

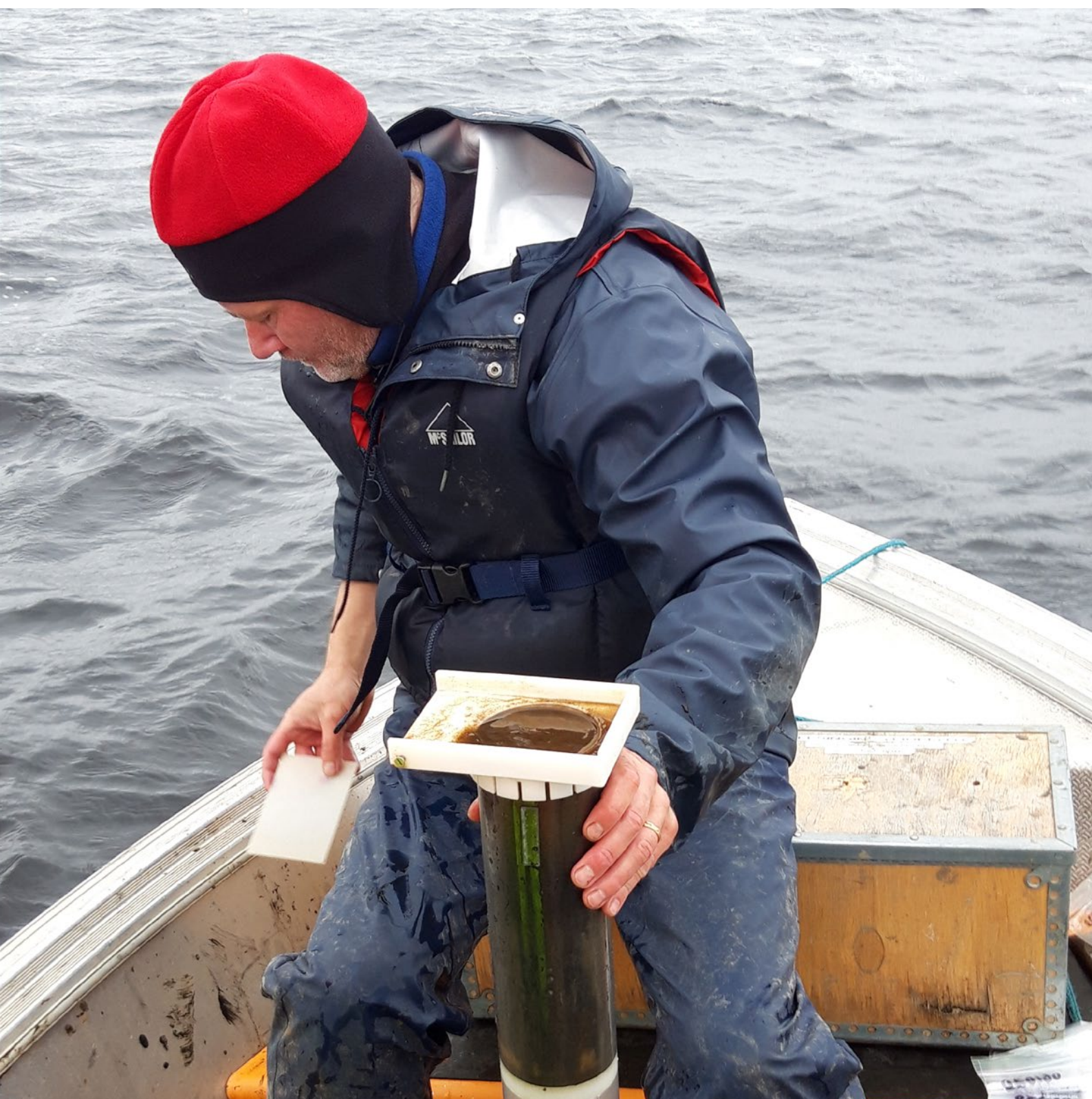


Velvoitetarkkailuja sekä syvännepohja- eläinmenetelmiä vertaileva hanke (Vepove)

TOIMITTANEET: HELENA VIKSTEDT | JONI KIVIPELTO

OSARAPORTTI A: AURI KOIVUHUHTA | JONI KIVIPELTO | HELENA VIKSTEDT | KIMMO VIRTANEN

OSARAPORTTI B: KIMMO T. TOLONEN | JAN WECKSTRÖM | TOMI LUOTO | HEIKKI MYKRÄ | JUHA RIIHIMÄKI | SEPPÖ HELLSTEN



Velvoitetarkkailuja sekä syvänpohjaeläinmenetelmiä vertaileva hanke (Vepove)

Osaraportti A:

Kaivosten ja rikastamoiden velvoitetarkkailujen vertailu

Osaraportti B:

Syvänpohjaeläinmenetelmät kaivosperäisen kuormituksen kuvaajina

TOIMITTANEET: HELENA VIKSTEDT | JONI KIVIPELTO

OSARAPORTTI A: AURI KOIVUHUHTA | JONI KIVIPELTO | HELENA VIKSTEDT | KIMMO VIRTANEN

OSARAPORTTI B: KIMMO T. TOLONEN | JAN WECKSTRÖM | TOMI LUOTO | HEIKKI MYKRÄ | JUHA RIIHIMÄKI | SEPPO HELLSTEN

RAPORTEJA 28 | 2022

Velvoitetarkkailuja sekä syvänpohjajaeläinmenetelmiä vertaileva hanke (Vepove)

Osaraportti A: Kaivosten ja rikastamoiden velvoitetarkkailun vertailu

Osaraportti B: Syvänpohjajaeläinmenetelmät kaivosperäisen kuormituksen kuvaajina

Kainuun elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus

Taitto: PunaMusta Oy/Sisältö- ja suunnittelupalvelut

Kansikuva: Jan Weckström (HY) näytteenotossa. Kuva Seppo Hellsten, SYKE

ISBN 978-952-398-024-2 (PDF)

ISSN 2242-2854 (verkkajulkaisu)

URN: ISBN:978-952-398-024-2

www.doria.fi/ely-keskus

Sisältö

Johdanto	5
Tulokset.....	6
Kehitystarpeet.....	7
Osaraportti A; Kaivosten ja rikastamoiden velvoitetarkkailujen vertailu	8
Velvoitetarkkailu	8
Tutkimuksen aineisto	9
Kysely aluehallinto- sekä valvontaviranomaisille.....	9
Aiempi kyselytutkimus	9
Lupaviranomaisten vastaukset	10
Valvontaviranomaisten vastaukset	11
Kohteet ja vesistöjen tarkkailu.....	12
Metallimalmikaivokset.....	13
Jokisivu, Huittinen	13
KaaPelinkulma, Valkeakoski.....	14
Kemin kaivos, Keminmaa.....	15
Kevitsa, Sodankylä.....	16
Kylylahti, Polvijärvi.....	17
Laiva, Raahe	17
Pampalo, Ilomantsi.....	18
Suurikuusikko, Kittilä	19
Talvivaara, Sotkamo ja Kajaani.....	20
Tipas, Sotkamo	21
Rikastamot.....	22
Luikonlahti rikastamo, Kaavi.....	22
Vammalan rikastamo, Sastamala	23
Vuonos rikastamo, Outokumpu.....	23
Teollisuusmineraalikaivokset.....	24
Horsmanaho ja Pehmytkivi, Polvijärvi.....	24
Joutsenenlampi, Lapinlahti.....	25
Karnukka, Polvijärvi	25
Kinahmi, Kuopio	26
Lehlampi, Mäntyharju.....	26
Lemnästräsk, Kirkkomäki ja Ala-Aulis, Kemiönsaari	27
Punasuo, Sotkamo	27
Ristimaa, Tornio	28
Sallittu, Salo	28
Siilinjärvi (Särkijärvi ja Saarinen)	29
Uutela, Sotkamo.....	30
Ybbernäs, Parainen	31
Karbonaattikaivokset ja -louhokset	31
Ankele, Pieksämäki.....	31
Heponiemi, Paltamo.....	31
Hyypiänmäki, Lappeenranta	32
Ihalainen, Lappeenranta	32
Kalkkimaa ja Tuppivaara, Tornio.....	33

Kalkkisillan kalkkikaivos, Salo	33
Limberg-Skräbböle, Parainen	34
Matkusjoki ja Punola, Huittinen	34
Mustio, Raasepori	35
Otamo, Siikainen	35
Reetinniemi, Paltamo	35
Ruokolanvaara, Juuka	36
Ryytimaa ja Vesterbacka, Vimpeli	36
Sipoo	36
Tytyri, Lohja	37
Varmo, Kitee	37
Vuolukivilouhokset	37
Kivikangas, Suomussalmi	37
Mörönvuori, Savonlinna	38
Nunnalahti, Vaaralampi ja Koskela, Juuka	38
Tulokset ja johtopäätelmät	39
Kyselytulokset	40
Vesistötarkkailutulokset ja tulkinta	40
Metallimalmikaivokset	47
Rikastamot	52
Teollisuusmineraalikaivokset	55
Karbonaattikaivokset ja -louhokset	57
Vuolukivilouhokset	58
Muita havaintoja tarkkailuohjelmista	59
Alapuoliset vesistöt	59
Terminologia	59
Tarkkailuohjelmien sisältö	60
Johtopäätökset	61
Osaraportti B; Pohjaeläinmenetelmien vertailu ja soveltumispotentiaali velvoitetarkkailussa	62
Tutkimuksen tavoitteet	63
Aineisto ja menetelmät	64
Tutkimusjärvet	64
Näytteenotto Ekman-noutimella ja laboratorioanalyytit	67
Paleolimnologinen näytteenotto ja laboratorioanalyytit	67
Tilastolliset analyytit	69
Ekman-näytteet	69
Paleolimnologiset näytteet	69
Näytteenottomenetelmien vertailu	69
Tulokset	71
Ekman-näytteenotto	71
Paleolimnologinen näytteenotto	83
Näytteenottomenetelmien vertailu	87
Tulosten tarkastelu	92
Johtopäätökset	97

Lyhenteet ja määritelmät.....	98
Lähteet	100
Liitteet	111
Liite 1.1 Jokisivu, Huittinen.....	112
Liite 1.2 Kaapelinkulma, Valkeakoski.....	114
Liite 1.3 Kemi kaivos, Keminmaa	115
Liite 1.4 Kevitsa, Sodankylä.....	116
Liite 1.5 Kylälahti, Polvijärvi.....	118
Liite 1.6 Laiva, Raahe	119
Liite 1.7 Pampalo, Ilomantsi	121
Liite 1.8 Suurikuusikko, Kittilä	122
Liite 1.9 Talvivaara, Sotkamo ja Kajaani	123
Liite 1.10 Tipas, Sotkamo	125
Liite 1.11 Luikonlahden rikastamo, Polvijärvi	127
Liite 1.12 Vammalan rikastamo, Sastamala	128
Liite 1.13 Vuonoksen rikastamo, Outokumpu.....	129
Liite 1.14 Horsmanaho ja Pehmytkivi, Polvijärvi	131
Liite 1.15 Joutsenenlampi, Lapinlahti	133
Liite 1.16 Karnukka, Polvijärvi	134
Liite 1.17 Kinahmi, Kuopio.....	136
Liite 1.18 Lehlampi, Mäntyharju	137
Liite 1.19 Lemnästräsk, Kirkkomäki ja Ala-Aulis, Kemiönsaari	138
Liite 1.20 Punasuo, Sotkamo	139
Liite 1.21 Ristimaa, Tornio	140
Liite 1.22 Sallittu, Salo	141
Liite 1.23 Siilinjärvi (Särkijärvi ja Saarinen)	142
Liite 1.24 Uutela, Sotkamo.....	144
Liite 1.25 Ybbernäs, Parainen	145
Liite 1.26 Ankele, Pieksämäki	146
Liite 1.27 Heponiemi, Paltamo	147
Liite 1.28 Hyypiänmäki, Lappeenranta	148
Liite 1.29 Ihalainen, Lappeenranta	149
Liite 1.30 Kalkkimaa ja Tuppivaara, Tornio	150
Liite 1.31 Kalkkisillan kaivos, Salo	151
Liite 1.32 Limberg-Skrabböle, Parainen	152
Liite 1.33 Matkusjoki ja Punola, Huittinen	153
Liite 1.34 Mustio, Raasepori	154
Liite 1.35 Otamo, Siikainen	155
Liite 1.36 Reetinniemi, Paltamo	156
Liite 1.37 Ruokolanvaara, Juuka.....	157
Liite 1.38 Ryytimaa ja Vesterbacka, Vimpeli	158
Liite 1.39 Sipoo	159
Liite 1.40 Tytyri, Lohja.....	160
Liite 1.41 Varmo, Kitee	161
Liite 1.42 Kivikangas, Suomussalmi	162
Liite 1.43 Mörönvuori, Savonlinna	163
Liite 1.44 Nunnalahti, Juuka.....	164

Liite 1.45 Vaaralampi ja Koskela, Juuka	165
Liite 2.1 Jokisivun kaivoksen vesistötarkkailupaikat	166
Liite 2.2 Kaapelinkulman kaivoksen vesistötarkkailupaikat	166
Liite 2.3 Kemin kaivoksen vesistötarkkailupaikat	167
Liite 2.4 Kevitsa kaivoksen vesistötarkkailupaikat	168
Liite 2.5 Kylylahden kaivoksen vesistötarkkailupaikat	169
Liite 2.6 Laivan kaivoksen vesistötarkkailupaikat	170
Liite 2.7 Pampalon kaivoksen vesistötarkkailupaikat	170
Liite 2.8 Suurikuusikon kaivoksen vesistötarkkailupaikat	171
Liite 2.9 Talvivaaran kaivoksen vesistötarkkailupaikat	172
Liite 2.10 Tipaksen kaivoksen vesistötarkkailupaikat	173
Liite 2.11 Luikonlahden rikastamon vesistötarkkailupaikat	174
Liite 2.12 Vammalan rikastamon vesistötarkkailupaikat	178
Liite 2.13 Vuonoksen rikastamon vesistötarkkailupaikat	178
Liite 2.14 Horsmanahon ja Pehmytkiven kaivosten vesistötarkkailupaikat	179
Liite 2.15 Joutsenenlammen kaivoksen vesistötarkkailupaikat	180
Liite 2.16 Karnukan kaivoksen vesistötarkkailupaikat	181
Liite 2.17 Kinahmin kaivoksen vesistötarkkailupaikat	183
Liite 2.18 Lehlammen kaivoksen vesistötarkkailupaikat	183
Liite 2.19 Lemnästräskin, Kirkkomäen ja Ala-Auliksen kaivosten vesistötarkkailupaikat	184
Liite 2.20 Punasuon kaivoksen vesistötarkkailupaikat	186
Liite 2.21 Ristimaan, Kalkkimaan ja Tuppivaaran kaivosten vesistötarkkailupaikat	187
Liite 2.22 Siilinjärven kaivoksen vesistötarkkailupaikat	188
Liite 2.23 Uutelan kaivoksen vesistötarkkailupaikat	189
Liite 2.24 Ybbernäsin kaivoksen vesistötarkkailupaikat	190
Liite 2.25 Heponiemen kaivoksen vesistötarkkailupaikat	191
Liite 2.26 Hyypiänmäen kaivoksen vesistötarkkailupaikat	192
Liite 2.27 Ihalaisen kaivoksen vesistötarkkailupaikat	193
Liite 2.28 Kalkkisillan kaivoksen vesistötarkkailupaikat	194
Liite 2.29 Matkusjoen ja Punolan kaivosten vesistötarkkailupaikat	195
Liite 2.30 Otamo kaivoksen vesistötarkkailupaikat	195
Liite 2.31 Ruokolanvaaran kaivoksen vesistötarkkailupaikat	196
Liite 2.32 Vaaralammen ja Koskelan louhosten vesistötarkkailupaikat	196
Liite 3 Näytteenottoaikkujen sijainti, Lentua	197
Liite 4 Näytteenottoaikkujen sijainti, Kiantajärvi	197
Liite 5 Näytteenottoaikkujen sijainti, Nuasjärvi	198
Liite 6 Näytteenottoaikkujen sijainti, Pyhäjärvi	198
Liite 7 Näytteenottoaikkujen sijainti, Koirus ja Konnevesi	199
Liite 8 Alusveden sulfiittipitoisuudet ja happiminimit, Lentua ja Kiantajärvi	199
Liite 9 Alusveden sulfiittipitoisuudet ja happiminimit, Nuasjärvi	200
Liite 10 Alusveden sulfiittipitoisuudet ja happiminimit, Pyhäjärvi	201
Liite 11 Alusveden sulfiittipitoisuudet ja happiminimit, Koirus	202
Liite 12 Veden väriarvojen ajallinen vaihtelu tutkimuskohteissa	203
Liite 13 Tutkimuspaikkojen arvioitu PICM- ja PMA-tila	204

Kuvailulehti	206
---------------------------	------------

Presentationsblad	207
--------------------------------	------------

Documentation page	208
---------------------------------	------------

Johdanto

Velvoitetarkkailuja ja pohjaeläinmenetelmiä vertaileva (Vepove) -selvitys on Kainuun elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen (ELY-keskus), Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) sekä Helsingin yliopiston (HY) yhteistyöhanke, joka toteutettiin vuosina 2020–2022. Hankkeen tavoitteena oli vesistöjen velvoitetarkkailun vertaileminen ja pohjaeläinmenetelmien kehittäminen kaivostoiminnan alapuolisissa vesistöissä. Hanke jakautui kahden osaan, jossa ensimmäisessä osassa arvioitiin Kainuun ELY-keskuksen toimesta vesistöjen velvoitetarkkailuohjelmia ja toisessa osassa SYKE:n ja Helsingin yliopiston toimesta kahden erilaisen menetelmän soveltuvuutta ja eroavuutta kaivoskohteiden alapuolisten vesistöjen syvänteiden sedimenttien pohjaeläinten perusteella tehtävään ekologiseen luokitukseen. Hankkeen tarkoitus oli vastata kaivannaistoiminnan (kaivostoiminnan) tarkkailua koskeviin huoliin kokoamalla tietoa, tekemällä laaja tarkastelu tiedoista ja antamalla kehittämisehdotuksia.

Kainuun ELY-keskus tarkasteli vuonna 2014 metallimalmikaivosten tarkkailuohjelmien sisältöä vesipäästöjen osalta. Vuoden 2014 selvityksessä havaittiin eroja tarkkailuohjelmissa, ja lisätutkimustarpeina ehdotettiin mm. laajempaa tarkastelua vesistöjen velvoitetarkkailun muuttujien määrästä ja tarkkailutiheydestä. Lisäksi hankkeessa selvitettiin vesistötarkkailun vertailupaikkojen olemassaoloa ja niiden mainintaa sekä alapuolisten vesistöjen huomioinnista tarkkailuohjelmissa.

Vuonna 2020–2022 toteutetussa selvityksessä vesistöjen velvoitetarkkailujen tarkastelun lähtömateriaaleina käytettiin lupapäätöksiä, tarkkailuohjelmia ja niitä koskevia päätöksiä ja/tai viimeisimpiä vuositarkkailuraportteja. Tavoitteena oli saada ajankohtainen ja kattava tieto kaivostoiminnan velvoitetarkkailun nykytilasta, riittävydestä ja mahdollisista kehitystarpeista. Tässä selvityksessä keskityttiin keräämään siten tietoa vesistötarkkailuun sisältyvistä fysikaalis-kemiallisista ja biologisista tarkkailuista, niissä esitetyistä muuttujista ja

tarkkailutiheyksistä. Tulosten tarkastelua tehtiin samankaltaisille kaivostoiminnoille, jotka tässä hankkeessa jaettiin viiteen ryhmään: metallikaivokset, karbonaattikaivokset, teollisuusmineraalikaivokset, vuolukivilouhokset ja rikastamot.

Suomen ympäristökeskuksen ja Helsingin yliopiston tekemien tutkimuksien tavoitteena oli arvioida velvoitetarkkailussa standardikäytössä olevan Ekman-näytteenoton sekä samalta paikalta otetun sedimentin surviaissäskijäänteitä kartoittavan paleolimnologisen menetelmän eroja ja kykyä tunnistaa kuormituksen vaikutuksia kaivoskuormitteisissa järvissä. Suomessa järvisyvänteiden pohjaeläinyhteisöjä on käytetty laajasti järvien tilan seurannassa ja ihmisperäisen kuormituksen vaikutusten arvioinnissa. Tutkimuskohteina oli viisi järveä, Koirus, Nuasjärvi, Lentua, Kiantajärvi ja Pyhäjärven Pyhäselkä. Koirus, Nuasjärvi ja Pyhäjärven Pyhäselkä edustavat kaivoskuormitteisiä järviä. Lentua ja Kiantajärvi olivat vertailujärviä, joissa kuormitus aiheutuu lähinnä metsätalouden aiheuttamasta hajakuormituksesta. Lentualla, Kiantajärvellä ja Pyhäjärven Pyhäselällä arvioitiin lisäksi yhden syvännenäytteenottoaikaalta tehdyn tila-arvion edustavuutta suhteessa usean näytteenottoaikaan perusteella tehtyyn tila-arvioon samassa järvessä. Tämän takia kussakin tutkimuskohteessa otettiin näytteitä useasta syvänekohtasta. Näistä järvi-aitaissa on pohjaeläinperustainen ekologisen tilan luokittelu tehty aiemmin vain yhden näytepisteen perusteella.

Osahankkeiden tulokset ovat koottu tähän yhteisjulkaisuun. Alussa on esitetty hankkeen keskeisimmät havainnot ja kehittämistarpeet. Tarkemmin tuloksista ja niiden käsittelystä sekä menetelmistä on kerrottu kahden osaselvityksen osioissa luvuissa Kaivosten ja rikastamojen velvoitetarkkailujen vertailu (osaraportti A) sekä Pohjaeläinmenetelmien vertailu ja soveltumispotentiaali velvoitetarkkailussa (osaraportti B). Hanke on saanut rahoitusta ympäristöministeriöltä.

Tulokset

Kainuun ELY-keskuksen tekemässä selvityksessä havaittiin, että velvoitetarkkailuohjelmissa tarkkailtavien muuttujien lukumäärä ja tarkkailutiheydet vaihtelivat toiminnan aikana. Vesistötarkkailu on sitä laajempaa ja tiheämpää mitä suurempaa toiminta on, mutta samankaltaisten kaivostoimintojen (metallikaivokset, karbonaattikaivokset, teollisuusmineraalikaivokset, vuolukivilouhokset ja rikastamot) sisällä vesistötarkkailun velvoitetarkkailun eroavaisuudet ovat verrattain pieniä. Kaikissa tarkastelluissa luvissa on määrätty vesistö- ja/tai päästötarkkailusta. Vesistötarkkailussa louhinnan määrän lisäksi myös esimerkiksi louhittavan kiviaineksen mineralogia vaikutti muuttujien lukumäärään ja tarkkailutiheyteen. Vesistötarkkailun riittävyyden arviointi on aina osa lupaprosessia. Velvoitetarkkailua voidaan muuttaa esimerkiksi toiminnan tai ympäristön muutostilanteissa tai luvan päivityksen yhteydessä.

Suomen ympäristökeskuksen ja Helsingin yliopiston tekemässä selvityksessä havaittiin suuria eroavaisuuksia samoilta paikoilta otettujen sen het-

kistä elävää pohjaeläinyhteisöä kuvaavien Ekman-näytteiden sekä kuolleiden kaksisiipisten jäänteitä (surviais- ja sulkasääsket) kartoittavien paleolimnologisen näytteiden välillä. Näytteet poikkeavat varsin suuresti toisistaan niin lajikoostumukseltaan kuin lajistosta laskettujen indeksiarvojen perusteella. Tämän tutkimuksen tulosten mukaan paleolimnologinen järven tilan arviointi soveltuu parhaiten ilmentämään järven (pienet järvet) tai sen osan (suuret järvet) kokonaistilaa laajahkolla syvyysgradientilla. Sen sijaan Ekman-näytteenotto indikoi parhaiten alueellisesti syvänteiden tilaa ja täydentää siten muita EU:n vesipuitedirektiivin (VPD) mukaisessa järvien tilan arvioinnissa käytettyjä luokittelutekijöitä. Paleolimnologinen menetelmä soveltuisi täydentävänä menetelmänä mm. velvoitetarkkailukäyttöön erityisesti kohteissa, joissa tieto kuormittavaa toimintaa edeltävästä tilasta puuttuu tai toimintaa edeltävää biologista aineistoa on vähän tai ei lainkaan saatavilla.

Kehitystarpeet

Kainuun ELY-keskuksen selvityksen perusteella vesistötarkkailun riittävyyden ja soveltuvuuden arviointia tulisi jatkaa ottamalla huomioon kohteiden päästötiedot. Ilman päästötietoja kohteiden toiminnan vesistötarkkailun riittävyyden arviointi jää osittaiseksi. Tässä selvityksessä tutkittiin kaivosten ja rikastamojen toiminnan aikaista vesistötarkkailua, mutta hankkeessa tehdyssä kyselyssä tuotiin ilmi myös lopettamisen jälkeisten toimenpiteiden muutostarpeita; luvittaminen useammassa vaiheessa helpottaisi lopettamisen jälkeisten ympäristövaikutuksien huomioimista ympäristöluvuissa sekä sulkemissuunnitelmien hyväksymistä koskevien päätösten tekoa. Hyväksi käytännöksi havaittiin velvoitetarkkailun muutosten syiden kirjaaminen tarkkailuohjelmaan sekä kaikkien olemassa olevien tarkkailujen yhdistämistä samaan tarkkailuohjelmaan ja/tai vuosiraportointiin. Tämä palvelee niin viranomaisia, toiminnanharjoittajia kuin kansa-

laisiakin. Erilaiset rekisterit seurantaloksille sekä tietojen vieminen niihin mahdollisimman nopeasti ovat yksi keskeisistä kehitystarpeista, jotka ovat tulleet esille jo aiemmassa selvityshankkeessa.

Suomen ympäristökeskuksen ja Helsingin yliopiston tutkimuksessa havaittiin, että tiettyjen kuormitettujen suurten järvien osien tapauksessa rajaaminen omiksi pienemmiksi vesimuodostumikseen olisi puhtaasti vesien suojelun kannalta ajatellen edullista. Tämä toki todennäköisesti lisäisi jossain määrin ympäristön seurannan kustannuksia ja voisi vaatia suurempaa panostusta vesiensuojelu- ja kunnostustoimiin. Kuormitettujen vesistön osien rajaaminen omiksi erillisiksi vesimuodostumikseen voisi tiukentaa kuormittajan päästövaatimuksia ja aiheuttaa siten taloudellisia kustannuksia. Tämä edellyttäisi kuitenkin tarkkojen kriteerien laadintaa, siitä millaisissa tapauksissa tietty järvi tulisi rajata useammaksi vesimuodostumaksi.

Osaraportti A; Kaivosten ja rikastamoiden velvoitetarkkailujen vertailu

Kainuun ELY-keskuksen selvitykseen sisältyi Suomessa toiminnassa olevat 42 kaivosta ja kolme rikastamo. Tarkastelussa olevat kohteet jaettiin viiteen luokkaan helpottamaan tulosten vertailua. Nämä luokat ovat metalli-, karbonaatti- ja teollisuusmineraalikaivokset, vuolukivilouhokset sekä rikastamot. Tarkastelun ulkopuolelle jäivät käynnistys- tai suunnitteluvaiheessa sekä keskeytyksessä tai sulkemisvaiheessa olevat toiminnot muutamin poikkeuksin. Osa tarkastelluista kohteista oli tarkastelun aikana sulkemisvaiheessa (Luikonlahden rikastamo, Kylylahden kaivos) ja/tai seisokki-/uudelleenkäynnistymisvaiheessa (Laivakankaan kaivos).

Velvoitetarkkailu

Velvoitetarkkailussa toiminnanharjoittajat seuraavat toiminnan päästöjä sekä vaikutuksia ja sen avulla todennetaan toiminnasta aiheutuvien päästöjen luvanmukaisuus. Luvanvaraisen toiminnan tarkkailusta säädetään ympäristönsuojelulaissa (YSL 527/2014). Toiminnanharjoittajat toteuttavat luvanvaraisen toimintansa velvoitetarkkailua hyväksytyin tarkkailuohjelmansa mukaisesti. Tarkkailuohjelman voi hyväksyä aluehallintovirasto ja/tai ELY-keskus.

Tarkkailuohjelman eri osa-alueita ovat käyttö-, päästö- ja ympäristövaikutusten tarkkailu. Käyttötarkkailu on kiinteä osa päästötarkkailua. Se on usein toiminnanharjoittajan omaehtoista tarkkailua, jolla kerätään tietoa toiminnanharjoittajan omiin tarpeisiin. Käyttötarkkailusta voidaan kuitenkin määrätä myös ympäristöluvassa. Käyttötarkkailu voi sisältää esimerkiksi tuotannon seuraamista, kemikaalien kulutusta, jätteiden määrää, vesien puhdistusprosessien toimintaa ja muita tarkkailtavia kohteita tai tapahtumia, joilla voi olla vaikutusta päästöihin ja niiden vaikutuksiin. Virallisen päästötarkkailun toteuttaa toiminnanharjoittajan palkkaama konsultti. Päästötarkkailuun kuuluvat vesi-, ilma-, melu-, ja värinapäästöjen tarkkailu sekä jätteiden määrän ja laadun tarkkailu.

Ympäristövaikutusten tarkkailussa seurataan esimerkiksi pöly-, melu-, värinä-, haju-, pohjavesi-, pintavesi-, maaperävaikutuksia. Säännöllisen tarkkailun lisäksi voidaan tehdä myös erilaisia projektiluontoisia selvityksiä. Ympäristövaikutusten osalta tarkkailuohjelma sisältää muun ohella tarkkailtavat muuttujat, tarkkailupaikkojen sijainnit, näytteenotto- tiheydet ja määrityksiin käytettävät analysointimenetelmät. Tarkkailun laajuus ja kohteet määräytyvät toiminnan odotettujen ympäristövaikutusten perusteella ja sisältää toiminnasta riippuen erilaisia tarkkailtavia muuttujia. Ympäristövaikutusten tarkkailulla on tarkoitus selvittää, miten tarkkailtava toiminta vaikuttaa ympäristöönsä. Vesistöjen velvoitetarkkailu on ensiarvoisen tärkeää, sillä se tuottaa vähintäänkin puolet ympäristötilan tiedonhallintajärjestelmän pintavesien tila –osioon tallennettavasta tiedosta. Lisäksi se tuottaa myös suurimman osan vesibiologisista tiedoista sekä merkittävän osan pohjavesien tiedoista. Velvoitetarkkailu ei ole kuitenkaan valtakunnallisesti tasaisesti jakautunutta. (Ympäristön tilan seurannan strategia 2020, Ympäristöministeriön raportteja 23/2011)

Ympäristönsuojelulain 62–65 §:ssä säädetään luvanvaraisen toiminnan tarkkailusta. YSL 62 §:n mukaan toimintaa koskevassa ympäristöluvassa on annettava tarpeelliset määräykset päästöjen ja toiminnan tarkkailusta sekä toiminnan vaikutusten ja toiminnan lopettamisen jälkeisen ympäristön tilan tarkkailusta. Tämän lisäksi on määrättävä käytettävistä mittausmenetelmistä ja mittauksen tiheydestä sekä siitä, miten tulokset toimitetaan valvontaviranomaiselle. YSL 63 §:n mukaan luvanhaltijat voidaan määrätä yhdessä tarkkailemaan toimintojensa vaikutusta. Tätä kutsutaan yhteistarkkailuksi. YSL 64 §:ssä säädetään tarkkailusuunnitelman esittämisestä lupaviranomaisen, valvontaviranomaisen tai kalatalousviranomaisen hyväksyttäväksi. YSL 65 §:ssä säädetään siitä, miten hyväksytty tarkkailuohjelmaa voidaan tarvittaessa muuttaa.

Myös valtioneuvoston asetus (1022/2006) vesi- ympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista on huomioitava tarkkailua suunniteltaessa. Asetuksessa säädetään yksityiskohtaisista seuranta- ja tark-

kailumääräyksistä haitallisille ja vaarallisille aineille. Asetuksen soveltamisesta on ohjeistettu Ympäristöministeriön raportteja 19 | 2018 –julkaisussa “Vesiympäristölle vaarallisia ja haitallisia aineita koskevan lainsäädännön soveltaminen”.

Vesistöjen biologiseen seurantaan on julkaistu ympäristöhallinnon ohjeet “Jokien ja järvien biologinen seuranta – Näytteenotosta tiedon tallentamiseen” sekä “Virtavesien vesikasviseuranta”. Näitä ohjeita tulee noudattaa velvoitetarkkailussa, jotta tarkkailu olisi yhtenäistä. Ohjeet ovat saatavilla ymparisto.fi -sivustolla.

Tutkimuksen aineisto

Tässä selvityksessä keskityttiin ainoastaan toiminnassa olevien kaivostoimintojen ja rikastamojen vesistöjen vaikutustarkkailujen vertailuun. Selvitystä varten kerättiin tietoa vesistöjen vaikutustarkkailuun sisältyvistä fysikaalis-kemiallisista ja biologisista tarkkailuista, niissä esitetyistä muuttujista ja tarkkailutiheyksistä. Tarkkailuohjelmat, joista tietoa kerättiin, olivat joko kaivoskohtaisia tai yhteistarkkailuohjelmia. Yhteistarkkailussa useat luvanhaltijat yhdessä tarkkailevat toimintojensa vaikutusta.

Vesistötarkkailutiedot on koottu lupapäätöksistä, tarkkailuohjelmista ja niitä koskevista päätöksistä ja/tai viimeisimmistä vuositarkkailuraporteista. Kohteiden ja vesistötarkkailun osalta on kerätty tietoa sijainnista, alueen toiminnoista, malmin kivilajeista ja/tai kaivannaisjätteiden mineraaleista sekä pintavesityypeistä, vesistöistä ja niissä tarkkailtavista muuttujista, siltä osin kuin tietoa on ollut saatavissa. Tätä selvitystä varten on tehty kysely aluehallintoviranomaisille ja elinkeino-, liikenne-, ja ympäristökeskusten kaivosvalvontaan osallistuville viranomaisille. Lisäksi tietoa on kerätty Tukesis vuoriteollisuustilastoista (louhintamäärät) ja Suomen ympäristökeskuksen ja ELY-keskusten Vesikarttapalvelusta, jossa on esitetty luokiteltujen vesistöjen ekologinen ja kemiallinen tila sekä pintavesityypit. Käytetty aineisto on nähtävissä mm. liitteissä 1.1–1.45 esitetyissä lähdetiedoissa sekä kappaleissa ”Kohteet ja vesistöjen tarkkailu” ja ”Vesistötarkkailutulokset ja tulkinta”.

Kysely aluehallinto- sekä valvontaviranomaisille

Kuudelle aluehallintovirastolle (AVI) ja kymmenelle ELY-keskukselle lähetettiin Vepove-hankkeen aikana kysely, jonka tarkoituksena oli kartoittaa viranomaisten yhteistyötä tarkkailusuunnitelmaa määrittäessä sekä selvittää viranomaisten käytämiä ohjeistuksia tai muita huomioitavia seikkoja vesistöjen velvoitetarkkailusuunnitelmien hyväksymisprosesseissa. Kysely lähetettiin aluehallintovirastoille, jotka ovat tehneet kaivoksiin, louhoksiin tai rikastamoihin liittyviä lupapäätöksiä. ELY-keskuksista valittiin ne, joiden alueella on valvottavina kaivoksia, louhoksia, rikastamoita tai kalkkitehtaita. Viranomaisilta kysyttiin mm. mahdollisuuksista vaikuttaa tarkkailuohjelman sisältöön, tarkkailuohjelmien päivittämisestä sekä tarkkailuohjelmien ja vuosiraportoinnin laadusta.

Tehdyn kyselyn tuloksia tarkasteltaessa on otettu huomioon Pohjois-Karjalan ELY-keskuksen (Hentilä ym. 2016) tekemä kyselytutkimus pinta- ja pohjavesien vaikutustarkkailujen kehittämistä vuodelta 2016. Tuolloin tavoitteena oli kartoittaa ympäristölupiin ja vesilupiin kuuluvaa vesien vaikutustarkkailuun liittyviä ongelmia ja kehittämistarpeita. Kysely lähetettiin ELY-keskusten valvontaviranomaisille, AVI:en lupaviranomaisille, valtion tutkimuslaitoksille, eri alan toiminnanharjoittajille sekä velvoitetarkkailua toteuttaville yrityksille ja vesiensuojeluyhdistyksille.

Aiempi kyselytutkimus

Vuonna 2015 toteutettiin valtakunnallinen kysely, jolla selvitettiin vaikutustarkkailun toimivuutta kokonaisuutena (Hentilä ym. 2016). Kysely lähetettiin 3 453 vastaanottajalle, ja siihen vastasi 374 vastaajaa. Vastaajista 68 % oli toiminnanharjoittajia ja 8,5 % velvoitetarkkailua toteuttavia yrityksiä ja yhdistyksiä. Kaivosteollisuuden lisäksi toiminnanharjoittajat edustivat mm. turve-, metsä-, metalli- ja kemianteollisuutta sekä vesi- ja jätehuoltoyrityksiä. Yrityksiä ja yhdistyksiä olivat mm. konsulttitoimistot, jotka toteuttivat toiminnanharjoittajille määrättyjä vaikutustarkkailujen mittauksia ja raportointeja. Suurin osa vastaajista koki vaikutustarkkailun kuvaavan hyvin tarkkailtavan toiminnan vaikutuksia. Toiminnanharjoittajat ja velvoitetarkkailua toteuttavat yritykset ja yhdistykset olivat keskimäärin tyytyväisempiä vaikutustarkkailun toimivuuteen viran-

omaisiin verrattuna. Vaikutustarkkailusta saatava hyöty suhteessa tarkkailutavoitteisiin nähtiin kuitenkin lähes puolessa kaikista vastauksissa vain kohtalaiseksi.

Hyvän vaikutustarkkailun todettiin vastausten mukaan olevan tarkoituksenmukaista. Vaikutustarkkailun pitäisi perustua päästötarkkailuun sekä vesistön ja valuma-alueen ominaispiirteisiin. Tärkeimmäksi kehittämistoimenpiteeksi katsottiin tarkkailutuloksista tehtävät johtopäätökset ja niiden hyödyntäminen tarkkailun ja toiminnan kehittämisessä. Kritiikkiä vastauksissa annettiin mm. yleisistä, kaavamaisista ja ylimitoitetuista tarkkailuvelvoitteista ja tarkkailuohjelmien hankalasta muutettavuudesta. Useissa vastauksissa otettiin kantaa myös tarkkailupaikkojen puutteelliseen sijoitteluun tai toimimattomuuteen sekä taustatarkkailupaikkojen puutteeseen. Erityisesti toiminnanharjoittajat toivoivat viranomaisilta palautetta suoritetusta tarkkailusta. ELY-keskusten vastauksissa nousi esille viranomaisresurssien puute sekä toivomus tulosten nopeasta raportoinnista ja toimittamista tietojärjestelmiin.

Toiminnanharjoittajien vastauksissa 42 % ilmoitti vaikutustarkkailusuunnitelman sisältyvän aina lupahakemukseen. Valtaosalle tarkkailusuunnitelman laati konsultti tai muu asiantuntijataho, ja toiminnanharjoittaja osallistui suunnitelman tekoon tapauskohtaisesti. Yli puolet velvoitetarkkailua toteuttavista yrityksistä tai yhdistyksistä koki, että kustannukset vaikuttavat usein tarkkailuohjelmien sisältöön. Sitä vastoin toiminnanharjoittajista lähes puolet oli sitä mieltä, ettei arvioiduille kustannuksilla ole pääsääntöisesti vaikutusta tarkkailuohjelman sisältöön.

Tarkkailusuunnitelman sisällöstä 38 % toiminnanharjoittajista ja 56 % velvoitetarkkailua toteuttavista yrityksistä tai yhdistyksistä ilmoitti neuvotelleensa viranomaisen kanssa. Lupa- ja valvontaviranomaiset vastasivat käyvänsä tapauskohtaisesti tarkkailusuunnitelman sisällön läpi toiminnanharjoittajan kanssa.

Ennakkoselvityksiä sisältyy tarkkailusuunnitelmiin vastausten mukaan tapauskohtaisesti. Useimmiten ennakkoselvitys koskee uuden toiminnan aloittamiseen liittyviä vedenlaatumäärityksiä. Vastausten mukaan haitallisten ja vaarallisten aineiden huomioimisessa on vielä kehitettävää. Yleisimmin tarkkailusuunnitelmia muutettaessa ennen hyväksyntää muutokset koskevat tarkkailutiheyttä, analyysivalikoimaa sekä tarkkailupaikkoihin tehtyjä tar-

kennuksia ja lisäyksiä. Toiminnanharjoittajat sekä vaikutustarkkailuja toteuttavat yritykset ja yhdistykset, jotka toimivat useamman viranomaisen toimialueella, olivat havainneet alueellisia eroja tarkkailua koskevissa sisältövaatimuksissa.

Kyselyssä tiedusteltiin lupaviranomaisten, valvontaviranomaisten ja valtion tutkimuslaitosten edustajien mielipidettä toiminnanharjoittajien esittämien tarkkailusuunnitelmien kattavuudesta. Sisältöä pidettiin tyydyttävänä, lupaviranomaiset arvoivat suunnitelmat hieman heikommiksi kuin valvontaviranomaiset. Suunnitelmien toivottiin palvelevan kutakin toimialaa ja olevan lähestymistavaltaan ongelmakeskeisiä. Suunnitelmissa toivottiin myös otettavaksi huomioon tarkkailtavan alueen ominaispiirteet, ennakkotarkkailujen ja selvitysten järjestäminen sekä haitallisten aineiden riittävä vaikutusarvio. Lisäksi haluttiin selkeyttä ja perusteluja valittujen näytepaikkojen ja näytteenottotiheyden sekä menetelmien, näytteenoton kuvausten sekä määritysten käyttöön. Myös lainsäädännön muutokset sekä vesienhoidon tavoitteet tulisi huomioida. Suunnitelmissa tulisi kiinnittää huomiota myös tulosten tarkasteluun ja raportoinnin vaatimuksiin.

