden toteuttaminen.

Taustatietojen keräämisen jälkeen tehdään laboratoriomittakaavan esikokeet ja skaalataan käsittelylaitteistoa pilotmittakaavaan. Esikokeet tehdään alkaen 10 ml:n näytetilavuudesta. Laboratoriossa voidaan tehdä myös saostuskokeita 800 ml:n tilavuudessa. Esikokeiden tarkoituksena on selvittää veden koostumusta ja kemiallisia ominaisuuksia.

Esikokeiden jälkeen laboratoriossa voidaan tarvittaessa tehdä jatkuvatoimiset kokeet noin 30 litran reaktoreissa. Niiden avulla tutkitaan kemiallista saostusta ja mikrobiologisten prosessien toimintaa.

Suunnitelmien ja esikokeiden jälkeen tehdään pilotkoeajot asiakkaan määrittämässä kohteessa. On-site-koetoiminnan käsittelykapasiteetti on tyypillisesti 1–5 m³/h. Lopuksi tehdään johtopäätökset ja suositukset jatkotoimenpiteiksi kohti täyden mittakaavan ratkaisua.

5 KAIVOSALAN TUTKIMUSPALVELUJEN TARVESELVITYS

Tarvekartoitukset tehtiin vierailamalla kaivostoimijoiden luona ja haastattelemalla heitä. Tämän lisäksi kysymyksiä esitettiin sähköpostitse ja puhelimitse. Yhden toimijan kohdalla haastattelu tehtiin videoneuvottelun avulla. Tätä opinnäytetyötä varten haastateltiin viittä eri kaivosalalla toimivaa yritystä.

Arviot toimenpiteiden tarpeellisuudesta ovat haastattelijan tekemiä arvioita haastatteluihin pohjautuen. Haastatteluissa kartoitettiin samanaikaisesti sekä kaivosvesien että kiviaineksen testaus- ja tutkimustarpeet. Haastattelujen pohjalta laadittiin taulukko, jossa eriteltiin kaikkien kaivostoimijoiden tarpeet yksityiskohtaisesti. Vierailuilla käytetty esittelymateriaali löytyy liitteestä 1.

Haastattelujen yksityiskohtaiset tulokset on käsitelty ja luovutettu koosteena tilaajalle.

6 SAVONIAN KYKY VASTATA KAIVOSVESIEN TUTKIMUSTARPEISIIN

Savonian palvelut eivät olleet erityisen tuttuja Pohjois-Savon ulkopuolella. Joissakin paikoissa ei oltu tietoisia Savonian vesilaboratorion toiminnasta. Savonian tulisi verkostoitua kaivoksiin suuremmin ja säännöllisemmin. Haastatteluista saadun pienen otannan perusteella Savonian vesilaboratorion toiminta ei ole erityisen tuttua kaivostoimijoille, joten yhteistyön tiivistäminen ja Savonian oma-aloitteinen yhteydenpito kaivostoimijoihin ympäri Suomea olisi kannattavaa jo pelkästään tunnettuuden takia. Lähes kaikilta haastatelluilta kaivoksilta löytyi ongelmakohtia, joihin Savonialla on tarjota asiantuntemusta. Kaivosteollisuudesta löytyisi useita kohteita, joissa käsittelymenetelmiä pystyisi kokeilemaan käytännön olosuhteissa tai laboratoriomittakaavassa.

Lisäämällä yhteistyötä kaivoksien kanssa Savonia pystyisi toteuttamaan TEM:n Suomi kestävän kaivannaisteollisuuden edelläkävijäksi – toimintaohjelman asettamaa tavoitetta yhteistyön tiivistämisestä. Mainittakoon, että tämä on ainoa toimintaohjelman asettama toimenpide, johon ammattikorkeakoulut on merkitty vastuutahoksi. Vesilaboratoriossa tehtävät tutkimukset ja pilothankkeet hyödyttävät myös opetustyötä tarjoamalla konkreettisia esimerkkejä, joissa teoria ja käytäntö saadaan kohtaamaan.

Mikrobiologisten menetelmien soveltamista kaivosvesien käsittelyyn tutkitaan ja tehostetaan aktiivisesti. Savonialla on kokemusta ja laitekantaa typen ja rikin mikrobiologiseen poistoon. Nykyinen laitekanta mahdollistaa saostus- ja selkeytysmenetelmien testaamisen.

Kaivannaisjätteiden suojaamista esimerkiksi kapseloimalla tulisi tutkia. Kaivannaisjätteiden pitkäaikainen varastoiminen aiheuttaa väistämättä myös pitkäaikaisia vesienkäsittelyllisiä haasteita, ja kaivannaisjätteiden varastoisessa syntyvän liukenemisen minimointi voi olla merkittävä tulevaisuuden tutkimuskohde. Kalkkikiven aiheuttama rauta- ja alumiiniyhdisteiden hapettuminen tunnetusti tuottaa kalkkikiven pinnan kovettumista, joten se voisi olla eräs kapselointitekniikan tutkimuskohde. Kalkkikiveen perustuvat käsittelymenetelmät ovat verrattain yksinkertaisia, ja niiden pilotoimista tulisi harkita.

Savonialla on hyvät valmiudet tarjota tutkimusta myös harvemmin käytettyjen käsittelymenetelmien yhdistämisestä. Tämän opinnäytetyön kirjallisuuskatsauksen perusteella yksittäisistä menetelmistä löytyy yleensä paljon tutkimustietoa, mutta useiden menetelmien ketjuttamisesta ja yhteensopivuudesta ei ole runsasta tarjontaa. On olemassa useita erillisiä anaerobisia ja aerobisia käsittelymenetelmiä, joten voisi olla luontevaa käyttää näitä menetelmiä ketjutettuna hapen tarpeen mukaan (aerobinen-aerobinen, anaerobinen-anaerobinen), tai jopa tutkia niiden yhdistämistä samaan käsittelylaitteistoon.

7 KILPAILIJA-ANALYYSI

Savonian vesilaboratoriolla on myös useita kilpailijoita, jotka tekevät samankaltaista vedenkäsittelyyn liittyvää tutkimustyötä. Kilpailijat voidaan jakaa täysin kaupallisiin yrityksiin ja tutkimus- ja opetustyötä tekeviin toimijoihin. Tämä luku on koostettu yritysten ja oppilaitosten internetissä julkaisemien julkisten tietojen pohjalta. Tässä luvussa käsitellyistä toimijoista yrityksiä ovat Kemira, Pöyry Finland, Ramboll, Teollisuuden vesi ja Watman. Tutkimus- ja opetustyötä edustavat Aalto-yliopisto ja Itä-Suomen Yliopisto.

Aalto-yliopiston vesi- ja ympäristötekniikan tutkimus pyrkii ympäristön resurssien säästämiseen. Painopistealueina ovat globaalit vesikysymykset ja kestävä materiaalien kierto. Nämä painopisteet jaetaan edelleen neljään osakokonaisuuteen: Vesi ja kehitys, vesitalous ja luonnonmukainen vesirakentaminen, vesihuolto sekä ympäristötekniikka. (aalto.fi.)

Itä-Suomen Yliopisto UEF tutkii veden kemiallisia ja mikrobiologisia ominaisuuksia ja sovelluksia.

Tutkimuksessa painotetaan:

- vedenkäsittelyyn soveltuvia uusia magneettisia nanomateriaaleja ja nanokomposiitteja
- adsorbenttien pintojen muokkaukseen liittyvät tutkimukset
- biohiilen synteessin soveltamista vedenkäsittelyyn
- Energian, metallien ja ravinteiden talteenottoa jätevedestä
- Mikroaasteiden poistamista adsorbenteilla ja nanofotokatalyysteillä
- Levätutkimusta ja bioenergian tuottamista
- Sähkö- ja korroosiokemiaa. (uef.fi.)

Mikrobiologisella puolella tutkitaan:

- Mikrobiyhteisöjä ja juomaveden ja biofilmien dynamiikkaa
- On-site jätevedenkäsittelyä
- veden desinfiointia
- Ekologista sanitointia, veden ja orgaanisen jätteen kestävää uudelleenkäyttöä. (uef.fi.)