Viranomaisten työnjako olisi yksi kyselyssä selvitettävistä asioista. Vastausten perusteella vaikutustarkkailusuunnitelman hyväksyy yleensä valvontaviranomainen. Kolmannes vastaajista tunnisti viranomaisten (AVI/ELY) työnjaossa päällekkäisyyksiä tai tarvetta menettelytapojen yhtenäistämiseen.

Tarkkailuraporttien kehittämistarpeina nähtiin tulosten perusteellisempaa analysointia sekä selkeitä johtopäätöksiä. Raporttien tulisi palvella myös yleistä tiedottamista, joten esimerkiksi selkeät tiivistelmät olisivat tarpeellisia. Noin puolet vastanneista ilmoitti tarkkailuraporttien olevan ainakin osittain julkisesti saatavilla.

Lupaviranomaisten vastaukset

Kainuun ELY-keskuksen osahankkeen kyselyyn saatiin aluehallintovirastoista (AVI) viisi vastausta. Kaivoksiin ja rikastamoihin liittyvien lupien määrässä oli aluehallintovirastojen kesken suurta vaihtelua. Yhdessä vastauksessa arvio oli yhdestä kolmeen, kun eniten päätöksiä käsitelleen AVI:n arvio oli 20 lupapäätöstä vuodessa.

Tarkkailuohjelman sisällöstä määrätään luvassa, mutta hyväksyntä ja täydentäminen jätetään yleensä valvovalle viranomaiselle. Tarkkailuohjelmaa

sekä yleisesti käyttö-, päästö- ja vaikutustarkkailuihin liittyvissä asioissa voidaan tarvittaessa käydä neuvotteluja ja keskusteluja valvovan viranomaisen kanssa. Myös toiminnanharjoittajan kanssa voidaan käydä neuvotteluja ja keskusteluja lupakäsittelyn aikana. Esimerkiksi täydennyspyyntö käydään hakijan kanssa läpi ja samassa yhteydessä käsiteltäviä asioita ovat myös tarkkailuasiasiat. Tarkkailuohjelman yksityiskohdista keskustellaan kuitenkin harvoin.

Tarkkailusuunnitelmaa hyväksyessä lupaviranomainen ottaa huomioon toiminnan sijainnin, esimerkiksi purkuvesistön ja sen ominaisuudet. Lisäksi sovelletaan erilaisia toimialakohtaisia olemassa olevia säädöksiä (esim. BAT-vaihteluvälit), vesiympäristölle vaarallisten ja haitallisten aineita koskevaa lainsäädäntöä ja huomioidaan pintavesien tilan luokittelun ja arviointiperusteet vesienhoidon kolmannella kaudella. Vesistöjen tilatavoitteet otetaan huomioon päätöksissä, ne nähtiin keskeisenä osana myöntämisen edellytysten tarkastelussa. Laajempaan yhteistarkkailuun osallistumista toiminnanharjoittajia määrättiin harvoin tai vain joissakin tapauksissa. Syynä tähän oli, että kaivokset sijaitsevat usein syrjässä, erillään muista toimijoista ja kuormittajista.

Lupaviranomaiset olivat yhtä mieltä siitä, että lainsäädäntö antaa riittävät mahdollisuudet kattavan tarkkailun määräämiseen. Tarkkailupäätöksen tekeminen riippuu myös hakemuksesta. Hakemuksissa olevien tarkkailusuunnitelmien sisältöä kuvattiin vaihtelevaksi, suunnitelmissa saattaa olla paljon korjattavaa, mutta on myös hakemuksia, joihin tarvitsee tehdä vain muutamia korjauksia. Usein hakemusta on täydennettävä tarkkailun osalta, yleisimmät puutteet ovat tarkkailun ajallinen alueellinen kattavuus sekä tarkkailtavat muuttajat. Varsinkin uudelle toiminnalle lupaa haettaessa tai kun on kysymyksessä toiminnan olennaista muuttamista koskeva hakemus, saattavat käyttö-, päästö- ja tarkkailusuunnitelmat olla aika yleispiirteisiä. Ratkaisuvaiheessa ei välttämättä pystytä antamaan tarkkailusta määräyksiä, jolloin asia on delegoitava valvontaviranomaisen tehtäväksi. Joissakin tapauksissa purkuvesistön tilasta on olemassa jo ennakkoon runsaasti tietoa, jolloin tarvittavat muutokset ovat pieniä ja tarkkailusuunnitelma voidaan hyväksyä osana luparatkaisua.

Yhdessä vastauksessa tuli ilmi, että lupaviranomaisen tulkinnan mukaan vesistöjen tarkkailu kuuluu ELY-keskuksille. ELY-keskuksen lausunnon

katsottiin olevan keskeinen lupahakemusten sisältämien käyttö-, päästö- ja vaikutustarkkailusuunnitelmien arvioinnissa. Usein yksityiskohtainen tarkkailusuunnitelma määrätään ELY-keskuksen hyväksyttäväksi. ELY-keskusten päätöksestä on mahdollista tehdä oikaisuvaatimus lupaviranomaiselle.

Vastauksissa arvioitiin, että luvan käsittelyä nopeuttaisi se, jos luvan hakijalla olisi toiminnalle hyväksyntä kansan keskuudessa ennen luvan hakemista. Myös toiminnanharjoittajien tiedottamisen todettiin kaipaavan kehittämistä. Lupaviranomaisen vastauksissa tuotiin esille, että kaivos- ja rikastamotoimintoihin liittyvät luvat ovat laajoja ja monimutkaisia kokonaisuuksia, joissa ympäristöriskit ja -vaikutukset ovat usein hyvin pitkäaikaisia. Lopettamisen jälkeisten ympäristövaikutuksien huomiointi ympäristöluvuissa ja sulkemissuunnitelmien hyväksymistä koskevissa päätöksissä helpottuisi, mikäli lopettamisen jälkeisten toimenpiteiden lupaprosessi voisi tapahtua useammassa vaiheessa.

Valvontaviranomaisten vastaukset

ELY-keskuksista saatiin kyselyyn 11 vastausta. Vastausten perusteella kaivosten, louhosten ja rikastamoiden tarkkailusuunnitelmien hyväksyminen sekä toiminnan valvominen työllistää ELY-keskuksissa monen alan asiantuntijoita, mm. biologeja, vesistö-, kala-, pohjavesi- sekä luonnonsuojelun asiantuntijoita.

Aluehallintovirasto (AVI) antaa määräykset tarkkailulle lupapäätöksessään. Usein tarkkailusuunnitelman hyväksyy ELY-keskus. Valvontaviranomaisen kuuluu varmistaa, että tarkkailusuunnitelma täyttää kattavuudeltaan ja laadultaan ympäristöluvassa ja ympäristönsuojelulaissa asetetut vaatimukset. Lisäksi kohteeseen saatetaan asettaa vesilain mukaisia tarkkailuvelvoitteita. Toiminnanharjoittaja voidaan velvoittamaan osallistumaan lisäksi yhteistarkkailuun, mikäli samalla alueella on useita toimijoita. Valvontaviranomaisen (ELY) tarkkailusuunnitelman hyväksymistä koskevaan päätökseen voidaan hakea oikaisua aluehallintovirastosta.

Hyväksyttäväksi toimitettujen tarkkailusuunnitelmien sisältöä kuvattiin yleensä ottaen hyväksi. Tarkkailusuunnitelmia arvioidessa ja hyväksyessä valvontaviranomainen käyttää monenlaista lähde-materiaalia, esille nousivat mm. vesiympäristölle vaarallisia ja haitallisia aineita koskevan tarkkailun

opas, ympäristöministeriön valvontaopas, vesien biologisten seurantamenetelmien ohjeet, ohje vesienhoitoalueen seurannan laatimiseksi, jokien ja järvien vedenlaadun vertailuolujen ja pitkäaikaismuutosten seuranta sekä jokien ja järvien biologinen seuranta – näytteenotosta tiedon tallentamiseen. Lisäksi otetaan huomioon lainsäädäntö, erilaiset standardit sekä saatetaan huomioida myös kansainvälisiä lähteitä.

ELY-keskusten valvojilla on vastausten mukaan riittävät mahdollisuudet tarkkailupaikkojen sijoittamisen ohjaukseen. Valvojien vastausten perusteella keskusteluja toiminnanharjoittajan kanssa tarkkailupaikkojen sijoittelusta voidaan käydä jo ennen suunnitelman esittämistä, luonnosvaiheessa tai päätöstä muutettaessa. AVI:n lupapäätöksessä esitetään tarkkailun laajuus yhtiön esityksen sekä viranomaisten lausuntojen perusteella. ELY-keskus voi perustellusta syystä vaihtaa tarkkailupaikkojen sijaintia.

Tarkkailussa määritetään usein vaikutusalueen ulkopuolinen tarkkailupaikka. Taustatarkkailupaikkojen määrä voisi kaivosvalvojen mielestä olla suurempikin kuin nykyisin. Osa valvojista oli sitä mieltä, että taustatarkkailupaikkoja on riittävästi nykyiselläänkin. Vaikeutena taustatarkkailupaikkojen määrittämiselle mainittiin, että paikoitellen taustatarkkailupaikan löytäminen voi olla haasteellista tai jopa mahdotonta. Niissä tapauksissa riittävän pitkä seuranta ennen toiminnan aloittamista olisi oleellista. Yhdessä vastauksessa todettiin, että yksi taustatarkkailupaikka on riittävä. Yleinen vesistöjen tilan seuranta ei voi olla vastaajan mukaan perusteena tarkkailun määräämiseen, se on ympäristöhallinnon, ei kaivostoimijoiden tehtävä. Mikäli kaivostoimijoita veloitetaan laajaan vaikutusalueen ulkopuoliseen seurantaan, pitäisi sitä vastaajan mukaan soveltaa kaikkiin muihinkin toimijoihin (esim. kalanviljelylaitokset, jätevesienpuhdistuslaitokset, maanviljely).

Tarkkailuohjelmien päivitystarpeeksi esitettiin kaksi pääsyytä; luvan päivitys sekä toiminnan muutostilanteet tai uusi tieto alueelta. Usein toiminnan alkuvaiheessa tarkkailu on kattavampaa. Toiminnan vakiintuessa voidaan tarkkailuohjelmaa usein keventää. Häiriö- tai onnettomuustilanteet tai esimerkiksi odottamattomat muutokset vesistöissä aiheuttavat tarkkailun laajentamista ja/tai tihentämistä. Muilta tutkimuslaitoksilta saatetaan saada uutta tietoa alueesta tai toiminta-alueelta voidaan löytää uusi eliö- tai kasvilaji. Toiminnan muuttumi-

nen voi olla myös alueen rakentamista, prosessien tai käytettävien kemikaalien muuttumista. Myös erilaiset säädösmuutokset sekä analyysimenetelmien kehittyminen aiheuttavat tarkkailuohjelman päivitystarpeita. Osa vastaajista oli sitä mieltä, ettei päivitystarpeita ole usein, kun taas osa katsoi, että päivitystarpeita on jopa muutaman vuoden välein.

Vesistö tarkkailun vuosiraportoinnin osalta suurin osa vastaajista oli kokenut ongelmia raportoinnin laadussa ja/tai toimitusaikatauluissa. Raportointi tulee pitkällä viiveellä, vuoden raportointi saatetaan toimittaa vasta loppuvuodesta. Analyysituloksissa on ollut virheellisyyksiä tai puutteita, eikä tuloksia välttämättä tallenneta rekistereihin. Näytteitä on saatettu ottaa yleisistä hyväksytyistä menetelmistä poiketen tai näytteenotto paikka on voinut olla virheellinen. Pahimmassa tapauksessa analyysi-ongelmat ovat johtaneet vuoden tuloksien hylkäämiseen. Useissa vastauksissa tärkeimpänä ongelmana mainitaan, ettei vuosiraportissa esitettyjä tuloksia ja niiden merkitystä analysoida mitenkään. Raporteissa ei useinkaan tuoda esille näytteenottoon tai näytteisiin liittyviä ongelmia, vaan valvojien on itse käytävä läpi tulokset. Raporteissa ei myöskään käydä läpi mitä tulokset tarkoittavat vesistön kannalta tai mistä mahdolliset muutokset johtuvat. Tulosten tulkinnassa korostuu myös raportin alue-tuntemus ja asiantuntijuus, joiden puute voi johtaa tulosten virheellisiin tulkintoihin ja erikoisiin johtopäätöksiin. Konsulttien vaihtuessa veloitettarkkailun aikasarjat katkeavat, pitkän ajan seurannan puuttuessa myös muutosten havainnointi hankaloituu.

Kohteet ja vesistöjen tarkkailu

Selvitykseen kerätyt yleiset kaivoskohteiden tiedot on kerätty ympäristölupapäätöksistä ja vesistö tarkkailua koskevat tiedot on koostettu tarkkailuohjelmista sekä veloitettarkkailujen vuosiraporteista. Tavoitteena on ollut koostaa mahdollisimman laajasti ja kattavasti tietoa kaivostoiminnan vesistö tarkkailuista sekä niiden yhteneväisyyksistä ja eroista. Seuraaviin kappaleisiin on koottu tietoa kaivoksien, rikastamoiden ja louhoksien vesistön veloitettarkkailuista. Tarkastelun painopiste on vesistön tarkkailtavissa muuttujissa, niiden lukumäärässä, tarkkailutiheydessä ja tarkkailupaikkojen lukumäärässä huomioiden myös olemassa olevat vertailupaikat ja yhteistarkkailut.

Vesistöjen velvoitetarkkailuun sisältyy muun muassa vesistöjen ja sedimenttien fysikaalis-kemiallinen tarkkailu sekä biologinen tarkkailu. Biologisia tarkkailuja ovat muun muassa a-klorofyllin, pohjaeläinten, piilevien, kasviplanktonin, vesisammalten ja kalojen tarkkailu. Tässä selvityksessä kalojen tarkkailun osalta on keskitytty ainoastaan kalojen kemiallisten muuttujien tarkkailuun. Kaivostoinnalle määrättyyn velvoitetarkkailuun voi edellä mainittujen lisäksi sisältyä myös vesistöalueiden kalastuskirjanpitoa, kalastustiedusteluita, sähkökoekalastusta sekä kalastoon liittyviä muita tarkkailtavia toimenpiteitä, kuten poikasistutuksia.

Alla olevien kohdekohtaisten tietojen lisäksi vesistöjen tarkkailutietoja on kerätty liitteille 1.1–1.45. Tietojen koonti on keskittynyt toiminnanaikaisen velvoitetarkkailun vesistötarkkailuun. Tiedon koonnissa on tehty rajauksia. Muun muassa jatkuva-toimisten mittausasemien määritykset on jätetty pois liitteisiin 1.1–1.45 kootuista tiedoista ja siten tuloksien vertailusta. Liitteisiin on kuitenkin kirjattu maastossa näytteenoton yhteydessä tehdyt veden fysikaalis-kemiallisten muuttujien määritykset ja tulosten käsittelyssä nämä on huomioitu tarkasteltaessa muuttujien lukumäärää. Näitä muuttujia ovat mm. veden happamuus (pH), lämpötila, sähkönjohtavuus, hapetuspelkistyspotentiaali (redox/orp) ja happipitoisuus. Liitteissä esitettyjä tietoja on tarkemmin käsitelty kappaleissa Tulokset ja johtopäätelmät.

Metallimalmikaivokset

Jokisivu, Huittinen

Yleistä alueesta

Jokisivun kaivos sijaitsee Huittisten kaupungissa, Loiman kylässä, noin seitsemän kilometrin päässä keskustasta. Louhinta alkoi Kujankallion ja Arpolan avolouhoksissa vuonna 2009. Nykyisin louhitaan maanalaisesta kaivoksesta. Kaivosalueella on sivukivialueita ja vesien selkeytysaltaita. Malmi on sulfidimalmia ja hyödynnettävä mineraali on kulta. Sivukivi on mahdollisesti happoa tuottavaa ja sulfidipitoisin kiviaines sijoitetaan takaisin maan alle louhostäytteeksi. Aiemmin sivukivimursketta on myyty ulkopuolisille, mutta nykyään kiven arseeni- ja rikkipitoisuudet rajoittavat kiviaineksen hyötykäyttöä. (Lupapäätös nro 51/2021)

Vesistö ja vesistötarkkailu

Kaivoksen kuivanapitovedet johdetaan selkeytysaltailta Paukkionjoaan (valuma-alue 35.919), josta vedet virtaavat Loimijokeen (alajoen vesistöalue 35.91) ja edelleen Kokemäenjokeen. Loimijoen ravinnetaso on ominainen erittäin reheville vesille, ja se on voimakkaasti muutettu. Muita Loimijoen pistemäisiä fosforikuormittajia ovat mm. Forssan ja Huittisten kaupunkien jätevedenpuhdistamot sekä teollinen toiminta, kuten Jokioisilla sijaitseva entsyymitehdas. Loimijoen merkittävin typpi- ja fosforikuormitus tulee hajakuormituksesta (KVVY Tutkimus Oy 2021b), jonka lähteitä ovat mm. peltoviljely, karjatalous, metsätalous ja haja-asutus (KVVY Tutkimus Oy 2020a).

Jokisivun kaivoksen toiminnalla on Etelä-Suomen aluehallintoviraston ympäristölupa nro 58/2010/1, jota on muutettu Etelä-Suomen aluehallintoviraston päätöksillä nro 162/2016/1 ja nro 51/2021. Viimeisimmässä ympäristölupapäätöksessä on tarkennettuja määräyksiä tarkkailusta. Varsinais-Suomen ELY-keskus on hyväksynyt kaivoksen tarkkailusuunnitelman 16.6.2011. Tarkkailuohjelmaa on päivitetty useamman kerran mm. näytepaikan muutoksella edustavamman näytteen saamiseksi (KVVY Tutkimus Oy 2020a). Vuoden 2021 huhtikuussa tehdyssä päivityksessä on otettu huomioon ympäristöluvan (51/2021) määräykset ja se sisältää mm. ehdon, että ”mikäli nikkelin, kadmiumin tai lyijyn pitoisuudet Paukkionjoassa ylittävät niille asetetut ympäristölaatumit (VNa 1022/2006), tulee niitä jatkossa tarkkailla myös Loimijoessa”. Kaivosyhtiö on osallistunut vuodesta 2019 alkaen Loimijoen yhteistarkkailuun, joka on aloitettu vuonna 1974 (KVVY Tutkimus Oy 2020). Tarkkailutiedot ovat nähtävissä liitteessä 1.1 ja alla olevissa kappaleissa on tarkennettu tietoja.

Jokisivun kaivoksen omaa vesistötarkkailua tehdään viidestä paikasta, joista yksi sijaitsee sivukivialueen suotovesiojassa, kolme Paukkionjoassa ja yksi Mansikkahuhdanojassa (karttaliite 2.1). Tarkkailussa määritetään vedenlaatua ja arvioidaan virtaamaa. Paukkionjoan yläpuolinen paikka on kaivostoiminnan vesistövaikutusten vertailupaikka. Tarkkailua tehdään neljä kertaa vuodessa ja tarkkailtavat muuttujat ovat esitetty liitteessä 1.1. Poikkeuksena on, ettei sivukivialueen suotovesiojasta määritetä hapen pitoisuutta (mg/l) ja kyllästysastetta (%). (KVVY 2017, KVVY Tutkimus Oy 2021b). Paukkionjoaan (O3a-piste) on vuonna 2019 lisätty tarkkailtavaksi biosaatavan nikkelin ja lyijyn pitoisuudet.

Tarkkailuohjelmassa ei biosaatavuuden osalta ole selitetty tarkemmin määritystapaa. Tämän lisäksi kaivosyhtiö osallistuu Loimijoen yhteistarkkailuun, jossa 15:stä Loimijoen tarkkailuasemasta kahdessa (L14 ja L15) tarkkaillaan kaivostoiminnan vesistövaikutusta. Näistä kahdesta tarkkailuasemasta Loimijoessa L14 on kaivostoiminnan yläpuolinen ja L15 alapuolinen paikka. (KVVY Tutkimus Oy 2020). ELY-keskus hyväksyi Loimijoen vedenlaadun yhteistarkkailuun lisättäväksi haitallisten aineiden tarkkailun osalta ftalaattien ja pestisidien tarkkailun seitsemästi vuodessa neljältä tarkkailuasemalta ja yhdeltä vertailuasemalta. Yksikään em. asemista ei ole kaivostoiminnan yhteistarkkailupaikka (KVVY Tutkimus Oy 2020).

Veden laadun lisäksi yhteistarkkailussa seurataan biologisia muuttujia sekä sedimentin ja kalojen metallipitoisuuksia. Biologisia muuttujia ovat a-klorofylli, pohjaeläimet ja piilevät. A-klorofylli määritetään vuosittain viideltä yhteistarkkailuasemalta, joista yksi on kaivoksen alapuolinen tarkkailupaikka L15. Pohjaeläinten, piilevien, sedimentin ja ahventen seuranta on kolmen vuoden välein. Pohjaeläintarkkailua tehdään myös Loimijoen sivujoissa, mutta liitteessä 1.1 on otettu huomioon ainoastaan Loimijoen tarkkailu. Pohjaeläinten seuranta tehdään sekä suvia- (mm. rantavyöhykkeillä) että koskiasemilla. Näytteenottoympäristö vaikuttaa näytteenotto- ja määritysmenetelmiin. Pohjaeläinaineistoista lasetaan mm. yksilömäärä, pohjaeläinyhteisöjen rakennetta kuvaava taksoniluku, pohjaeläimistön tiheys ja biomassa sekä tiettyjen harvasukasmatojen ja surviaissääsken toukkien suhteelliseen runsauteen perustuva River-index (RI). Ekologisen tilan luokittelua varten lasketaan tyyppiominaisten taksonien esiintyminen (TT) ja prosenttinen mallinkaltaisuus (PMA). Piileväseurannalla täydennetään veden laadun seurannan tuloksista arvioitua vaikutusta vesistöä kuormittavien tekijöiden, kuten orgaanisten aineiden ja ravinteiden suhteen, etenkin pidemmällä aikavälillä. Piileväyhteisön tilaa arvioidaan mm. piileväindeksien ja ekologisten luokittelumenetelmien avulla. Sedimentin elohopea-, kadmium-, kromi-, kupari- ja sinkkipitoisuuksia on verrattu ns. luonnontasoon sekä kromin osalta ympäristöministeriön ruoppaus- ja läjitysohjeeseen vuodelta 2014. Vuonna 2017 yhteistarkkailuun lisättiin ahventen elohopeamääritys yhteistarkkailuohjelman päivityksen yhteydessä. Tulokset tallennetaan ympäristöhallinnon kertymärekisteriin (KERTY) ja niitä voidaan hyödyntää pintaveden kemiallisen tilan luokittelussa. (KVVY 2017).

Kaapelinkulma, Valkeakoski

Yleistä alueesta

Kaapelinkulman kaivos sijaitsee noin neljän kilometrin päässä Valkeakosken keskustasta. Louhinta tapahtuu avolouhoksessa, ja alueella sijaitsee lisäksi mm. malmilouheen varastokenttä, kaivannaisjätteen jätealue, louhoksen kuivatusvesien ja hulevesien selkeytysaltaat, toimisto- ja sosiaalitalat, polttoainesäiliö ja polttoaineen tankkauspiste. Kaapelinkulman malmiesiintymässä, kvartsijuonten yhteydessä, tavataan pääosin metallista kultaa ja sulfidimineraaleja. Louhosalueen kallioperässä ei ole havaittu happoa muodostavia sulfidimineraaleja tai arseenia. Sivukiven arseenin pitoisuudet ovat maaperän taustapitoisuuden tasolla ja kokonaisrikipitoisuus on 0,1 % tai sen alle. Sivukiveä hyödynnetään alueella sekä toimitetaan hyödynnettäväksi mm. kalliomurskeen raaka-aineena tierakentamisessa. (Lupapäätös nro 175/2015/1)

Vesistö ja vesistö tarkkailu

Kaapelinkulman kaivosalue sijaitsee Vanajaveden-Pyhäjärven valuma-alueella (35.2) ja tarkemmin Jumusen-Rauttuselän alueella (35.222). Kaivosalueen pintavedet kulkevat Sammalojan kautta Haavanojaan, josta ne virtaavat edelleen Vallonjärveen. Vanajajärvi on yhteydessä Vallonjojan kautta Vanajaveteen. Sammalojaa ja Haavanojaa kuormittaa maatalous. Vanajaveden tilaa heikentää erityisesti teollisuuden jätevesien kuormitus. UPM Kymmenen Oyj:n Tervasaaren sellutehdas ja Valkeakosken Kuitu Finland Oy toiminnan loppuminen vuonna 2008 on parantanut veden laatua jonkin verran. (Lupapäätös nro 175/2015/1)

Kaapelinkulman kaivoksen tarkkailuohjelma on päivitetty vastaamaan aluehallintoviraston päätöksen (175/2015/1) lupamääräysten tarkistamisen vaatimuksia. Kaivoksen tarkkailuohjelma (KVVY 2015) sisältää käyttö- ja kuormitustarkkailun lisäksi vesistö-, sedimentti- ja talousvesikaivojen tarkkailun. Biologisia tarkkailuja ei ole ohjelmassa erikseen mainittu. Osa vesistö tarkkailupaikoista on esitetty karttaliitteessä 2.2 ja kootut tarkkailutiedot liitteessä 1.2. Kaivoksen toiminta on loppunut vuoden 2021 huhtikuussa ja sinne on laadittu erillinen jälkitarkkailuohjelma (KVVY 2021c), jota ei käsitellä tässä selvityksessä tarkemmin.

Tarkkailuohjelman mukaan pintavesinäytteiden veden laatu määritetään kolmesta ojapaikasta neljästi vuodessa sekä Vallonjärvestä kaksi kertaa ennen toiminnan aloittamista sekä ojanäytteiden tulosten perusteella tarpeen mukaan useammin (KVVY 2015). Vuoden 2020 kaivoksen pinta- ja pohjavesitarkkailun vuosiyhteenveto -raportissa pintavesien tutkimuspaikkoja on yhteensä seitsemän kappaletta, joista kolme on kaivoksen kuormituksen alapuolisia ojapaikkoja, kaksi kuormituksen ulkopuolisia ojapaikkoja, yksi paikka on läheisen kiinteistön pihalla sijaitseva lampi ja yksi paikka on Vallonjärvestä (KVVY Tutkimus Oy 2021c). Veden laatua tarkkaillaan neljä kertaa vuodessa, lukuun ottamatta Vallonjärveä, jonka veden laatua tarkkaillaan kerran vuodessa (KVVY Tutkimus Oy 2021c). Lisäksi tarkkailuohjelmassa on mainittu uraanipitoisuuksien määrittäminen kaksi kertaa ennen toiminnan aloittamista ja jatkossa tarpeen mukaan (KVVY 2015). Uraanin liukoiset ja kokonaispitoisuudet on määritetty kaikista seitsemästä havaintopaikasta vuodesta 2018 alkaen (KVVY Tutkimus Oy 2021c). Tarkkailuohjelmassa mainitaan, että pintavesien tarkkailussa noudatetaan valtioneuvoston asetusta vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista (1022/2006) ja sen muuttamisesta annetun asetuksen (868/2010) liitteessä 3 esitetyjä vaatimuksia. Mikäli metallipitoisuudet ojavesissä ylittävät asetuksessa määritellyt ympäristölaatu-normit (AA-EQS), laajennetaan tutkimukset kyseessä olevien havaintopaikkojen ja analyysien osalta tehtäväksi 12 kertaa vuodessa. (KVVY 2015) Vesistö-tarkkailussa ei ole määritetty elohopean pitoisuutta mistään vesistönäytteestä. Sedimenttitarkkailusta on puolestaan tarkkailuohjelmassa maininta, että näytteet otetaan ennen toiminnan aloittamista sekä joka kolmas vuosi Haavanojasta ja Vallonjärvestä. Vuonna 2017 toteutetun ennakkotarkkailun jälkeen, sedimenttinäytteet on otettu elokuussa 2021. Tuolloin sedimenttinäytteet otettiin tarkkailuohjelmassa (2015) esitetyistä ojahavaintopaikoista (Sammaloja, Haavanoja ja Vallonoja) sekä Vallonjärven syvimältä alueelta.

Kemin kaivos, Keminmaa

Yleistä alueesta

Kemin kaivos sijaitsee Keminmaan kunnassa, noin 7,5 kilometrin päässä Keminmaan sekä naapurikunnan Kemin kaupungin keskustasta. Louhinta aloitettiin 1960-luvulla avolouhoksessa ja se on

siirtynyt kokonaan maanalaiseen kaivokseen vuonna 2006. Louhosten lisäksi alueella sijaitsee mm. rikastamo, kaivannaisjätteen jätealueet, vesienkäsittelyaltaat ja lämpökeskus. Kaivannaisjätteiksi luokiteltavia jätteitä ovat sivukivi, palakivi ja rikastushiekka. Louhittava malmi on kromiittia (oksidimneraali), jonka reaktiokyky hapen ja veden kanssa on alhaisempi kuin sulfidimalmien. Metallien, kuten nikkelin, liukoisuus rikastushiekasta on vähäistä. Sivukivi ja palakivi sisältävät samoja mineraaleja kuin rikastushiekka, pääasialliset haitta-aineet ovat kromi ja nikkeli. Sivukiven rautasulfidipitoisuus on pieni ja keskimääräinen rikkipitoisuus on 0,04 %. Sivukivilouhetta on myyty kaivoksen ulkopuolelle, maanrakennushankkeisiin. (Lupapäätös nro 125/10/1)

Vesistö ja vesistötarkkailu

Kemin kaivos sijaitsee Iso-Ruonoajan vesistöalueella (84.059). Ruonoaja laskee edelleen Hepolahteen, josta on yhteys Perämereen. Kemin kaivoksen lisäksi Iso-Ruonoajan valuma-alueella vesistöä kuormittavat toiminnassa olevat maa-aineksen ottopaikat. Muita lähialueella sijaitsevia kuormittavia toimintoja ovat kiviaineslouhokset, läheisten taajamien (Keminmaa, Kemi) toiminnot ja liikenne, Kemi-Tornion lentokenttä sekä Kemin teollisuus. (Lupapäätös nro 125/10/1)

Kemin kaivokselle on myönnetty ympäristö- ja vesitalouslupa vuonna 2010 (Nro 125/10/1). Päätöksessä on määrätty tarkkailusta hakemuksessa esitetyllä tavalla huomioiden päätöksen 125/10/1 liite 2. Tämän lisäksi Nuottijärvi-Surmaoan avolouhoksen tyhjentämiselle ja vesien johtamiselle Iso-Ruonoajaan on myönnetty ympäristölupa (23/2014/1) vuonna 2013, minkä mukaisesti tarkkailuohjelmaa on päivitetty ja täydennetty vuonna 2014. Viimeisin tarkkailuohjelman päivitys on tehty Lapin ELY-keskuksen edellyttämien muutosten mukaisesti 7.7.2017. (Outokumpu Chrome Oy 2017)

Päivitetty tarkkailuohjelma sisältää käyttö-, päästö- ja vaikutustarkkailun. Vaikutustarkkailuun sisältyy pinta- ja pohjavesien, melun ja tärinän tarkkailu. Tarkkailuohjelmassa pintavesitarkkailun näytteenottopaikkoja on kahdeksan ja niihin sisältyvät myös näytteenottopaikat selkeytysaltaassa, avolouhoksessa ja tasausaltaan suotovesikaivossa. Kaivosalueen näytteenottopaikat on rajattu pois tässä tarkastelussa. Vesistötarkkailupisteinä on huomioitu neljä havaintopaikkaa, jotka on mainittu

kaivosalueen ulkopuolisina pintaveden tarkkailupaikkoina vuosiraportissa 2021. Näytteenottoapaikat ovat nähtävissä karttaliitteessä 2.3. Tarkkailuohjelmassa mainitaan myös, ettei vesistön biologisten tekijöiden suhteen Iso-Ruonaojaan johdettavalla louhosvedellä arvioida olevan haitallisia vaikutuksia. (Outokumpu Chrome Oy 2017)

Vuoden 2020 velvoitetarkkailuraportissa mainitaan, että vesistötarkkailunäytteet on otettu neljäs-tä havaintopaikasta: kaivoksen yläpuolelta Kirvesojasta ja kaivoksen alapuolelta Iso-Ruonaojasta kuukausittain, Iso-Ruonaojan alaosalta yhdeksän kertaa vuodessa ja Hepolahdelta neljä kertaa vuodessa. Kaikki muuttujat analysoidaan kaikista näytteistä jokaisella näytteenotokerralla. Poikkeuksena ovat nikkelin, kromin ja sinkin määritykset, jotka tehdään neljä kertaa vuodessa vain tammi-, huhti-, heinä- ja elokuun näytteistä. (Outokumpu Chrome Oy 2017) Lisäksi Kirvesjärvessä tarkkaillaan pelkästään vedenpinnan korkeutta avovesiaikaan ker-ran kuukaudessa ja kaksi kertaa talviaikana (Outokumpu Chrome Oy 2017, AFRY Finland Oy 2021). Biosaatavan nikkelin pitoisuutta on määritetty laskennallisesti (AFRY Finland Oy 2021). Kootut tiedot tarkkailusta on nähtävissä liitteessä 1.3.

Kevitsa, Sodankylä

Yleistä alueesta

Kevitsan kaivos sijaitsee Sodankylän kunnassa, noin 35 kilometriä kunnan keskustasta. Kaivoksen rakentaminen aloitettiin vuonna 2010 ja tuotanto käynnistyi vuonna 2012. Malmia louhitaan avolouhoksesta. Kaivosalueella sijaitsevat avolouhoksen lisäksi mm. murskaamo, jauhimo, rikastamo, sivukiven- ja rikastushiekan läjitysalueet sekä tuotannossa liikaantuneiden vesien sekä saniteettijätevesien käsittelylaitokset. (Ramboll Finland Oy 2015)

Kevitsan esiintymä sijaitsee Keski-Lapin vihreäki-vialueella ja on osin muodostunut veteen kerrostu-neista kivilajeista, kuten fylliitistä ja mustaliuskeista. Esiintymän yleisimmät kivilajit ovat rauta-magne-siumsilikaatteja, joissa metallit ovat sitoutuneet lähinnä sulfidimineraaleihin. Nikkelin ja kuparin lisäksi malmimineraali sisältää kobolttia, platinaa, palladiumia ja kultaa. Malmiesiintymän yleisimmät sulfidimineraalit ovat magneettikiisu, kuparikiisu ja pendlantiitti. Louhittavan tarvekiven rikkipitoisuus on alle 0,3 %:a ja kapseloitavan sivukiven rikkipi-toisuus on yli 0,8 %:a. (Lupapäätös nro 79/2014/1)

Vesistö ja vesistötarkkailu

Kevitsan kaivoksen lähiympäristön vesistöt kuulu-vat Kemijoen vesistöalueeseen (65), jossa pääosin Kitisen vesistöalueeseen (65.8). Kaivosalue ja sen lähiympäristö jakaantuvat useammalle pienemmäl-le valuma-alueelle. Purkuvesistö on Kitinen, joka voimakkaasti säännöstelty. (Ramboll Finland Oy 2015)

Kevitsan kaivoksen toiminnan käynnistyessä vesistötarkkailua on toteutettu tuotannon ja ylösajo-vaiheen tarkkailuohjelman mukaisesti, jonka Lapin ELY-keskus on hyväksynyt 20.4.2012. Vuosina 2013 ja 2014 toiminnalle on myönnetty määräai-kaisia vesienjohtamislupia, joiden myötä ympäris-tötarkkailua on laajennettu lisätarkkailuohjelmalla (14.8.2014, päivitys 24.6.2014). Voimassa oleva tarkkailuohjelma on päivitetty vastaamaan Kevit-san kaivoksen ympäristölupaa (79/2014/1). (Ram-boll Finland Oy 2015).

Tarkkailuohjelma sisältää käyttö-, päästö- ja ym-päristötarkkailun. Jälkimmäiseen sisältyy pintave-sien veden ja sedimentin laadun tarkkailun lisäksi biologinen tarkkailu pintavesissä sekä maa-alueilla, pohjavesien seuranta ja ilman laadun, melun se-kä tärinän seuranta. Pintaveden laadun tarkkailua tehdään 11 havaintopaikalta kuukausittain sekä tihennetyksi kesällä kahden viikon välein kesä- ja syyskuussa. Neljältä havaintopaikalta veden laatua seurataan neljä kertaa vuodessa: huhti-, heinä-, elo- ja lokakuussa. Biosaatavan nikkelin pitoisuut-ta on määritetty laskennallisesti. Vajukosken altaan sekoittumisvyöhykkeen kerrostumista tutkitaan kahdesti vuodessa. Jatkuvatoimisilla mittalaitteilla seurataan Matarojassa virtaamaa ja sähkönjohto-kykyä sekä Satojärvessä vedenpinnankorkeutta. Kitisen veden laatua voidaan erikoistapauksissa tarkkailla voimalaitoksen pidempien juoksutustau-kojen aikana. Sedimentinäytteet valokuvataan ja arvioidaan aistinvaraisesti metallimääritysten li-säksi. Pintavesien biologiseen tarkkailuun sisältyy pohjaeläin-, jokien piilevä-, järvien kasviplankton-, vesisammalseuranta sekä kalasto- ja kalastustark-kailu. Pohjaeläinnäytteiden yhteydessä vedestä määritetään kiintoaine, sähkönjohtavuus, alkalini-teetti, pH, väri, CODMn sekä kokonaistyppi ja -fos-fori. Vesistön ekologisen tilan arviointia tehdään niin pohjaeläin- kuin piilevätutkimuksilla. Pohja-eläintutkimuksissa määritetään PMA, tyyppilajit ja -EPT-heimomäärä (Ephemeroptera, Plecoptera ja Trichoptera; päivänkorentojen, koskikorentojen ja

vesiperhosten yhteenlaskettu heimojen lukumäärä) sekä lasketaan pohjaeläinyhteisöjä kuvaavia tunnuslukuja, kuten ASPT-indeksi (Armitage ym. 1983), pohjaeläinlaji- ja yksikkömäärä. Piilevätutkimuksessa lasketaan jokaisen näytteen osalta keskeisimmille muuttujille (pH, trofia- ja saprobia- tasot, hapenkyllästyneisyys, typpimetabolia, suolapitoisuus) ekologiset jakaumat sekä veden laatua ja rehevyyttä kuvaavat indeksiluvut IPS, GDI ja TDI/100. Kasviplanktontulokset ilmoitetaan taksonimääränä ja biomassana, ja ne antavat tietoa mm. järven rehevyydestä. Vesisammalista määritetään metallipitoisuuksia. (Ramboll Finland Oy 2015, Eurofins Ahma Oy 2019) Kootut tiedot tarkkailusta on nähtävissä liitteessä 1.4. ja pintavesien tarkkailupaikat ovat nähtävissä karttaliitteessä 2.4.

Kylylahti, Polvijärvi

Yleistä alueesta

Kylylahden kaivos sijaitsee Polvijärven kunnassa, noin 1,5 kilometriä keskustasta. Kaivoksen koe-louhinta aloitettiin vuonna 2012 ja toiminta loppui vuonna 2020. Louhintaa tehtiin maanalaisesta kaivoksessa ja louhe kuljetettiin Luikonlahden rikastamolle Kaavin kuntaan jatkojalostettavaksi. Alueella sijaitsee malmin ja sivukiven varastoalueet sekä vesienkäsittelylaitteita. (Lupapäätös nro 23/2016/1) Kylylahden esiintymä sijoittuu Outokumputyypin kivilajiseurueeseen. Kaivosalueen kallioperässä on kiilleliuskeita ja mustaliuskevälakerroksia. Kylylahden malmin kupari-kobolttiesiintymä. Malmin koostuu rikkikiisusta, magneettikiisusta ja kupari-kiisusta sekä vaihtelevissa määrin kvartsista, tremoliittista ja karbonaattimineraaleista. Sivukivi erotellaan happoa tuottamattomaan ja mahdollisesti happoa tuottavaan, ja varastoidaan eri alueille. Happoa muodostamatonta sivukiveä on myös hyödynnetty louheena alueen tiestön, altaiden ja kenttien rakentamisessa. (Lupapäätös nro 8/2016/1)

Vesistö ja vesistö tarkkailu

Kylylahden kaivospiirissä sijaitsee pieni, kahteen osaan jakautunut Purnulampi tai Purnulammit ja noin 500 metrin päässä sijaitsee Kylylampi. Polvijärvi sijaitsee noin kilometrin päässä ja noin viiden kilometrin etäisyydellä sijaitsevat Höytiäinen ja Viinijärvi. Lähimmät joet ovat Kirkkojoki, joka laskee Mertajärvestä Polvijärveen sekä Viinijoki, joka

laskee Polvijärvestä Viinijärveen. (Lupapäätös nro 8/2016/1)

Kaivoksen tarkkailua on toteutettu ympäristöluvan ja Pohjois-Karjalan ELY-keskuksen päätöksen mukaisesti, ja tarkkailuohjelmaa on päivitetty vuonna 2016. Kylylahden kaivos kuuluu myös Pohjois-Viinijärven yhteistarkkailuun, jossa muita tarkkailuvelvollisia ovat Elementis Minerals B.V. Branch Finland (ent. Mondo Minerals B.V. Branch Finland) ja Vapo Oy. Yhteistarkkailuohjelmaa on täydennetty vuonna 2015 ja ELY-keskus on hyväksynyt sen vuonna 2016. Kalatarkkailuohjelman on hyväksynyt Pohjois-Karjalan TE-keskus 12.9.2008. (Boliden Kylylahti Oy 2020)

Kylylahden toiminnan aikainen tarkkailuohjelma sisältää mm. käyttö-, päästö- ja ympäristötarkkailun sekä jälkitarkkailun. Ympäristötarkkailuun sisältyy pintavesien, pohjasedimenttien, pohjaeläimistön ja kalakannan seuranta sekä pohjavesien, maaperän, ilman laadun, melun ja värinän tarkkailu. Kaivoksen tarkkailuohjelmassa Polvijärven, Kylylammen ja Purnunlammen vedenpinnan korkeus mitataan neljästi vuodessa. Veden fysikaalis-kemiallinen laadun seuranta, biologinen tarkkailu, a-klorofylli ja kasviplankton sekä pohjaeläintutkimus tehdään Pohjois-Viinijärven yhteistarkkailuna. Veden laatua tarkkaillaan viidestä havaintopaikasta liitteessä 1.5 esitettyjen muuttujien osalta. Poikkeuksena ovat kiintoaine, lyijy ja elohopea, joita tarkkaillaan vain kahdella paikalla sekä näiden lisäksi liuennut happi (DOC), jota tarkkaillaan kolmella havaintopaikalla. Sedimentin laatua on seurattu viiden vuoden välein Polvijärvestä, Kylylahdesta ja Pajaniemestä (Boliden Kylylahti Oy 2016). Osa yhteistarkkailun vesistö tarkkailupaikoista on esitetty karttaliitteessä 2.5.