Kemiralla on tutkimuskeskuksia Suomessa, Kiinassa, Kanadassa ja Yhdysvalloissa. Kemiran tytäryhtiö **Kemira Operon** tarjoaa avaimet käteen - tyyppisiä palvelupaketteja kunnallisille jätevedenpuhdistamoille ja vesi-intensiivisten alojen yrityksille. (kemira.com.)

Avaimet käteen- palvelut ovat yrityksen toimintamallin keskiössä, mutta se tarjoaa myös räätälöityjä vedenkäsittelyn pilot-mittakaavan kokeita. Yrityksen etuna on Kemiran oma käsittelykemikaalikanta ja kattava vesikemiaan ja jätevedenpuhdistamoihin liittyvä osaaminen. Kemiallisen osaamisen lisäksi myös mikrobiologisten prosessien hyödyntäminen on yritykselle tuttua.

Pöyry Finland tarjoaa suunnittelua ja konsultointia veden hankintaan, jäteveden puhdistukseen ja hule- ja tulvavesien hallintaan. Pöyry tarjoaa jäteveden biologisten prosessien mallintamista ja simuloimista. Erityisosaamisalueeseen kuuluu jätevesien, rejektivesien ja lietteenkäsittelyn suunnittelu.

Rambollin tapaan Pöyryllä on ison organisaation laaja osaaminen tukemassa vesienkäsittelyn projekteja. (poyry.fi.)

Rambollin pääasiakasryhmät toimivat elintarvike-, kemian-, öljy-, massa- ja paperiteollisuudessa. Rambollin etu on heidän erittäin kattava palvelutarjonta ja osaaminen koko ympäristötekniikan alalta. Ramboll tekee mm. puhdistustekniikkaselvitykset- ja vertailut, konsepti- ja yleissuunnittelut, prosessiratkaisujen varmentamisen laboratorio- ja pilot-mittakaavan testeillä sekä veden, energian ja resurssien käytön tehokkuusauditoinnit ja tehostamissuunnittelut. (ramboll.com.)

Teollisuuden vesi toteuttaa samantyyppisiä vesialan hankkeita kuin Savonia. Yrityksen käytössä on saostuslaitteistoa, suodatuslaitteistoa hiekkasuodatuksesta ultra- ja nanosuodatukseen, RO-laitteistoa, haihdutuslaitteistoa ja kalvotekniikkaa käyttäviä kaasunpoistolaitteita. Laboratoriomittakaavan käsittelykapasiteetti on muutamista litroista muutamiin kuutiometreihin. Yritys ei tee mikrobiologisten prosessien pilotointeja ainakaan isossa mittakaavassa. Yritys kuitenkin tarjoaa mikrobiologisia tutkimuksia. Asiakaskunta on referenssien perusteella lähinnä energiantuotannon puolelta. (teollisuudenvesi.fi.)

Watmanin erikoisosaamisalueeseen kuuluvat meriveden suolanpoisto, voimalaitosten vedenkäsittely, käänteisosmoosilaitteet, kalvosuodatukset, ioninvaihto, flotaatio ja konttiin rakennetut siirrettävät vesilaitokset (watman.fi).

8 YHTEENVETO

Rikastushiekkaan liittyvät palvelu- ja tutkimustarpeet olivat sidoksissa käytettävissä olevaan rikastushiekan varastointitilaan. Rikastushiekkaan liittyvää kiinnostusta oli eniten yrityksissä, joiden rikastushiekan varastointitila oli käymässä vähiin lähitulevaisuudessa. Rikastushiekan laadun parantaminen ei vaikuttanut herättävään merkittävää kiinnostusta haastatelluissa kohteissa.

Jäteveden käsittelymenetelmille oli yleisesti ottaen tarvetta ja kiinnostusta kaikilla haastatelluilla toimijoilla. Houkuttelevimpina vaihtoehtoina nähtiin kemialliset saostusmenetelmät. Saostusmenetelmien suosion selittänee niiden pitkä käyttöhistoria ja kaivosolosuhteissa testattu luotettavuus.

Useimmat haastatellut kaivostoimijat olivat kiinnostuneita hydrologisesta mallintamisesta. Hydrologisen mallintamisen hyötyjä pitäisi pystyä tuomaan esille konkreettisin esimerkein, koska useimmilla haastatelluilla toimijoilla ei vaikuttanut olevan selkeää alkukäsitystä miten hydrologisia malleja voitaisiin hyödyntää kaivostoiminnassa.

Mittaustekniikkaan liittyvät tuotekehitykset tai ratkaisut eivät nousseet merkittäväksi kiinnostuksen kohteeksi millään kaivoksella. Ainoat esiin nousseet mittauksiin liittyvät tarpeet olivat prosessimittausten ja jäteveden kiintoainemittauksen parantaminen sekä signaaliongelmien ratkaiseminen maan alla toimissa.

Pölyn torjuntaan liittyvät haasteet olivat yleisiä lähes kaikilla kaivoksilla, ja se nostettiin usein esiin kalleimpana yksittäisenä toimenä. Haastatellut kaivosyritykset eivät kuitenkaan ilmaisseet tarvetta pölyämistä vähentäviin ratkaisuihin. Pölyn torjunnan ratkaisuja voisi olla syytä tutkia tarkemmin, koska ne aiheuttavat merkittäviä kustannuksia useimmilla kaivosalueilla Suomessa.

Kaivosalan vedenkäsittelylliset ongelmat ovat yhä ajankohtaisia, ja alalla riittää vielä paljon tutkittavaa. Nykyisissä menetelmissä ja käytännöissä on vielä parannettavaa, ja kaiken kattavia ratkaisuja kaivosten jätevesien käsittelyyn ei ole vielä keksitty.

Haastattelujen perusteella Savonian vesilaboratorion toiminnan tunnettuudessa on vielä parannettavaa. Itä-Suomen alueella toiminta oli tunnettua, mutta muilla alueilla Savonian toiminta ei ollut erityisen tuttua. Haastattelukierros lisäsi vierailtujen yritysten tietoa Savonian toiminnasta. Savonian tunnettuutta voisi lisätä esimerkiksi aktiivisella suhdetoiminnalla, kohdennetulla yritysmarkkinoinnilla ja kaivos- ja vesihuoltoalan tapahtumiin, seminaareihin ja messuihin osallistumalla. Nykyisten tapahtumien lisäksi Savonia voisi harkita oman, uudenlaisen tapahtuman järjestämistä, jossa kaivosalan toimijat, Savonian henkilökunta ja Savonian opiskelijat voisivat kohdata ja vaihtaa ajatuksia vaikkapa työpajatoiminnan tai tapausesittelyjen kautta. Oikeiden esimerkkien tuominen opiskelijoiden käsiteltäväksi toisi myös opetukselle lisää arvoa.

Varsinaisten kaivosyriitysten lisäksi kaivosalalla toimii myös paljon alihankkijoina toimivia yrityksiä, usein esimerkiksi louhinnassa, kuljetuksessa ja räjäytyksessä. Alihankkijoiden kanssa verkostoituminen jää helposti toisarvoiseksi, vaikka alihankkijoiden rooli kaivostoiminnassa voi olla hyvinkin merkittävä.