Laiva, Raahen

Yleistä alueesta

Laivakankaan kultakaivos sijaitsee Raahen kaupungissa 15 km etäisyydellä Raahen kaupungin keskustasta. Kultakaivos on ollut ajoittain toiminnassa ja keskeytyneenä. Toimintaa on käynnistetty uudelleen vuonna 2021. Kaivosalueella sijaitsee avolouhokset, rikastamo, pastasakeutin, rikastushiekka-alueet, sivukivien ja pintamaiden läjitysalueet, vesien käsittelyjärjestelmät, raakavesiputki sekä jäteveden purkuputket erikseen teollisuusvedelle ja talousjätevedelle. (Lupapäätös nro 84/09/2).

Alueen kallioperässä suurin osa kullasta on vaapaata ja esiintyy arseenikiisu- ja kvartsimineraalien

yhteydessä. Pieni osa kullasta esiintyy sulkeumina silikaateissa ja sulfideissa. Malmin muita mineraaleja ovat magneettikiisu, kuparikiisu, rikkikiisu, kubaniitti, markasiitti, sinkkivälke ja hedleyiitti. Kullan lisäksi malmi sisältää mm. arseenia, kobolttia, kromia, kuparia, mangaania, nikkeliä, molybdeenia, sinkkiä, rautaa ja rikkiä (0,12 %). Sivukiven mineraloginen koostumus on lähes sama kuin malmikiven. Sivukivessä on kuitenkin vähemmän sulfidimineraaleja ja sen keskimääräinen rikkipitoisuus on alle 0,1 %. (Lupapäätös nro 65/2014/1)

Vesistö ja vesistötarkkailu

Laivan kaivos sijoittuu Piehinkijoen vesistöalueelle (56.001). Kaivosalueen sade-, sulamis- ja valumavedet kerätään sisäiseen vedenkiertoon, joten alueen vesistövaikutukset kohdistuvat merialueelle purkuputken kautta. Pintavesitarkkailulla muun muassa varmennetaan, ettei ympäristöön pääse haitteettomia vesipäästöjä. Laivan kaivoksen pintavesien havaintopaikat sijaitsevat Piehinkijossa, Tuoreenmaanojassa, Mäntyojassa, Ispinäojassa (EHP Environment Oy ja KVVY Tutkimus Oy 2018)

Laivan kaivoksen tarkkailua ohjaavat useat luvat (nro 84/09/2, nro 54/12/1 ja nro 4/2016/1) (Eurofins Ahma Oy 2021a) ja kaivoksella on myös useita tarkkailuohjelmia ja niiden päivityksiä. Kaivoksen omaa tarkkailuohjelmaa on muutettu useaan otteeseen mm. toiminnan seisokkivaiheiden vuoksi. Kaivoksen biologiselle tarkkailulle on laadittu erillinen tarkkailuohjelma vuonna 2018. Edellä mainitun lisäksi Raahen kultakaivos liittyi yhteistarkkailuun vuonna 2015. Tarkkailuohjelma on hyväksytty 1.2.2017. Sitä ennen kaivosyhtiö teki omana tarkkailunaan kasviplanktonin sekä pohjaeläimistön seurantaa. Nyt voimassa olevassa tarkkailuohjelmassa tarkkailut on yhdistetty siten, ettei päällekkäisyyksiä esiintyisi. Sedimentin tarkkailu on liitetty osaksi Raahen edustan merialueen yhteistarkkailua vuonna 2018. (Otso Gold Oy 2021) Merialueen yhteistarkkailuohjelmaan sisältyy kalastotarkkailu, joka raportoidaan erikseen.

Kaivoksen omassa toiminnan aikaisessa vesistötarkkailussa on yhteensä viisi havaintopaikkaa, joiden tarkkailutiheys on enintään neljää kertaa vuodessa kolmessa tarkkailupaikassa ja vähintään kolme kertaa vuodessa kahdella muulla tarkkailupaikalla (Liite 1.6) Viiden vesistötarkkailupaikan lisäksi tarkkailuohjelmassa on esitetty pintavesien vaikutustarkkailun lisähavaintopaikat ja niiden käyt-

töönottokriteerit (karttaliite 2.6). Nämä sisältyisivät tarkkailuun, mikäli havaittaisiin toistuvaa merkittävää veden laatu muutosta viiden tarkkailupaikan tulosten perusteella. Lisätarkkailupaikoiksi on esitetty Tuoremaanojaan, Hörskönjokeen, Haapajokeen ja Piehinkijokeen. Merkittävällä vedenlaatu muutoksella on tarkoitettu esimerkiksi Valtioneuvoston asetuksen vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista (VNa 1022/2006) mukaisten ympäristölaatonormien toistuvaa ylittymistä tai valvovan viranomaisen arvioidessa kaivosalueen vaikutuksen ilmeiseksi. Ohjelmassa on mainittu, että lisähavaintopaikkojen käyttöönoton lisäksi em. ylitys johtaisi kuukausittaiseen näytteenottoon havaintopaikoilla, joissa raja-arvot ylittyvät. Mikäli raja-arvot ylittyisivät nikkelin tai lyijyn liukoisten pitoisuuksien suhteen, lisättäisiin ko. havaintopaikkojen analyysivalikoimaan lisäksi biosaatavien pitoisuusosuuksien laskennalliseen arviointiin vaadittavat lisäanalyytit, joita ovat liuennut orgaaninen hiili (DOC) ja liukoinen kalsium. Vesistötarkkailussa nikkeli, kadmium, lyijy ja elohopea määritetään liukoisina pitoisuuksina. (EHP Environment Oy ja KVVY Tutkimus Oy 2018)

Raahen edustan merialueen yhteistarkkailussa seurantaa tehdään yhdeksällä paikalla neljä kertaa vuodessa sekä yhdellä paikalla 12 kertaa vuodessa. Merialueen vesistötarkkailuun sisältyy vedenlaadun, pohjaeläinten ja kasviplanktonin tarkkailu. Kalataloustarkkailuun puolestaan kuuluu kalastustiedustelut, koeverkkokalastukset sekä kalojen metallipitoisuuden seuranta (Eurofins Ahma Oy 2021b). Lisäksi on kartoitettu kertaluontoisesti vuonna 2017 mereen laskettavien lämpimien vesien leviämisen laajuutta ja voimakkuutta. Tarkkailu suoritetaan laajana tarkkailuna joka kolmas vuosi, jolloin vedenlaadun ohella tarkkaillaan kasviplanktonia, pohjaeläimiä ja kaloja. (Eurofins Ahma Oy 2021a) Pohjaeläinten osalta määritetään lajisto, yksilötiheydet ja biomassat sekä tiedot tallennetaan ympäristöhallinnon POHJE-rekisteriin. Kasviplanktonin osalta tarkkailu sisältää lajiston ja biomassan selvittämisen. Sedimenttien havaintopaikat merialueella ovat vastaavat kuin pintavesien fysikaalis-kemiallisenlaadun havaintopaikat (Otso Gold Oy 2021).

Pampalo, Ilomantsi

Yleistä alueesta

Pampalon kaivos sijaitsee Hattuvaaran kylässä 40 kilometriä Ilomantsin keskustasta. Louhinta alkoi

vuonna 2010 ja rikastamotoiminta vuonna 2011. Toiminta on ollut keskeytyksessä. Vuonna 2021 toimintaa on käynnistetty uudelleen. Louhintaa on tapahtunut sekä avolouhoksessa että maanalaisessa kaivoksessa. Malmia on tuotu myös muualta kaivokselle rikastettavaksi. Alueella sijaitsee mm. rikastamo, kaivannaisjätteen jätealueita ja vesien selkeytysaltaita. Esiintymä koostuu kolmesta yhdensuuntaisesta malmilinsistä, joissa kulta esiintyy pääasiassa (90 %) hienoina rakeina. Sivukivi koostuu pääosin silikaattimineraaleista, joita ovat maasälpä, amfibolit ja kiilteet. Sivukivi on happoa tuottamaton ja sen kokonaisrikkipitoisuus on 0,12 %. Sivukivi sijoitetaan takaisin maan alle kaivoskuiluun välittömästi tai lyhyen varastoinnin jälkeen. Rikastushiekkan päämineraaleja ovat plagioklaasi, biotiitti, maasälpä, kalsiitti ja kvartsi. Sen sisältää sulfidimineraaleja, joita ovat rikkikiisu, magneettikiisu, kuparikiisu ja arseenikiisu. (Lupapäätös nro 22/2015/1)

Vesistö ja vesistö tarkkailu

Rikastushiekka-alueen ja selkeytysaltaiden ylivesien vesistökuormitus kohdistuu Jorhonjoen valuma-alueelle. Vedet ohjataan Riitasuon tai -ojan kautta Sivakkojokeen ja edelleen Hattujärveen. Hattujärvestä vesireitti jatkuu Hattujokea ja Jorhonjokea pitkin Harkkojärveen ja Pirttijärveen ja edelleen Käenkosken kautta Koitereeseen laskevaan Syväsjokeen. Kaivoksen kuivatusvedet johdetaan Ylä-Koitajoen vesistöalueeseen kuuluvaan Lietojaan, joka laskee Alajokeen ja edelleen Koitajokeen. (Lupapäätös nro 22/2015/1, Endomines Oy 2015)

Itä-Suomen ympäristölupavirasto myönsi 21.8.2008 antamallaan päätöksellä Endomines Oy:lle Pampalon kultakaivosta ja rikastamoa koskevan ympäristöluvan (23/08/2). Vuonna 2015 myönnettiin uusi ympäristölupa (22/2015/1). Toiminnan aikaista tarkkailua toteutettiin vuonna 2017 Endomines Oy:n laatiman ja ELY-keskuksen vuonna 2015 hyväksymän tarkkailuohjelman mukaisesti. (Eurofins Ahma 2018) Tuotantotauon aikana tarkkailua on toteutettu Endomines Oy:n laatiman ja ELY-keskuksen hyväksymän tuotantotauon aikaisen tarkkailuohjelman (päiväty 21.12.2018) mukaisesti (Eurofins Ahma 2020). Tässä julkaisussa keskitytään toiminnanaikaiseen tarkkailuun.

Pampalon kaivoksen toiminnan aikainen tarkkailuohjelma, vuodelta 2015, sisältää vesistökuormituksen ja vaikutustarkkailun lisäksi käyttötarkkailun

sekä pohjaveden, ilmanlaadun, melun ja värinän, E-PRTR-asetuksen mukaisen sekä muun tarkkailun. Vesistön vaikutustarkkailuun sisältyy vedenlaadun seuranta ja biologinen seuranta. Jälkimmäiseen kuuluu a-klorofylli ja syvänpohjaeläinmääritys Hattujärvestä. Veden laadun tarkkailu toiminnan aikana on tehty yhdeksältä näytepaikalta. Tämän lisäksi tarkkailuohjelmassa mainitaan, että vesiympäristölle vaarallisia aineita (kadmium, nikkeli ja lyijy) seurataan kerran kuukaudessa vähintään vuoden ajan Sivakkojoesta ja Lietojasta. Vesinäytteitä on otettu neljä kertaa vuodessa helmi-, touko-, elo- ja marraskuussa. Poikkeuksena Hattujärven vedenlaadun tarkkailu, jossa näytteenotto on kaksi kertaa vuodessa: helmi- ja elokuussa. (Mutanen 2015). Vesistö tarkkailun kootut tiedot on esitetty liitteessä 1.7. ja vesistö tarkkailupaikat on esitetty karttaliitteessä 2.7.

Suurikuusikko, Kittilä

Yleistä alueesta

Suurikuusikon kaivos sijaitsee Kittilän kunnassa Kiistalan kylässä, noin 37 kilometriä kunnan keskustasta. Louhinta alkoi vuonna 2008 ensisijaisesti avolouhinta ja vuodesta 2013 alkaen louhinta on ollut maanalaisista. Kaivosalueella sijaitsee lisäksi mm. rikastamo, pastalaitos, rikastushiekka-altaita, sivukiven ja pintamaiden läjitysalueet, maanalaiset laskeutusaltat sekä vesivarastoallas. Kaivoksen malmiesiintymä sijaitsee Keski-Lapin vihreäkivivyöhykkeellä, ja siinä esiintyy mm. grafiittia ja kloriittia sekä rauta- ja magnesiumrikkaita vulkaanisia kivilajeja. Malmassa oleva kulta on sitoutunut pääosin arseeni- ja rikkikiisujen sisälle. Muita sulfideihin sitoutuneita alkuaineita ovat mm. arseeni, vismutti, kupari, molybdeeni, nikkeli, lyijy, rikki, antimoni ja sinkki. Oksidimineraaleihin sitoutuneita alkuaineita ovat kromi, titaani, uraani ja vanadiini. Tämän lisäksi malmiin on rikastunut bariumia, rautaa, natriumia, strontiumia ja zirkoniumia. Kaivoksen alueella esiintyy mustaliuskekerroksia, joiden rikkipitoisuus voi paikoin olla suurempi kuin 30 %. Mustaliuskeita esiintyy louhityksessa malmassa noin 1-3 %:a. (Lupapäätös nro 67/2020)

Vesistö ja vesistö tarkkailu

Suurikuusikon kaivos sijaitsee Loukisen valuma-alueella (65.69) ja tarkemmin Seurujoen valuma-

alueella (65.697). Seurujoki saa alkunsa Jakovaa-
ran alarinteeltä, noin 30 kilometrin päässä Kiistalan
kylästä. Seurujoella on useita sivujokia, kuten Nu-
tijoki, Suasjärvenoja, Pahasoja ja Ristioja. Kiistalan
kylän jälkeen Seurujoki yhtyy Loukiseen, joka saa
alkunsa useista pienistä latvapuroista ja yhtyy Levi-
tunturin lähellä Ounasjokeen. Loukiseen laskee 16
sivujokea ja ojaa, Seurujoen lisäksi mm. Kapsajo-
ki ja Sotkajoki. Ounasjoki puolestaan on Kemijoen
suurin sivujoki. Se on säännöstelemätön sekä Na-
tura 2000 -kohde. (Lupapäätös nro 67/2020)

Kaivoksen pintavesivaikutuksia on tarkkailtu
vuodesta 2006 lähtien. Alkuun tarkkailu on ollut ra-
kentamisvaiheen vaikutusten tarkkailua ja vuodes-
ta 2009 lähtien tuotantovaiheen tarkkailua Lapin
ELY-keskuksen 17.2.2009 hyväksymän tarkkailu-
ohjelman mukaisesti. (Lupapäätös 29.5.2020) Oh-
jelmaan on tehty muutoksia Lapin ELY-keskuksen
hyväksymällä tavalla mm. vuosina 2010 ja 2017.
Jälkimmäisellä kerralla tihennettiin pintavesien
tarkkailua ja lisättiin ohjelmaan piilevätutkimus. Vii-
meisin tarkkailuohjelman päivitys on tehty vastaa-
maan 29.5.2020 voimaan astuneen ympäristöluvan
määräyksiä. (Agnico Eagle Finland Oy 2020)

Kaivoksen tarkkailuohjelma sisältää käyttö- ja
päästötarkkailun lisäksi ympäristövaikutusten tark-
kailun. Vesistön osalta tarkkailuohjelmaan sisältyy
pintavesien fysikaalis-kemiallisen laadun seuranta
ja biologinen seuranta. Jälkimmäiseen kuuluvat
pohjaeläin-, puolansukeltajasurvaiaisen ja piilevä-
tarkkailu. Sedimenttitarkkailua ei ole ohjelmassa
mainittu. Havaintopaikat sijaitsevat Seurujoessa,
Loukisessa, Kapsajoessa sekä Ounasjoessa, ja si-
sältävät myös vaikutusalueen ulkopuolisia tarkkai-
lupaikkoja (karttaliite 2.8). Suurikuusikon kaivok-
sen pintavesistä tarkkaillaan fysikaalis-kemiallista
laatua pääosin 12 kertaa vuodessa ja lisäksi neljä
kertaa vuodessa määritetään liukoinen kadmium ja
liukoinen lyijy sekä laskennallinen biosaatava lyijy-
sekä nikkelpitoisuus. Poikkeuksena em. ovat Seu-
rujoen Mesiniemen havaintopaikasta neljä kertaa
ja Rossinmukan paikasta kaksi kertaa vuodessa
tehtävät tarkkailut sekä Loukisen, sekoittumisvyö-
hykkeen alapuolisesta, havaintopaikasta otettava
näyte käsitellyn jäteveden todennäköiseltä kulku-
reitiltä kaksi kertaa vuodessa. Lisäksi kahdesta
havaintopaikasta purkuputken ylä- ja alapuolelta
määritetään viikoittain lähes samat muuttujat, jotka
määritetään pintavesistä 12 kertaa vuodessa. Kol-
melta havaintopaikalta analysoidaan myös WAD-
syanidi ja kokonaissyaniidi 12 kertaa vuodessa.

(Agnico Eagle Finland Oy 2020) Edellä mainittu-
jen havaintopaikkojen lisäksi Seurujoella on kaksi
ja Loukisessa yksi jatkuvatoiminen mittausasema.
Vesinäytteistä määritettävät muuttujat ovat nähtä-
vissä liitteessä 1.8.

Biologiseen tarkkailuun sisältyvä piileväseuran-
ta tehdään kerran vuodessa ja pohjaeläin- ja puo-
lansukeltajasurvaiaisen seuranta kolmen vuoden
välein. Piilevätarkkailun havaintopaikkoja on 13
kappaletta Seurujoella, Loukisella ja Ounasjoella.
Osa havaintopaikoista on samalla pintaveden ha-
vaintopaikkoja. Pohjaeläimiä tarkkaillaan 13 ha-
vaintopaikalta, joista seitsemällä tarkkaillaan myös
puolansukeltajasurvaiaisia. Osa havaintopaikoista
on samalla piilevän havaintopaikkoja. Biologista
tarkkailua täydennetään kolmen vuoden välein kat-
tavammalla vesibiologisella selvityksellä, mikä si-
sältää vesikasvillisuus selvityksen ja vedenalaisku-
vauksen sekä selvityksen vesisammalten versojen
metallipitoisuuden määrittämisestä ELY-keskuksen
ohjeiden mukaisesti. Mikäli videokuvauksien yh-
teydessä havaitaan tavanomaisesta poikkeavaa
pohjan pölyämistä, syy selvitetään. (Agnico Ea-
gle Finland Oy 2020) Tarkkailuohjelmassa ei ole
tarkemmin esitetty vesisammalista määritettäviä
metalleja. Kalaston ja kalastuksen osalta tarkkailu
kattaa kalastuskirjanpidon, -tiedustelun, sähkökoe-
kalastukset, taimenen alkuperän selvityksen, mä-
din hautomiskokeen ja kalojen käyttökelpoisuuden
arvioinnin sekä kalojen laskennan että liikkumis- ja
vaeltamiskäyttäytymisen seurannan (Agnico Eagle
Finland Oy 2020).

Talvivaara, Sotkamo ja Kajaani

Yleistä alueesta

Talvivaaran kaivosalue sijaitsee Sotkamon kun-
nan ja Kajaanin kaupungin alueella, noin 30 km
Kajaanista ja 25 km Sotkamosta. Kaivosalueella
käytössä olevia tuotantoalueita ovat Kuusilammen
avolouhos, primääriliuotusalue (n. 200 ha), se-
kundääriliuotusalue (n. 200 ha), pintamaiden läji-
tysalue (n. 190 ha), kipsisakka-altaat (n. 100 ha),
sivukivialue KL2 ja tehdasalue, jossa on mm. ak-
kukemikaalitehdas ja keskusvedenpuhdistamo.
Talvivaaran kaivosalueen kallioperässä vallitsevi-
na kivilajeina ovat kvartsiitit, mustaliuskeet ja kiil-
leliuskeet. (Ramboll Finland Oy 2019, 2020, 2021).
Louhittava malmi on mustaliusketta, jonka keski-
määräinen rikki pitoisuus on 9,1 % (Lupapäätös nro

36/2014/1). Tuotanto perustuu biokasaliuotukseen, jossa metallit irrotetaan malmista bakteerien avulla. Kaivosalueelta johdetaan puhdistettuja vesiä joko Nuasjärven purkuputkeen tai ns. vanhoille purkureiteille Oulujoen ja Vuoksen vesistöihin (Ramboll Finland Oy 2019).

Vesistö ja vesistötarkkailu

Kaivosalue sijaitsee Oulujoen (59.) ja Vuoksen (04.) vedenjakajalla, Tuhkajoen valuma-alueella (59.885) sekä Kivijoen valuma-alueella (4.645). Kaivosalueelta on kaksi vesien purkamisen pääsuuntaa. Pääosa alueen vesistä johdetaan nykyisin käsiteltyä purkuputkella Latosuon patoaltaalta Nuasjärveen. Alueen vesiä on mahdollista johtaa Oulujoen ja Vuoksen vesistöihin lupamääräysten mukaisesti. Vesistövaikutukset kohdistuvat siten pääosin kahteen suuntaan. (Ramboll Finland Oy 2019)

Talvivaaran kaivosalueella toimivan Terrafame Oy:n toiminnolle on annettu useita eri lupapäätöksiä, joilla on vaikutusta toiminnan tarkkailuun. Velvoitetarkkailu perustuu mm. seuraaviin Pohjois-Suomen aluehallintoviraston päätöksiin: ympäristö- ja vesitalouslupa (36/2014/1), keskitetyn vedenpuhdistamon ympäristölupa (nro 3/2017/1); sivukivialue KL2:n ympäristölupa (76/2017/1); Nuasjärven purkuputken sekoittumisvyöhykkeen uudelleen määrittäminen (104/2018/1) ja tarkkailusuunnitelman hyväksymistä koskevan päätöksen oikaisuvaatimuksen ratkaisu (106/2018/1). (Ramboll Finland Oy 2019)

Talvivaaran kaivosalueella on useita tarkkailuohjelmia, jotka on koottu yhdeksi tarkkailuohjelmaksi vuonna 2019. Ohjelma sisältää mm. käyttö-, päästö-, ympäristövaikutusten, jätejakeiden ja sivukivialueen KL2 -tarkkailun. Pintavesien tarkkailu perustuu vuonna 2013 ja tätä ennen tarkkailussa olleisiin seuranta paikkoihin. Vuonna 2015 tarkkailu laajeni Nuasjärven ja Rehjan alueille ja vuonna 2019 Nuasjärven tarkkailua päivitettiin. (Ramboll Finland Oy 2019) Liitteeseen 1.9 on koottu ympäristövaikutustarkkailussa esitetyjä pintaveden laadun ja biologisen seurannan tietoja, mitkä kohdistuvat kaivospiiriin ulkopuolelle. Karttaliitteellä 2.9. havainnollistetaan osa tarkkailupaikkojen sijainnista. Toiminnanharjoittaja on tehnyt vuonna 2017 kertaluonteisen biotesti-/ekotoksisuustestauksen kahdeksalla järvellä: Kolmisoppi, Tuhkajoki, Jormasjärvi, Nuasjärvi, Kivijärvi, Kivijoki, Laakajärvi ja

Iso Sapsojärvi (vertailujärvi). (Ramboll Finland Oy 2019) Edellä mainittujen tietojen lisäksi ympäristövaikutustarkkailuun sisältyy mm. jatkuvatoimisia mittauksia, leviämiskartoituksia, kenttämittauksia, kalataloustarkkailua ja kalastuskirjanpitoa sekä -tiedustelua sekä kaivospiirin sisällä sijaitsevien lampien ja purojen vedenlaadun seurantaa ja rantesinäytteenottoa. Tarkkailujen osalta tietoa on saatavissa Terrafame Oy:n verkkosivuilta, tarkkailuohjelman koosteesta vuodelta 2019.

Tipas, Sotkamo

Yleistä alueesta

Sotkamon hopeakaivos eli Tipaksen kaivos sijaitsee Sotkamon kunnassa, noin 40 km Sotkamon keskustasta, ja noin 40 km:n etäisyydellä Kuhmosta ja noin 70 km:n etäisyydellä Kajaanista. Malmia louhitaan pääosin maanalaisesta louhoksesta sekä avolouhoksesta. Alueella on mm. rikastamo, malmin ja sivukiven varastoalueita, rikastushiekka-allas, pyriittiallas, pintavalutuskenttiä ja vesienkäyttelyaltaita sekä tarvekivilouhos. Kaivos sijoittuu Tipasjärven vihreäkivivyöhykkeelle. Malmimineeraalit sinkkivälke ja lyijyhohde esiintyvät kvartsi-karbonaattijuonissa. Ympäristönsuojelun kannalta huomionarvoisia mineraaleja ovat sulfidimineraalit (rikkikiisu, sinkkivälke, magneettikiisu, lyijyhohde, arseenikiisu, kuparikiisu ja osa hopeamineraleista) sekä tremoliitti-aktinoliitti. Esiintymän sulfidimineraalipitoisuus on keskimäärin 5 %. Pääosa arseenista esiintyy arseenikiisussa. (AFRY Finland Oy 2021a, Lupapäätös nro 155/2020)

Vesistö ja vesistötarkkailu

Kaivosalue sijaitsee vedenjakaja-alueella. Pääosa kaivosalueesta sijaitsee Tipasjoen vesistöalueella (59.85) ja pieni osa Sapsojoen vesistöalueella (59.87). Molemmat edellä mainitut vesistöalueet yhdistyvät Sotkamon kuntakeskuksen kohdalla Pirttijärvessä, josta vedet laskevat edelleen Tenettiä pitkin Nuasjärveen. (Lupapäätös nro 155/2020). Tipasjoen vesistöalueella sijaitsee kaivostunneli. Kaivoksen purkuvedet puolestaan johdetaan pintavalutuskentän kautta Koivupuroon, josta Ollinjokeen ja Nimisenjokea pitkin Pieni-Hietaseen. Hietasesta vedet kulkeutuvat Lontanjoen kautta Honkajärveen ja lopulta Iso-Sapsojärveen (AFRY Finland Oy 2021a).

Tipaksen tarkkailua toteutetaan ympäristöluvan (155/2020) määräysten ja Kainuun ELY-keskuksen tarkkailusuunnitelmasta annetun päätöksen mukaisella tarkkailuohjelmalla 30.9.2021. Tätä ennen kaivoksella on ollut vuonna 2015 ELY-keskuksen hyväksymä tarkkailuohjelma, jota on päivitetty mm. vuonna 2020. (AFRY Finland Oy 2021a)

Kaivoksen tarkkailuohjelma sisältää käyttö-, päästö- ja sisäisten vesien tarkkailun lisäksi ympäristövaikutusten tarkkailun. Jälkimmäiseen sisältyy vesistön vedenlaadun seuranta sekä pinnankorkeuden ja kerrostuneisuuden kenttämittaukset, sedimentti-, pohjavesi-, vesistöjen ja maa-alueiden biologinen tarkkailu sekä ilmanlaadun, melun ja tärinän tarkkailu. Vedenlaadun tarkkailussa liukoisia lyijy-, kadmium- ja nikkelpitoisuuksia on tehostetusti tarkkailtu kuukausittain parin ensimmäisen tuotantovuoden aikana. Tehostettua tarkkailua jatketaan, kunnes em. pitoisuudet vedessä vähenevät, ympäristölaatu normit eivät ole vaarassa ylittyä tai vaarallisten ja haitallisten aineiden kertymisen suunta ei ole nouseva. Veden laadun tarkkailua tehdään kymmenestä havaintopaikasta kahdeksan kertaa vuodessa (karttaliite 2.10). Lisäksi näistä kymmenestä havaintopaikasta kahdessa paikassa (Koivupuro, Ollinjoki) tehdään tarkkailua 12 kertaa vuodessa seuraavien muuttujien osalta: pH, liuennut orgaaninen hiili, kalsium sekä liukoiset kadmium, nikkeli, lyijy ja elohopea. Kerrostumisen tarkkailua tehdään kahdelta vedenlaadun tarkkailupaikalta, mutta jos mittauksissa havaittaisiin selkeää suolapitoisten vesien kerrostumiseen viittaavaa, niin seuraavalla kenttämittauskerralla kerrostuneisuutta selvitetäisiin lisäksi kahdelta muulta syvänpaikalta. Toisaalta kerrostuneisuuden tarkkailu voidaan harventaa tai lopettaa, mikäli luotettavasti osoitettaisiin, etteivät kaivoksen päästöt aiheuta pysyvää suolakerrostuneisuutta Pienessä-Hietassa tai Hietasessa. (AFRY Finland Oy 2021a)

Sedimenttitarkkailua on tehty ennen toiminnan aloittamista vuosina 2008 ja 2013 sekä toiminnan aloittamisen jälkeen vuonna 2021. Seuraavan kerran sedimenttitarkkailua tehdään vuonna 2023, jonka jälkeen tarkkailua jatketaan kuuden vuoden välein. Lupapäätöksen (155/2020) mukaisesti Pieni-Hietasen havaintopaikalta tarkkaillaan sedimenttejä lisäksi myös vuonna 2025. Sedimenttitarkkailussa näytteet valokuvataan ja niille tehdään aistinvaraiset huomiot laboratoriomääritysten lisäksi. Tarkkailua voidaan laajentaa, jos havaitaan vaikutuksia. A-klorofyllin ja kasviplanktonin osal-

ta tehdään tarkkailua vuosittain sekä tehostetusti kolmen vuoden välein otetaan näytteet kesäaikaan kuukausittain (touko-lokakuu). Tulosten perusteella tarkkailua voidaan harventaa tai lopettaa. Kasviplanktonitulokset ilmoitetaan taksonimäärinä ja biomassana sekä biologisten seurantatulosten perusteella arvioidaan vesistön perustilaa, rehevyyttä ja ekologista tilaa. Pohjaeläintarkkailua tehdään sekä joki- että järvipaikoilta. Tuloksista lasketaan järvisyvänneiden ja virtavesien ekologisen tilan luokituksen mukaiset indeksit. Vesisammalseurannalla tarkastellaan pohjan kuormitusta ja jokien ekologista tilaa, sillä vesisammalet keräävät lehtisolukoihin mm. metalleja. (AFRY Finland Oy 2021a) Kootut tiedot tarkkailusta on nähtävissä liitteessä 1.10.

Rikastamot

Luikonlahti rikastamo, Kaavi

Yleistä alueesta

Luikonlahden rikastamo sijaitsee Kaavin kunnassa, Luikonlahden kylässä, noin 11 kilometrin päässä Kaavin keskustasta. Rikastamon toiminta on keskeytynyt (Boliden Kylylahti Oy 2020). Rikastettava kupari-koboltti-malmi kuljetaan Luikonlahteen Polvijärven Kylylahden kaivokselta. Alueella sijaitsee rikastamon lisäksi rikastealtaita sekä aiemman kaivostoiminnan aikaisia, nykyään kunnostettuja sivukivialueita. Rikastamon pohjoispuolella sijaitsevat Kunttisuon maanlainen louhos ja Pajamalmiin avolouhos, joista on aikoinaan louhittu kuparimalmia. Kaivoksissa on edelleen jäljellä hyödynnettävää malmia, mutta kaivosten käyttöönotosta ei ole varmuutta. (Lupapäätös nro 52/2014/1)

Vesistö ja vesistötarkkailu

Rikastamon toiminnasta aiheutuu kuormitusta Rikaveden Luikonlahteen. Kaivosvedet johdetaan Heinälammesta Kylmäpuroon ja edelleen Luikonlahteen. Toiminnan päättymisen jälkeen alueella muodostuvat valumavedet purkautuvat Suurisuo- n kautta Myllypuroon ja edelleen Retusen Petkel- lahteen, sekä Heinälammen kautta Kylmäpu- roon ja edelleen Luikonlahteen. (Lupapäätös nro 52/2014/1)

Luikonlahden tuotantoalueella on ollut pitkään kaivos- ja/tai rikastustoimintaa ja niihin liittyvää

tarkkailua. Muun muassa vuonna 2011 Pohjois-Karjalan ELY-keskus hyväksyi lupapäätöksen 76/2011/1 mukaisen tarkkailuohjelman. Sittemmin tarkkailuohjelmaa on päivitetty mm. asetuksen (VNa 1022/2006) mukaisten haitallisten aineiden tarkkailun ja uusien menetelmien osalta sekä vuonna 2014 myönnetyn ympäristöluvan (52/2014/1) lupaehtojen mukaisesti. Toiminnan aikana veden fysikaalis-kemiallista tarkkailua tehtiin kahdesti vuodessa, maaliskuussa ja elokuussa. Mikäli jätevesiä oli tarvetta juoksentaa toukokuussa, otettiin näytteet tuolloin myös Rikkaveden havaintoasemilta toiminnan aikaisessa tarkkailussa. Kalojen metallipitoisuudet määritettiin Luikonlahden Kylmäpuron edustalta ja Retusesta Petkellahdesta pyydyistä hauista ja ahvenista. Kaikista kaloista määritettiin arseeni- ja nikkelpitoisuudet ja ahvenista lisäksi elohopeapitoisuus. (Ramboll Finland Oy 2015a) Kootut tiedot toiminnan aikaisesta tarkkailusta on nähtävissä liitteessä 1.11., vesistötarkkailupaikat on esitetty karttaliitteessä 2.11.

Vammalan rikastamo, Sastamala

Yleistä alueesta

Vammalan rikastamo sijaitsee Sastamalan kaupungissa, noin viiden kilometrin päässä Vammalan taajamasta. Rikastamon lisäksi alueella on rikastushiekka-allas sekä toimintansa lopettanut nikkeli-kaivos, joka on toiminut vuosina 1973–1995. Kultamalmin rikastaminen alkoi vuonna 1994 entisessä nikkeliirikastamossa. Rikastamo on ollut toiminnassa vuodesta 1974 alkaen sekä keskeytyksissä 2003–2007. Rikastettava kultamalmin on peräisin Huittisten Jokisivun, Valkeakosken Kaapelinkulman sekä vuoden 2019 elokuuhun saakka rikastettavaa malmia on tuotu myös Oriveden kaivokselta. (Lupapäätös nro 15/2008/2)

Vesistö ja vesistötarkkailu

Rikastamoalue sijaitsee Kokemäen päävesistöalueen (35) Kokemäenjoen alueen (35.1) Kuloveden alueella (35.13), Ekojoen valuma-alueella (35.137). Alueen pohjoispuolella sijaitsee Ekojoki, joka laskee Rautaveden Ekolahteen (Evonlahteen). Rikastushiekka-altaan vierestä alkava Kovero-oja laskee Ekojokeen. Kaikki rikastamoalueen ympäristön vedet virtaavat lopulta Rautaveteen. (Lupapäätös nro 15/2008/2)

Kaivos- ja rikastamotoiminnalla on ollut useita ympäristölupia. Maaliskuussa vuonna 2008 rikastamolle myönnettiin ympäristölupa (15/2008/2), jossa asetettiin ympäristövaikutuksia koskevia seuranta-velvoitteita. (Dragon Mining Oy 2018) Rikastamon ympäristölupa toiminnan olennaiseen muuttamiseen on vireillä. Tarkkailuohjelma on päivitetty viimeksi 24.4.2018 ja siihen sisältyy kuormitus- ja vesistövaikutusten tarkkailu. Rikastamon tarkkailuun on myöhemmin lisätty mm. nikkelin biosaatavan osuuden laskentaan tarvittavat veden laadun määrittelykset rikastamon alapuolisilta havaintopaikoilta Ekojoesta. Toiminnanharjoittaja osallistuu lisäksi Tampereen seudun yhteistarkkailuun. Ekojoen vesinäytteet otetaan neljä kertaa vuodessa, mutta Ekojoen alajuoksun havaintopaikan näytteenottoa suoritetaan kuukausittain ympäristölaatu- ja vesistöseurannan vuoksi. Kahdesta syvänehavaintopaikasta vedenlaadun tarkkailua tehdään kuusi kertaa vuodessa. Toinen näistä paikoista kuuluu yhteistarkkailuun ja toinen kaivoksen omaan vesistötarkkailuun (Dragon Mining Oy 2018). Kootut tiedot tarkkailusta on nähtävissä liitteessä 1.12 ja vesistötarkkailupaikat on esitetty karttaliitteessä 2.12.

Vuonos rikastamo, Outokumpu

Yleistä alueesta

Vuonoson tehdastoiminnot sijaitsevat Outokumpun kaupungissa, noin kuusi kilometriä keskustasta. Nykyisen kaltainen talkin tuotanto on alkanut 1980-luvulla. Sitä ennen alueella on ollut muuta kaivostoimintaa. Tällä hetkellä alueella on rikastamo, talkkitehdas ja rikastushiekka-alue. Alueella on toiminut myös nikkeli- ja kromi-kaivos, jonka toiminta on ajettu alas vuonna 2019 (Pohjois-Karjalan ELY-keskus 2020) Rikastamolla tuotetaan talkki- ja nikkeli-rikasteita ja tuotannossa muodostuva magnesiitihiekka läjitetään rikastushiekka-alueelle. Magnesiitihiekka sisältää mm. nikkeliä, kromia, arseenia sekä jossain määrin kobolttia ja antimonia. Siinä olevien neutraalivien karbonaattimineraalien määrä on yli 80-kertainen verrattuna happoa tuottavien rautasulfidimineraalien määrään. Nikkelilaitoksesta muodostunut rauta-arseenipitoinen rikastusjäte sisälsi mm. rautaa, rikkiä (12 %), kalsiumia, nikkeliä ja arseenia ja se sijoitettiin olemassa olevalle rikastushiekka-alueelle. Alueella on toiminut aiemmin kaivos, jonka kaivannaisjätteet (sulfidipitoinen rikastushiekka ja sivukivet) ovat sijoitettuna teh-

dasalueelle ja sen ympäristöön. (Lupapäätös nro 11/2020)

Vesistö ja vesistötarkkailu

Vuonoksen tehdastoiminnot sijaitsevat Sätösjoen valuma-alueella (4.354). Vuonoksen tehdasalueen jätevedet johdetaan Sysmäjärveen laskevaan Lahdenjokeen. Sysmäjärvestä vedet virtaavat Sysmänjoen ja Taipaleenjoen kautta Oriveden Heposelälle. Rikastushiekka-alueen vaikutukset kohdistuvat Teyripuron ja Loukonpuron kautta Vuonosjokeen, josta edelleen Sätösjoen kautta Viinijärven Sätöslahteen. (Lupapäätös nro 11/2020)

Kaivos- ja rikastamotoiminnalla on ollut useita ympäristölupia. Vuonoksen tarkkailuohjelma perustuu vuonna 2014 myönnettyyn ympäristölupaan (Lupapäätös nro 15/2014/1). Itä-Suomen aluehallintovirasto antoi 3.3.2020 lupapäätöksen (11/2020) nikkellilaitoksen rikastusjätteen läjitysalueen perustamiseen nykyiselle rikastushiekka-alueelle. Kyseisessä luvassa määrätään tarkkailuohjelman (Pöyry Finland Oy 2014) osittaisesta päivittäisestä. Vuoden 2014 tarkkailuohjelmaan sisältyy käyttö-, päästö- ja vaikutusten tarkkailu (Pöyry Finland Oy 2014). Vaikutustarkkailuun sisältyy pinta- ja pohjavesien sekä ilmanlaadun ja melun seuranta. Vesistötarkkailua tehdään kaivosalueelta lähtevästä ojastosta, Vuonosjoesta, Sätösjoesta ja Teyrinpurosta (kartta-liite 2.13). Sysmäjärven ja sen alapuolisen vesistön tarkkailu toteutetaan yhteistarkkailuna erillisen tarkkailuohjelman mukaisesti. Sysmäjärven ja Sysmäjoen kolmelta mittausasemalta tarkkaillaan nikkelin, kadmiumin ja lyijyn liukoisia pitoisuuksia 12 kertaa vuodessa. Tulosten perusteella mittauskertoja voidaan vähentää Pohjois-Karjalan ELY-keskuksen hyväksynnällä. Laajempi vesistövaikutusten tarkkailu sisältyy Sysmäjärvi-Heposelkä alueen erilliseen yhteistarkkailuohjelmaan (Pyöry Finland Oy 2014). Tarkkailussa ovat mukana Elementis Minerals B.V. Branch Finland Oy:n lisäksi Outokummun kaupunki, Vulcan Hautalampi Oy ja Viinijärven kalalaitos. Yhteistarkkailuohjelma on vuodelta 2009 ja sitä on päivitetty vuonna 2016 (Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy 2009). Siihen sisältyvät myös biologinen ja sedimenttiseuranta sekä joka kolmas vuosi tehtävä mineraaliravinneseelvitys Sysmäjärvestä. Biologisia tarkkailuja ovat pohjaeläin-, kasviplankton- ja pohjalehvästöseuranta. Pohjalevästön tarkkailussa noudatetaan seurantaan kehitettyä piilevämenetelmää. Nikkelin ympäristölaatuunormi on mainittu ilmoitetta-

van biosaatavana pitoisuutena. Tiedot vesistötarkkailusta on koottu liitteeseen 1.13.