LÄHTEET JA TUOTETUT AINEISTOT

- Aalto.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-11-21] Saatavissa: <https://www.aalto.fi/fi/rakennetun-ympariston-laitos/vesi-ja-ymparistotekniikka>
- Boliden.com [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-10-08] Saatavissa: <https://www.boliden.com/fi/operations/mines/boliden-kevitsa/> Polku: boliden.com/fi. Operations. Mines. Boliden Kevitsa.
- Boliden.com [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-10-08] Saatavissa: <https://www.boliden.com/fi/operations/mines/boliden-kylylahti/> Polku: boliden.com/fi. Operations. Mines. Boliden Kylylahti.
- Dragonmining.com [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-10-01] Saatavissa: <http://www.dragonmining.com>. Polku: dragonmining.com. Operations.
- Endomines.com [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-10-01] Saatavissa: <https://endomines.com/fi/>. Polku: endomines.com/fi. Sijoittajat. Tiedotteet.
- GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS 2015. [verkkoaineisto]. Tutkimusraportti 222. Hyviä käytäntöjä kaivoshankkeiden ympäristövaikutusten arvioinnissa. Saatavissa: http://tupa.gtk.fi/julkaisu/tutkimusraportti/tr_222.pdf
- GEOLOGIAN TUTKIMUSKESKUS, TURVALLISUUS- JA KEMIKAALIVIRASTO 2018. Suomen kaivokset, joissa malmeja louhittiin vuonna 2017. [verkkoaineisto] [viitattu 2018-10-08] Saatavissa: <https://kaiva.fi/kaivannaisala/kaivostoiminta/>
- GUSEK, James J. ja FIGUEROA, Linda A. 2009. Mitigation of Metal Mining Influenced Water. 2. painos. U.S.: Society for Mining, Metallurgy and Exploration, Inc
- Helsingin seudun kuntayhtymä 2016. Rejektiveden käsittelyn biologiset ja fysikaaliskemialliset vaihtoehdot-hanke. ANITA™Mox -pilotoinnin loppuraportti 1.12.2016.
- HWANG, Sun Kyoung ja JHO, Eun Hea. Heavy metal and sulfate removal from sulfate-rich synthetic mine drainages using sulfate reducing bacteria. Science of The Total Environment, Vol. 635, 1308–1316.
- Kaiva.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-10-08] Saatavissa: <https://kaiva.fi/kaivannaisala/kaivostoiminta/>
- Kaivosvastuu.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-10-08] Saatavissa: <https://www.kaivosvastuu.fi/yrityskortti/>. Polku: <https://www.kaivosvastuu.fi/yrityskortti/>. 2016 Nordkalk Oy Ab.
- KARTTUNEN, Erkki 2004. RIL 124-2 Vesihuolto 2. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y, Helsinki.
- KAUPPILA, Päivi, LAMPINEN, Hanna, SIIRAMA, Lauri ja SUOMELA, Pekka 2015. Ympäristövaikutusten hallinta ja ohjaus. Julkaisussa: LAPPALAINEN, Pekka ja PAALUMÄKI, Tauno (toim.) Kaivos ja louhintatekniikka. Helsinki: Kaivosteollisuus ry ja Opetushallitus, 435 – 445.
- Kemira.com [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-11-21] Saatavissa: <https://www.kemira.com/fi/vedenkäsittely/jatevesi/> Polku: kemira.com/fi. Vedenkäsittely. Jätevesi.
- KIVISAARI, Heli S. 2009. Sähkökoagulaatio hartsihappoja ja kuparia sisältävien jätevesien puhdistusmenetelmänä. Jyväskylän yliopisto, matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta, bio- ja ympäristötieteiden laitos. Pro gradu -tutkielma. Saatavissa: https://jyx.jyu.fi/bitstream/handle/123456789/19956/URN_NBN_fi_jyu-200904071385.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- LIKAMAA, Terho 2018. Kaivosviranomaisen (Tukes) ajankohtaiskatsaus malminetsinnästä ja kaivosteollisuudesta vuodelta 2018 [verkkajulkaisu]. Saatavissa: <https://tukes.fi/documents/5470659/6373016/Kaivosviranomaisen+ajankohtaiskatsaus+malmietsinn%C3%A4st%C3%A4+ja+kaivosteollisuudesta+vuodelta+2017/d00e753d-2593-4fae-a4c7-64b788958505/Kaivosviranomaisen+ajankohtaiskatsaus+malmietsinn%C3%A4st%C3%A4+ja+kaivosteollisuudesta+vuodelta+2017.pdf>