Teollisuusmineraalikaivokset

Horsmanaho ja Pehmytkivi, Polvijärvi

Yleistä alueesta

Horsmanahon ja Pehmytkiven louhokset sijaitsevat Polvijärven kunnassa, Sotkumon kylässä. Talkkimalmia louhitaan avolouhoksista ja alueella sijaitsee louhosten lisäksi sivukivialueita, talkkimalmien varastoalueita sekä vesien käsittelyaltaita. Alueen kallioperä koostuu serpentiniittikivistä, vuolukivistä ja talkkiliuskeista, karsikivistä, kvartsiiteista, mustaliuskeista sekä paikallisesti esiintyvistä dolomiteista. Kvartsikivissä ja mustaliuskeissa on paikoin runsaasti rautasulfidimineraaleja ja vaihtelevasti nikkelisulfideja ja -arsenideja. Sivukivistä osa on sulfidipitoista ja osa sulfidivapaata. Sulfidimineraaleja on eniten epäpuhtaassa vuolukivessä (7 %) ja mustaliuskeissa (6 %). (Lupapäätös nro 141/07/2)

Vesistö ja vesistötarkkailu

Horsmanahon ja Pehmytkiven louhokset sijaitsevat Viinijärven valuma-alueella (4.35), Viinijoen vesistöalueella (4.356). Haapaoja kuuluu Pohjois-Viinijärven kanssa Viinijärven vesistöalueeseen (4.352). Horsmanahon louhos sijaitsee Haapaojan valuma-alueella ja Pehmytkiven louhoksen vedet puolestaan kulkeutuvat osittain Haapaojaan ja osa louhosalueen vesistä valuu kohti Koivuojaa (Lupapäätös nro 141/07/2). Alueella on useita samaa vesistöä kuormittavia kaivoksia em. lisäksi ja niitä ovat Kyylylahden kaivos ja Karnukan kaivos) sekä vanhoja kaivosalueita, kuten Vasarakangas, Sola, Vuonos. (Savo-Karjalan ympäristötutkimus Oy 2015)

Itä-Suomen ympäristölupavirasto on myöntänyt vuonna 2007 Mondo Minerals Oy:n (nyk. Elementis Minerals B.V. Branch Finland) Horsmanahon ja Pehmytkiven avolouhoksille ympäristöluvan (141/07/2) sekä siihen liittyvään muutoshakemukseen päätöksen (122/08/2) vuonna 2008. (Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy 2020) Louhosten tarkkailuohjelmaa on päivitetty vuoden 2008 päätöksen jälkeen (Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy 2008). Tarkkailuohjelmaan sisältyy kuormitus-, käyttö-, vesistö- ja pohjavesitarkkailu. Vesistötarkkailusta

mainitaan, että se tehdään Pohjois-Viinijärven yhteistarkkailuna, jossa muita tarkkailuvollisia ovat Boliden Kylylahti Oy ja Vapo Oy sekä aiemmin Polvijärven kunta. Pohjois-Viinijärven yhteistarkkailua on tehty vuonna 2010 laaditun ja Pohjois-Karjalan ELY-keskuksen hyväksymän tarkkailuohjelman mukaisesti ja sitä on päivitetty useampaan otteeseen mm. vuonna 2016. Yhteistarkkailuohjelmaan sisältyy veden fysikaalis-kemiallisen laadun lisäksi biologinen tarkkailu ja sedimenttitarkkailu. Pintavesiseuranta tehdään neljästä eri paikasta Haapaojasta ja Viinijärvestä kolme kertaa vuodessa (karttaliite 2.14). Lisäksi vuonna 2009 seurattiin kuukausittain nikkelin kokonais- ja liukoista pitoisuutta yhdeltä Viinijärven asemalta vuonna 2009. Biologista tarkkailua tehdään yhdestä näytepaikasta ja se sisältää a-klorofylli-, kasviplankton- ja pohjaeläintutkimukset. Järvi- ja pohjaeläinnäytteistä määritetään lajistoa, lasketaan pohjaeläinyhteisölle kokonaislajimäärä, diversiteetti, tasaisuus ja ekologisen luokittelun edellyttämät PICM-indeksi ja PMA. Jokien pohjaeläimistä lasketaan pohjaeläimistön tiheys, biomassa, tyyppiominaiset taksonit, EPT-lajit/taksonit ja PMA (Savo-Karjalan ympäristötutkimus Oy 2015). Sedimenttitarkkailussa, jota tehdään kymmenen vuoden välein, seurataan omaehtoisesti tarkkailuohjelmassa hyväksytyjen muuttujien lisäksi myös arseenipitoisuutta (Savo-Karjalan ympäristötutkimus Oy 2016). Kootut tiedot tarkkailusta on nähtävissä liitteessä 1.14.

Joutsenenlampi, Lapinlahti

Yleistä alueesta

Joutsenenlammen louhos sijaitsee Lapinlahden kunnassa, Ollikkalan kylässä. Louhinta tapahtuu avolouhoksesta ja kiviaineksen murskaus ja seurlonta tapahtuu louhoksen pohjalla siirrettävällä kallustolla. Kaivospiirin itäreunalla sijaitsee teollisuuskiven ja kalliomurskeen varastoalueet. Kaivospiirin esiintymä on anortosiitti-kivilajia, jota käytetään vuorivillan tuotannon ja lasiteollisuuden raaka-aineena. Sivukiveä käytetään murskeena yhdyskuntateknisessä rakentamisessa. (Lupapäätös nro 14/07/2)

Vesistö ja vesistötarkkailu

Kaivosalueen lounaispuolella sijaitsee Iso-Väärä ja Pieni-Väärä, joista vedet purkautuvat Jouhtenojanjärven kautta Savonjärveen. Louhoksen koillispuo-

lella sijaitsee Ahvenuslampi. Lähin suurempi vesistö on Lapinlahti, johon louhoksen kuivanapitovedet johdetaan Rautapuron, Lammakkeenjoen ja Suuri-joen kautta. (Lupapäätös nro 14/07/2)

Joutsenenlammen louhos sai vuonna 2007 Itä-Suomen ympäristölupaviraston myöntämän ympäristöluvan (14/07/2) ja siihen liittyvän Vaasan hallinto-oikeuden päätöksen vuonna 2008 (08/2000/1). Lapinlahden louhoksen kuivanapito-, pinta- ja pohjavesien laatua on tarkkailtu vuodesta 1999. Nykyisen tarkkailuohjelman mukaista pintavesistöjen tarkkailua on tehty toukokuusta 2007 lähtien. Pintavesiä tarkkaillaan viidestä paikasta kolme kertaa vuodessa (liite 1.15, karttaliite 2.15) Vuositarkkailuraportissa pintavesitulosten tarkasteluun sisältyy Rautapuron kaksi kuivatusvesien havaintoasemaa sekä kolme maalajitusalueen suotovesien havaintoasemaa. (Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy 2021a)

Karnukka, Polvijärvi

Yleistä alueesta

Karnukan kaivos sijaitsee Polvijärven kunnassa, noin viiden kilometrin päässä taajamasta. Kaivokselta kolmen kilometrin etäisyydellä sijaitsee Horsmanahon talkkikaivos ja kahden kilometrin päässä Kylylahden kuparikaivos. Karnukan kaivos on avolouhos ja toiminta siellä on alkanut vuonna 2015. Louhoksen lisäksi alueella on sivukiven läjitysalueita sekä vesien käsittelyaltaat ja pintavalutuskenttä. Kallioperä alueella koostuu valtaosin kiilleliuskeesta, joka ympäröi talkkiesiintymää ja siihen liittyvää serpentiniittimuodostuman kiviä. Karnukan talkkimalmin päämineraaleina ovat talkki (55 %) ja magnesiitti (40 %). Sivumineraaleina on kloriitti sekä vähäisessä määrin nikkelisulfidia ja dolomiittia. Lisäksi malmissa tavataan pieniä määriä arsenideja. (Lupapäätös nro 13/2013/1)

Vesistö ja vesistötarkkailu

Karnukan kaivos sijaitsee Vuoksen vesistöalueen Viinijärven valuma-alueella (04.356). Pääosa kaivosalueen pintavesistä ohjautuu Karnukkapuroon, pintavesistä vähäinen määrä ohjautuu alueen lounaisosassa sijaitsevaan ojaan. Karnukkapuro yhtyy noin neljän kilometrin päässä Viinijokeen, joka puolestaan laskee Viinijärveen. (Lupapäätös nro 13/2013/1)

Karnukan käyttö-, päästö ja ympäristövaikutusten tarkkailusta on määrätty lupapäätöksessä

(13/2013/1). Luvan mukaan ELY-keskuksella on oikeus hyväksyä ohjelmiin tarpeelliseksi ja tarkoituksenmukaisiksi katsomansa korjaukset ja täydennykset. Karnukan kaivoksen vesistötarkkailuohjelma on vuodelta 2015. Lisäksi vesistötarkkailua tehdään Pohjois-Viinijärven yhteistarkkailuna, jossa Elementis Minerals B.V. Branch Finland Oy:n (ent. Mondo Minerals B.V. Branch Finland) lisäksi tarkkailuvelvollisia ovat Boliden Kylylahti Oy ja Vapo Oy. Yhteistarkkailuohjelmaa on täydennetty viimeksi 2.5.2016. (Mondo Minerals 2016, Savo-Karjalan ympäristötutkimus Oy 2015)

Tarkkailuohjelma sisältää käyttö-, päästö- ja vesistötarkkailun. Vesistövaikutusten on arvioitu kohdistuvan ensisijaisesti Karnukkapuroon ja vähäisessä määrin Viinijokeen. Kaivoksen tarkkailuohjelmassa Karnukkapuroa tarkkaillaan kahdesta paikasta neljä kertaa vuodessa muuttujien osalta, jotka ovat nähtävissä liitteessä 1.16. Lisäksi Pohjois-Viinijärven yhteistarkkailussa on neljä tarkkailupaikkaa Viinijoessa ja Viinijärvessä. Sedimenttitarkkailussa, jota tehdään kymmenen vuoden välein, seurataan omaehtoisesti määrättyjen muuttujien lisäksi arseenin pitoisuutta. (Mondo Minerals B.V. 2016, Savo-Karjalan ympäristötutkimus Oy 2016). A-klorofyllipitoisuus määritetään yhteistarkkailuohjelman mukaisesti Pohjois-Viinijärvestä kahdelta asemalta kaksi kertaa kasvukauden aikana. Kasviplankton näytteet otetaan samoista näytepaikoista vuosittain elokuussa, pohjaeläinnäytteet joka kolmas vuosi. Kasviplanktonnäytteistä määritetään lajisto ja biomassa, pohjaeläinnäytteistä lasketaan pohjaeläimistön tiheys, biomassa, tyyppimaiset taksonit, EPT-lajit tai taksonit sekä PMA. Karnukkapurosta otetaan lisäksi kertaluonteisesti pohjaeläinten kokoomanäyte kaivosvesien toksisuuden arviointiin. Yhteistarkkailuohjelman mukaisesti Viinijoesta tarkkaillaan päällysvästöä (piilevät) kolmen vuoden välein. (Savo-Karjalan ympäristötutkimus Oy 2015) Vesistötarkkailupaikat on esitetty karttaliitteessä 2.16.

Kinahmi, Kuopio

Yleistä alueesta

Kinahmin louhos sijaitsee Kuopiossa, entisen Nilsiään kaupungin Kaaraslahden ja Sänkimäen kylissä. Kinahmin louhoksen lisäksi lähialueella sijaitsee Vartsilan (Kvartsilan) louhos, jota käytetään varalouhoksena. Kinahmin alueella sijaitsee kvart-

sitehdas ja rikastushiekka-altaita. (Lupapäätös nro 29/2012/1, Sibelco Nordic Oy Ab 2016)

Alueelta louhittava hyötykivi on kvartsia. Kinahmin kivi on pehmeämpää kuin Vartsilan louhoksesta louhittu. Vartsilan kiveä louhitaan vain pakottavissa tilanteissa. Kinahmin pehmeämpi kivi voi talviaikana paakkuuntua hienojakoisuutensa vuoksi, jolloin sitä ei voi yksistään käyttää syötteenä. Sivukivi on pääosin kvartsia ja lisäksi siinä on serisiittiä sekä pieniä määriä savimineraaleja. (Lupapäätös nro 29/2012/1, Sibelco Nordic Oy Ab 2016)

Vesistö ja vesistötarkkailu

Louhoksen lähin järvi on Kauppinen, joka kuuluu Vuoksen vesistön Nilsiään reitin Juurusveden alueeseen. Järveen laskevat Kaijanpuro ja Sammakkopuro. Järvestä vesi virtaa Kauppisenjokea pitkin Ison Lajun Mustalahteen ja sieltä edelleen Ison Savilammen ja Kuoppasalmen kautta Juurusveteen. (Lupapäätös nro 29/2012/1)

Tarkkailuohjelma perustuu ympäristöluvassa (29/2012/1) määrättyihin tarkkailuvelvoitteisiin. Pohjois-Savon ELY-keskus on hyväksynyt viimeisimmän tarkkailuohjelman 28.4.2017. Vesistöä tarkkaillaan Kauppinen-järveen laskevista puroista kolmesta paikasta sekä Kauppinen-järvestä yhdestä paikasta (karttaliite 2.17). Vesinäytteet otetaan kaksi kertaa vuodessa, kahdelta eri syvyydeltä. Mikäli jätevetä johdetaan vesistöön, otetaan vesinäytteet lisäksi juoksuusjakson loppuvaiheessa. Veden happipitoisuus ja hapen kyllästysaste analysoidaan ainoastaan Kauppinen-järviaseman vesinäytteestä. Ympäristöluvassa on lisäksi velvoite kalataloudelliseen tarkkailuun, siihen ei sisälly kalojen metallipitoisuuksien analysointia. Kalataloustarkkailuun on sisällytetty myös pohjaeläintarkkailu viiden vuoden välein. Kalataloustarkkailu ja pohjaeläintarkkailu on tarkkailuohjelmassa esitetty jätettäväksi pois ja kustannussäästöt on esitetty käytettäväksi Kauppinen-järven kunnostamiseen. (Sibelco Nordic Oy Ab 2016) Pohjois-Savon ELY-keskus on todennut, että pohjaeläintarkkailusta voidaan toistaiseksi luopua (2017). Kootut tiedot tarkkailusta on nähtävissä liitteessä 1.17.

Lehlampi, Mäntyharju

Yleistä alueesta

Lehlammen louhos sijaitsee Mäntyharjun kunnassa, Partsimaan kylässä. Louhittava kiviaines on oli-

viinikiveä. Kaivospiirin alueella on louhittu 1990-luvulla kiuaskiveä. Louhos on avolouhos ja irrotettu kiviaines välivarastoidaan kaivoksella. (Etelä-Savon ympäristökeskus 2000).

Vesistö ja vesistötarkkailu

Louhoksen kuivanapitovedet pumpataan avo-ojaan, josta vesi virtaa Longanlampeen ja edelleen Myllylahteen. (Etelä-Savon ympäristökeskus 2000)

Lupapäätöksessä (25.5.2000) veloitetaan tarkkailemaan pintavesiä Etelä-Savon ympäristökeskuksen kanssa erikseen sovittavalla tavalla. Etelä-Savon ympäristökeskukselle on toimitettu hyväksyttäväksi 8.6.2001 päivätty kaivostoiminnan vesistökuormituksen ja vesistövaikutusten seurantaohjelma, jonka mukaan vesistötarkkailua on toteutettu. Longanlammen ja Myllylammen syvänteistä on analysoitu pohjasedimenteistä keskimääräinen kiintoainespitoisuus ja sen hehkutushäviö kertaluonteisesti vuonna 2006, ennen toiminnan aloittamista. (Etelä-Savon ympäristökeskus 2000, Saimaan Vesiensuojeluyhdistys ry 2001) Kootut tiedot tarkkailusta on nähtävissä liitteessä 1.18. ja vesistötarkkailupaikat on esitetty karttaliitteessä 2.18.

Lemnästräsk, Kirkkomäki ja Ala-Aulis, Kemiönsaari

Yleistä alueesta

Maasälpälaitos on aloittanut toiminnan alueella vuonna 1965. Olemassa oleva kaivos sijaitsee Kemiönsaaren kunnan länsiosassa, Löfbölen, Skogsbölen, Frödbölen, Norrlångvikenin ja Rosendalsin kylissä. Alueen louhoksista suljettuja ovat Smörklin-ten, Vargberget, Vargberget II, Ängelbacka ja Aulis ja toimivia ovat Lemnästräsket, Ala-Aulis ja Kirkkomäki (Kyrkobergget). Alueella sijaitsee louhosten lisäksi pintamaiden ja sivukivien läjitysalueita sekä rikastushiekka-altaita. Maasälpärikastamo ja satama sijaitsevat muutaman kilometrin etäisyydellä louhoksista. (Lupapäätös nro 17/2016/1, Sibelco Nordic Oy Ab 2019)

Ala-Aulis on yhtiön päälouhos, louhittava kivi on pegmatiittikiveä. Lemnästräsketin, Ala-Auloksen ja Kirkkomäen louhoksien tärkein arvomineraali on maasälpä, ja Lemnästräsketissä lisäksi kvartsi. (Sibelco Nordic Oy Ab 2019, Tukes 2020)

Vesistö ja vesistötarkkailu

Maasälpätehdas sijaitsee Norrlångvikenin rannalla. Merenlahti on pitkä ja kapea ja sen syvyys on kauttaaltaan 4–5 metriä. Lahden pohjukkaan laskee kolme puroa, Kvarbäcken, Långvikbäcken ja Frödbölebacken. Lisäksi lahteen laskee kymmenkunta pientä puroa. Lemnästräskin louhosalue sijaitsee Lemnästräsk-järven itäpuolella. (Sibelco Nordic Oy Ab 2019)

Vesistötarkkailuohjelma on laadittu vuonna 2012 ympäristöluvan (55/2007/2) mukaisesti. Ympäristöluvan lupaehtoja on tarkastettu ja myönnetty lupa uudelle louhinta-alueelle, Lemnästräskille vuonna 2016 (Lupapäätös nro 17/2016/1). Tarkkailuohjelmaa on päivitetty 27.11.2019.

Tarkkailuohjelmaan sisältyy ilman, melun, pohja- ja kaivovesien, mereen juoksutettavien vesien, merialueen, kalatalous-, Lemnästräsk-järven veden laadun, louhosvesien sekä jätealueiden suotovesien ja rikastushiekan koostumuksen tarkkailu. Vesistötarkkailua tehdään sekä merialueelta että Lemnästräsk-järvestä, merialueen havaintopaikat on esitetty karttaliitteessä 2.19. Vuoden aikana merialuetta tarkkaillaan kaksi kertaa ja järveä kolme kertaa. Tarkkailu sisältää veden laadun ja biologisten muuttujien tarkkailua (liite 1.19). Biologiseen tarkkailuun sisältyvät pohjaeläinten ja kasviplanktonin tarkkailu. Kasviplanktonista määritetään biomassa ja lajisto. Pohjaeläintutkimuksessa tulokset lasketaan yksilömäärinä ja märkämassoina neliömetriä kohden, ja niistä lasketaan BBI-indeksi sekä niitä verrataan ekologisen luokittelun luokkariioihin. Merialueen sedimenttitutkimus toteutetaan kahdeksan vuoden välein ja sitä voidaan tarkentaa kertaselvityksen tulosten perusteella. Tämän lisäksi kalataloustarkkailua tehdään kuuden vuoden välein. Kalojen metallimääritykset eivät kuulu tarkkailuun. (Sibelco Nordic Oy Ab 2019)

Punasuo, Sotkamo

Yleistä alueesta

Punasuon louhos sijaitsee Sotkamon kunnassa, noin 16 kilometriä keskustaajamasta. Alueella sijaitsee rikastamo, höyryvoimalaitos, sivukivi-, maanpoistomassa- ja rikastushiekka-alueet sekä suljettu Lahnaslammen louhos. (Pöyry Environment Oy 2008)

Kaivostoiminta alueella on alkanut vuonna 1968. Louhinta tapahtuu avolouhoksesta. Louhittava malmi on vuolukiveä, joka sisältää pääasiassa talkkia

ja karbonaattimineraaleja. Muita mineraaleja, kuten kloriittia, sulfideja ja oksideja on homogeenisessa malmisissa noin 5 %. Talkkimalmi sisältää mm. nikkeliä, kobolttia ja arseenia. Mustaliuskeiden läheisyydessä malmin rikkipitoisuus on muuta malmia korkeampi. Sivukivessä mineraaleja ovat pääosin musta- ja kiilleliuskeet sekä epäpuhtaat vuolukivet. Mustaliuskeet sisältävät rikkiä 5,6–7,7 % sekä metallisulfideja. Epäpuhdas vuolukivi sisältää runsaasti nikkeliä sekä lisäksi kobolttia, kuparia ja arseenia. Kiilleliuskeiden rikki- ja metallipitoisuudet ovat alhaisia verrattuna mustaliuskeisiin. (Lupapäätös nro 9/08/2)

Vesistö ja vesistötarkkailu

Punasuon kaivos- ja tehdasalue sijaitsevat pääosin Lahnasjoen valuma-alueella. Lahnasjoen valuma-alueen latvaosa muodostuu Juuanpurosta, Pikarinpurosta ja Unijoesta, jotka laskevat Unijoen makeanvesialtaaseen. Lahnasjoki alkaa tästä makeanvesialtaasta ja laskee tehdasalueen läpi Nuasjärven Jormaslahteen. Osa rikastushiekka-alueista kuuluu Papinpuron valuma-alueeseen. Papinpuro laskee kaivosalueen itäpuolella virtaavaan Jormasjokeen, joka laskee edelleen Nuasjärven Jormaslahteen. (Lupapäätös nro 9/08/2) Samalla vesistöalueella sijaitsee Uutelan ja Talvivaaran kaivokset.

Ympäristö- ja vesitalousluvan (9/08/2) mukaan tarkkailusuunnitelma toimitetaan Kainuun ELY-keskukselle hyväksyttäväksi. Vuoteen 2009 asti kaivoksen sivukivialueen ja tehtaan tarkkailu on toteutettu erillisten tarkkailuohjelmien mukaan. Sotkamon kaivokselle ja tehtaalle on vuonna 2008 laadittu yhteinen tarkkailuohjelma, jonka Kainuun ympäristökeskus ja Kainuun TE-keskuksen kalatalousyksikkö ovat hyväksyneet vuonna 2008 (AFRY Finland Oy 2020). Tarkkailu toteutetaan 30.5.2008 päivätyn tarkkailuohjelman mukaisesti. Tarkkailuohjelmaan sisältyy käyttö-, päästö- ja ympäristövaikutusten tarkkailu. Jälkimmäiseen sisältyy pintavesien fysikaalis-kemiallisen laadun, biologinen, kalasto- ja kalastus- sekä sedimentin laadun tarkkailu. Lisäksi tarkkailuun sisältyy pohjavesien, maa-alueiden biologinen, ilman laadun, melun ja tärinän tarkkailu. Veden laatua tarkkaillaan kahdessatoista paikassa Unijoesta, Lahnasjoesta, Jormasjoesta, Jormaslahdesta, Nuasjärvestä, Juuanpurosta sekä Papinpurosta (karttaliite 2.20). Tarkkailtavat muutujat on lueteltu liitteessä 1.20. Biologiseen tarkkailuun sisältyy kasviplanktonin lajiston ja -biomassa

sekä leväntuotantopotentiaali, pohjaeläintarkkailu ja kalojen nikkeli- ja arseenipitoisuudet. Pohjaeläinnäytteistä määritetään yksilöitiheys ja tuorebiomassa sekä lasketaan pohjan rehevyytensä kuvaavia indeksilukuja. Tuloksia tarkastellessa eläimistön mahdolliset vesistön tilaan liittyvät muutokset todetaan. (Pöyry Environment Oy 2008)

Ristimaa, Tornio

Yleistä alueesta

Ristimaan avolouhosalue sijaitsee Tornion kaupungissa. muutaman kilometrin päässä Kalkkimaan louhoksesta. Alueelta louhitaan kvartssia. Alueella sijaitsee mobiilimurskain. Ristimaan esiintymä on pääosin kvartsiittia. (Lupapäätös nro 99/2021)

Vesistö ja vesistötarkkailu

Ristimaan louhos sijaitsee samalla Kaakamajoen vesistöalueen Tieksonjoen vesistöalueella (66.004) kuin Kalkkimaan ja Tuppivaaran dolomiittilouhokset. Louhosalueiden kuivatusvedet johdetaan suometsäojitusten kautta itäpuolella virtaavaan Tieksonjokeen, joka laskee Kaakamajoen kautta Perämereen. (Lupapäätös nro 99/2021)

Kalkkimaan kalkkitehtaalla ja louhoksella sekä Tuppivaaran ja Ristimaan louhoksilla on yhteinen vesistötarkkailuohjelma, joka on päivitetty 31.8.2021. Tarkkailuohjelmaan sisältyy käyttö-, päästö- ja ympäristövaikutusten tarkkailu. Ympäristövaikutusten tarkkailu sisältää pohjavesitarkkailun, Tieksonjoen seurannan, melumallinnuksen, pölyämisen ja suojeltujen kasvien seurannan. Tarkkailupaikat on esitetty karttaliitteellä 2.21. Pintavesiä tarkkaillaan kahdesta havaintopaikasta neljä kertaa vuodessa. Tarkkailupaikat ovat Tieksonjoesta kaivosvesien purkupaikan ylä- ja alapuolella. Ristimaan ympäristöluvassa (99/2021) on edellytetty kalataloudellista tarkkailua, jota on tehty vuodesta 2021 alkaen. Se ei sisällä kalojen metallimäärytyksiä. (SMA Mineral Oy 2021) Kootut tiedot tarkkailusta on nähtävissä liitteessä 1.21.

Sallittu, Salo

Yleistä alueesta

Sallitun kaivos sijaitsee Salon Suomujärvellä, noin kuuden kilometrin päässä keskustaaajamasta. Lou-

hintaa tehdään avolouhoksessa. Kivituotteita varastoidaan kaivoksen pohjoispuolella sekä louhoksen pohjalla. Louhittava kivi on teollisuusmineraaliksi luokiteltua peridotiittia. Villanvalmistusprosessiin soveltumaton sivukivi hyödynnetään muun muassa tienrakennusmurskeina. (Lupapäätös nro 106/2009/2)

Vesistö ja vesistötarkkailu

Sallitun kaivosalueen pintavedet purkautuvat ojaa pitkin Enäjärven Karnapajanlahteen. Purkautumisreitillä sijaitsee kalankasvatustankki, joten purkautuvat vedet on mahdollista johtaa myöskin lammehen ohi kaivettua ojaa pitkin. Purkureitti on noin kilometrin pituinen. (Lupapäätös nro 106/2009/2)

Kaivoksen ympäristöluvassa (106/2009/2) on määrätty suorittamaan ympäristövaikutusten tarkkailu lupahakemuksessa esitetyn mukaisesti. Purkuvien laatua on tarkkailtu kahdesta paikasta purkureitin varrella olevasta nimettömästä lammesta sekä kaivosalueen itäpuolella sijaitsevasta Lauttasalmesta, joka kuuluu Enäjärveen. Yhtiö ei ole esittänyt erillistä suunnitelmaa pintavesien tarkkailusta, koska kaivoksesta ei pumpata kuivanapito-vesiä (liite 1.22). Varsinais-Suomen ELY-keskus on edellyttänyt toiminnanharjoittajaa tekemään vuonna 2019 kertaluonteisen vesientarkkailun. Pintavesien tarkkailu on tehty louhoksen eteläpuolella olevasta lammesta sekä louhoksen kaakkoispuolella sijaitsevasta Enäjärven Lauttasalmesta. Kertaluonteisessa näytteenotossa pintavesistä tutkittiin lämpötila, pH, sameus, sähkönjohtavuus, alkaliteetti, happi, CODMn, väri, rauta, mangaani, arseeni, nikkeli, kromi, ammoniumtyppi, nitriitti/nitraattityppi, kiintoaine (suodatus GF/C), kokonaisfosfori, sulfaatti sekä orgaaninen kokonaishiili (TOC). Vesistön kertaluonteinen vedenlaadun selvitys toteutettiin vuonna 2019 viranomaisten hyväksymiä menetelmiä käyttäen (SFS-standardit). (Lupapäätös nro 106/2009/2, Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy 2019) Vesistötarkkailu tehdään siinä vaiheessa, kun louhosta syvennetään ja alueella on kuivatustarvetta.

Siilinjärvi (Särkijärvi ja Saarinen)

Yleistä alueesta

Siilinjärven kaivoksen Särkijärven ja Saarisen louhosalueet sijaitsevat Siilinjärven kunnassa, kolmen

kilometrin etäisyydellä keskustaajamasta, kaivokset ovat avolouhoksia. Alueella sijaitsee kaivosten lisäksi rikkihappo-, typpihappo-, fosforihappo-, lannoite- ja biotiitti- ja kiilletuotetuotetehtaat, voimalaitos, apatiitin kuivauslaitos, kaksi kemiallista jätevedenpuhdistamoja sekä satama, kipsin, patsutteen, rikastushiekan ja sivukiven läjitysalueet. (Lupapäätös nro 32/2016/1) Louhittava malmi on apatiittimalmia, joka jalostetaan edelleen kemian tehtaiden puolella fosfaattituotteiksi. Louhinnan ja rikastuksen sivutuotteina syntyy sivukiveä, biotiittia ja kalkkia. (Yara Suomi Oy 2018)

Vesistö ja vesistötarkkailu

Kaivos- ja tehdasalue sijaitsevat Vuoksen vesistöalueen Nilsiän reitin valuma-alueella (4.6) sekä vedenjakaja-alueella, jonka itäinen osa kuuluu Juurusveden (4.61) ja läntinen osa Siilijoen (4.65) valuma-alueeseen. Pohjoinen osa on Siilijoen valuma-alueen ja Naarvanjoen valuma-alueen (4.59) vedenjakaja-alueella. Tarkemmin kaivosalue sijoittuu neljälle eri valuma-alueelle: Juurusvesi (4.611), Ventojoki (4.614), Siilinjoki (4.651) ja Koivusenjoki (4.653). Tehdasalueen jätevedet käsitellään kemiallisessa puhdistamossa ja johdetaan Kuuslahteen. Rikastamolta vesikierron ylittevedet johdetaan puhdistamon kautta Sikopuroon ja edelleen Kuuslahteen. Hulevesiä johdetaan Sulkavanjärven kolmesta purkupaikasta, tehdasalueen ja kipsinläjitysalueen ympäristön hulevedet johdetaan Sulkavanjojaa pitkin Särkilahteen, rikastamon ympäristön hulevedet lasketaan öljynerotuskaivojen ja laskeutusaltaiden kautta Pirttilahteen, Oulunlampeen tulevat valumavedet johdetaan Sulkavanjärvenjojaa pitkin Sulkavansalmeen. Lisäksi Raasion ja Mustin rikastushiekka-alueiden patojen läpi suotautuvat suotovedet päätyvät pintavesinä Aitapuroon, Syrjänlampeen, Syrjänjokeen, Rötikönpuroon, Perkiönpuuroon, Kolmisoppeen, Kolmisopenjokeen ja edelleen Sulkavanjärven. Pieniä määriä suotovesiä suotautuu myös Mustin rikastushiekka-alueen itäpuolelle Pitkänlampeen. (Lupapäätös nro 32/2016/1)

Vesistötarkkailu perustuu ympäristöluvan (32/2016/1) lupamääräyksiin ja sitä toteutetaan kolmella erillisellä tarkkailuohjelmalla, joita ovat toimipaikan päästöjen ja vaikutusten tarkkailuohjelma, Latvavesien tarkkailuohjelma sekä Juurusveden yhteistarkkailuohjelma. Latvavesien tarkkailuohjelman on hyväksytty vuonna 2017, ja siihen on tehty

myöhemmin muutoksia. Juurusveden yhteistarkkailuohjelmaan on tehty muutoksia vuonna 2017. Toimipaikan tarkkailuohjelma on vuodelta 2018 ja se sisältää vesipäästöjen tarkkailun osalta tehdasalueelta vesistöön johdettujen vesien tarkkailun sekä Saarisen alueen tarkkailun. Latvavesien tarkkailuohjelma sisältää kaivostoiminnan vesistövaikutusten tarkkailun, joka on jaettu itä- ja länsipuolen tarkkailualueisiin. Itäpuolella tarkkailu ulottuu Pajulampeen saakka ja läntisellä puolella Siilinjoen laskuun Siilinlahteen (karttaliite 2.22). Juurusveden yhteistarkkailuohjelmalla tarkkailu sisältää kaivostoiminnan lisäksi kemian tehtaiden vaikutusten tarkkailun Juurusveteen. (Yara Suomi Oy 2018 ja 2019, Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy 2017)

Vesistöjen fysikaalis-kemiallista laatua tarkkailaan 25 paikasta, joista osa on kaivosalueelta lähtevissä ojissa. Yhteistarkkailupaikkoja on yhdeksän. Havaintopaikat ovat pääasiassa syvänteissä. Järvistä otetaan vesinäytteitä neljä tai viisi kertaa vuodessa useilta eri syvyyksiltä. Näytesyvytydet vaihtelevat näytepaikoittain ja näytteistä tehtävät määritykset vaihtelevat havaintoasemittain, vuodenajoittain ja syvyyksittäin. Kolmisopella ja Saarisella on veden pinnankorkeuden jatkuvatoimista tarkkailua vedenlaadun tarkkailun lisäksi. Vesinäytteistä analysoidaan myös enterokokit ja E.coli. Vuosittaisen tarkkailun lisäksi tehdään kolmen sekä kuuden vuoden välein laaja tarkkailu, jolloin havaintopaikkoihin lisätään Pöllänveden Pajulahti. (Yara Suomi Oy 2019) Virtavesien näytteet otetaan aina yhden metrin syvyydeltä (Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy 2017). Kootut tiedot tarkkailusta on nähtävissä kaivoskortissa (liite 1.23).

Biologista tarkkailua tehdään yhdeksästä eri paikasta. Lisäksi yhteistarkkailussa on kahdeksan tarkkailupaikkaa. Pohjaeläintutkimus tehdään syvänealueutkimuksina. Laajoista kasviplankton- ja ravinnenäytteistä, jotka otetaan kolmen vuoden välein, määritetään a-klorofylli sekä laajalla kvantitatiivisella menetelmällä kasviplanktonin lajisto, runsaussuhteet ja biomassat EU-standardin (EN 15204:2006) ja Järvinen ym. (2011) mukaisesti. Lisäksi Kolmisopella ja Saarisenjärvellä tehdään kuuden vuoden välein vesikasvikartoitus. Kalataloudellinen tarkkailu toteutetaan Sulkavajärvellä kolmen vuoden välein Latvavesien tarkkailuohjelman ja Juurusveden yhteistarkkailuohjelman mukaisesti, mutta tarkkailuun ei sisälly kalojen metallipitoisuuksien analysointia. (Yara Suomi Oy 2019, Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy 2017) Vesis-

tötarkkailun jakautuminen eri ohjelmiin hankaloittaa hieman kokonaisuuden hahmottamista.

Uutela, Sotkamo

Yleistä alueesta

Uutelan louhos sijaitsee Sotkamon kunnassa, Jormaskylässä, noin 23 kilometriä Sotkamon keskustasta. Louhinta tapahtuu avolouhoksesta. Lisäksi alueella on mm. sivukivialueita, malmin välivarastoalue ja selkeytysallas. (Lupapäätös 24/06/2)

Uutelan kaivosalue sijoittuu Kainuun Iuskejakson alueelle, johon kuuluu kiilleliuskeita, mustaliuskeita, pohjagneissisiä ja kvartsiittia. Talkkimalmia louhitaan ultramafiittikivestä (vuolukivi). Sivukivissä on pääosin musta- ja kiilleliuskeita sekä epäpuhtaita vuolukiviä, ja jossain määrin mm. kloriittiliuskeita. Mustaliuske sisältää sulfideja, joista pääosin pyriittiä. Sen rikkipitoisuus on 0,3 %. Alhaisen sulfidipitoisuuden vuoksi hapontuottokyky on tyypillisiä mustaliuskeita alhaisempi. Epäpuhdas vuolukivi sisältää runsaasti sulfideja, mutta sen neutralointikapasiteetti on huomattavasti suurempi johtuen neutraloivien karbonaattien määrästä. Myös kloriittiliuske sisältää runsaasti sulfideja, mutta sen kokonaisuus on vähäinen. (Lupapäätös nro 24/06/2)

Vesistö ja vesistö tarkkailu

Kaivos sijaitsee Jormasjärven vesistöalueella (59.88) Mustinjoen (59.883) ja Talvijoan (59.884) valuma-alueiden raja-alueella. Kaivosvedet johdetaan metsäojaston kautta Kohisevanpuroon, joka laskee Mustinjokeen ja edelleen Jormasjärven Mustinlahteen. (Pöyry Environment Oy 2007). Samalla vesistöalueella sijaitsee Punasuon ja Talvivaaran kaivokset.

Tarkkailuohjelma on lupapäätöksen (24/06/2) mukaisesti toimitettu Kainuun ympäristökeskukselle hyväksyttäväksi ja se on hyväksytty vuonna 2007. Tarkkailuohjelma sisältää käyttö- ja päästötarkkailun, vesistö-, pohjavesi- sekä kalataloudellisen tarkkailun. Vesistövaikutusten on katsottu kohdistuvan ensisijaisesti Kohisevanpuroon ja Mustinjokeen, mutta tarkkailuun kuuluu näiden lisäksi Jormasjärven Mustinlahti (karttaliite 2.23). Sedimenttejä ei tarkkailla ja biologiseen tarkkailuun kuuluu ainoastaan a-klorofyllin tarkkailu Jormasjärvestä. (Pöyry Environment Oy 2007). Kootut tiedot tarkkailusta on nähtävissä liitteessä 1.24.

Ybbernäs, Parainen

Yleistä alueesta

Ybbernäsin louhos sijaitsee Paraisten kaupungissa, noin 9 kilometriä keskustasta. Louhinta tapahtuu avolouhoksesta. Lisäksi alueella on kivituohteiden varastoalue ja murskauslaitos. Kaivoksella louhitaan teollisuuskiveä, amfiboliittia. Sivukivien ympäristökelpoisuus selvityksen perusteella kiven rikkipitoisuus on alhainen (0,05–0,09 mg/kg), haponmuodostus heikkoa ja kivilajien sisältämät kalsiumpitoisuudet kykenevät neutraloimaan kiviaineksesta liukenevan sulfidimäärän. Sivukiviä hyödynnetäänkin muun muassa tienrakennusmurskeena. Paraisten alueella on myös muuta teollista toimintaa, kuten Limbergin ja Skräbbölen louhokset, Finnsementti Oy:n sementtitehdas ja Paroc Oy Ab:n kivivillatehdas, mutta Ybbernäsin kaivosalueen välittömässä lähiympäristössä ei sijaitse muita kuormittavia toimintoja. (Lupapäätös nro 105/2009/2)

Vesistö ja vesistötarkkailu

Kaivosalueen pintavedet purkautuvat kallioisten mäkien välisiä painannealueita pitkin Pettebyvikenin lahteen, joka on osa merenlahdesta patoamalla eristettyä makeavesiallasta. Lisäksi kaivosalueelta kulkeutuu pintavesiä jossain määrin Skutsnäsvikenin merenlahteen. (Lupapäätös nro 105/2009/2)

Ybbernäsin louhoksen vesistötarkkailua on tehty vuosina 2011–2018 ympäristöluvan (105/2009/2) mukaisesti. Tarkkailuohjelmaa on päivitetty vuosina 2008 ja 2010. Vuonna 2018 tehdyn määräaikais-tarkastuksen jälkeen vesien tarkkailuohjelmaa on päivitetty uudelleen. Tarkkailuun sisältyy louhoksen kuivatusvesien, purkuojien sekä pohjaveden tarkkailu. Vesistötarkkailua tehdään Pettebyvikeniin johtavasta ojasta kahdesta paikasta, tarkkailuun ei sisälly sedimentti- tai biologista tarkkailua. (Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy 2018). Kootut tiedot tarkkailusta on nähtävissä liitteessä 1.25. ja vesistötarkkailupaikat on esitetty karttaliitteessä 2.24.

Karbonaattikaivokset ja -louhokset

Ankele, Pieksämäki

Yleistä alueesta

Ankeleen louhos sijaitsee Pieksämäen kaupungissa, Hällimäen kylässä. Alueella sijaitsee avolouhoksen lisäksi mm. kaivannaisjätteen jätealue ja siirrettävä murskaamo. Louhittava kiviaines on dolomiittia, jossa esiintyy välikerroksina pääasiassa kiillegneissisiä, lepiittiä ja amfiboliittia. (Lupapäätös nro 84/2019)

Vesistö ja vesistötarkkailu

Louhos sijaitsee Isojoen-Sahinjoen vesistöalueella. Louhoksen kuivatusvedet johdetaan Ankeleenjärveen, josta vesi virtaa Isojoki Monniin ja edelleen Salmenjärveen, Längelmäenjärveen sekä Maaveeteen. (Lupapäätös nro 84/2019)

Lupapäätöksessä (84/2019) on määrätty louhoksesta juoksettavan veden tarkkailusta. Tarkkailuohjelmaan kuuluu avolouhoksen veden tarkkailun lisäksi kaivoveden sekä pölyämisen tarkkailu. (SMA Mineral Oy 2019) Varsinaista vesistötarkkailua ei tarkkailuohjelmaan sisälly (Liite 1.26).

Heponiemi, Paltamo

Yleistä alueesta

Heponiemen kaivos sijaitsee Koikerojärven rannassa, noin 4 km Paltamon keskustasta. Järven ranta-alueet ovat pääosin metsätalouskäytössä. Alueella ei ole muita ympäristöä kuormittavia tai alueiden käyttöön vaikuttavia toimintoja. Heponiemen avolouhoksesta louhitaan dolomiittikalkkiveä, joka murskataan, jauhetaan ja varastoidaan. (Lupapäätös 91/06/2) Noin 500 metrin etäisyydellä on Niemelän kaivosalue, jossa toiminta ei ole alkanut.

Vesistö ja vesistötarkkailu

Koikerojärven lahden pohjukasta lähtee puro, josta vedet virtaavat Heinijokeen ja edelleen Oulujärveen (Lupapäätös Nro 91/06/2). Avolouhokseen kertyvä vesi ja alueen kuivatusvedet ohjataan selkeytysalaiden kautta Koikerojärven laskupuroon viettävälle kosteikolle (Ramboll Finland Oy 2014).