- LINNOVE, Henrik, LUOSTARINEN, Jukka, PÖLLÄNEN, Aliisa ja SAVONEN, Tessa 2016. Talvivaaran kaivoksen jätevesien puhdistustavat. Jäädäyttäminen sulfaatin puhdistuskeinona (ei julkaistu). Savonia-ammattikorkeakoulu.
- LORAIN, Olivier, THIEBAUD, Pascal, BADORC, Eugénie ja AURELLE, Yves 2001. Potential of freezing in wastewater treatment: soluble pollutant applications. *Water Research* vol. 35, issue 2, 541–547.
- MOLLAH, M. Yousuf, SCHENNACH, Robert, PARGA, Jose R, COCKE, David L 2001. Electrocoagulation (EC) - science and applications. *Journal of Hazardous Materials* vol. 84, 29–41.
- Mtv.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-10-01] Saatavissa: <https://www.mtv.fi/uutiset/talous/artikkeli/sotkamossa-alkoi-nikkelin-tuotanto/2104366>
- Nordkalk.com [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-10-08] Saatavissa: <http://www.nordkalk.fi>. Polku: Yhteystiedot. Toimipaikat. Lappeenranta.
- PETRICH, Chris ja EICKEN, Hajo 2009. Growth, Structure and Properties of Sea Ice. Julkaisussa: THOMAS David N. ja DIECKMANN, Gerhard S. (toim.). *Sea Ice*. Oxford: Wiley-Blackwell.
- Poyry.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-11-21] Saatavissa: <http://www.poyry.fi/toimialat/infra/vesi-ja-jatehuolto> Polku: poyry.fi. Toimialat. Vesi- ja jätehuolto.
- Ramboll.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-11-21] Saatavissa: <https://fi.ramboll.com/palvelut/vesi/teollisuuden-vedet-ja-jatevedet> Polku: fi.ramboll.com. Teollisuuden vedet ja jätevedet.
- Savonia.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-03-02] Saatavissa: <http://ymparistotekniikka.savonia.fi/fi/> Polku: ymparistotekniikka.savonia.fi/fi/. Palvelut.
- STEFANSDOTTIR, Dora 2017. [esittelymateriaali] Anammox processes. Veolia water technologies, Ruotsi.
- SUOMELA, Pekka ja SÄRKKÄ, Pekka 2015. 1. Kaivostoiminta. Julkaisussa: PAALUMÄKI, Tauno ja LAPPALAINEN, Pekka ja HAKAPÄÄ, Antero (toim.) *Kaivos- ja louhintatekniikka*. Helsinki: Kaivosteollisuus ry ja Opetushallitus, 19 – 33.
- TEM 2013. Suomi kestävän kaivannaisteollisuuden edelläkävijäksi - toimintaohjelma [verkkojulkaisu]. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 15/2013. [Viitattu 2018-02-07.] Saatavissa: <https://tem.fi/documents/1410877/2864661/Suomi+kest%C3%A4v%C3%A4n+kaivannaisteollisuuden+edell%C3%A4k%C3%A4vij%C3%A4ksi+toimintaohjelma+29042013.pdf>
- Teollisuudenvesi.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-11-21] Saatavissa: <http://www.teollisuudenvesi.fi/palvelut/pilot-ja-laboratoriokokeet/> Polku: teollisuudenvesi.fi. Palvelut. Pilot- ja laboratoriokokeet.
- Terrafame.fi. Saatavissa: <https://www.terrafame.fi> Polku: terrafame.fi. Terrafame oy.
- Terrafame.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-10-08] Saatavissa: <https://www.terrafame.fi/ajankoh-taista/uutiset/2016/07/terrafame-ostaa-kaivostoimintaan-liittyvat-omaisuuserat-talvivaaran-kaivos-osakeyhtio-oyjlta.html>
- gtk.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-10-31] TURUNEN, Kaisa. Reducing and alkalinity producing systems (RAPS/SAPS). Saatavissa: <http://wiki.gtk.fi/web/mine-closure/wiki/-/wiki/Wiki/Reducing+and+alkalinity+producing+systems+%28RAPS%252FSAPS%29>
- Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (s.a.). Rikasteiden, metallien, mineraalien ja vuolukiven tuotanto v. 2005–2016 [verkkojulkaisu]. Saatavissa: http://www.tukes.fi/Tiedostot/kaivokset/tilastot/Tuotantoluvut_2005-2016.pdf
- Turvallisuus- ja kemikaalivirasto 2017. Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2017 [verkkojulkaisu]. [Viitattu 2018-10-08] Saatavissa: <https://tukes.fi/documents/5470659/6373016/Vuoriteollisuustilasto+2017/4d8e29bd-6377-4e7e-9057-a3a89211a38a/Vuoriteollisuustilasto+2017.pdf>
- Uef.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-11-21] Saatavissa: <http://www.uef.fi/en/web/water-research/1>

Watman.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-11-21] Saatavissa: <https://www.watman.fi/sivut/fi/veden-kasittely-teollisuuteen-ja-kunnille> Polku: watman.fi. Teollisuus ja kunnat.