Heponiemen ja Niemelän kaivoksia on käsitelty yhtenä, omana kokonaisuutenaan lupapäätöksessä, johon on sisältynyt myös Reetinniemen kaivos. Kaivostoiminnoille on myönnetty ympäristölupa vuonna 2006 (91/06/2). Ympäristöluvan liitteessä on määrätty Heponiemen tarkkailuohjelman sisällöstä. Kainuun ELY-keskus on hyväksynyt vuonna 2014 Heponiemen tarkkailusuunnitelman. Tarkkailu sisältää käyttö-, päästö- ja vaikutustarkkailun, joista jälkimmäiseen sisältyy pinta- ja pohjavesien seuranta. Pintavesistä määritetään samat muuttujat kuin toiminnan päästötarkkailussa. Lisäksi pintavesistä tehdään kolmen vuoden välein laajennettu tarkkailu. Yhdestä Koikerojärven havaintopaikasta mitataan myös näkösyvyys. (Ramboll Finland Oy 2014) Kootut tiedot pintaveden tarkkailusta on nähtävissä liitteessä 1.27. ja pintavesien tarkkailupaikat karttaliitteessä 2.25

Hyypiänmäki, Lappeenranta

Yleistä alueesta

Hyypiänmäen kaivos sijaitsee Salon kaupungissa, entisen Kiskon kunnan Haapaniemen ja Kirkonkylän kylissä. Avolouhoksen lisäksi alueella sijaitsee mm. sivukivialueita, murskausalue sekä selkeytysallas. Hyödynnettävä esiintymä on kalsiittia. Sivukivien kivilajeja ovat gneissi, vulkaanitit, karsikivi ja epäpuhdas kalkkikivi. Osa sivukivistä sisältää arseenia ja sinkkiä. Sivukivien rikkipitoisuudet ovat pääosin alhaisia, vaikka sulfidista rikkiä esiintyy paikoin yli 0,1 %. (Lupapäätös nro 142/2014/1)

Vesistö ja vesistötarkkailu

Hyypiänmäen kaivosalueen pintavedet laskevat Määrjärveen. (Lupapäätös nro 142/2014/1). Samaa vesistöön vaikuttavat Kalkkisillan kalkkikaivos sekä Oriveden suljettu kuparikaivos.

Hyypiänmäen kaivostoiminnan aiemmassa lupapäätöksessä (121/2013/1) on toiminnanharjoittajaa veloitettu toimittamaan päivitetty tarkkailusuunnitelma Varsinais-Suomen ELY-keskukselle. Toiminnalle on myönnetty uusi ympäristölupa (142/2014/1) vuonna 2014. Lisäksi vuonna 2015 Vaasan hallinto-oikeus on määrännyt, että tarkkailusuunnitelmaa on täydennettävä päätöksen (142/2014/1) mukaisesti. Varsinais-Suomen ELY-keskus on hyväksynyt tarkkailusuunnitelman tietyin muutoksin ja lisäksi vuonna 2016. (Envimetria Oy 2016)

Tarkkailuohjelmaan sisältyy käyttö- ja vesistötarkkailu sekä melun, pölyn ja tärinän seuranta. Vesistötarkkailu sisältää pohjavesi- ja pintavesitarkkailun. Tarkkailuohjelmassa pintaveden laatua tarkkaillaan selkeytysaltaan lähtevästä vedestä, laskuojan ylä- ja alajuoksulta, Määrjärvestä, kaivoksen kuivanapitovedestä sekä Kaunolanpuron ylä- ja alajuoksulta. Havaintopaikat on esitetty karttaliitteessä 2.26 Määrjärven havaintopaikkoja lukuun ottamatta. Puroista ja ojista otetaan vesinäytteet kaksi kertaa vuodessa. Määrjärvestä otetaan vesinäytteitä kerran vuodessa, heinä-elokuussa. Määrjärven biologiseen näytteenottoon sisältyy a-klorofylli sekä kuuden vuoden välein otettava pintaveden kokoomanäyte, josta määritetään kasviplanktonlajisto. Pintavesipaikkojen virtaamaa mitataan tai se arvioidaan näytteenoton yhteydessä, näytteenotto pyritään ajoittamaan ylivirtaamajaksoihin. (Envimetria Oy 2016) Kootut tiedot tarkkailusta on nähtävissä liitteessä 1.28

Ihalainen, Lappeenranta

Yleistä alueesta

Ihalaisen tuotantolaitokset, joihin kuuluvat avolouhos ja kalkkitehdas sekä kalsiitti- ja wollastoniittikalsiittirikastamot, sijaitsevat Lappeenrannan kaupungin Ihalaisen kaupunginosassa, noin kolmen kilometrin etäisyydellä kaupungin keskustasta. Louhos on toiminut vuodesta 1910 alkaen avolouhoksena (Lupapäätös nro 53/02/2). Tehdasaluekokonaisuuteen kuuluvat lisäksi muiden toimijoiden sementtitehdas, vuorivillatehdas ja mikrojouhatuslaitos. Teollisuusalueen läheisyydessä sijaitsee mm. asuin- ja haja-asutusalueita, jätevedenpuhdistamo sekä suljetut kaupungin ja teollisuusjätteen kaatopaikat. Kaivosalueen kivilajit ovat pääosin kiteiset kalkkikivet. Alueen kallioperä ei sisällä kohonneita raskasmetallipitoisuuksia tai sulfidimineraaleja. Karbonaattikiven rikkipitoisuus on keskimäärin 0,02 %. Myös sivukivessä sulfidimineraaleja on pieniä määriä. (Lupapäätös nro 190/2014/1)

Vesistö ja vesistötarkkailu

Ihalaisen kaivosalue sijaitsee Huonijoen (06) vesistöalueella. Teollisuusalueen käsitellyt prosessi- ja hulevedet sekä avolouhoksen kuivatusvedet johdetaan Pikkalanojan kautta Rakkolanjokeen, joka virtaa Haapajärveen. Lisäksi läjitysalueen vesiä johdetaan Suurojan kautta Hanhijärveen.

Nordkalk Oy Ab:n Lappeenrannan Ihalaisen kaivosalueen nykyinen tarkkailuohjelma (Saimaan vesi- ja ympäristötutkimus Oy 2019) perustuu pääosin aiemman lupapäätöksen aikaiseen tarkkailusuunnitelmaan sekä vuonna 2016 voimaan astuneeseen ympäristölupaan (Lupapäätös nro 190/2014/1). Tarkkailuohjelmaa on kevennetty mm. tarkkailuiden selkeyttämisen takia. Tarkkailuohjelmaan sisältyy käyttö- ja kuormitustarkkailu sekä vaikutustarkkailun osalta pohjavesi-, pinta-vesi- ja prosessivesitarkkailu. Pintavesitarkkailua tehdään kaivosalueen ojavesistä. Pintavesitarkkailusta on jätetty pois mm. Hanhijärvi. Kaivos- ja teollisuusalueen tarkkailussa on kolme nimetöntä ojaa: Mustolan radan pohjoispuoli, Mattilan as. alueen valumavedet ja Finnsementti Oy:n oja. Tarkkailussa neljä määrittystä tehdään vain osalla paikoista. Edellä mainituista ojista kahdesta jälkimmäisestä määritetään kiintoaine sekä virtaama; öljyhiilivedyt ja virtaama määritetään Suurojasta (KORV) ja sulfaatti määritetään neljästä paikasta: Vasaraoja, Pikalanoja, Suuroja ja Mustolan radan pohjoispuolen oja. (Saimaan vesi- ja ympäristötutkimus Oy 2019)

Ihalaisen kaivosalueen laajempi vesistövaikutustarkkailu toteutetaan yhteistarkkailuna (Saimaan vesi ja ympäristötutkimus Oy 2016) Lappeenrannan lämpövoima Oy:n kanssa. Kaakkois-Suomen ELY-keskus on hyväksynyt vuonna 2016 yhteistarkkailuohjelman, jota on päivitetty ELY-keskuksen päätöksen mukaisesti kesällä 2017 (Saimaan vesi- ja ympäristötutkimus Oy 2021a). Yhteistarkkailuun sisältyy vedenlaadun tarkkailu sekä biologisista seurannoista pohjaeläin-, kasviplankton-, piilevä- ja kalastotarkkailut sisältäen ahvenen elohopeamäärityksen. Yhteistarkkailua tehdään Rakkolanjoesta ja Haapajärvestä, joita on tarkkailtu 1960-luvulta lähtien. Yhteistarkkailussa on yksitoista vedenlaadun havaintopaikkaa, joista neljällä määritetään biologinen hapenkulutus ATU ja yhdeksällä paikalla määritetään biologinen hapenkulutus, nitraattinitriittityppi, ammoniumtyppi, fosfaattifosfori sekä *Escheria coli* (Saimaan vesi ja ympäristötutkimus Oy 2016). A-klorofylli määritetään Haapajärvestä avovesiaikana vuosittain. Kasviplanktonseurannassa määritetään lajisto ja biomassa. Yhteistarkkailuun kuuluu tarkasteltujen muuttujien lisäksi kalastotarkkailu ja lisäksi voidaan tehdä kertaluonteinen kalastustiedustelu. Vesistötarkkailutiedot ovat nähtävissä liitteessä 1.29 ja vesistötarkkailupaikkojen sijainnit liitteessä 2.27.

Kalkkima ja Tuppiavaara, Tornio

Yleistä alueesta

Kalkkimaan ja Tuppiavaaran louhokset sijaitsevat Tornion kaupungissa, noin 16 kilometriä keskustasta. Alueella on ollut kaivostoimintaa 1500-luvulta lähtien. Kalkkimaan kalkkitehdas on perustettu vuonna 1917. Tuppiavaarassa sijaitsee mm. hienomurskauslaitos. Kalkkimaalta ja Tuppiavaarasta louhitaan dolomiittia, joka on dolomiittimineraaleja sisältävä karbonaattikivilaji. Kalkkimaan dolomiittilouhoksella on lisäksi lupa varastoida Gotlannista tulevaa kalsiittia ja Tuppiavaarassa varastoidaan Röyttän kalkkitehtaan osittain palanutta kalkkia. (Lupapäätös 61/2013/1)

Vesistö ja vesistötarkkailu

Louhokset sijaitsevat Kaakamajoen vesistöalueen Tieksonjoen vesistöalueella (66.004). Louhosalueiden kuivatusvedet johdetaan Tieksonjokeen, joka laskee Kaakamajoen kautta Perämereen. (Lupapäätös nro 61/2013/1). Ristimaan teollisuusmineraalikaivos sijaitsee samalla vesistöalueella.

Kalkkimaan kalkkitehtaalla ja louhoksella sekä Tuppiavaaran ja Ristimaan louhoksilla on yhteinen vesistötarkkailuohjelma, joka on päivitetty 31.8.2021. Tarkkailupaikat on esitetty karttaliitteellä 2.21. Pintavesiä tarkkaillaan kahdesta paikasta neljä kertaa vuodessa, Tieksonjoesta kaivosvesien purkupaikan yläpuolisesta ja alapuolisesta paikasta. (SMA Mineral Oy 2021) Kootut tiedot tarkkailusta on nähtävissä liitteessä 1.30.

Kalkkisillan kalkkikaivos, Salo

Yleistä alueesta

Kalkkisillan kaivos sijaitsee Salon kaupungissa, noin 2,5 kilometriä Kiskon kylästä. Louhos on avolouhos ja kaivosalueella sijaitsee lisäksi mm. sivukivialue, murskausalue sekä laskeutusallas (Maanmittauspalvelu Pelto-Timper Ky 2017). Kaivosalue sijaitsee Kemiö-Mäntsälä liuskevyöhykkeellä. Hyötykiviesiintymässä on dolomiittista kalsiittikiveä ja kalsiittikiveä, ja se rajoittuu vulkaanisiin kivilajeihin. (Lupapäätös nro 238/2013/1)

Vesistö ja vesistötarkkailu

Toiminta-alueen valumavedet virtaavat purkuo-
jaa pitkin kaivosalueen eteläpuolella sijaitsevaan
Maatosjärveen ja siitä edelleen Määrjärveen sekä
länsipuolella olevaan Iso-Kiskoon. (Maanmittaus-
palvelu Peltö-Timperin Ky 2017, Lupapäätös nro
238/2013/1). Samalla vesistöalueella sijaitsee Hyy-
piänmäen kalkkikaivos.

Vesistötarkkailuohjelma perustuu lupapäätökseen
(238/2013/1), jonka mukaisesti tarkkailusuunnitelma
on toimitettu Varsinais-Suomen ELY-keskukselle, si-
tä on tarkennettu ELY-keskuksen pyynnöstä ja se on
hyväksytty vuonna 2017. (Päätös nro 9/2017)

Tarkkailuohjelma mukaisesti Maatosjärven näyt-
teet otetaan ennen toiminnan aloittamista ja sen
jälkeen kaksi kertaa vuodessa. Määrjärven seu-
rantaa ehdotetaan tarkkailuohjelmassa tehtäväksi
yhteistyössä Hyypiänmäen kalkkikaivoksen toi-
minnanharjoittajan kanssa. Tällä hetkellä molem-
milla toiminnoilla on erilliset tarkkailut. Määrjärven
näytteenotto toteutetaan vastaavasti kuin Maa-
tosjärvestä tehtävä. Tarkkailuohjelmaan ei sisäl-
ly sedimentti- tai biologista tarkkailua. (Maanmit-
tauspalvelu Peltö-Timperin Ky 2017). Kootut tiedot
tarkkailusta on nähtävissä liitteessä 1.31. ja vesis-
tötarkkailupaikkojen sijainnit liitteessä 2.28.

Limberg-Skräbböle, Parainen

Yleistä alueesta

Kaivosalue sijaitsee Paraisten keskustan välittö-
mässä läheisyydessä. Kaivospiiri on nimeltään
Limberg-Skräbböle. Avolouhosten lisäksi alueella
on mm. kalkkikiven jalostuslaitos, sivukiven läjitys-
alue ja käytöstä poistettu kaatopaikka. Paraisten
kalkkikivi koostuu pääosin kalsiitista, jossa esiintyy
mm. kvartsiä, maasälpä-, kondrodiitti-, diopsidi-,
flogopiitti-, grafiitti- ja dolomiittimineraaleja. Sivuki-
venä esiintyy yleisimmin silikaattisia kivilajeja. (Lu-
papäätös nro 174/2012/1)

Vesistö ja vesistötarkkailu

Limbergin kaivoksen kuivanapitovedet johdetaan
Kalkkirannan satama-altaaseen ja Skräbbölen kai-
voksen vedet Paraisten kaupungin raakavesialtaa-
seen Sysilahteen. (Lupapäätös nro 174/2012/1)

Etelä-Suomen aluehallintovirasto on myöntänyt
vuonna 2012 Paraisten kaivokselle ympäristölu-

van (174/2012/1) kalkkikiven louhintaan. Lupapä-
ätöksessä (174/2012/1) määrätään vesistöön joh-
dettavien kuivanapito- ja jätevesien sekä ilmaan
kohdistuvien päästöjen tarkkailusta. Varsinaista ve-
sistöseurantaa louhoksella ei ole. (Lupapäätös nro
174/2012/1) Kaivoskortti on esitetty liitteessä 1.32.

Matkusjoki ja Punola, Huittinen

Yleistä alueesta

Vampulan kalkin tuotantokokonaisuus sijaitsee
Huittisten kaupungin Matkusjoen ja Punolan kylis-
sä, noin 4 kilometrin päässä Vampulan keskustas-
ta. Alueella sijaitsee kahden avolouhoksen lisäksi
mm. kiviainesvarastoja sekä kaksi kaivannaisjä-
tealuetta. Lisäksi Punolan alueella sijaitsee murs-
kaus- ja jauhatuslaitos. Kaivospiirit ovat nimeltään
Matkusjoki ja Putkinotko. Vampulan alueen hyö-
dynnettävät esiintymät ovat kalkkikiveä ja dolomiit-
tia, jossa sivukivenä amfiboliitin lisäksi tavataan
kivilajeina sarvivälke- ja kiillegneissisiä, graniittia ja
pegmatiittia. (Lupapäätös 55/2010/1)

Vesistö ja vesistötarkkailu

Louhokset sijaitsevat Matkusjoen valuma-alueella
(35.918), joka kuuluu Loimijoen alaosan alueeseen
(35.91) ja edelleen Kokemäenjoen vesistöaluee-
seen (35). Matkusjoen ja Punolan louhosten kuiva-
napitovedet johdetaan Matkusjokeen. (Lupapäätös
nro 55/2010/1) Matkusjoesta vesi virtaa edelleen
Loimijokeen. Samalla vesistöalueella sijaitsee Sii-
vikkalan kalkkikivilouhos, jossa ei ole tällä hetkellä
toimintaa.

Lupapäätöksessä (55/2010/1) annetaan määrä-
yksiä käyttö-, päästö- ja ympäristövaikutusten tark-
kailusta. Ympäristölupapäätöksessä (55/2010/1)
määrätään tarkkailemaan Punolan ja Matkusjoen
kaivoksista Matkusjokeen johdettavista kuivanapi-
tovesistä on määritettävä kaksi kertaa vuodes-
sa ainakin virtaama, kiintoaine, sähkönjohtokyky,
pH, sameus, väriluku sekä rauta-, natrium-, kali-
um-, typpi- ja kalsiumpitoisuudet sekä muilta osin
vesistöön johdettavien kuivanapito- ja jätevesien
päästöjen tarkkailu on suoritettava hakemukses-
sa esitetyn mukaisesti. Vampulan tuotantoalueen,
Matkusjoen ja Punolan louhosten kuivanapitovesi-
en ja Matkusjoen veden laatua on seurattu vuodes-
ta 2018 alkaen tarkkailuohjelman mukaisesti kaksi
kertaa vuodessa. Tarkkailupaikoista toinen sijait-

see louhoksilta purkautuvien vesien ylä- ja toinen alapuolelta Matkusjoesta (karttaliite 2.29). (KVVY Tutkimus Oy 2020b) Matkusjoessa tehdään kalataloustarkkailua yhteistarkkailuna turvetuotantoyhtiöiden toimesta, kaivosyhtiö ei kuulu tarkkailuvollisiin, eikä kalataloustarkkailuun sisälly kalojen metallianalysejä. (Eurofins Ahma Oy 2019a) Kootut tiedot tarkkailusta on nähtävissä liitteessä 1.33.

Mustio, Raasepori

Yleistä alueesta

Mustion louhos sijaitsee Raaseporin kaupungissa, Knapsbyn kylässä. Avolouhoksen lisäksi alueella on sivukivikasoja sekä siirrettävä murskaamo. Mustion esiintymä on kalsiittista kalkkikiveä. Dolomiittista kalkkikiveä esiintyy vähän epäsäännöllisinä kasauksina. Sivukivien kivilajit ovat pääasiassa leptiittiä, graniittia ja pegmatiittia ja paikoin kalkkigneissia. (Lupapäätös nro 111/2011/1)

Vesistö ja vesistötarkkailu

Louhos sijaitsee Lohjanjärven lähivaluma-alueella, joka on osa Karjaanjoen vesistöaluetta. Bruksträsketin salmesta alkaa Mustionjoki, joka laskee Pohjanpitäjänlahteen. Louhos sijaitsee Bruksträsketjärven välittömässä läheisyydessä. Kaivosalueen vedet johdetaan järven pohjoisosaan. (Lupapäätös nro 111/2011/1, Lupapäätös nro 166/2018/1)

Mustion louhoksella ei ole vesistötarkkailua, vain käyttö- ja päästötarkkailu (Liite 1.34). Ympäristöluvassa (111/2011/1) avolouhoksesta järveen johdettavista vesistä on määrätty mittamaan vähintään joka kolmas vuosi virtaama ja kiintoainepitoisuus. Kaivoksen laajennusta koskevassa ympäristölupapäätöksessä (166/2018/1) on määrätty avolouhoksesta järveen johdettavien vesien laadun päästötarkkailusta. Määräyksen mukaan vesistä on analysoitava kerran vuodessa pH, sähkönjohtavuus, kiintoaine, kokonaistyyppi ja -fosfori. Pumpattava vesimäärä tulee myös kirjata ylös kuormituksen arvioimiseksi.

Otamo, Siikainen

Yleistä alueesta

Siikaisten kalkintuotantokokonaisuus sijaitsee Siikaisten kunnassa, 12 kilometrin päässä keskustas-

ta. Avolouhoksen lisäksi tuotantokokonaisuuteen kuuluu murskaamo, jauhatuslaitos sekä kaivannaisjätteen jätealueet. Alueella louhitaan hyötykiveä dolomiittiesiintymästä. Sivukivien kivilajit ovat mm. kiillegneissia, leptiittiä, amfiboliittia, karsikiveä, karbonaattipitoista kiveä, graniittia ja gneissia. Sivukivien rikkipitoisuus on alle 1 %. Sivukivistä kiillegneissia, leptiittiä ja amfiboliittia murskataan sepeliksi ja myydään hyödynnettäväksi, muut läjitetään jätealueelle kaivoksen pohjoispuolelle. (Lupapäätös nro 45/2010/1). Otamon louhokselta on hyötykiveä louhittu viimeksi vuonna 2018 (Tukes 2018).

Vesistö ja vesistötarkkailu

Otamon kaivosalue sijaitsee Siikaisten valuma-alueella, joka sisältyy Merikarvianjoen vesistöalueeseen. Toiminnan vaikutuksia vesistöön on kuvailtu pieneksi. (Lupapäätös nro 45/2010/1) Merikarvianjoki laskee Isojärveen.

Ympäristöluvassa (45/2010/1) toiminnanharjoittajaa veloitetaan tarkkailemaan vesistövaikutuksia Isojärvestä ja Merikarvianjoesta. Näytteitä otetaan kahdesta paikasta, Isojärven pohjoisosassa sekä Merikarvianjoessa, kolmen vuoden välein (karttaliite 2.30). Kootut tiedot tarkkailusta on nähtävissä liitteessä 1.35.

Reetinniemi, Paltamo

Yleistä alueesta

Reetinniemen kaivosalue sijaitsee Oulujärven rannalla, noin 4 km Paltamon keskustasta sekä Heponiemen kaivosalueesta. Alueella on ollut kaivostoimintaa vuodesta 1983 lähtien ja siellä louhitaan avolouhoksesta dolomiittikalkkia. Toiminnasta ei muodostu kaivannaisjätteen jätealueita, koska sivukivi murskataan ja myydään sepelinä tai hyödynnetään kaivosalueen rakenteissa. (Lupapäätös nro 91/06/2)

Vesistö ja vesistötarkkailu

Reetinniemen kaivosalue rajoittuu Oulujärveen. (Lupapäätös nro 91/06/2)

Reetinniemen kaivoksella on Pohjois-Suomen ympäristölupaviraston myöntämä ympäristölupa (91/06/2). Kainuun ELY-keskus on hyväksynyt Reetinniemen tarkkailusuunnitelman vuonna 2010.

Tarkkailuun sisältyy käyttö-, päästö- ja vaikutus-tarkkailu. Vesistövaikutuksia tarkkaillaan Oulujärvestä, kaivoksen edustalla sijaitsevasta lahdesta. (WSP Environmental Oy 2009) Kootut tiedot pintavesien tarkkailusta on nähtävissä liitteessä 1.36.

Ruokolanvaara, Juuka

Yleistä alueesta

Ruokolanvaaran kaivospiiri sijaitsee Juuan kunnassa, Polvelan kylässä, noin 10 kilometrin päässä Juuan keskustaajamasta lounaaseen. Alueella sijaitsee avolouhoksen lisäksi malmin varastointialue, sivukiven läjitysalue sekä vesienkäsittelyn selkeytysallas. Malmi tai sivukivi eivät sisällä merkittäviä määriä sulfidimineraaleja. (Lupapäätös 79/2015/1)

Vesistö ja vesistö tarkkailu

Ruokolanvaaran kaivos sijoittuu Vuoksen vesistöalueen Aisusjoen valuma-alueelle. Kaivosalueen vedet purkautuvat kaakkoispuolella olevan ojan ja ojaston kautta Mustapuroon, josta vedet kulkeutuvat Koirpuron, Hiisilammen ja Hiisipuron kautta Aisusjokeen (Lupapäätös nro 79/2015/1)

Ruokolanvaaran kaivostoiminnalla on annettu vuonna 2015 ympäristö- ja vesitalouslupa 79/2015/1. Kaivosalueen pintavesien tarkkailu on toteutettu ympäristöluvan mukaisesti. Vesistö tarkkailua tehdään kolmesta paikasta, joista yksi edustaa luontaista veden laatua eli on taustapistete. (Envineer Oy 2020) Kootut tiedot tarkkailusta on nähtävissä liitteessä 1.37 ja vesistö tarkkailupaikkojen sijainnit liitteessä 2.31.

Ryytimaa ja Vesterbacka, Vimpeli

Yleistä alueesta

Vimpelin kalkintuotantokokonaisuus sijaitsee noin 10 kilometriä Vimpelin keskustasta. Ryytimaan ja Vesterbackan louhokset sijaitsevat noin kolmen kilometrin etäisyydellä toisistaan. Louhokset ovat avolouhoksia. Ryytimaan alueella sijaitsee mm. murskaamo, kalkkitehdas ja raaka-aineväriä. Vimpelin alueen louhittava esiintymä on kalkkikiveä ja dolomiittia. Sivukivet ovat kiillegneissia, leptiittejä, amfiboliittejä sekä karsikiviä. (Lupapäätös 2/2009/2)

Vesistö ja vesistö tarkkailu

Kalkintuotantoalueen alapuolinen vesistö on Poikkijoki, joka saa vetensä metsä- ja suomailta. Poikkijoki yhtyy Savonjokeen. (Lupapäätös nro 2/2009/2) Savonjoki laskee Lappajärveen.

Vesistö tarkkailu on määritetty luvassa (2/2009/2). Tarkkailua tehdään kahdesta paikasta Poikkijokesta, kaivoksen purkuvesien ylä- ja alapuolelta kaksi kertaa vuodessa. (Lupapäätös nro 2/2009/2) Valvontaviranomainen on edellyttänyt vuonna 2016 tehdyssä tarkastuksessa, että näytteenoton yhteydessä tutkitaan kertonäytteenä öljyhiilivetypitoisuudet. Poikkijokesta tehdään myös kalataloudellista tarkkailua. (Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus 2019) Tarkkailuohjelmassa ei ole mainintaa kalojen metallipitoisuuksien määrittämisestä. Kootut tiedot tarkkailusta on nähtävissä liitteessä 1.38.

Sipoo

Yleistä alueesta

Sipoon tuotantokokonaisuus sijaitsee Sipoon kunnan Träskin kylässä, noin 17 kilometrin päässä keskustaajamasta. Alueella on ollut kalkintuotantoa 1500-luvulta lähtien ja nykyinen kaivos on aloittanut toimintansa vuonna 1938. Alueella sijaitsee maanalaisen kalkkikaivoksen lisäksi lajittelu- ja jauhatuslaitos sekä kiviaineksen varastokasoja. Kaivoksesta louhittava kalkkikivi (kalkkisälpä) on pääraaka-aineena jauhatuslaitoksella. Lisäksi jauhatuslaitokselle tuodaan kalkkikiveä mm. Gotlanista ja Virosta. (Lupapäätös nro 49/2007/2)

Vesistö ja vesistö tarkkailu

Kiinteistö, jolla tuotantokokonaisuus sijaitsee, rajautuu Suomenlahteen. Laitosalueen edustalla avautuva Kalkbruksfjärden on noin 17–20 metrin syvyinen. (Lupapäätös nro 49/2007/2)

Lupapäätöksen (49/2007/2) määräyksiin sisältyy päästötarkkailua kaivosvedestä kolmen vuoden välein. Tarkkailuohjelmaan ei sisälly vesistö tarkkailua. (Lupapäätös nro 49/2007/2) Kaivoskortti on esitetty liitteessä 1.39.

Tytyri, Lohja

Yleistä alueesta

Tytyrin kaivos sijaitsee Lohjan kaupungissa, noin kilometrin päässä keskustasta. Louhinta on alkanut avolouhoksesta, mutta siirtynyt maanalaiseen louhintaan. Alueella sijaitsee kalkkikivikaivoksen lisäksi kalkkitehdas, jonka ympärillä on niin teollisuus- ja varastoalueita kuin asuinalueita. Tytyrin kaivoksella louhitaan kalkkikiveä ja toiminnassa muodostuvat kalkkivipohjaiset mineraaliset sivutuotteet toimitetaan joko hyötykäyttöön tai sijoitetaan Tytyrin kaivoksen louhostäyttöön. (Lupapäätös nro 287/2018/1)

Vesistö ja vesistötarkkailu

Tytyrin kaivos ja kalkkitehdas sijaitsevat Lohjanjärven Pappilanselän ja Ristiselän välisellä niemellä. Lohjanjärvi kuuluu Lohjanjärven valuma-alueeseen (23.021). Lohjanjärvi laskee Mustionjoen kautta Pohjanpitäjänlahteen. Lohjanjärven kuormituksesta runsas 80 % on hajakuormitusta. Pistekuormittajia ovat muun muassa teollisuuslaitokset ja jätevedenpuhdistamot. (Lupapäätös 287/2018/1)

Tytyrin kaivoksen tarkkailusuunnitelmaan sisältyy talous- ja hulevesien sekä kaivosvesien päästötarkkailua, mutta ei pintavesien tarkkailua. Kaivoksen ja kalkkitehtaan kuivanapitovedet ja hulevedet johdetaan Lohjanjärveen, jonka veden laatua on seurattu yhteistarkkailuna vuodesta 1949 lähtien yli 20 havaintopaikasta. Kaivoksen purkupaikkojen lähetyksillä ei ole yhteistarkkailun pintaveden seurannan tarkkailupaikkoja. Yhteistarkkailuvolliset ovat Sappi Finland Operations Oy, Kirkiniemen paperitehdas sekä Lohjan kaupunki, Pitkäniemen ja Peltoniemen jätevedenpuhdistamot. Yhteistarkkailussa on myös Mustinjoki sekä Pohjanpitäjänlahden merialue. Tarkkailuvolliset yhteistarkkailussa ovat Raaseporin Veden Karjaa-Pohja sekä Skeppsholmenin jätevedenpuhdistamot, Hangon Satama Oy ja vapaaehtoisena osallistujana Geberit Production Oy. (Lupapäätös nro 287/2018/1). Kaivoskortti on esitetty liitteessä 1.40.

Varmo, Kitee

Yleistä alueesta

Varmon louhos sijaitsee Kiteen kaupungissa, Varmon kylässä, noin yhdeksän kilometrin päässä

Kesälahden taajamasta. Kaivospiiri on nimeltään Ahola. Avolouhoksen lisäksi alueella on malmin murskaamo sekä välivarastointi-, sivukiven ja ylijäämämaiden läjitysalueita. Esiintymä on magneesiumpitoista kalkkikiveä ns. dolomiittikalkkiesiintymässä. Päähyötymineraalit ovat dolomiitti, kalsiitti sekä silikaatit. Dolomiittia ympäröi kiillegneissi sekä esiintymän kaakkoispuolella kvartsimaista karsikiveä. Sivukivessä ei ole metalleja tai rikkiä. (Lupapäätös nro 27/2013/1)

Vesistö ja vesistötarkkailu

Louhosalue sijaitsee Pyhäjärven vesistöalueella (04.391). Alueen vedenjakaja sijaitsee louhoksen länsi- ja eteläpuolella. Louhoksen välittömässä läheisyydessä, sen länsipuolella, on oja, joka yhtyy alempana muihin ojiin, joiden vedet virtaavat Pyhäjärven Pellikanlahteen. Louhoksen voimassa olevan ympäristöluvan ja vesitalousluvan (27/2013/1) mukaan kaivoksesta maastoon johdettavista kuivanapitovesistä, ojan vedestä sekä läjitysalueiden suoto- ja valumavesistä on analysoitava pH, sähkönjohtokyky, kiintoaine, rauta, sulfaatti, kokonaistyyppi sekä nitraatti- ja nitriittitypen summa. Lisäksi tulee selvittää suoto-, valuma- ja kuivanapitovesien raskasmetallipitoisuudet. Varsinaista vesistötarkkailua ei edellytetä (Liite 1.41). (Lupapäätös nro 27/2013/1)

Vuolukivilouhokset

Kivikangas, Suomussalmi

Yleistä alueesta

Kivikankaan kaivospiiri sijaitsee Suomussalmen kunnan Saarikylässä, noin 1,5 kilometrin päässä kylän keskustasta ja noin 45 kilometriä Suomussalmen keskustasta. Avolouhoksen lisäksi alueella on mm. sivukiven, vuolukiven ripekiven ja sahausesta syntyneiden vuolukivijauhon läjitysalueita, louhosvesien laskeutusaltaita sekä vuolukiveä jalostava tehdas. Kivikankaan alueella louhitaan vuolukiveä, joka koostuu talkista, magnesiitista ja dolomiitista. Kivikankaan esiintymä sijoittuu Suomussalmen vihreäkivivyöhykkeelle. Hyödynnettävä vuolukivi rajautuu serpentiiniittikiveen, kvartsi- ja fylliittikiviin, mustaliuskeisiin tai vulkaniittikiveen. Mustaliusketta lukuun ottamatta sivukivet ja ns.

ripekivi ovat alhaisen rikkipitoisuuden (alle 0,1 %) perusteella ympäristökelpoisia. Osaa sivukivistä on hyödynnetty maarakenteissa. Mustaliuske on happoa tuottava kivi, joka sisältää sulfidista rikkiä keskimäärin 1,5 %. (Lupapäätös nro 124/10/1)

Vesistö ja vesistötarkkailu

Kivikankaan louhosalue sijoittuu pääosin Saarijärven valuma-alueelle. Louhosvedet ohjataan laskeutusaltaista Kaleton-lampeen, jonne kulkeutuvat myös suurin osa alueen pintavesistä. Kaleton-lammesta vedet kulkeutuvat Valkeaisen kautta Paskolampeen, josta Saarijärven Myllylahteen. Kaivospiirin länsiojan vedet sekä sivukivialueen pintavalunta- ja suotovedet kulkeutuvat Haaponen-lammen kautta Kivijärveen. (Lupapäätös nro 124/10/1)

Toiminnanharjoittajalla on voimassa oleva ympäristölupa (124/10/1). Vesistötarkkailua tehdään ympäristölupaa ja vuonna 2013 laadittua tarkkailusuunnitelmaa noudattaen. Kootut tiedot tarkkailusta on nähtävissä liitteessä 1.42.

Tarkkailuun sisältyy päästö- ja vesistötarkkailu sekä pohjaveden laadun ja pinnankorkeuden tarkkailu. Vesistötarkkailussa on kaksi havaintopaikkaa kaivostoiminnan vaikutusalueella: Kaleton ja Haaponen sekä yksi kaivosalueen ulkopuolinen taustatarkkailupaikka Suvantojoessa (Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy 2021b). Tämän lisäksi tarkkailuohjelmassa mainitaan, että kalataloudellista tilaa tarkkailtaisiin tarvittaessa koeverkkokalastuksilla Haaponen- ja Kaleton-lammista, erikseen tehtävän ja hyväksyttävän tarkkailusuunnitelman mukaisesti sekä pohjaeläimistön kartoitusta ja habiteettikuvauksia tehtäisiin viranomaisen tarpeelliseksi arvioimilla tavoilla (Tulikivi Oyj 2013). Tarkkailuohjelmaa näiden osalta ei toistaiseksi ole laadittu.

Mörönvuori, Savonlinna

Yleistä alueesta

Mörönvuoren louhos sijaitsee Savonlinnan kaupungissa, Hankavaaran kylässä. Alueella on ollut eri toimijoita 1990-luvun alkupuolelta asti, nykyinen toiminnanharjoittaja on aloittanut toiminnan vuonna 2004. Louhoksen lisäksi alueelle on läjitetty tuotantoon kelpaamatonta kivijätettä sekä sahaamisesta syntynyttä kiviä. Louhittava esiintymä on vuolukiviä. (Lupapäätös nro 92/2011/1)

Vesistö ja vesistötarkkailu

Louhosalueita lähimpänä vesistöinä ovat noin kilometrin säteellä idässä päin sijaitseva Muorinlampi, lounaassa päin sijaitseva Ruokojärvi ja kaakon suunnassa sijaitseva Palolampi. (Lupapäätös nro 92/2011/1)

Vesistötarkkailua ei ole määrätty lupapäätöksessä (92/2011/1). Lupaehdoissa määrätään analysimaan laskeutusaltaasta maastoon johdettavista vesistä kaksi kertaa vuodessa kiintoaine ja nikkelipitoisuus sekä laskeutusaltaan lietteestä kerran vuodessa nikkeli-, arseeni-, kadmium-, kromi- ja kuparipitoisuudet. Kaivoskortti on esitetty liitteessä 1.43.

Nunnalahti, Vaaralampi ja Koskela, Juuka

Yleistä alueesta

Nunnalahti, Vaaralampi ja Koskela nimiset louhokset sijaitsevat kaikki samalla alueella Nunnalahden kylässä Juuassa, noin 14 kilometrin päässä Juuan keskustasta. Louhokset kuuluvat kahdelle eri toiminnanharjoittajalle. Louhinta Koskelan kaivospiirissä on aloitettu vuonna 2002 kahdessa louhoksessa (Koskela Suo ja MN) ja Vaaralammen kaivospiirissä vuonna 2010. Louhosten lisäksi alueella on pintamaan, sivukivien ja tuotantoon kelpaamattoman vuolukiven läjitysalueita sekä louhosvesien selkeytysaltaiden pohjalietettä ja sahauksesta syntyvää vuolukivijauhoa. (Lupapäätös nro 41/2018/1, Lupapäätös nro 42/2018/1). Samalla alueella sijaitsee myös Tulikivi -niminen kaivospiiri, jossa louhinta on keskeytetty vuonna 2015. (Lupapäätös nro 40/2018/1)

Nunnalahden alue kuuluu vihreäkivivyöhykkeeseen, jossa metallien taustapitoisuudet ovat luonnostaan suuria mm. kuparin, nikkelin ja kobolttin osalta. Hyödynnettävä vuolukiviesiintymä koostuu pääosin talkki- ja magnesiittimineraaleista. (Lupapäätös nro 41/2018/1, Lupapäätös nro 42/2018/1)

Vesistö ja vesistötarkkailu

Kaivospiirit kuuluvat Pielisen reitin valuma-alueeseen (4.4) ja Huutojoen-Härkinpuron (4.414) osaluueeseen. Huutojoki yhdistää alueella sijaitsevat kaksi suurehkoa lampea, Vaaralammen ja Matkalammen. Louhosalueiden vedet laskevat Huutojoen ja Papiusuonojan kautta Pielisen Nunnanlahteen.

Huutojoen uomaa on perattu uittotoiminnan vuoksi 1950-luvulla ja myöhemmin kaivostoiminnan takia uomaa on siirretty kolmesta kohdasta. (Lupapäätös nro 42/2018/1)

Aluehallintovirasto käsitteli ja ratkaisi samanaikaisesti Nunnalahden sekä Vaaralampi, Koskela ja Tulikivi -kaivospiirien ympäristöluvat. Kaivoksilla on Huutojokeen, Papinsuonojaan ja Pielisen Nunnalahteen kohdistuvia yhteisvaikutuksia ja vesistö-tarkkailu tehdään yhteistarkkailuna. Pohjois-Karjalan ELY-keskus hyväksyi yhteistarkkailuohjelman vuonna 2019. (Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy 2019) Tulikivi-, Koskela- ja Vaaralampi -kaivospiireillä on lisäksi oma tarkkailuohjelman, joka sisältää louhosten kuivapitovesien tarkkailun (Tulikivi Oyj 2019). Tämän tarkkailuohjelman havaintopaikat on esitetty karttaliitteessä 2.32.

Vesistö tarkkailuun kuuluu pintavesien tarkkailu Rumpalinvaarasta tulevasta purosta, Vaaralammen kanavasta, Huutojoesta, Papinsuonojasta sekä Pielisen Nunnalahdesta 13 eri tarkkailupaikasta kolmen kertaa vuodessa. Rumpalinvaaralta tulevan puron, Vaaralammen kanavan, Huutojen ja Pielisen vesinäytteistä analysoidaan kiintoaine, pH, sähköjohtavuus, typen kokonaispitoisuus, kromin ja nikkelin kokonaispitoisuudet, nikkelin liukoinen pitoisuus ja arseeni. Lisäksi Pielisestä ja Rumpalinvaaralta tulevasta purosta analysoidaan kalsium ja liukoinen orgaaninen hiili (DOC) sekä edellä mainittujen lisäksi yhdestä Huutojoen paikasta fosforin kokonaispitoisuus. Papinsuonojasta puolestaan analysoidaan kiintoainepitoisuus, pH, typen kokonaispitoisuus, kromi, arseeni sekä nikkelin kokonais- ja liukoinen pitoisuus. Näiden lisäksi yhdestä Papinsuonojan paikasta analysoidaan DOC ja kalsiumpitoisuus. Biologiseen tarkkailuun sisältyy a-klorofyllin vuosittainen seuranta Pielisen Nunnalahdesta ja pohjaeläintarkkailu kolmen vuoden välein Huutojoesta. Sedimenttejä tarkkaillaan seitsemän vuoden välein. Yhteistarkkailuun sisältyy myös kalataloustarkkailu, mutta sen yhteydessä ei määritetä kalojen metallipitoisuuksia. (Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy 2019). Kootut tiedot tarkkailusta on nähtävissä liitteissä 1.44 ja 1.45.

Tulokset ja johtopäätelmät

Tässä kappaleessa käsitellään pääosin toiminnassa olevien kaivosten, louhosten ja rikastamoiden vesistö tarkkailua tarkemmin. Osa tarkasteltavista kohteista on jo lopettanut toimintansa tai on vasta aloittamassa toimintaansa. Alkuun esitetään koostettuna tieto kaikkien tarkastelussa olleiden kohteiden louhintamääristä, tarkkailupaikoista, valtioneuvoston asetuksen (VNa 1022/2006) mukaisten vesiympäristölle vaarallisten ja haitallisten aineiden seurannasta sekä alapuolisten luokiteltujen vesistöjen ekologista sekä kemiallista luokittelusta. Tämän jälkeen on tarkemmin esitetty kohderyhmittäin vesistö tarkkailutietoja. Tarkasteltavat kohderyhmät ovat metallimalmikaivokset, rikastamot, karbonaattikaivokset ja -louhokset sekä vuolukivilouhokset.

Alla esitetyt vesistö tarkkailutiedot on koottu tarkkailuohjelmista sekä joiltain osin lupapäätöksistä. Kaikki tiedot ovat nähtävissä myös jokaisen kohteen osalta liitteissä 1.1–1.45. Tulosten tarkastelussa on tuotu esille etenkin vesistöjen biologisten muuttujien seurantatietoja. Alla olevissa kappaleissa esitetään muun muassa vesistö tarkkailuissa määrittämisen kohteet (veden laatu, sedimentti, pohjaeläimet, piilevät, vesisammalet, kasviplankton ja kalat), niiden havaintopaikkojen lukumäärä, määrittämisen tiheys sekä tarkemmin määritettävien fyysikaalis-kemiallisten muuttujien lukumäärä. Kalojen osalta on käsitelty vain metallipitoisuuksien seuranta, mikäli se on sisällynyt tarkkailuun. Kalataloustarkkailua ei ole tarkastelussa huomioitu. Lisäksi on kerätty tietoa mm. tarkkailuohjelmissa mainituista näytteenottomenetelmistä. Tulosten perusteella pohditaan muun ohella tarkkailujen eroavuuksia ja yhteneväisyyttä sekä millä tavalla tarkkailuohjelmissa on huomioitu suositellut toimintatavat tai olemassa olevat ohjeet. Selvityksen pääpaino on ollut koota vesistö tarkkailuista olemassa oleva tieto ja arvioida onko vesistöjen velvoitetarkkailussa kehittämistarvetta.

Tulosten esittämisen yhteydessä on tarkemmin tuotu esille tulosten rajauksia ja epävarmuuksia. Yleisellä tasolla tarkasteltavien vesistö tarkkailutulosten käsittelyssä on tehty rajauksia. Muun muassa piileviä, vesikasvillisuutta, kasviplanktonia, pohjaeläimiä ja vesisammalia ei ole erikseen huomioitu muuttujina, toisin kuin fyysikaalis-kemialliset muuttujat esimerkiksi veden laadun osalta. Alla esitetyissä taulukoissa näitä on käsitelty tarkkailukohteina. Esimerkiksi pohjaeläinten osalta erillinen tar-

kastelu lajiston ja biomassan osalta on jätetty pois ja pohjaeläimiä on käsitelty yhtenä kokonaisuutena. Biologisten seurantojen osalta, joissakin koh-teissa on lisätietoja kohdekohtaisissa teksteissä ("Kohteet ja vesistöjen tarkkailu" -kappale), mikäli niistä on ollut saatavilla tietoa tarkkailuohjelmissa. Piilevätarkkailuun on tuloksien käsittelyssä sisäl-lytetty pohjalevästötarkkailu, jota tehdään pelkäs-tään Vuonoksen rikastamolla. Tuloksia on käsitelty edellä kuvatulla tavalla sen vuoksi, jotta tarkastel-tavat tulokset saataisiin yhdenvertaisiksi. Tällainen tulosten rajausta yleistää jossain määrin tulosten tul-kintaa. Esimerkiksi Laivakankaan kaivoksen osalta tarkkailussa oli muista kohteista poikkeavana poh-jaeläinten tarkkailussa pohjaeläimistä tehtävät met-allimääritykset. Nämä on jätetty tulosten tarkaste-lussa ulkopuolelle em. syystä.

Edellä mainittujen tulosten tarkastelun tavoittei-den sekä rajausten lisäksi mainittakoon, että tar-kastelussa olleissa kohteissa on voitu tehdä en-nakkotarkkailua ympäristötilan selvittämiseksi, etenkin metallimalmikaivoksilla. Joissakin tarkkai-luohjelmissa tämä seikka on tuotu esille. Nämä-kin tiedot on jätetty tämän tarkastelun ulkopuolel-le, sillä ne eivät ole varsinaista velvoitetarkkailua. Joillakin tarkasteltavilla kohteilla havaittiin olevan kaivospiirin sisäpuolella vedenlaadun tarkkailu-paikkoja, joita ei ollut luokiteltu tarkkailuohjelmissa ympäristövaikutusten seurannaksi. Tällaisia ovat voineet olla suotovesiojat, pienet lammet tai muut vastaavat pienet vesialueet. Joissakin kohteissa on puolestaan voitu esittää esim. selkeytsaltaasta lähtevän vedenlaadun tarkkailu osana ympäristö-tai vaikutustarkkailua (esim. Hyypiänmäki). Tässä julkaisussa keskitytään vesistötarkkailuun, tarkkai-lutietojen koonti ja käsittely on kohdennettu havain-topaikkoihin, jotka ovat sijoittuneet pääsääntöisesti kaivospiirin ulkopuolelle.

Kyselytulokset

Aluehallintoviranomaisille sekä ELY-keskusten kai-vovalvoijille vuonna 2020 tehty kysely osoitti, et-tä viranomaiset kokivat lainsäädännön mahdollis-tavan riittävän kattavan tarkkailun määräämisen. Aluehallintoviranomaisen näkemyksenä tuli esiin, että lopettamisen jälkeisten ympäristövaikutuksien huomioiminen ympäristöluvissa ja sulkemissuun-nitelmien hyväksymistä koskevista päätöksistä helpottuisi, mikäli lopettamisen jälkeisten toimen-

piteiden luvittaminen voisi tapahtua useammassa vaiheessa.

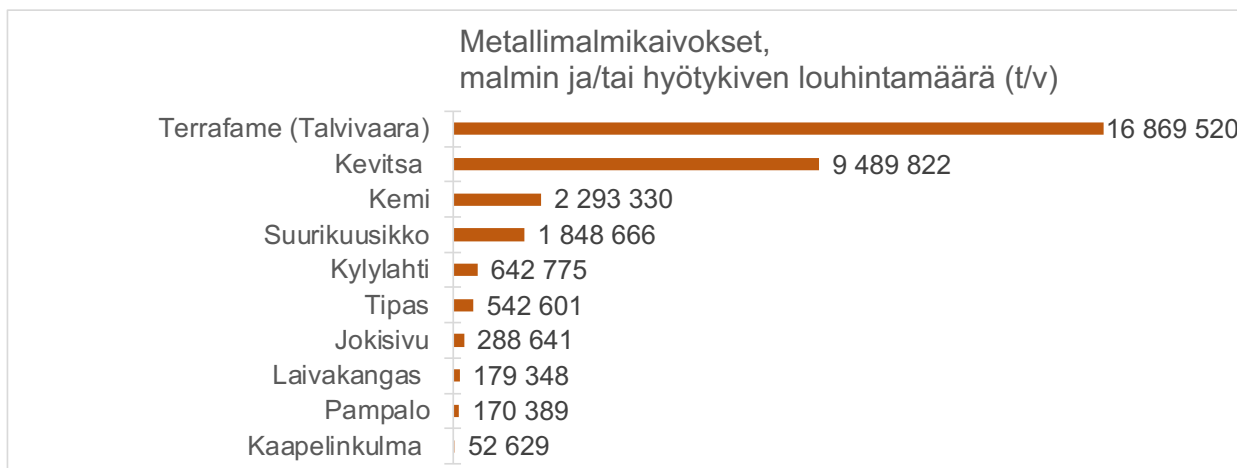
Kaivosvalvojen vastauksissa ongelmallisena tuo-tiin esille tulosten toimittamisen viivästyminen sekä tietojen toimittaminen toiminnanharjoittajan toimesta erilaisiin rekistereihin. Lisäksi virheelliset analyysit, velvoitetarkkailun aikasarjojen katkeaminen (esim. konsultin vaihdos) sekä puutteelliset tulkinnat tulok-sista aiheuttavat muutosten havainnoinnin hankaloit-tumista. Tietojärjestelmien ongelmia tuotiin esille jo aiemman (Hentilä ym. 2016) kyselytutkimuksen vas-tauksissa sekä valvojen että tarkkailua toteuttavien yritysten ja yhdistysten vastauksissa.

Vesistötarkkailutulokset ja tulkinta

Kaivosten ja louhosten malmin ja hyötykiven vuosit-aisia louhintamäärätietoja on esitetty kuvissa 1–4. Tiedot on kerätty Turvallisuus- ja kemikaaliviraston (Tukes) vuoriteollisuustilastoista. Taulukoissa on esitetty malmin tai hyötykiven louhintamäärät; ko-konaislouhintamäärä voi olla kohdekohtaisesti esi-tettyjä tietoja suurempi. Tarkemmat tiedot löytyvät kohteittain liitteistä 1.1–1.45. Tiedot ovat suuntaa antavia, eivätkä ne ole suoraan vertailukelpoisia keskenään esim. vuositasolla tai toiminnan laajuuden arvioinnissa koko toiminnan ajan. Taulukoissa on pääsääntöisesti käytetty vuoden 2020 tilastotie-toa. Mikäli kuitenkin vuoden 2020 louhintamäärä on poikennut merkittävästi edellisten vuosien lou-hintamäärästä, niin on käytetty edellisten vuosien tilastotietoja. Esimerkiksi Reetinniemen kalkkikai-voksella vuonna 2020 hyötykiven louhintamäärä oli 1300 tonnia ja vuonna 2019 se oli lähes 36 000 tonnia. Tällöin on käytetty vuoden 2019 louhinta-tietoa. Otamon louhimon osalta on puolestaan käytetty vuoden 2018 tilastotietoa ja Mörönvuoren vuolukivilouhoksen louhintamääränä on käytetty vuoden 2017 tilastotietoa, koska louhintamäärät ovat sen jälkeen vuosittain huomattavasti piene-ntyneet. Kalkkikisillan louhos on aloittanut toimintansa vuonna 2020 ja hyötykiven louhintaa ei ole ollut ensimmäisen vuoden aikana. Luvan mukainen lou-hintamäärä hyötykivelle Kalkkisillan louhoksella on 40 000 tonnia vuodessa, mutta tässä tarkastelussa louhoksen tuotantomääränä on käytetty arvoa nol-la. Alla esitetyt tiedot ovat suuntaa antavia vertail-taessa toimintojen louhintamääriä keskenään, eikä niissä ole huomioitu kokonaislouhintaa, eikä siten muodostuvan jätteen määrää.

Metallimalmikaivoksilla yhden kaivoksen malmin ja hyötykiven louhintamäärä ylittää vuodessa 10 miljoonaa tonnia (Kuva 1). Tämä on Talvivaaran kaivos. Kolmella muulla kaivoksella ylittyy miljoonaa tonnia vuodessa ja viidellä kaivoksella louhin-

tamäärät ovat yli sadoissa tuhansissa tonneissa vuodessa. Yhden metallimalmikaivoksen malmin ja hyötykiven määrä jää muihin verrattuna vähäisemmäksi eli louhintamäärä on kymmeniä tuhansia tonneja vuodessa.



Kuva 1. metallimalmikaivoksilla louhitun malmin ja/tai hyötykiven määrä vuodessa. Tiedot ovat peräisin Tukesin vuoriteollisuustilastoista.

Karbonaattikaivoksilla kahden kaivoksen malmin ja hyötykiven louhintamäärä ylittää vuodessa miljoonaa tonnia ja yhdellä satatuhatta tonnia (Kuva 2). Yhdellätoista kaivoksella louhintamäärä on vuodessa kymmeniä tuhansia tonneja ja yhdellä kai-

voksella tuhansia tonneja. Kalkkisillan louhos on aloittanut toimintansa vuonna 2020 ja hyötykiveä ei ole louhittu vielä ensimmäisen vuoden aikana. Tästä syystä sen osalta tilastotiedoissa on ollut louhintamääränä nolla.



Kuva 2. karbonaattikaivoksilla louhitun malmin ja/tai hyötykiven määrä vuodessa. Tiedot ovat peräisin Tukesin vuoriteollisuustilastoista.

Teollisuusmineraalikaivoksilla yhden kaivoksen malmin ja hyötykiven louhintamäärä on huomattavan paljon suurempi kuin muilla vastaavilla kaivoksilla (Kuva 3). Tämä on Siilinjärven kaivos, jossa Särkisen ja Saarisen louhosten louhintamää-

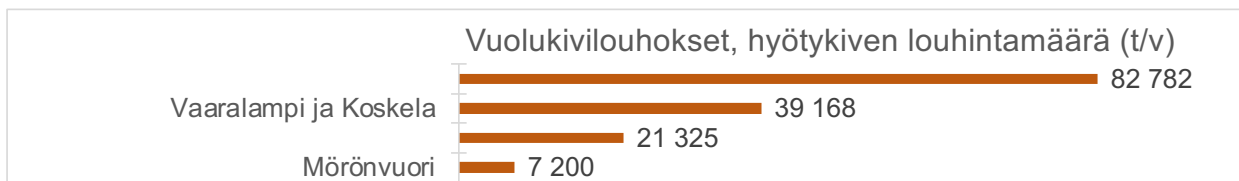
rät ylittävät 10 miljoonaa tonnia vuodessa. Muilla teollisuusmineraalikaivoksilla neljällä malmin ja/tai hyötykiven louhintamäärä vuodessa on satoja tuhansia tonneja vuodessa ja seitsemällä kymmeniä tuhansia tonneja.



Kuva 3. Teollisuusmineraalikaivoksilla louhitun malmin ja/tai hyötykiven määrä vuodessa. Tiedot ovat peräisin Tukesin vuoriteollisuustilastoista.

Vuolukivilouhoksien osalta hyötykiven louhintamäärät ovat samansuuruisia eli kymmeniä tuhansia tonneja vuodessa (Kuva 4). Poikkeuksena Mörönvuoren vuolukivilouhoksen louhintamäärä, joka on tuhansia tonneja vuodessa. Tämä tieto on peräisin vuoden 2017 tilastoista, jonka jälkeen Mörönvuoren louhintamäärät ovat vähentyneet. Vuolukivi-

louhosten hyötykiven louhintamäärät ovat samaa suuruusluokkaa kuin useimmilla karbonaatti- ja teollisuusmineraalikaivoksilla. Tässä ei ole huomioitu muodostuvan sivukiven määrää, joka sijoitetaan kaivannaisjätteen jätealueelle, jos sitä ei voida hyödyntää.



Kuva 4. Vuolukivilouhoksilla louhitun malmin ja/tai hyötykiven määrä vuodessa. Tiedot ovat peräisin Tukesin vuoriteollisuustilastoista.

Malmin ja/tai hyötykiven vuosilouhintamäärät ovat suuntaa antavia ja kokonaislouhintamäärät voivat poiketa merkittävästi em. tiedoista. Tarkasteltavista tiedoista voidaan kuitenkin havaita, että kuudessa kaivoskohteessa kaikista tarkastelluista 42 kaivos- tai louhoskohteesta, malmin ja/tai hyötykiven määrä ylittää miljoonaa tonnia vuodessa. Tällaisia määriä louhitaan Suomessa niin metalli-, karbonaatti- kuin teollisuusmineraalikaivoksissakin.

Ainoastaan vuolukivilouhoksilla hyötykiven louhintamäärä jää kaikissa tarkastelluissa kohteissa alle sadantuhannen tonnin vuodessa.

Taulukossa 1. on esitetty kaikkien tarkasteltujen kaivosten, louhosten ja rikastamoiden velvoitetarkailun havaintopaikkojen lukumäärät eri tarkkailuissa määritettävien kohteiden osalta. Samasta havaintopaikasta voidaan tarkkailla eri muuttujia eli esimerkiksi pohjaeläinhavaintopaikka voi olla sa-

ma, josta tarkkaillaan veden laatua ja/tai muita biologisia muuttujia. Taulukossa esitetyt tarkkailupaikkojen lukumäärät sisältävät sekä kaivosten omien

tarkkailuohjelmien että yhteistarkkailuohjelmien havaintopaikkojen lukumäärät.

Taulukko 1. Tarkasteltujen kaivosten, louhosten ja rikastamoiden velvoitetarkkailun havaintopisteiden lukumäärät vesistö- ja sedimenttitarkkailuun sisältyvien määritettävien kohteiden osalta.

Kohde	Kohteiden lukumäärä	Vesistö-tarkkailupaikkojen lukumäärä yhteensä	Pohja-eläin-tarkkailupaikkojen lukumäärä yhteensä	Piilevä-tarkkailupaikkojen lukumäärä yhteensä ^{a)}	Kasviplankton-tarkkailupaikkojen lukumäärä yhteensä	Vesisammal-tarkkailupaikkojen lukumäärä yhteensä	Kalojen (metalli) tarkkailupaikkojen lukumäärä yhteensä ^{b)}	Sedimenttitarkkailupaikkojen lukumäärä yhteensä
Metallimalmikaivokset	10	152	66	37	24	12	25	40
Rikastamot	3	36	13	4	6	0	2	12
Teollisuusmineeraalikaivokset	12	82	26	6	18	0	2	16
Karbonaatti-kaivokset	16	40	1	1	5	0	1	1
Vuolukivi-louhokset	4	29	2 ^{c)}	0	0	0	0	1 ^{c)}

^{a)} sis. pohjalevästötarkkailun (ks. Vuonoksen rikastamo)

^{b)} yleensä 1 havaintopaikka on yhdestä vesistöstä

^{c)} kahden eri toimijan yhteistarkkailupisteet, jotka on huomioitu vain yhteen kertaan

Kalojen metallipitoisuuksien tarkkailussa kaloja voidaan pyydystää metallimääryksiä varten yhden vesistön alueelta, jolloin havaintopaikkoja ei ole tarkemmin tarkkailuohjelmissa mainittu. Poikkeuksia on, sillä joissakin tarkkailuohjelmissa on voitu mainita pyyntialue tarkemmin esimerkiksi omana havaintopaikkana. Tämän julkaisun tuloksien käsitteilyssä kalojen metallimääryksien tarkkailussa yksi vesistö (joki, järvi tms.) on yksi havaintopaikka, vaikka siellä olisi ollut useampi kuin yksi kalastuspaikka mainittu tarkkailuohjelmassa. Vuolukivilouhosten osalta taulukossa on otettu huomioon, että kahden toimijan pohjaeläin- ja sedimenttitarkkailupaikat ovat samassa yhteistarkkailuohjelmassa, jolloin tarkkailupaikkojen lukumäärä on huomioitu vain yhteen kertaan (katso tiedot Nunnalahti, Vaaralampi ja Koskela).

Osalle kaivostoiminnoille on toiminnan lupapäätöksessä ja vesistö- ja sedimenttitarkkailussa sisällytetty velvoite tarkkailla toiminnan vaikutuksia mm. nikkeli-, kadmium-, lyijy- ja elohopeapitoisuuksien osalta. Näille metalleille on määritetty myös valtioneuvoston asetuksella vesiympäristölle vaarallisista ja haitallista aineista ns. ympäristönlaatumäärittely, jolla tarkoitetaan sellaista vesiympäristölle vaarallisen ja haitallisen aineen pitoisuutta pintavedessä, sedimentissä tai eliöissä, jota ei saa ihmisen terveyden tai ympäristön suojelemiseksi ylittää (Kangas (toim.) 2018). Taulukkoon 2. on koottu tarkasteltavien kaivos- ja louhoskohteiden vesistö- ja sedimenttitarkkailuissa nämä metallit, joille on asetettu ympäristölaatumäärittely pintavesien liukoille ja/tai biosaatoille pitoisuuksille ja kalojen elohopea -pitoisuuksille asetuksella (1022/2006).

Taulukko 2. Kaivokset, rikastamot ja louhokset, joiden vesistötarkkailuun sisältyy metallit (nikkeli, lyijy, kadmium ja elohopea), joille on asetettu ympäristölaatumormi (VNa 1022/2006). * Ihalaisen kaivoksen kalojen elohopeapitoisuutta tarkkaillaan tulosten perusteella.

Kaivos		Vesi	Sedimentti	Kalat	Vesisammalet
metallimalmikaivokset	Kemi	Liukoinen pit.: Ni Kokonaispit.: Ni			
	Jokisivu	Liukoinen pit.: Ni, Cd Kokonaispit.: Ni, Pb	Cd, Hg	Hg	
	Kaapelinkulma	Liukoinen pit.: Ni, Cd Kokonaispit.: Ni, Pb	Ni, Pb, Hg, Cd		
	Kevitsa	Liukoinen pit.: Ni, Cd Kokonaispit.: Ni	Ni, Pb, Hg, Cd	Ni, Pb, Hg, Cd	Ni, Hg
	Kylylahti	Liukoinen pit.: Ni, Cd Kokonaispit.: Ni, Pb, Hg	Ni, Cd	Ni, Cd	
	Suurikuusikko	Liukoinen pit.: Ni, Cd Kokonaispit.: Ni, Pb, Hg		Ni, Pb, Hg, Cd	
	Tipas	Liukoinen pit.: Ni, Cd, Hg Kokonaispit.: Ni, Pb	Ni, Pb, Cd	Ni, Pb, Hg, Cd	Ni, Pb, Cd
	Talvivaara	Liukoinen pit.: Ni, Cd, Hg Kokonaispit.: Ni, Hg	Ni, Pb, Hg, Cd	Ni, Pb, Hg, Cd	Ni, Pb, Hg, Cd
	Pampalo	Liukoinen pit.: Ni, Pb, Cd Kokonaispit.: Ni, Pb, Cd, Hg			
	Laivakangas	Liukoinen pit.: Ni, Cd, Hg Kokonaispit.: -	Ni, Pb, Hg, Cd	Ni, Pb, Hg, Cd	
Rikastamot	Vammalan rikastamo	Liukoinen pit.: Ni, Cd Kokonaispit.: Ni, Pb, Cd	Ni, Pb, Hg, Cd		
	Luikonlahden rikastamo	Liukoinen pit.: Ni, Pb, Cd Kokonaispit.: -	Ni	Ni, Hg	
	Vuonoksen rikastamo	Liukoinen pit.: - Kokonaispit.: Ni	Ni		
Karbonaattikaivokset	Heponiemi	Liukoinen pit.: - Kokonaispit.: Ni, Pb			
	Hyypiänmäki	Liukoinen pit.: - Kokonaispit.: Ni	Ni, Pb, Cd		
	Ihalainen			Hg*	
	Kalkkisilta	Liukoinen pit.: Ni, Cd Kokonaispit.: -			
	Ruokolanvaara	Liukoinen pit.: - Kokonaispit.: Ni			
Teollisuusmineraalikaivokset	Horsmanaho ja Pehmytkivi	Liukoinen pit.: Ni Kokonaispit.: Ni	Ni, Cd		
	Karnukka	Liukoinen pit.: Ni, Cd Kokonaispit.: Ni, Pb	Ni, Cd		
	Punasuo	Liukoinen pit.: - Kokonaispit.: Ni	Ni, Pb, Cd	Ni	
	Uutela	Liukoinen pit.: - Kokonaispit.: Ni			
	Ybberäs	Liukoinen pit.: - Kokonaispit.: Ni			
Vuolukivi-louhokset	Kivikangas	Liukoinen pit.: Ni Kokonaispit.: Ni			
	Nunnanlahti	Liukoinen pit.: Ni Kokonaispit.: Ni	Ni		
	Vaaralampi ja Koskela	Liukoinen pit.: Ni Kokonaispit.: Ni	Ni		

Kaikkien metallimalmikaivosten vesistötarkkailuun sisältyy vähintäänkin nikkelpitoisuuden tarkkailu (taulukko 2). Limberg-Skräbbölen louhoksella pintavesien ympäristölaatu normien mukaisia pitoisuuksia on tutkittu pumppaamon vesistä kertaluontoisesti vuonna 2019. Kaivokset ja louhokset, joissa ei tarkkailla ympäristölaatu normimuuttujien pitoisuuksia vedenlaadussa, sedimentissä, kaloissa tai vesisammaleissa ovat karbonaattikivilouhoksista Ankele, Kalkkimaa ja Tuppivaara, Matkusjoki ja Punola, Mustio, Otamo, Reetinniemi, Ryytimaa ja Vesterbacka, Sipoo, Tytyri sekä Varmo, teollisuusmineraalikaivoksista Joutsenlampi, Kinahmi, Lehlampi, Lemnästräsk, Kirkkomäki ja Ala-Aulis, Ristimaa, Sallittu sekä Särkijärvi ja Saarinen ja vuolukivilouhoksista Mörönvuori.

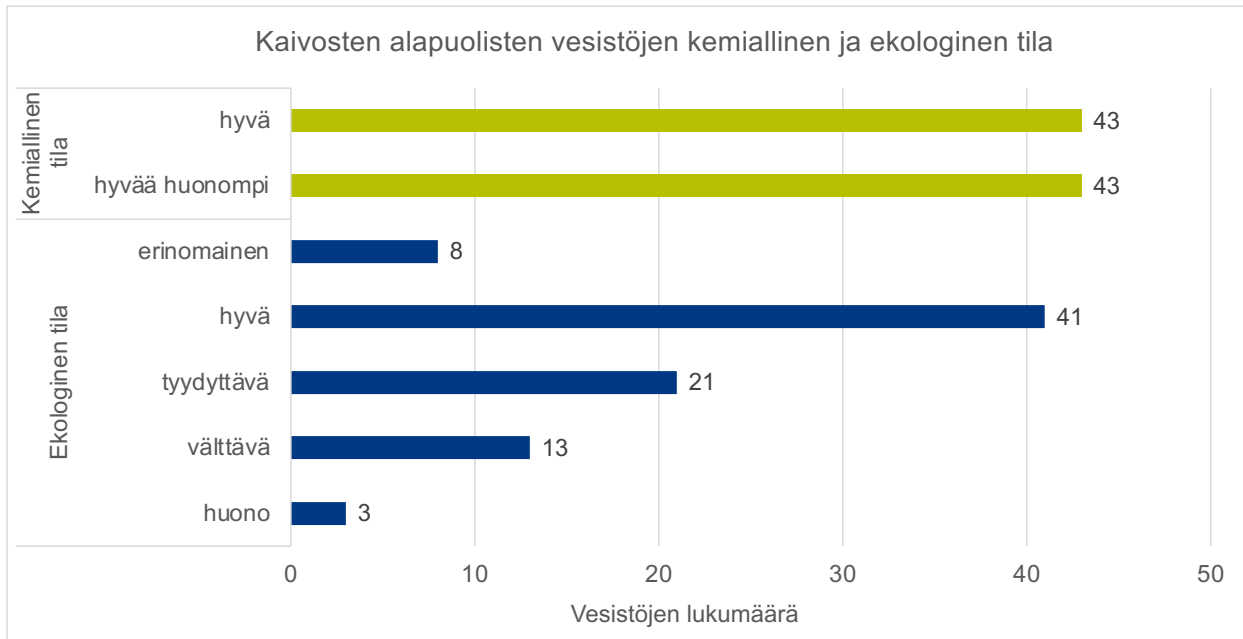
Metallien ympäristölaatu normit on asetettu sisä- ja merivesille joko liukoisena pitoisuutena tai biosaatavana pitoisuutena. Nämä määritetään samalla tavalla suodatetuista vesinäytteistä, mutta biosaatavan nikkelin ja lyijyn arvioimiseksi voidaan laskea näytekohtaiset biosaatavat pitoisuudet mallien avulla. Laskentamalleihin tarvitaan edellä mainittujen liukoisen pitoisuuden lisäksi orgaanisen hiilen (DOC) ja kalsiumin liukoinen pitoisuus sekä pH-luku. (Kangas (toim.) 2018). Muutamien kohteiden tarkkailutiedoissa mainittiin erikseen biosaatavan nikkelin ja/tai lyijyn pitoisuuden arvioiminen laskennallisesti. Tällaiset maininnat löytyvät seuraavien kaivosten ja rikastamoiden tarkkailuohjelmista tai vuosiraportoinneista: Jokisivu, Kemi, Kevitsa, Laivakangas, Talvivaara, Suurikuusikko, Luikonlahti, Vammala sekä Vuonos. (KVYV Tutkimus Oy 2021, AFRY Finland Oy 2021, Eurofins Ahma Oy 2019, EHP Environment Oy ja KVYV Tutkimus Oy 2018, Eurofins Ahma Oy 2021c, Agnico Eagle 2020, Savo-karjalan Ympäristötutkimus Oy 2021, Dragon Mining Oy 2018, Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy 2009)

Liukoinen nikkeli määritetään yhteensä 18 kohteessa (Kemi, Jokisivu, Kaapelinkulma, Kevitsa, Kylylahti, Suurikuusikko, Tipas, Talvivaara, Pampalo, Laivakangas, Vammala, Luikonlahti, Kalkkisilta, Horsmanaho ja Pehmytkivi, Karnukka, Kivikangas, Nunnalahti sekä Vaaralampi ja Koskela), liukoinen kadmium määritetään 13 kohteessa (Jokisivu, Kaa-

pelinkulma, Kevitsa, Kylylahti, Suurikuusikko, Tipas, Talvivaara, Pampalo, Laivakangas, Vammala, Luikonlahti, Kalkkisilta sekä Karnukka). Liukoinen elohopea määritetään kahdessa kohteessa (Tipas ja Talvivaara) ja liukoinen lyijy kahdessa kohteessa (Pampalo ja Luikonlahti) Biosaatava nikkeli määritetään laskennallisesti Kemin, Suurikuusikon, Talvivaaran, Vuonoksen, Vammalan, Luikonlahden ja Jokisivun kohteissa. Jokisivun, Suurikuusikon ja Luikonlahden kohteissa määritetään laskennallisesti biosaatava lyijy. Lisäksi Kevitsan tarkkailuohjelmassa mainitaan, että nikkeli määritetään laskennallisesti, mikäli liukoisten pitoisuuksien raja-arvot tarkkailussa ylittyvät. Laivakankaalla määritetään laskennallisesti biosaatava nikkeli ja lyijy, mikäli liukoisten pitoisuuksien raja-arvot tarkkailussa ylittyvät.

Taulukoiden 1. ja 2. tulosten tulkinnaassa tulee huomioida, ettei erillisiä kalatarkkailuohjelmien sisältöä ole tarkistettu. Tällöin voi olla mahdollista, että erillisessä kalatarkkailussa on maininta kalojen metallipitoisuuksien määrittämisestä, mitä ei ole mainittu käsitellyissä tarkkailuohjelmista. Yllä olevan taulukon tulokset perustuvat vesistötarkkailuohjelmien ja osin lupapäätöksien tietoihin.

Vesipuidedirektiivin tavoitteena on saavuttaa vesistöissä (sisävedet, merivedet, jokivedet) hyvä kemiallinen ja ekologinen tila. Kuvaan 5. on kerätty tieto vesistöjen tilasta Vesikarttapalvelusta. Tulokset sisältävät luokiteltujen vesistöjen kemiallisen ja ekologisen tilan. Tiedot ovat sovelluksesta pääosin haettu vuodelta 2016. Joissain tapauksissa tiedot voivat olla vuodelta 2013. Kaikkia kaivoksen alpuolisia vesistöjä ei ole luokiteltu. Tällöin niitä ei ole otettu huomioon vesistöjen tilaluokkien tarkastelussa. Mikäli yhteen luokiteltuun vesistöön kohdistuu useamman kaivostoiminnan vaikutusta, on kyseinen vesistö huomioitu vain kerran. Useampaan vesistöön kohdistuu muidenkin kuin kaivostoimintojen vaikutuksia. Tällaisia toimintoja voivat olla esim. jäteveden puhdistamot, muu teollisuus, maatalous ja/tai haja-asutus. Joissakin tarkkailuohjelmissa ja lupapäätöksissä on mainittu muu toiminta, ja ne on mainittu kaivostarkkailuissa sekä kohdekohtaisissa teksteissä kappaleessa ”Kohteet ja vesistöjen tarkkailu”.



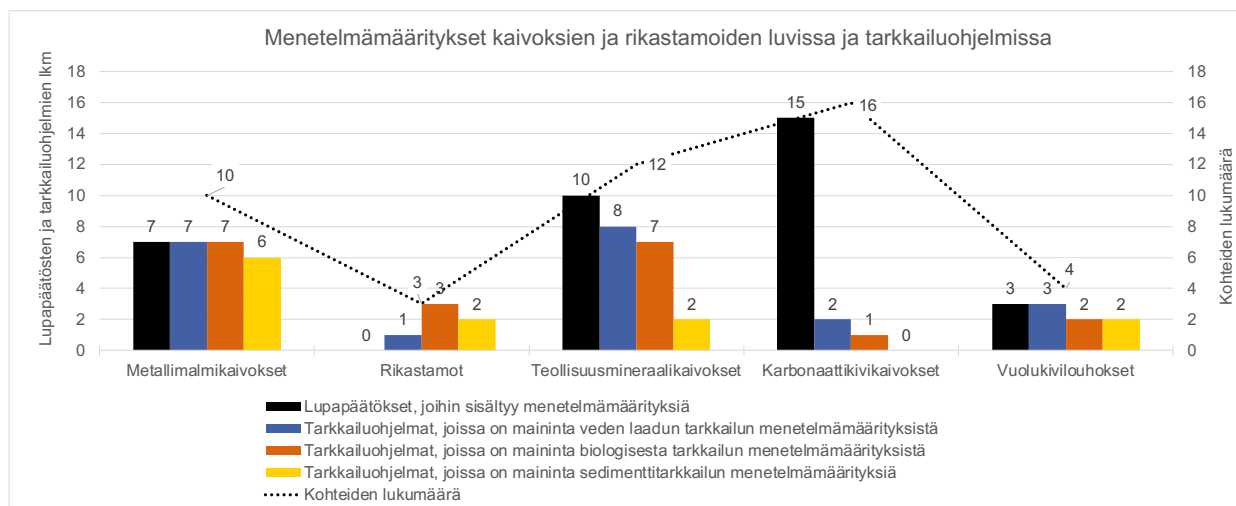
Kuva 5. Kaivos- ja louhoskohteiden alapuolisten vesistöjen kemiallinen ja ekologinen tila (vesikartta.fi).

Tarkasteltavien kaivosten ja louhosten sekä rikastamoiden (45 kohdetta) alapuolisia, luokiteltuja vesistöjä on yhteensä 86. Näistä kymmenessä oli yhden tai useamman kaivostoiminnan vaikutus samaan vesistöön. Yhden kohteen, Kaapelinkulma; osalta alapuolella ei ollut lainkaan luokiteltuja vesistöjä. Joidenkin kohteiden alapuolella oli useita eri ekologiseen tilaan luokiteltuja vesimuodostumia. Esimerkiksi Kivikankaan vuolukivilouhoksen alapuolella oleva Saarijärvi oli erinomaisessa ja Kivijärvi hyvässä ekologisessa tilassa, ja molemmat olivat kemialliselta luokituksestaan hyvää huonommassa tilassa. Järven erinomainen tai hyvä ekologinen tila ei kaikissa tapauksissa tarkoita hyvää kemiallista tilaa ja vastaavasti hyvässä kemiallisessa tilassa olevat järvet saattoivat olla ekologiselta tilaltaan niin hyvässä kuin huonossakin tilassa. Muutamien vesistöjen osalta oli selvästi mainittu, että ko. vesistö on voimakkaasti muutettu. Tässä julkaisussa vesistöihin kohdistuvien toimien ja niiden aiheuttamien vaikutusten tarkempi selvittäminen jää tarkastelun ulkopuolelle. Tavoitteena on tuoda esille, että kaivostoiminnan alapuoliset vesistöt vaihtelevat niin ekologiselta kuin kemialliselta luokituksestaan. Erinomaisessa tai hyvässä ekologisessa tilassa on yli puolet alapuolisista, tarkastelussa olleista vesistöistä. Hyvässä kemiallisessa tilassa on puolestaan puolet tarkastelluista vesistöistä.

Lähes kaikissa lupapäätöksissä, lukuun ottamatta rikastamoja, on määrätty käyttämään näytteenottomenetelminä standardien (CEN, ISO, SFS tai muu vastaavan tasoinen kansallinen tai kansainvälinen yleisesti käytössä oleva standardi) mukaisesti tai käyttämään valvontaviranomaisen hyväksymiä menetelmiä (kuva 6). Useissa tarkkailuohjelmissa vesistötarkkailun ja biologisen tarkkailun näytteenoton menetelminä on standardien lisäksi kerrottu noudatettavaksi mm. ympäristöhallinnon ohjeita. Esimerkiksi Jokisivun kaivoksen tarkkailuohjelmassa on lueteltu käytetyt pohjaeläinten näytteenotto-standardit, SFS 5076 (SFS 1989), SFS-EN 28265 (SFS 1994) ja SFS 5077 (SFS 1989), sekä näiden lisäksi kerrottu noudatettavan ympäristöhallinnon biologisen seurantojen ohjeita ja kalojen näytteenotto-ohjeita (liite 1.1). Metallimalmikaivoksista seitsemällä on tarkkailuohjelmissaan maininta vesistötarkkailun ja biologisen tarkkailun näytteenottomenetelmistä. Näytteenottomenetelmistä on maininta kuuden metallimalmikaivoksen tarkkailuohjelmassa. Vain yhden rikastamon tarkkailuohjelmassa on maininta vesistötarkkailuun liittyvistä näytteenottomenetelmistä, biologisen tarkkailun osalta se on mainittu kolmen ja sedimenttinäytteiden kahden rikastamon tarkkailuohjelmassa. Teollisuusmineraalikaivoksien tarkkailuohjelmissa kahdeksassa on maininta vesistötarkkailun,

seitsemässä biologisen ja kahdessa sedimenttien näytteenoton menetelmistä. Karbonaattikaivosten tarkkailuohjelmissa kahdessa on maininta vesistötarkkailun ja yhdessä biologisen tarkkailun

näytteenottomenetelmistä. Vuolukivilouhoksilla kolmella on tarkkailuohjelmassa maininta vesistötarkkailun, kahdessa biologisen tarkkailun ja sedimenttien näytteenoton menetelmistä.



Kuva 6. Tarkasteltavien kaivos-, rikastamo- ja louhoskohteiden lupapäätöksissä sekä tarkkailuohjelmissa havaitut maininnat veden laadun, sedimentin ja biologisten tarkkailujen näytteenottomenetelmistä.

Tarkkailuohjelmissa ja lupapäätöksistä kerättiin mainittu tieto kohteiden sijainnista suhteessa vesistöihin. Tämän perusteella kaivos- ja rikastamo-kohteissa oli mainittu alueelta kulkeutuvien vesien purkusuunta. Nämä vedet voivat olla puhtaita vesiä ja/tai toiminnan päästövesiä. Pääsääntöisesti vesien purkusuunta on yhteen vesistöön (33 kohteessa). Vesien purkusuunta on kahteen vesistöön 12 kohteessa. Näitä kohteita ovat Tipaksen, Talvivaaran, Pampalon, Ihalaisen, Limberg-Skräbbölen, Kalkkisillan, Särkijärven ja Saarisen, Lemnästräskin, Kirkkomäen ja Ala-Auloksen, Kivikankaan sekä Mörönvuoren kaivoksilla ja louhoksilla sekä Luitkonlahden ja Vuonoksen rikastamoilla. Tarkastelun mukaan purkusuuntien lukumäärällä ei ole yhteyttä tarkkailupaikkojen lukumäärään. Kaikissa kohteissa, joissa vesistötarkkailua tehdään, vaikutuksia tarkastellaan kaikissa purkusuunnissa.

Tarkkailuohjelmissa vesistöseurannan vertailupaika oli mainittu 23 tarkasteltavalla kohteella, kun taas 14 kohteella vertailupaikkaa ei ollut tuotu esille. Kahdeksassa kohteessa ei ole lainkaan vesistötarkkailua, nämä kohteet ovat Ankeleen, Limberg-Skräbbölen, Mustion, Sipoon, Tytyrin ja Varmon karbonaattilouhokset, Sallitun teollisuusmineraalilouhos sekä Mörönvuoren vuolukivilouhos. Osassa tarkkailuohjelmia tarkkailun mahdollisia vertailupaikkaa ei ollut esitetty selkeästi. Tällöin niitä ei

tulkittu vertailupaikkaa. Mikäli tarkasteltava kohde sijoittui vesistöjen vedenjakajalla, niin tällöin vertailupaikkaa ei ollut.

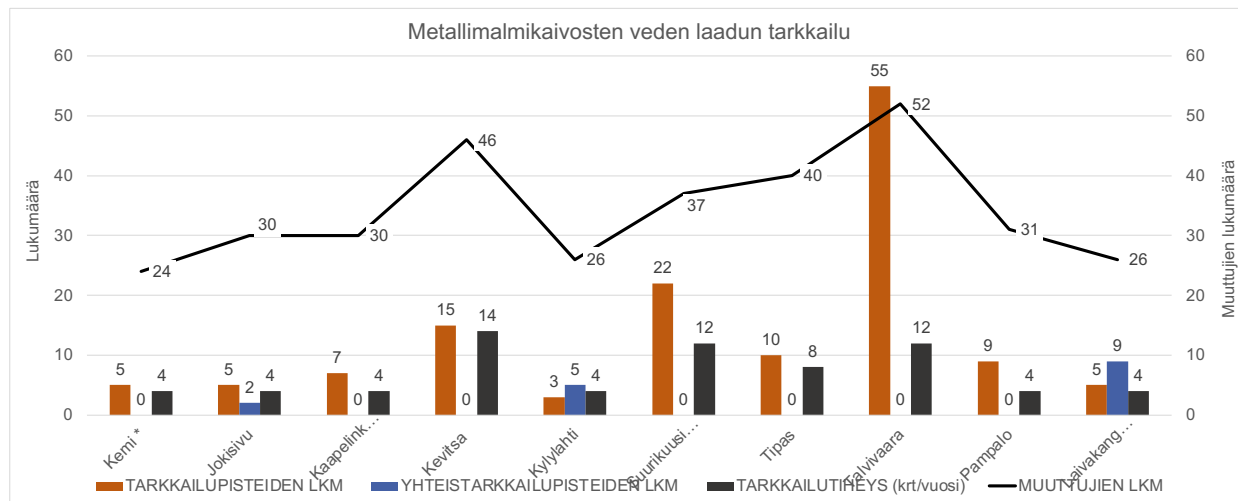
Metallimalmikaivokset

Metallimalmikaivoksilla tehdään biologista tarkkailua sekä tarkkaillaan toiminnan vaikutuksia veden laatuun ja sedimentteihin. Alla olevilla kuvilla (7.–13.) havainnollistetaan tarkemmin tarkkailun havaintopaikkojen, tiheyden ja tarkkailtavien muuttujien lukumäärää.