Yara.fi [verkkoaineisto]. [viitattu 2018-10-08] Saatavissa: <http://www.yara.fi>. Polku: yara.fi. Tietoa Yarasta. Yara Suomi. Toimipaikat. Yara Siilinjärvi.

Yle.fi [radiohaastattelu] Vettä voidaan puhdistaa myös jäädyttämällä. Radio Suomen iltapäivä. Saatavissa: <https://areena.yle.fi/1-4502551>

LIITE 1: ESITTELYMATERIAALI



Savonian tutkimuspalvelut kaivosteollisuudelle



Ville Hottola, insinööriopiskelija
 Jukka Luostarinen, insinööriopiskelija
 Savonia-ammattikorkeakoulu oy
 Kevät 2018



Opinnäytetyön tarkoitus:

- Opinnäytetyön aihe on ”Suomen kaivostoiminnan kiviainesten ja kaivosvesien testaustarpeiden selvitys”.
- Opinnäytetyön tilaajat ovat Savonia-ammattikorkeakoulun rakennuslaboratorio ja Savonia-ammattikorkeakoulun vesiturvallisuuden painoala.
- Opinnäytetyössä selvitämme millaisia tutkimus- ja testaustarpeita Suomen kaivosteollisuudella on, ja millaisia palveluita kaivoksilla tarvittaisiin nyt tai tulevaisuudessa.



- Haluatteko optimoida vedenkäsittelyprosesseja?
- Tarvitsetteko monitorointi- tai mallinnuspalveluita?
- Haluatteko tietoa prosessienne toimivuudesta eri olosuhteissa?
- Onko tuottamanne kiviaineksen laatu tutkittu?
- Voitaisiinko laajemmilla tutkimuksilla saada ympäristöllisiä ja taloudellisia säästöjä?

3



Savonia numeroina

- 6000 opiskelijaa
- Henkilökuntaa 450
- Budjetti 2016 43 M€
- Noin 40 ammattikorkeakoulu- tai ylempään ammattikorkeakoulututkintoon johtavaa tutkinto-ohjelmaa kuudella eri alalla
- Kampukset Kuopiossa, Varkaudessa ja Iisalmessa




SAVONIA
Vesiturvallisuus soveltavan tutkimuksen kärkenä

Vesiturvallisuusalan toiminnan
puitteet:

- Valmiudet toteuttaa haastavia laboratorio- ja pilot-mittakaavan koeajoja
- Monipuolinen laitteisto
- Tavoitteena on kehittää käytäntöön sovellettavia konkreettisia uusia menetelmiä ja sovelluksia yhdessä yhteistyökumppaneidemme kanssa


SAVONIA
Vesiturvallisuus soveltavan tutkimuksen kärkenä

Tyypillisen vedenkäsittelyn pilot-
toimeksiannon kulku:

1. Taustatietojen keruu ja laboratoriomittakaavan esikokeitten suunnittelu
2. Laboratorio-mittakaavan esikokeitten toteutus ja skaalaaminen pilot-mittakaavaan
3. Pilot-koeajot asiakkaan määrittämässä kohteessa
4. Johtopäätökset ja suositukset jatkotoimenpiteiksi kohti täyden mittakaavan ratkaisua





Laboratorion palveluita ovat:

1. Laboratorio-mittakaavan esikokeet veden käsittelyyn sekä analysointiin liittyen
2. Veden käsittelyyn liittyvien Pilot-mittakaavan koeajojen toteutus
3. Tietokantapalvelut ja data-analyysit ympäristömonitorointipalveluitten kehittämiseksi



7



Vedenkäsittelyn koelaitteistoja eri mittakaavassa



1. Esikokeet laboratoriossa



2. Laboratoriomittakaavan saostuskokeet



3. Mikrobiologisten prosessien laboriopilotoinnit

8



Vedenkäsittelyn laitteistoa on-site –koetointintaan, Q 1-5 m³/h



9



Kiitos mielenkiinnostanne!

Vesiturvallisuus:

Eero Antikainen

- Tutkimus- ja kehityspäällikkö (DI)

eero.antikainen@savonia.fi

Puh. 044 785 6325

ymparistotekniikka.savonia.fi/fi

10