Kuvassa 7. on esitetty metallimalmikaivosten veden laadun tarkkailupaikkojen ja analysoitavien muuttujien lukumäärä sekä tarkkailutiheys. Veden laatua tarkkaillaan kaikilla, kymmenellä metallimalmikaivoksella, kaivoksen oman tarkkailuohjelman mukaisesti. Lisäksi veden laatua seurataan yhteistarkkailuna kolmella kohteella. Näitä kaivoksia ovat Jokisivu, Kylylahti ja Laivakangas. Kemissä veden laadun fysikaalis-kemiallinen tarkkailutiheys vaihtelee, kuukausittaisesta näytteenotosta yhdeksään, kuuteen tai neljään kertaan vuodessa. 24 muuttujaa tarkkaillaan neljä kertaa vuodessa ja 21 muuttujaa tarkkaillaan 12 tai yhdeksän kertaa vuodessa. Kemin osalta taulukossa on esitetty tarkkailutiheys neljä kertaa vuodessa, koska muut-

tujien lukumäärä on näillä tutkimuskerroilla suurimmillaan. Laivakankaan kaivoksen vesistötarkkailua tehdään vähintään neljä kertaa vuodessa 26 muutujan osalta lähes kaikista tarkkailupaikoista ja 12 kertaa vuodessa yhdestä yhteistarkkailun pisteestä

tä, jossa edellä mainittujen muuttujien lisäksi tarkkailuun viittä muuta muuttujaa. Tässä tarkkailussa on käytetty tarkkailutiheytenä neljää kertaa vuodessa, koska se on yleisin tarkkailutiheys suurimmassa osassa havaintopaikoista.



Kuva 7. Metallimalmikaivosten veden laadun tarkkailupisteiden lukumäärä ml. yhteistarkkailu, tarkkailutiheys vuodessa sekä tarkkailtavien fyysikaalis-kemiallisten muuttujien lukumäärä vuodessa.

Veden laadun lisäksi metallimalmikaivosten tarkkailuohjelmien mukaan vesistöistä tarkkailaan myös a-klorofyllia, pohjaeläimiä, piileviä, kas-

viplanktonia, vesisammalia, sedimentin laatua ja kalojen metallipitoisuuksia. Taulukkoon 3. on koottu näiden tarkkailtavien kohteiden tarkkailutiheys.

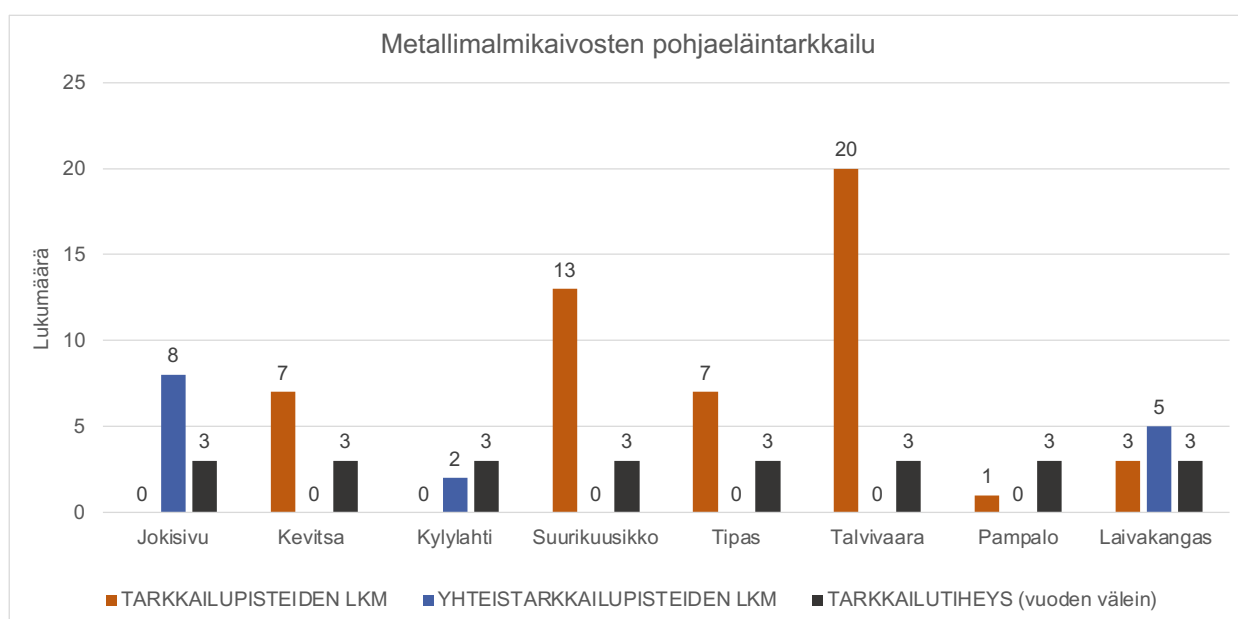
Taulukko 3. Kymmenen metallimalmikaivoksen tarkkailuohjelmien vesistötarkkailussa esitettyjen a-klorofyllin, pohjaeläimien, piilevien, kasviplanktonin, vesisammalten, sedimentin laadun ja kalojen metallipitoisuuksien tarkkailutiheydet (vuoden välein).

Kaivos	Tarkkailutiheys (vuoden välein)						
	a-klorofylli	pohjaeläimet	piilevät	kasviplankton	vesisammalet	sedimentti	kalat (metallit)
Jokisivu	1	3	3	0	0	3	3
Kaapelinkulma	0	0	0	0	0	3	0
Kemi	0	0	0	0	0	0	0
Kevitsa	1	3	1	3	3	5	3
Kylälahti	1	3	0	1	0	5	3
Suurikuusikko	0	3	1	0	3	0	3
Tipas	1	3	0	1	3	6	3
Talvivaara	1	3	3	3	3	6	1
Pampalo	1	3	0	0	0	0	0
Laivakangas	1	3	3	3	0	5	3

Metallimalmikaivoksilla seitsemällä seurataan a-klorofyllipitoisuutta vuoden välein. A-klorofyllia ei seurata Kemin, Kaapelinkulman ja Suurikuusikon kaivoksilla. Muiden kaivosten osalta a-klorofyllin määritykset tehdään avovesikaudella ja se voidaan tehdä myös tiheämmin kuin yhden kerran vuodessa. Esimerkiksi Talvivaaran kaivoksella a-klorofylli määritetään neljä kertaa ja Jokisivun kaivoksella kaksi kertaa vuodessa, näytteenottoitiheydestä tarkemmin kohdekohtaisesti liitteissä 1.1–1.45.

Pohjaeläimiä tarkkaillaan kahdeksalla metallimalmikaivoksella (kuva 8). Kahdella kaivoksella

pohjaeläinseurantaa ei ole. Näitä kaivoksia ovat Kemi ja Kaapelinkulma. Viidellä kaivoksella pohjaeläinseuranta sisältyy pelkästään kaivoksen omaan tarkkailuohjelmaan. Näitä kaivoksia ovat Kevitsa, Suurikuusikko, Tipas, Talvivaara ja Pampalo. Laivakankaan kaivoksella pohjaeläintarkkailu sisältyy sekä omaan että yhteistarkkailuohjelmaan. Kaikissa kohteissa pohjaeläintarkkailu tehdään kolmen vuoden välein. Tarkkailun havaintopaikkojen lukumäärä vaihtelee Pampalon kaivoksen yhdestä Talvivaaran kaivoksen kahteenkymmeneen.

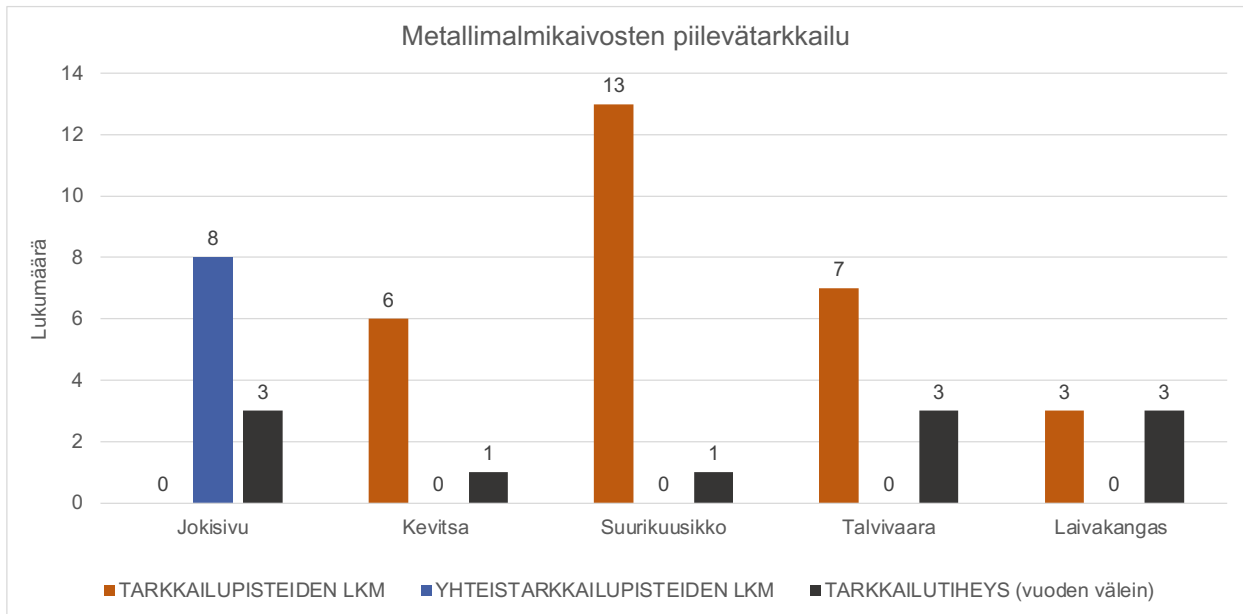


Kuva 8. Metallimalmikaivosten pohjaeläinseurannan tarkkailupisteiden lukumäärä ml. yhteistarkkailu, tarkkailutiheys tietyn vuoden välein.

Muiden metallimalmikaivosten tarkkailuista poiketen Laivakankaan kaivoksella määritetään lisäksi pohjaeläimistä metallipitoisuudet kolmen vuoden välein (Liite 1.6). Tarkkailuohjelmissa on voitu esittää poikkeavia tarkkailujaksoja, esimerkiksi tarkkailun alkuaikoina tihennettyä tarkkailua. Taulukossa on tuotu esille säännöllinen tarkkailutiheys, joten poikkeamia ei ole esitetty. Mikäli tarkkailtavalle muuttujalle on esitetty kaksi tarkkailujaksoa, on taulukossa esitetty tiheämpi ajanjakso, esimerkkinä

Kylylahden sedimenttitarkkailu. Kylylahden kaivoksella tarkkaillaan kuvasta 7 poikkeavasti lisäksi raskasmetallit sedimentistä kymmenen vuoden välein (liite 1.5).

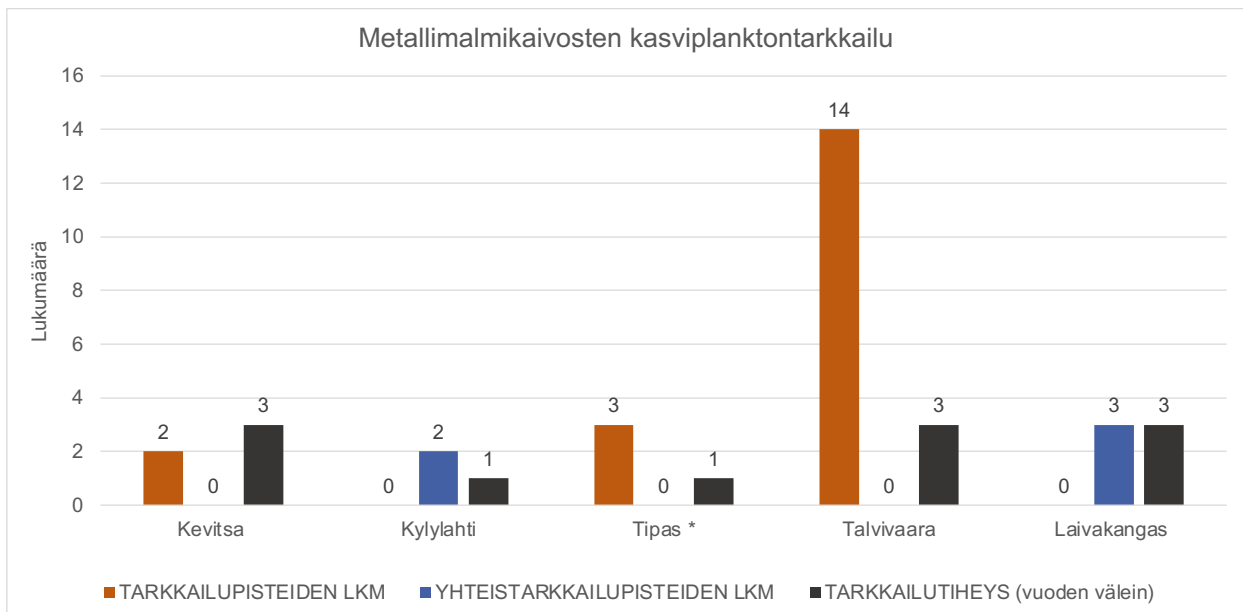
Viidellä kaivoksella tarkkaillaan piileviä sekä kasviplanktoneita joko vuoden tai kolmen vuoden välein. Kuvassa 9 on esitetty metallimalmikaivosten piilevätarkkailun havaintopaikkojen lukumäärä sekä tarkkailun tiheys. Havaintopaikkojen lukumäärä vaihtelee kolmen ja 13 havaintopaikan välillä.



Kuva 9. Metallimalmikaivosten piileväseurannan tarkkailupisteiden lukumäärä ml. yhteistarkkailu, tarkkailutiheys tietyn vuoden välein.

Kuvassa 10. on esitetty kasviplanktonitarkkailun havaintopaikkojen lukumäärä sekä tarkkailutiheys. Tipaksen osalta tehdään kolmen vuoden välein tehostettua kasviplanktonitarkkailua. Metallimalmikaivokset, joissa ei tarkkailla kasviplanktonia ovat Kemi, Jokisivu, Kaapelinkulma, Suurikuusikko ja Pampalo. Kevitsan, Tipaksen ja Talvivaaran kai-

voksilla kasviplanktonitarkkailu sisältyy kaivoksen omaan tarkkailuohjelmaan, Kylylahden ja Laivakangaan kaivoksilla se kuuluu yhteistarkkailuohjelmaan. Havaintopaikkojen lukumäärä on suurin Talvivaaran kaivoksella, 14 kappaletta, kun se muissa kaivoksissa on kaksi tai kolme kappaletta.



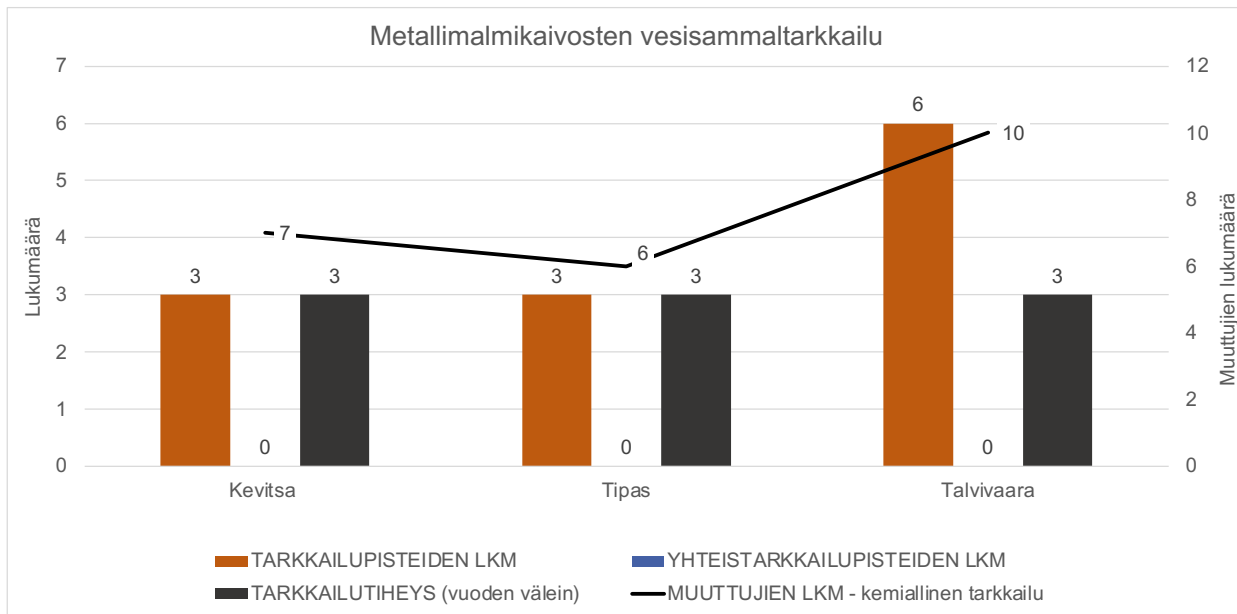
Kuva 10. Metallimalmikaivosten kasviplanktonseurannan tarkkailupisteiden lukumäärä ml. yhteistarkkailu, tarkkailutiheys tietyn vuoden välein.

Kolmella metallimalmikaivoksella tarkkaillaan vesisammalten metallipitoisuuksia (Kuva 11). Nämä kaivokset ovat Kevitsa, Tipas ja Talvivaara. Tarkkailupaikkojen lukumäärä vaihtelee kolmesta

kuuteen, ollen suurin Talvivaaran kaivoksen tarkkailussa. Tarkkailtavien muuttujien eli määritettävien metallien lukumäärä vaihtelee kuudesta kymmeneen, ollen Talvivaaran kaivoksen tarkkailussa

enimmillään. Kaikkien em. toimijoiden osalta vesisammaltarkkailu on toiminnan omassa tarkkailussa ja tarkkailutiheys on kaikissa sama, eli vesisammalten metallipitoisuuksia seurataan kolmen vuoden välein. Suurikuusikon kaivoksen tarkkailuohjelmassa on maininta, että vesisammalien metal-

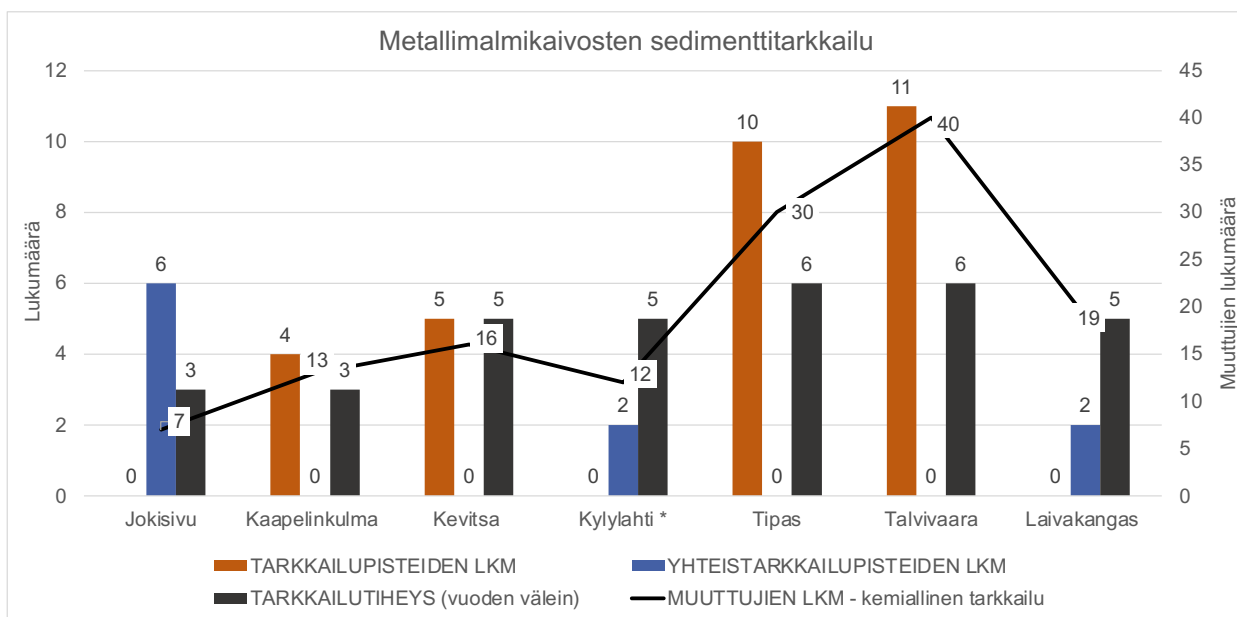
lipitoisuuksia määritettäisiin kolmen vuoden välein tehtävässä kattavammassa vesibiologisessa selvityksessä (Agnico Eagle Finland Oy 2020). Tarkempaa tietoa Suurikuusikon vesisammalseelvityksestä ei ollut mainittu tarkkailuohjelmassa.



Kuva 11. Metallimalmikaivosten vesisammalseurannan tarkkailupisteiden lukumäärä ml. yhteistarkkailu, tarkkailutiheys tietyn vuoden välein sekä tarkkailtavien muuttujien (metallipitoisuuksien) lukumäärä.

Sedimenttitarkkailu kuuluu seitsemällä metallimalmikaivoksella tarkkailuohjelmaan (Kuva 12). Kaapelinkulman, Kevitsan, Tipaksen ja Talvivaaran kaivoksilla tarkkailu kuuluu kaivoksen omaan tarkkailuohjelmaan. Jokisivun, Kylylahden ja Lai-

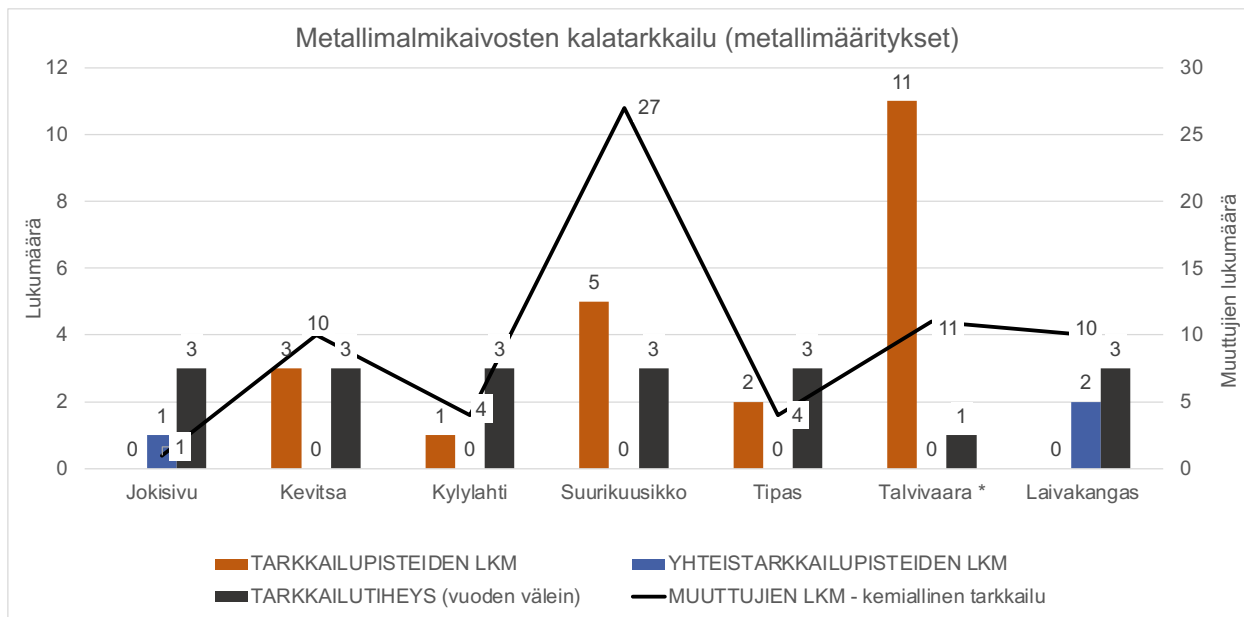
vakankaan kaivoksilla sedimenttitarkkailu sisältyy yhteistarkkailuohjelmaan. Kemien, Suurikuusikon ja Pampalon kaivoksilla sedimenttitarkkailu ei kuulu tarkkailuohjelmaan.



Kuva 12. Metallimalmikaivosten vesistösedimenttien tarkkailupisteiden lukumäärä ml. yhteistarkkailu, tarkkailutiheys tietyn vuoden välein sekä tarkkailtavien fysikaalis-kemiallisten muuttujien lukumäärä.

Sedimentin laadun lisäksi kalojen metallipitoisuuksia tarkkaillaan myös seitsemällä metallimalmikaivoksella. Näitä ovat puolestaan Jokisivu, Ke-

vitsa, Kylylahti, Suurikuusikko, Tipas, Talvivaara ja Laivakangas (Kuva 13).



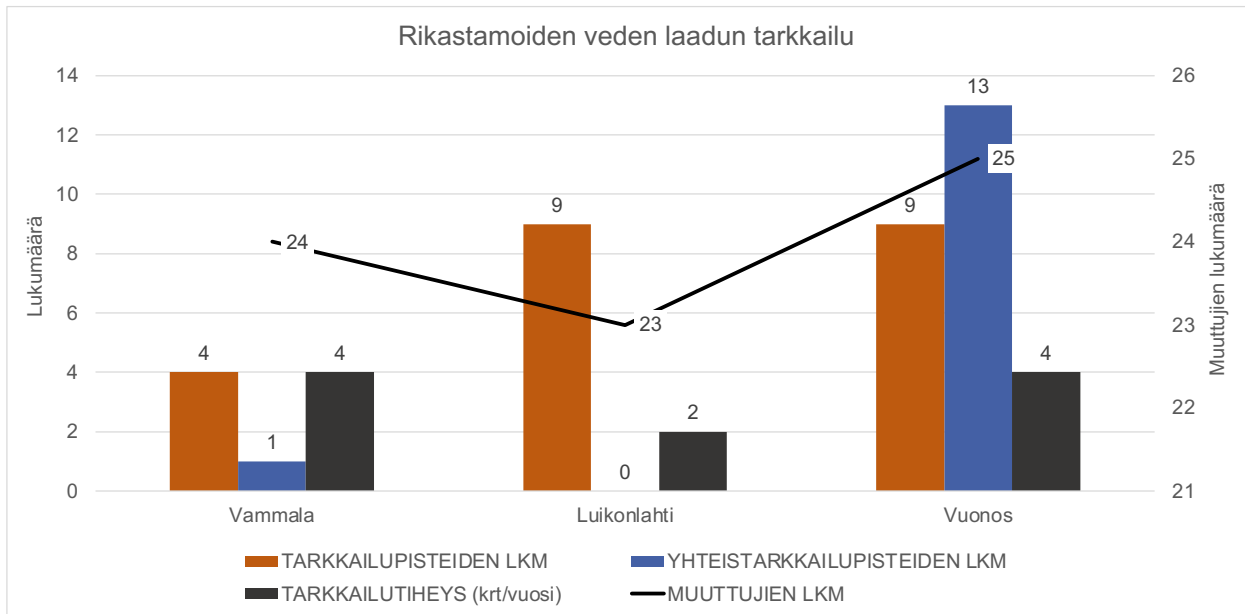
Kuva 13. Metallimalmikaivosten kalojen metallipitoisuuden seurannan tarkkailupisteiden lukumäärä ml. yhteistarkkailu, tarkkailutiheys tietyn vuoden välein sekä tarkkailtavien muuttujien (metallipitoisuuksien) lukumäärä tarkkailuvuonna.

Tässä selvityksessä on koottu tietoa myös metallimalmikaivosten alapuolisten vesistöjen purkusunnista. Kolmen metallimalmikaivoksen alueelta on puhtaiden ja/tai päästovesien purkusuunta kahteen vesistöön. Näitä ovat Tipaksen, Talvivaaran ja Pampalon kaivokset. Muilla kaivoksilla on purkusuunta yhteen vesistöön.

Rikastamot

Rikastamokohteissa tehdään biologista tarkkailua sekä tarkkaillaan toiminnan vaikutuksia vesistöön ja sedimentteihin. Alla olevilla kuvilla havainnollistetaan tarkemmin tarkkailun havaintopaikkojen, tiheyden ja tarkkailtavien muuttujien lukumäärää.

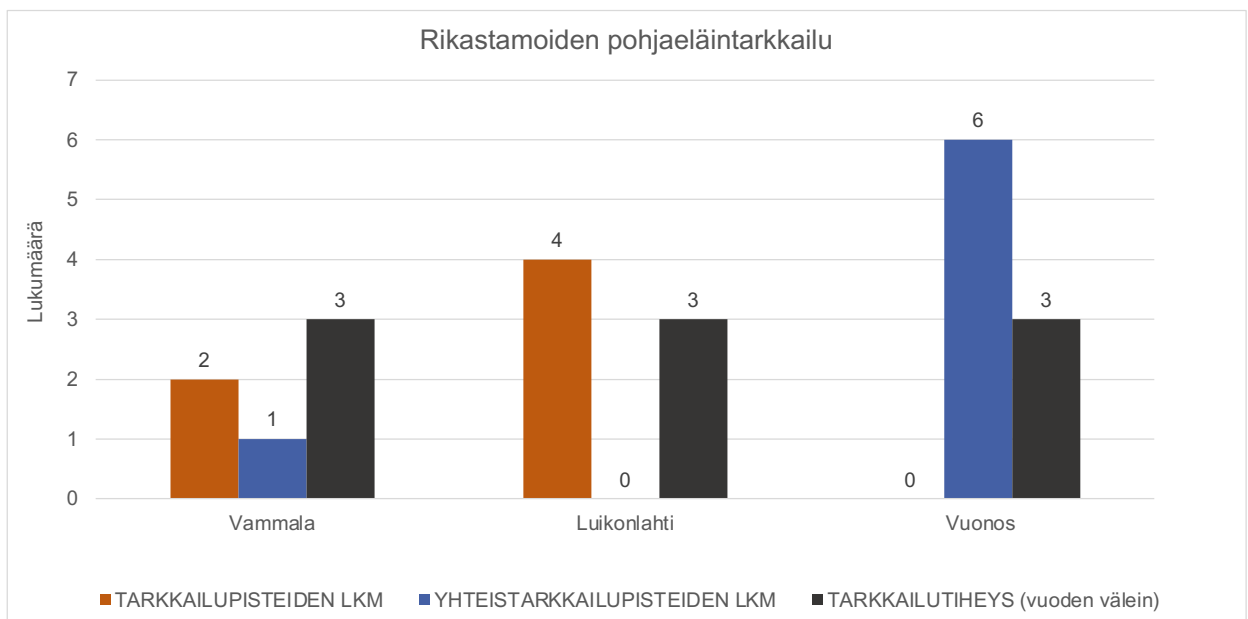
Kaikilla tarkastelluilla rikastamoilla tehdään veden laadun tarkkailua (kuva 14). Luikonlahden rikastamolla veden laatua on seurattu rikastamon omana tarkkailuna, Vammalan ja Vuonoksen rikastamoilla veden laadun tarkkailu kuuluu sekä rikastamoon omaan tarkkailuohjelmaan että yhteistarkkailuohjelmaan. Tarkkailupaikkojen lukumäärä on pienin Vammalan rikastamolla, jossa tarkkailua tehdään yhteensä viidestä havaintopaikasta ja suurin Vuonoksen rikastamolla, jossa tarkkailua tehdään yhteensä 22 havaintopaikasta. Luikonlahden rikastamon toiminnan aikana veden laatua on tarkkailtu yhdeksästä tarkkailupaikasta kaksi kertaa vuodessa. Vammalan ja Vuonoksen rikastamoilla tarkkailutiheys on neljä kertaa vuodessa.



Kuva 14. Rikastamoiden veden laadun tarkkailupisteiden lukumäärä ml. yhteistarkkailu, tarkkailutiheys vuodessa sekä tarkkailtavien fyysikaalis-kemiallisten muuttujien lukumäärä.

Pohjäläntarkkailu kuuluu kaikkien kolmen rikastamon tarkkailuohjelmaan (Kuva 15). Vammalan rikastamolla pohjäläinseuranta tehdään sekä oman tarkkailuohjelman että yhteistarkkailuohjelman mukaisesti. Vuonoson rikastamolla pohjäläntarkkailua tehdään vain yhteistarkkailuohjelman perusteella. Luikonlahden rikastamolla

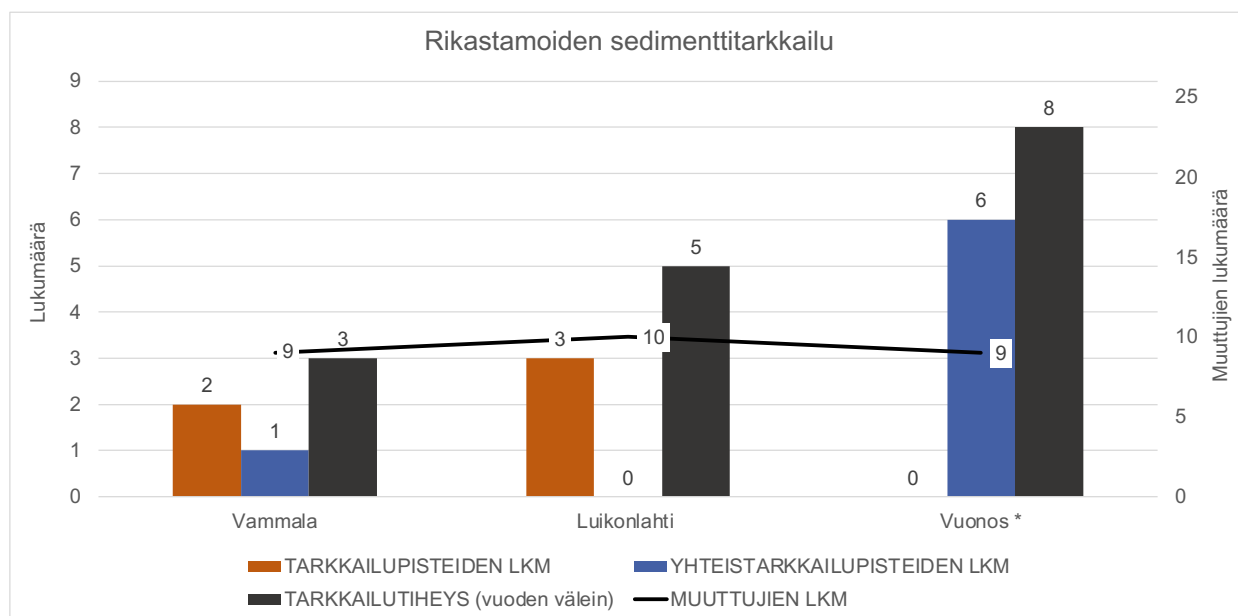
toiminnan aikaisessa tarkkailussa pohjäläinseuranta on kuulunut rikastamon omaan tarkkailuohjelmaan. Kaikissa kohteissa pohjäläntarkkailu tehdään kolmen vuoden välein. Tarkkailupaikkojen määrä vaihtelee Vammalan rikastamon kolmesta havaintopaikasta Vuonoson rikastamon kuuteen yhteistarkkailupaikkaan.



Kuva 15. Rikastamoiden pohjäläinseurannan tarkkailupisteiden lukumäärä ml. yhteistarkkailu ja tarkkailutiheys tietyn vuoden välein.

Luikonlahden ja Vuonoksen rikastamoiden tarkkailussa määritetään a-klorofylli vuosittain, Vammalan rikastamon tarkkailuun se ei kuulu. Yhdelläkään kolmesta tarkastellusta rikastamosta ei tehdä pillevätarkkailua eikä vesisammaltarkkailua. Vuonoksen rikastamolla tehdään pohjalevästötarkkailua neljästä yhteistarkkailupaikasta kolmena vuoden välein. Samoin kasviplanktonitarkkailua tehdään vain Vuonoksen rikastamon yhteistarkkailuohjelmassa kuudesta havaintopaikasta kolmen vuoden välein. Kalojen metallipitoisuuksien seuranta on tehty ainoastaan Luikonlahden rikastamon toiminnan aikana sen omassa tarkkailuohjelmassa, ja tarkkailutiheys on ollut kolmen vuoden välein kahdesta tarkkailupaikasta. Tällöin kaloista on määritetty nikkeli, elohopea ja arseeni (Liite 1.11).

Sedimenttitarkkailu kuuluu kaikilla kolmella rikastamolla tarkkailuohjelmaan (kuva 16). Vammalan ja Luikonlahden rikastamoilla se kuuluu omaan ja yhteistarkkailuohjelmaan. Vuonoksen rikastamolla sedimenttitarkkailu sisältyy ainoastaan yhteistarkkailuohjelmaan. Sedimenttien tarkkailutiheys on Vammalan rikastamolla kolmen vuoden välein, ja Luikonlahdessa se on ollut toiminnan aikana viiden vuoden välein. Vuonoksen rikastamolla sedimenttitarkkailua tehdään kahdeksan vuoden välein, poikkeuksena Sysmäjärven sedimentin nikkelpitoisuuksien seuranta neljän vuoden välein. Kuvassa 15 on käytetty Vuonoksen tarkkailutiheytenä kahdeksaa vuotta, koska se on yleisin tarkkailutiheys.



Kuva 16. Rikastamoiden vesistösedimenttien tarkkailupisteiden lukumäärä ml. yhteistarkkailu, tarkkailutiheys tietyn vuoden välein sekä tarkkailtavien fyysikaalis-kemiallisten muuttujien lukumäärä. Vuonoksen rikastamolla määritetään lisäksi neljän vuoden välein sedimentin nikkelpitoisuus Sysmäjärvestä.

Rikastamoiden osalta tarkasteltiin vesien purku-suuntaa alapuolisiin vesistöihin nähden. Luikonlahden ja Vuonoksen rikastamoalueilta on puhtaiden

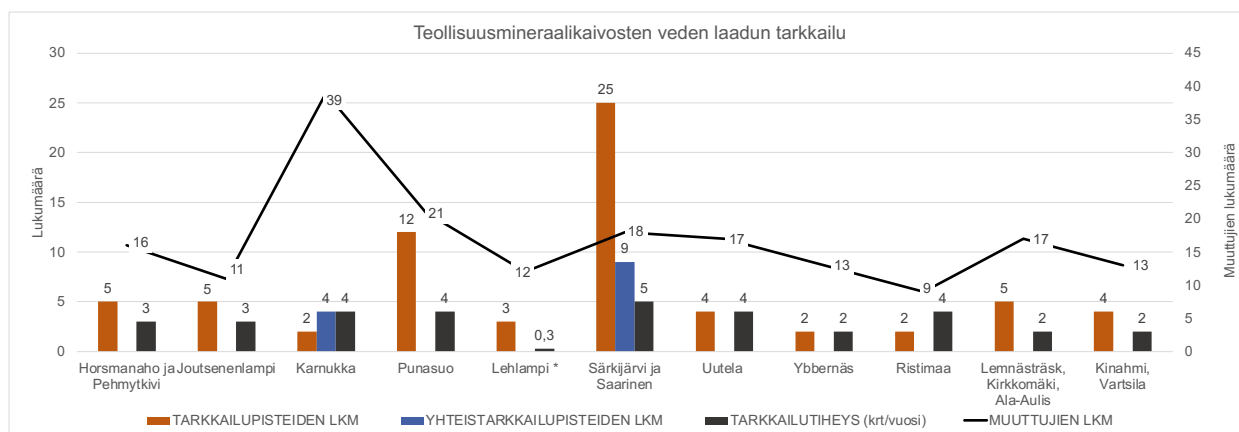
ja/tai päästövesien purku-suuntaa kahteen vesistöön. Vammalan rikastamolla on ainoastaan yksi purku-suunta.

Teollisuusmineraalikaivokset

Teollisuusmineraalikaivoksilla ja -louhoksilla tehdään vesistöjen biologista tarkkailua sekä tarkkailaan toiminnan vaikutuksia vesistöön ja sedimentteihin. Alla havainnollistetaan tarkemmin tarkkailun havaintopaikkojen, tiheyden ja tarkkailtavien muuttujien lukumäärää (Kuvat 17-20).

Vesistön veden laadun seuranta tehdään 11 teollisuusmineraalikaivoksella, ainoastaan Sallitun kaivoksella se ei kuulu tarkkailuohjelmaan. Veden laadun tarkkailupaikkojen lukumäärä vaihtelee kahdesta 34:ään (Kuva 17). Siilinjärven Särkijärven ja Saarisen louhosten oman tarkkailuohjelman havaintopaikkojen lukumäärä on 25 ja yhteistarkkailuohjelmassa havaintopaikkoja on yhdeksän.

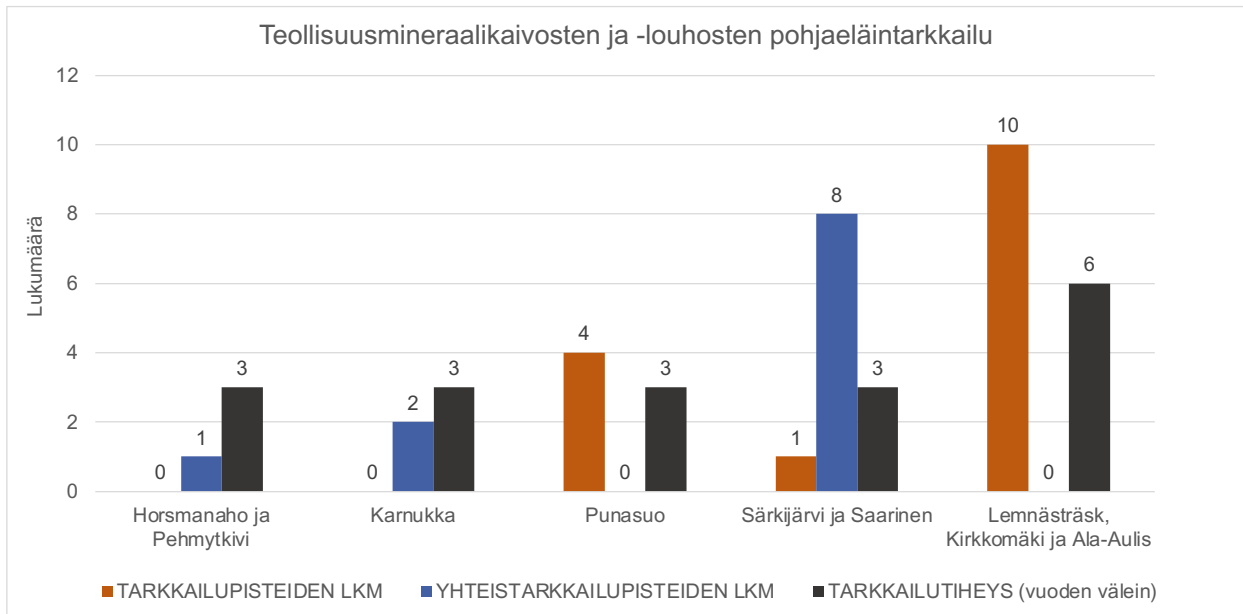
Siilinjärven kaivoksen veden laadun tarkkailupaikkoja on huomattavasti enemmän verrattuna muihin teollisuusmineraalikaivosten havaintopaikkojen määrään. Tarkkailutiheydet vaihtelevat kahdesta viiteen kertaan vuodessa. Suurin tarkkailutiheys on Siilinjärven kaivoksella. Poikkeuksena on Lehlammen kaivoksen veden laadun tarkkailutiheys, jossa tarkkailua tehdään joka kolmas vuosi. Kuvaajaan se on merkitty lukuarvolla 0,3. Analysoitavien muuttujien lukumäärässä Karnukan kaivoksen 39 muuttujaa on selkeästi muiden kaivosten analysoitavien muuttujien lukumäärää suurempi. Muiden teollisuusmineraalikaivosten ja -louhosten tarkkailussa seurattavien fysikaalis-kemiallisten muuttujien lukumäärä vaihtelee yhdeksästä 21:een.



Kuva 17. Teollisuusmineraalikaivosten ja -louhosten veden laadun tarkkailupisteiden lukumäärä ml. yhteistarkkailu, tarkkailutiheys vuodessa sekä tarkkailtavien fysikaalis-kemiallisten muuttujien lukumäärä vuodessa. Poikkeuksena Lehlammen kaivoksen vesistö-tarkkailutiheys joka kolmas vuosi (kuvassa lukuarvona 0,3).

Viidellä kaivoksista tehdään sekä pohjaeläin- että kasviplanktonitarkkailua (Kuva 18 ja 19). Nämä kaivokset ovat Horsmanaho ja Pehmytkivi, Karnukka, Punasuo, Särkijärvi ja Saarinen (Siilinjärvi) sekä Lemnästräsk, Kirkkomäki ja Ala-Aulis. Punasuon ja Lemnästräskin, Kirkkomäen ja Ala-Auloksen kaivoksilla kasviplankton- ja pohjaeläintarkkailu sisältyy kaivosten omaan tarkkailuun, Horsmanahon ja Pehmytkiven ja Karnukan kaivoksilla tarkkailut sisältyvät yhteistarkkailuohjelmaan. Särkijärven ja

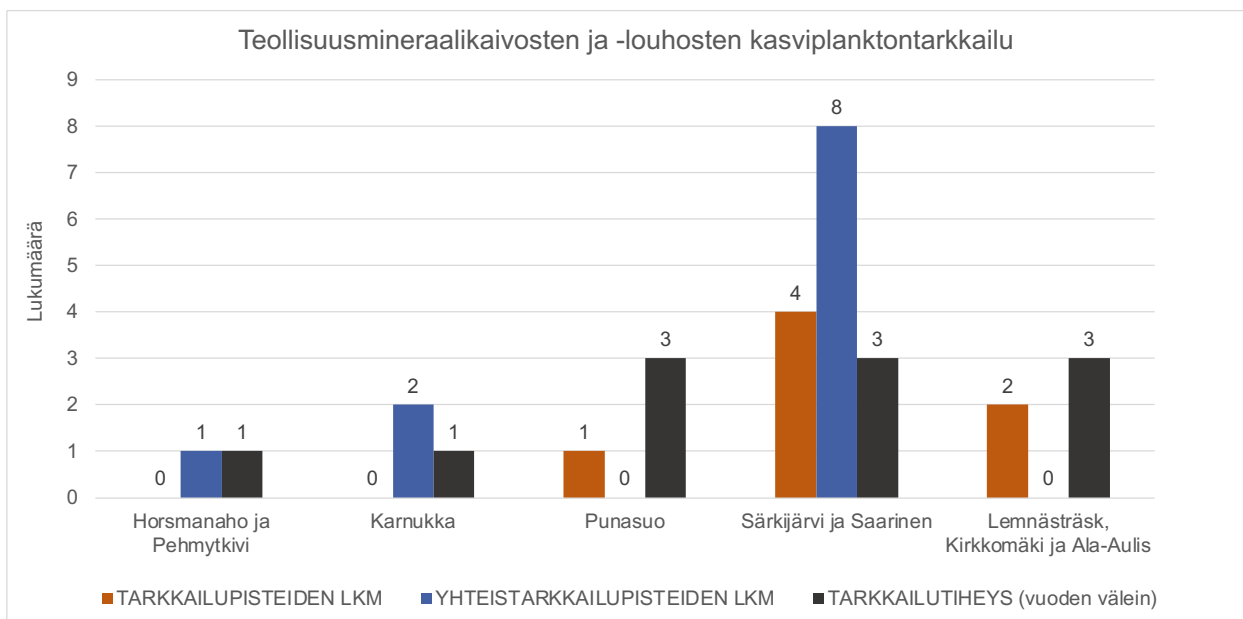
Saarisen kasviplankton- ja pohjaeläintarkkailu sisältyy sekä omaan että yhteistarkkailuohjelmaan. Pohjaeläintarkkailua tehdään pääosin kolmen vuoden välein (kuva 18). Poikkeuksena on Lemnästräskin, Kirkkomäen ja Ala-Auloksen kaivoksien pohjaeläintarkkailu, joka tehdään kuuden vuoden välein. Pohjaeläinseurannassa tarkkailupaikkojen lukumäärä vaihtelee Horsmanahon ja Pehmytkiven kaivoksen yhdestä Lemnästräskin, Kirkkomäen ja Ala-Auloksen kymmeneen.



Kuva 18. Teollisuusmineraalikaivosten ja -louhosten pohjaeläinseurannan tarkkailupisteiden lukumäärä ml. yhteistarkkailu, tarkkailutiheys tietyn vuoden välein.

Kasviplanktonseurannan tiheys puolestaan vaihtelee kohteittain joko vuosittain tai kolmen vuoden välein tehtävänä. Kasviplanktonseurannassa tark-

kailupaikkojen lukumäärä vaihtelee Punasuon yhdestä Siilinjärven kaivoksen Särkijärven ja Saarinen louhosten tarkkailujen 12 paikkaan (Kuva 19).



Kuva 19. Teollisuusmineraalikaivosten ja -louhosten kasviplanktonseurannan tarkkailupisteiden lukumäärä ml. yhteistarkkailu, tarkkailutiheys tietyn vuoden välein.

Pohjaeläin- ja kasviplanktonseurannaa ei tehdä seuraavilla teollisuusmineraalikaivoksilla ja -louhoksilla: Joutsenenlampi, Lehlampi, Sallittu, Uute-la, Ybbernäs, Ristimaa sekä Kinahmi ja Vartsila.

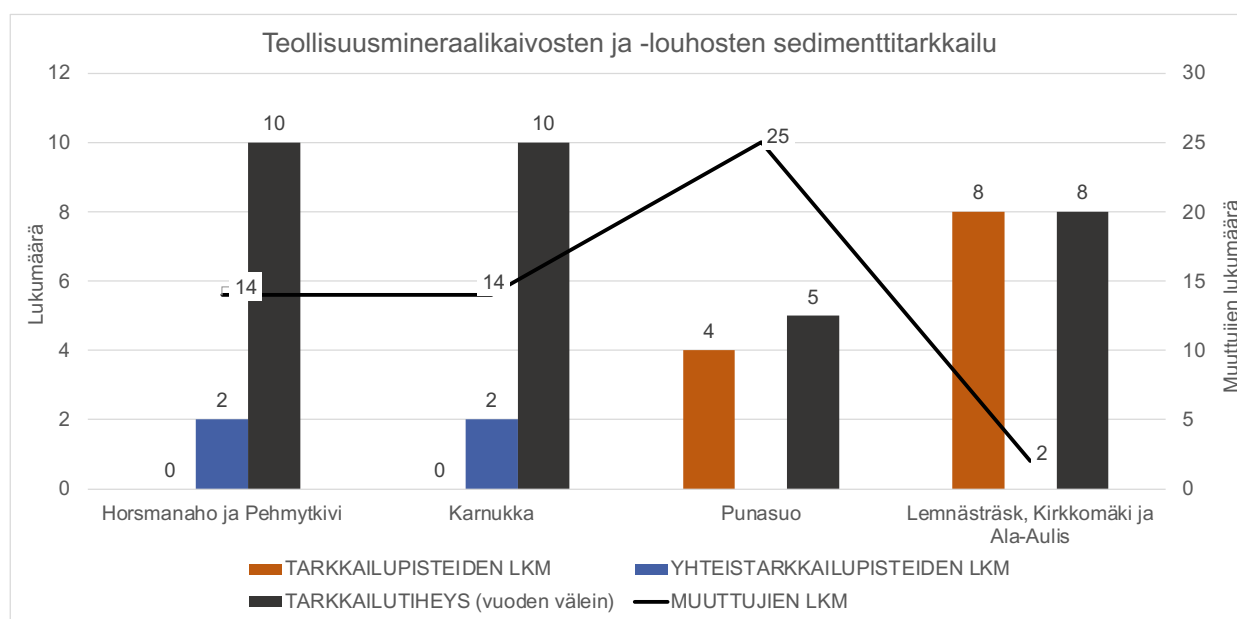
Piilevätarkkailua on vain kahdella teollisuusmineraalikaivoksella. Karnukan kaivoksella pi-

leväseurannaa tehdään yhteistarkkailuohjelman mukaisesti yhdestä havaintopaikasta. Siilinjärven kaivoksen Särkijärvi- ja Saarinen -louhoksien velvoitetarkkailussa piileväseurannaa tehdään viidestä tarkkailupaikasta kaivoksen omassa tarkkailussa. Piileväseurannaa tehdään kummallakin kaivoksella

kolmen vuoden välein. Vesisammalseurantaa ei ole yhdelläkään teollisuusmineraalikaivoksella ja -louhoksella.

Teollisuusmineraalikaivoksien tarkkailuohjelmiin kuuluu a-klorofyllin tarkkailu seitsemällä kaivoksella. Nämä ovat Horsmanaho ja Pehmytkivi, Karnukka, Punasuo, Särkijärvi ja Saarinen, Uutela, Lemnästräsk, Kirkkomäki ja Ala-Aulis sekä Kinahmi. Kalojen metallipitoisuuksien tarkkailua tehdään ainoastaan Punasuon kaivoksella. Tällöin kaloista määritetään kolmen vuoden välein nikkeli- ja arseenipitoisuudet (Liite 1.20).

Toiminnan vaikutuksia sedimenttiin tarkkaillaan neljällä teollisuusmineraalikaivoksella (Kuva 20). Nämä kaivokset ovat Horsmanaho ja Pehmytkivi, Karnukka, Punasuo sekä Lemnästräsk, Kirkkomäki ja Ala-Aulis. Punasuon ja Lemnästräskin, Kirkkomäen ja Ala-Auloksen kaivoksilla sedimenttitarkkailu sisältyy kaivosten omaan tarkkailuohjelmaan, kun taas Pehmytkiven ja Horsmanahon sekä Karnukan kaivoksilla tarkkailu sisältyy yhteistarkkailuohjelmaan. Sedimenttitarkkailua tehdään viiden, kahdeksan tai kymmenen vuoden välein.



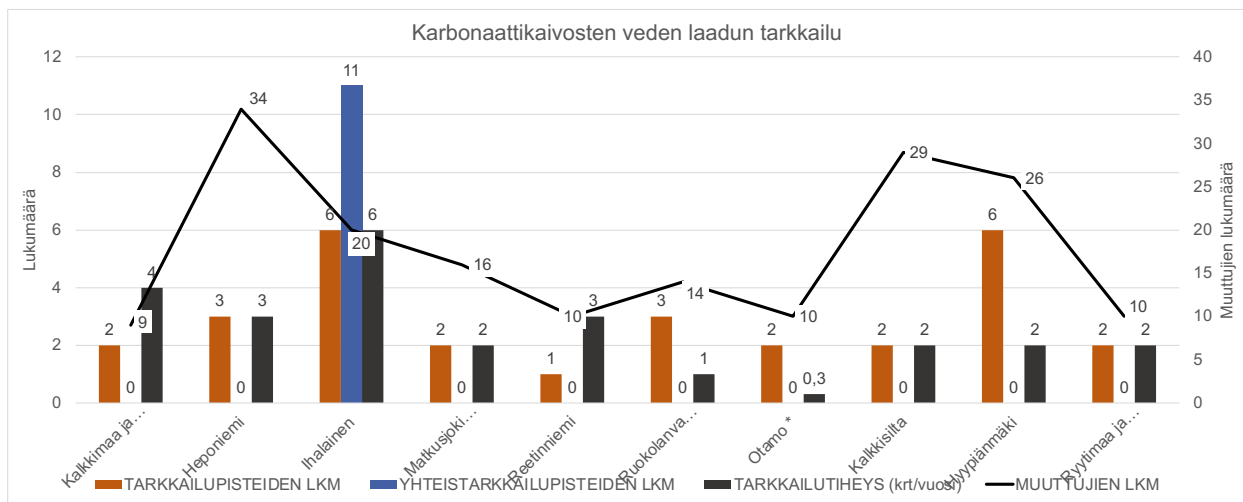
Kuva 20. Teollisuusmineraalikaivosten ja -louhosten sedimentin laadun seurannan tarkkailupisteiden lukumäärä ml. yhteistarkkailu, tarkkailutiheys tietyn vuoden välein sekä tarkkailtavien fysikaalis-kemiallisten muuttujien lukumäärä.

Tässä selvityksessä on koottu tietoa myös teollisuusmineraalikaivosten vesien purkusunnista alapuolisiin vesistöihin. Kahden kaivoksen alueelta on puhtaiden ja/tai päästovesien purkusunta kahteen vesistöön. Nämä kaivokset ovat Särkijärvi ja Saarinen sekä Lemnästräsk, Kirkkomäki ja Ala-Aulis. Muilla kaivoksilla on purkusunta yhteen vesistöön.

Karbonaattikaivokset ja -louhokset

Kuudessatoista tarkasteltavasta karbonaattikaivoksesta tai -louhoksesta kymmenessä tehdään vesistön veden laadun seurantaa (kuva 21). Nämä kaivokset ovat Kalkkimaa ja Tuppivaara, Heponiemi, Ihalainen, Matkusjoki ja Punola, Reetinniemi, Ruokolanvaara, Kalkkisilta, Hyypiänmäki sekä Ryytimaa ja Vesterbacka. Ainoastaan Ihalaisen

kaivoksella on oman tarkkailun lisäksi yhteistarkkailua, muilla kaivoksilla vesistö tarkkailu tehdään kaivosten omaa tarkkailuna. Ihalaisen kaivoksen veden laadun havaintopaikkoja on omassa tarkkailussa kuusi ja yhteistarkkailussa 11. Hyypiänmäen kaivoksella omassa tarkkailussa on myös kuusi havaintopaikkaa. Muiden kaivosten tai louhosten osalta tarkkailupaikkojen lukumäärä on kahdesta kolmeen. Tarkkailtavien muuttujien lukumäärä vaihtelee yhdeksästä 34:ään. Heponiemen kaivoksen kolmesta tarkkailupaikasta määritetään eniten fysikaalis-kemiallisten muuttujia, kun taas Kalkkimaan ja Tuppivaaran louhoksilla vähiten. Tarkkailutiheys vaihtelee yhdestä kerrasta kolmeen kertaan vuodessa. Otamon kaivoksen vesistö tarkkailu tarkkailutiheys poikkeaa muiden kohteiden tarkkailutiheyksistä. Siellä veden laatua seurataan joka kolmas vuosi. Kuvaan 21 se on merkitty lukuarvolla 0,3.



Kuva 21. Karbonaattikaivosten veden laadun tarkkailupisteiden lukumäärä ml. yhteistarkkailu, tarkkailutiheys vuodessa sekä tarkkailtavien fysikaalis-kemiallisten muuttujien lukumäärä vuodessa. Otamon kaivoksen vesistötarkkailua tehdään joka kolmas vuosi (kuvassa lukuarvona 0,3).

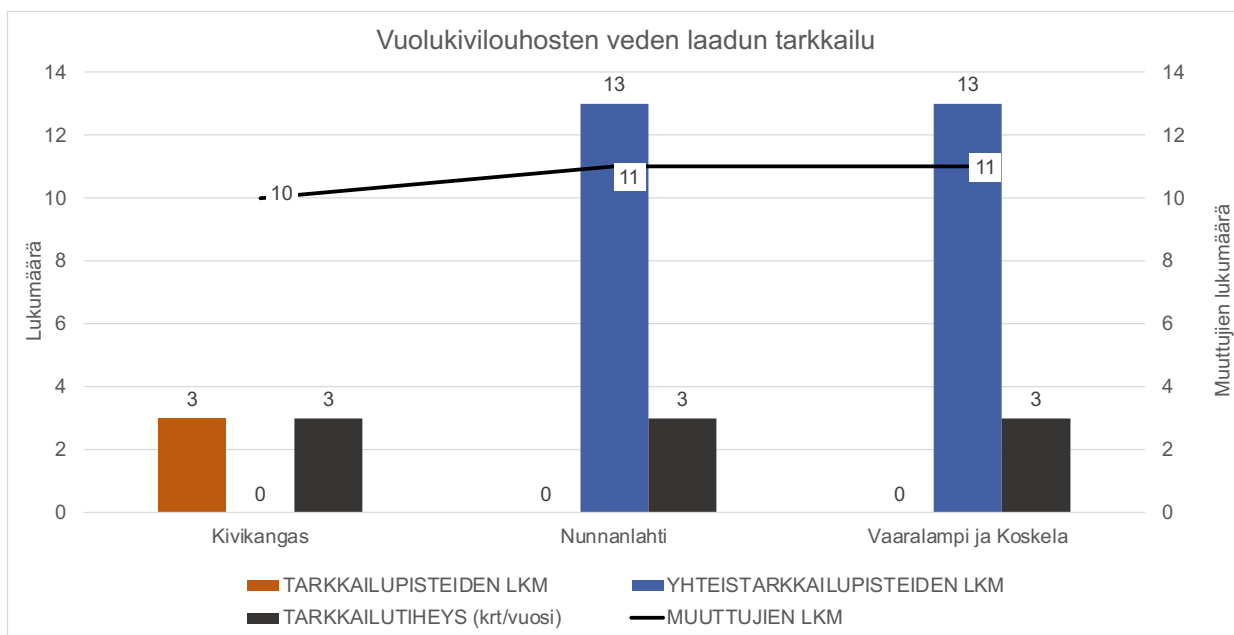
Vesistön veden laadun tarkkailua ei tehdä lainkaan seuraavissa kuudessa kohteessa: Ankeleen, Limberg-Skräbbölen, Mustion, Sipoon, Varmon ja Tytyrin louhoksilla.

Pohjaeläin- ja piilevätarkkailua tehdään ainoastaan Ihalaisen kaivoksella (yksi tarkkailupaikka yhteistarkkailuohjelmassa). Kasviplanktonitarkkailua tehdään puolestaan kahdessa kohteessa: Hyypiänmäen (yksi havaintopaikka) ja Ihalaisen kaivoksella (neljä havaintopaikkaa). Ihalaisen kaivoksen kasviplanktonitarkkailu sisältyy yhteistarkkailuohjelmaan, Hyypiänmäen kaivoksella sen omaan tarkkailuohjelmaan. Myös a-klorofyllin tarkkailua tehdään vain Ihalaisen ja Hyypiänmäen kaivoksilla, joissa se tehdään vuosittain. Kalojen metallipitoisuuden seuranta tehdään pelkästään Ihalaisen kaivoksen yhteistarkkailuohjelmassa. Tarkkailuun kuuluu vain kalojen elohopean määrittäminen ja sen tarkkailutiheys määräytyy tulosten perusteella tarkkailuohjelman mukaan. Sedimenttitarkkailua karbonaattikaivoksilla tehdään ainoastaan Hyypiänmäen kaivoksen oman tarkkailuohjelman mukaisesti vuosittain yhdestä havaintopaikkaa kahdentoista kemiallisen muuttujan osalta (Liite 1.29). Vesisammalten metallipitoisuuksia ei seurata karbonaattikaivosten alapuolisissa vesistöissä.

Karbonaattikaivosten alueelta tarkasteltiin puhtaiden ja/tai päästövesien purkusuuuntaa alapuolisiin vesistöihin. Kolmella kaivoksella on kaksi purkusuuuntaa. Näitä ovat Ihalainen, Limberg-Skräbböle ja Kalkkisilta. Muilla kaivoksilla on yksi purkusuuunta.

Vuolukivilouhokset

Vuolukivilouhoksilla tehdään pohjaeläinseuranta sekä veden ja sedimenttien laadun tarkkailua. Tarkastelussa on ollut neljä vuolukivilouhosta. Näistä kolmessa kohteessa on veden laadun tarkkailua (Kuva 22): Kivikankaalla, Nunnanlahdella sekä Vaaralammen ja Koskelan louhoksilla (Liitteet 1.44 ja 1.45). Mörönvuoren louhoksella ei ole lainkaan vesistötarkkailua (Liite 1.43). Huomioitavaa on, että Nunnanlahden sekä Vaaralammen ja Koskelan louhoksilla on kaksi erillistä toiminnanharjoittajaa, joiden vesistötarkkailua tehdään yhteisellä tarkkailuohjelmalla. Yhteistarkkailupaikkojen lukumäärä on 13, tarkasteltavia muuttujia on 11, joita seurataan kolme kertaa vuodessa. Kivikankaalla veden laadun tarkkailuaikkoja on omassa tarkkailussa kolme, joista määritetään kymmenen muuttujaa kolme kertaa vuodessa.



Kuva 22. Vuolukivilouhosten veden laadun tarkkailupisteiden lukumäärä ml. yhteistarkkailu, tarkkailutiheys kertaa vuodessa sekä tarkkailtavien fysikaalis-kemiallisten muuttujien lukumäärä.

Yhdelläkään tarkastelussa olleella vuolukivilouhoksella ei tarkkailuohjelmaan sisälly piilevien, kasviplanktonin, vesisammalten tai kalojen metallipitoisuuksien seuranta. Lisäksi tulosten käsittelyssä Kivikankaan louhoksen osalta aistinvaraiset havainnot on jätetty ulkopuolelle. Toisin sanoen aistinvaraiset muuttujat haju, sameus tai väri eivät sisälly kuvassa 22 esitettyyn muuttujien lukumäärään.

Nunnanlahden sekä Vaaralammen ja Koskelan louhoksilla yhteiseen tarkkailuun sisältyy veden laadun seurannan lisäksi pohjaeläin-, sedimentti- ja a-klorofyllin tarkkailu. Pohjaeläintarkkailua tehdään kolmen vuoden ja sedimenttitarkkailu seitsemän vuoden välein, kun taas a-klorofylliä tarkkaillaan vuosittain. Yhteistarkkailun sedimenttitarkkailuun sisältyy seitsemän muuttujan seuranta ja ne ovat esitetty liitteissä 1.44 ja 1.45. Kivikankaalla tarkkailaan ainoastaan veden laatua.

Vuolukivilouhosten osalta tarkasteltiin louhosalueelta purkautuvien puhtaiden ja/tai päästovesien purkusuuntaa alapuolisiin vesistöihin. Kahdella louhoksella on kaksi purkusuuntaa. Näitä ovat Kivikangas ja Mörönvuori. Nunnanlahden sekä Vaaralammen ja Koskelan louhoksilla on yksi purkusuunta.

Muita havaintoja tarkkailuohjelmista

Alapuoliset vesistöt

Kaivokset ja louhokset purkavat vesiä yleensä pieniin ojiin tai uomiin, joista vedet päätyvät suurempaan vesistöön (jokiin, järviin, meriin). Osassa tarkkailuohjelmista alapuolisen vesistön kuvaus ulottui ainoastaan niihin vesistöihin, joista päästötai vesistötarkkailu tehtiin. Alapuolisten vesistöjen kokoluokan vertailua suhteessa tarkkailupaikkojen tai muuttujien lukumäärään ei tässä selvityksessä tehty. Tämä voisi olla mahdollinen jatkotutkimuksen aihe.

Terminologia

Käytettyjen termien osalta havaittiin, että tarkkailuohjelmissa saatettiin käyttää kuormitustarkkailusta termiä päästötarkkailu, vaikutustarkkailusta käytettiin myös termiä ympäristövaikutusten tarkkailu. Monessa tarkkailuohjelmassa ei ollut erikseen mainittu vaikutustarkkailua yksittäisenä terminä vaan vaikutustarkkailu oli esitetty esimerkiksi vesistötarkkailuna, sedimenttitutkimuksina tai muuna vastaavana.

Tarkkailuohjelmien sisältö

Tarkkailuohjelmissa eri toimijoiden kesken, etenkin metallimalmikaivostoinnassa, oli eniten eroja biologisissa muuttujissa. Esim. Kittilän kaivoksella tarkkailtiin Puolansukeltajasurviaista, jota ei muilla toimijoilla tarkkailtu. Vuonoksen rikastamon tarkkailussa oli puolestaan pohjalehvästötarkkailu, jota ei esiintynyt muilla toimijoilla. Tarkkailuohjelmissa ei useinkaan kerrottu tarkemmin vesistötarkkailun näytteidenoton ja käsittelyn menetelmiä.

Joissakin lupapäätöksissä ja tarkkailuohjelmissa oli kuvattu aiempaa tarkkailua, jopa ennen toimintaa suoritettua tarkkailua. Tämä on tuotu esille tekstissä vain joidenkin toimijoiden/tarkasteltavien kaivoskohteiden osalta. Myös aluehallintoviranomaisille ja kaivosvalvojille tehdyn kyselyn vastauksissa tuli ilmi, että joissakin tapauksissa purkuvesistön tilasta on jo paljon olemassa olevaa tietoa. Muutamissa ohjelmissa oli kerrottu esimerkiksi biologisen tarkkailun aiempi tarkkailutiheys, joka oli muuttunut viime aikoina ja tulisi muuttumaan jatkossa. Muutos saattoi olla ehdollinen eli tulevien tulosten perusteella tarkkailutiheys pysyisi samana, vähentyisi tai lisääntyisi. Tästä johtuen tämän selvityksen tuloksien tarkastelussa on huomioitu lähtökohtaisesti nykyinen tarkkailu tai tuleva tarkkailu ilman ehdollisia määritelmiä. Tarkkailun perusteita ei ole juurikaan lupapäätöksissä avattu, millä on merkitystä tarkkailujen soveltuvuuden arvioinnissa.

Selvityksessä havaittiin, että tarkkailuohjelmat voivat olla koottuna yhteen tai joissakin tapauksissa ne ovat hajallaan, erillisinä ohjelmina. Tähän vaikuttaa mm. erilaisten tarkkailun keskittäminen, esimerkiksi kalataloustarkkailu on keskitetty Lapin ELY-keskukseen. Tarkkailuohjelmien muutokset ja erilliset asiakirjat vaikeuttivat kootun tiedon kokonaiskuvan luomista ja siten tulosten käsittelyn oikeellisuutta ja luotettavuutta. Esimerkiksi Laivan kaivoksen tarkkailun osalta tässä esitetyt tiedot saattavat poiketa nykykäytännöstä. Joissakin yhteistarkkailuohjelmissa ja kaivosten omissa tark-

kailuohjelmissa oli esitetty samat havaintopaikat, jolloin lukijalle jäi epäselväksi, mitkä havaintopaikoista kuuluvat mihinkin tarkkailuohjelmaan ja tarkkailun laajuus kokonaisuudessaan oli vaikea hahmottaa. Sedimenttitarkkailusta havaittiin, että sitä on voitu määrätä eri havaintopaikoille eri tarkkailutiheydellä. Sitä on voitu tehdä aluksi tiheämmin ja harventaa myöhemmin esim. vuosittain tai kolmen vuoden välein, jonka jälkeen kuuden vuoden välein (esim. Tipas).

Tarkkailuohjelmien sisältämien karttojen osalta havaittiin, että yhdessä havaintopaikkojen karttaesityksessä kaivosalueen rajausta ei ollut esitetty (Heponiemen kaivos). Kaivosalueen rajojen esittäminen karttakuvassa auttaa lukijaa hahmottamaan paremmin kaivosalueen ulkopuoliset vertailupaikat, etenkin jos niitä ei ole erikseen mainittu tarkkailuohjelmassa. Kaikissa tarkkailuohjelmissa ei ollut myöskään ollut karttaa havaintopaikkojen sijainnista. Tarkkailuohjelmissa ei välttämättä tuotu esille, mitkä havaintopaikat ovat taustatarkkailupaikkoja.

Edellä mainittujen havaintojen perusteella kehittämiskohteiksi ehdotetaan tarkkailun havaintopaikkoja vertailupaikkojen, eli taustatarkkailupaikkojen, selkeämpi esittäminen. Tarkkailuohjelmia ja niiden sisältöä lukiessa sekä tietojen koonnissa ja tulosten käsittelyssä jouduttiin tekemään joidenkin tietojen osalta tulkintoja ja yleistyksiä mm. tarkkailutiheyden esittämisestä.

Tarkkailuohjelmien sisällöstä voidaan yleisesti todeta, että mikäli tarkkailua on muutettu, niin se oli useimmiten selkeästi mainittu. Lisäksi jossain ohjelmissa oli kerrottu syyt muutoksille. Tällainen on suositeltavaa jatkossa kaikille tarkkailuohjelmien sisältöön. Joissain tapauksissa kaikki olemassa olevat tarkkailut oli yhdistetty yhteen tarkkailuohjelmaan, mikä oli tämän työn ja tiedonhaun kannalta selkeä ja hyvä ratkaisu. Kaikkien olemassa olevien tarkkailujen yhdistäminen yhteen tarkkailuraporttiin on suositeltavaa. Tämä palvelee niin viranomaisia, toiminnanharjoittajia kuin kansalaisiakin.

Johtopäätökset

Selvityksessä koottujen tietojen perusteella vesistöjen veloitettarkkailu on sitä laajempaa ja tiheämpää mitä suurempaa louhintamäärältään toiminta on. Yleisesti, etenkin metallimalmi- ja teollisuusmineraalikaivoksilla vesistö tarkkailu on laajemmalla alueella ja tarkkailu on tiheämpää kuin karbonaattikaivoksilla ja vuolukivilouhoksilla. Samankaltaisten kaivostoimintojen (metallikaivokset, karbonaattikaivokset, teollisuusmineraalikaivokset, vuolukivilouhokset ja rikastamot), sisällä vesistö tarkkailun eroavaisuudet eivät olleet yhtä selkeitä kuin erilaisten kaivostoimintojen välillä. Tarkastelussa olleiden kohteiden kallioperän ml. louhittavien sivukivien laatu havaittiin mahdolliseksi yhdeksi tekijäksi, mikä vaikuttaa vesistö tarkkailuohjelmien sisältöön. Esimerkiksi Kemin kaivoksella kerättyjen tietojen perusteella kallioperän kiviaines on vähemmän happoa tuottavaa verrattuna metallimalmikaivoksiin, joissa kallioperä sisältää enemmän sulfidimineraaleja. Kohteiden osalta kaivannaisjätteiden rikkipitoisuuksia on tuotu esille kappaleessa ”Kohteet ja vesistöjen tarkkailu”. Selvityksessä koottujen tulosten perusteella tulee jatkaa veloitettarkkailun riittävyyden ja soveltuvuuden arviointia ottaen huomioon kohteiden päästötiedot. Ilman päästötietoja kohteiden toiminnan vesistö tarkkailun riittävyyden arviointi jää osittaiseksi. Tässä selvityksessä tarkastelun ulkopuolelle jäi lupapäätöksien ja tarkkailuohjelmien hyväksymisajankohdan merkitys vesistö tarkkailuohjelmien sisältöön. Tällä voi olla merkitystä vesistöjen veloitettarkkailun määritettävien kohteiden (biologiset, veden laatu, sedimentti) ja fyysikaalis-kemiallisten muuttujien lukumäärään. Lupa- ja valvontaviranomaisille tehdyn kyselyn perusteella lainsäädäntö antaa riittävät mahdollisuudet kattavan tarkkailun määrittämiseen. Kyselyyn saatujen vastausten mukaan kaivannaistoiminnan lopettamisen jälkeisten ympäristövaikutuksien huomioiminen ympäristöluvissa ja sulkemissuunnitelmien hyväksymistä koskevilla päätöksillä helpottuisi, mikäli lopettamisen jälkeisten toimenpiteiden luvittaminen voisi tapahtua useammassa vaiheessa.

Joidenkin tarkasteltavien kohteiden osalta tarkkailuohjelmissa oli nähtävissä tarkkailtavien muuttujien lukumäärän ja/tai tarkkailutiheyden muutos ajan kuluessa. Tarkkailuohjelmassa saattoi olla

maininta, että toiminnan alussa tarkkaillaan jotain muuttujaa tiheämmin ja tulosten perusteella tarkkailua voidaan mahdollisesti harventaa. Tällainen toiminta on suositeltavaa, sillä näin saadaan selville ympäristön kannalta toiminnan vesistövaikutusten tarkkailuun oleellisten muuttujien seuranta. Selvityksen perusteella nikkelin, elohopean, kadmiumin ja lyijyn ympäristölaatunormeja määritetään vedestä, sedimentistä, kaloista ja vesisammaleista. Ympäristölaatunormien määritykset sisältyvät kaikkiin metallimalmikaivosten ja rikastamoiden sekä lähes puoleen teollisuusmineraali- ja noin kolmasosaan karbonaattikaivoksien sekä lähes kaikkien vuolukivilouhosten tarkkailuohjelmiin.

Vesistö tarkkailun riittävyyden arviointi on osa lupaprosessia. Kaikissa luvissa on määrätty vesistö ja/tai päästötarkkailusta. Joidenkin kohteiden osalta on tehty erillisiä selvityksiä ja/tai mittauksia niin ennakkoon kuin toiminnankin aikana. Tällaisella tuotetulla uudella tiedolla tuetaan toiminnan aikais-ta tarkkailua tai sen lisätarvetta. Kyselyssä aluehallintovirastoille havaittiin, että lupahakemusasiakirjat vaihtelevat sisällöltään, millä voi olla merkitystä tarkkailuohjelman sisältöön. Hyväksi käytännöksi havaittiin veloitettarkkailun muutosten syiden kirjaaminen tarkkailuohjelmaan sekä kaikkien ole-massa olevien tarkkailujen yhdistäminen samaan tarkkailuohjelmaan ja/tai vuosiraportointiin.

Hankkeessa tehdyssä kyselyssä ELY-keskusten vastauksissa nousi esille viranomaisresurssien puute sekä toivomus tulosten nopeasta raportoinnista ja niiden toimittamisesta tietojärjestelmiin. Tarkastelussa olleiden kaivoskohteiden tarkkailuohjelmissa osassa oli erikseen mainittu tarkkailutietojen vieminen ympäristöhallinnon tietojärjestelmiin, kuten kertymärekisteri KERTYyn. Tämän selvityksen puitteissa ei kuitenkaan tarkasteltu, missä määrin tarkkailutietoja viedään rekisteriin ja kuinka paljon puutteita tietojen toimittamisessa ilmenee. Jatkossa tämän voisi olla yksi selvitettävä asia.

Selvityksen tulosten käsittelytapaa sekä tuloksia voidaan hyödyntää myös muiden teollisuusalojen veloitettarkkailujen riittävyyden arviointiin, etenkin kun huomioidaan edellä esitetyt havainnot ja kehittämisehdotukset. Lisäksi tulokset toimivat työkaluna lupa- ja valvontaviranomaisille tarkkailusuunnitelmien riittävyyden arvioinnissa.

Osaraportti B; Pohjaeläinmenetelmien vertailu ja soveltumispotentiaali velvoitetarkkailussa

Järvisyvänteiden pohjaeläimet ovat toiminnallisesti merkittävä osa järvien eliöyhteisöä. Syvännepohjaeläimet hajottavat ja hyödyntävät ravinnokseen syvänteisiin saapuvaa orgaanista ainesta ollen siten merkittäviä orgaanisen aineksen mineralisaation kannalta (Adámek & Maršálek 2013). Pohjaeläinten kaivamisaktiiviteetti (bioturbaatio) vapauttaa sedimentistä ravinteita ja hapettaa sedimentin pintakerroksia (Kranzberg 1985, Adámek & Maršálek 2013). Samalla bioturbaatio voi potentiaalisesti vaikuttaa kasvihuonekaasujen vapautumiseen sedimentistä (Baranov ym. 2016, Booth ym. 2021). Pohjaeläinten kaivamisaktiiviteetit vapauttavat myös sedimentoituneita kasvi- ja eläinplanktonin lepomuotoja, mikä voi vaikuttaa planktoniyhteisöjen koostumukseen (Ståhl-Delbanco & Hansson 2002, Gyllström ym. 2008). Koska pohjaeläinten eri elämänvaiheet ovat tärkeää kalojen ravintoa, ovat syvännepohjaeläimet merkittäviä myös järvien kalatuotannon kannalta (Vander Zanden & Vadeboncouer 2002). Syvänteiden vähähappisilla pohjilla elävien surviaissääskien on havaittu kykenevän hyödyntämään metaania hapettavia bakteereita ravintonaan, jolloin surviaissääskiä ravintonaan käyttävien järvikalojen tai maaekosysteemeissä aikuisia surviaissääskiä syövien eläinten (hämähäkit, lepakot ja linnut) tuotanto voi olla osin metaaniperäiseen hiileen perustuvaa (Jones ym. 2008, Jones & Grey 2011).

Ekologisen merkityksensä lisäksi ulappa-alueiden ja syvänteiden pohjaeläimet ovat merkittäviä järvien kuormituksen indikaattoreita, jotka ilmentävät erityisesti ravinnekuormituksen ja pohjan happitilanteen eroja sekä niissä tapahtuvia muutoksia (Wiederholm 1980, Tolonen ym. 2005, Luoto 2011, Jyväsjärvi ym. 2014). Ihmisperäisen kuormituksen aiheuttamien muutosten lisäksi syvännetyhteisöjen koostumukseen vaikuttavat myös muut ihmisen toiminnasta riippumattomat tekijät. Näitä tekijöitä ovat erityisesti järven morfometriaan liittyvät tekijät kuten järven syvyys, keskisyvyys, koko, veden väri, veden vaihtuvuus ja lämpötila (Jyväsjärvi ym. 2009, 2012). Suomessa syvänteiden pohjaeläinyhteisöjä

on käytetty laajasti järvien tilan seurannassa ja ihmisperäisen kuormituksen vaikutusten arvioinnissa 1970-luvulta alkaen. Järvien syvännepohjaeläinyhteisöt ja niihin liittyvät luokittelumuuttujat ovat mukana myös EU:n vesipuitedirektiivin edellyttämässä ekologisen tilan luokittelussa (Aroviita ym. 2019). Syvännepohjaeläinseurannat perustuvat standardinäytteenottomenetelmään Ekman-noutimella (SFS 5076 1989).

Paleolimnologia on monitieteinen, makean veden tai murtovesien menneitä ekosysteemejä ja niissä tapahtuvia muutoksia tutkiva tieteenala, jonka tutkimuskohteina ovat pohjasedimentit (niiden ominaispiirteet ja niissä säilyvät eliöjäännökset). Paleolimnologinen lähestymistapa on ainoa keino selvittää järviekosysteemin tila ja kehityshistoria ajalta ennen systemaattista seuranta (esim. Smol 1992). Sen avulla voidaan selvittää 1) järvien luontainen referenssitila, 2) havainnoida järvissä tapahtuneet luontaiset ja ihmistoiminnasta aiheutuneet muutokset (myös erottaa ne toisistaan), 3) muutosajankohta, ja määrittää 4) muutoksen suunta, määrä ja nopeus. Nämä tiedot ovat ensiarvoisen tärkeitä etenkin järviekosysteemin kunnostuksen kannalta, mutta antavat myös arvokasta taustatietoa järvistä esimerkiksi ympäristölupaa haettaessa. Monet akvaattiset eliöt, kuten esimerkiksi surviaissääskien toukat (*Chironomidae*), vesikirput (*Cladocera*), kultalevät (*Chrysophyta*) ja piilevät (*Bacillariophyceae*), ovat lyhytikäisiä ja reagoivat nopeasti ympäristössä tapahtuviin muutoksiin. Muutokset lajisuhteissa kertovat elinympäristön muutoksista. Kuollessaan eliöt vajoavat vesistöjen pohjaan muodostaen sedimenttiin elinympäristönsä olosuhteista kertovan jatkuvan "päiväkirjan". Pintasedimentin paleolimnologiset näytteet otetaan yleensä altaan syvimmästä kohdasta (sedimentaatioallas) ja näytteet ovat siten laajemman alueen kokoomanäytteitä, jotka kuvastavat vesiekosysteemin tilaa useimmiten viimeisen muutaman vuoden ajalta. Siten paleolimnologinen lähestymistapa eroaa selvästi perinteisestä tietyn paikan nykytilaa kuvaavasta Ekman-noudin lähestymistavasta. Ekman-nouti-

meen jää näytteenottohetkellä syvänteessä sedimentin pinnalla ja pintakerroksissa olevat pohjaeläimet. Näin ollen Ekman-näytteenotto kuvastaa tietyllä paikalla tiettyinä aikoina tavattua lajistoa. Toisaalta paleonäytteiden lajikoostumus eroaa Ekman-näytteestä, koska syvänteen sedimentaatio-

allas sisältää sedimenttiä ja sinne kertyneitä eliöjäänteitä myös matalammilta vesialueilta (Porinchi & MacDonald 2003). Siten paleonäytteen lajikirjo on habitaattirikkaampi kuin Ekman-näytteen, mutta sen edustavuus ainoastaan syvännelajien osalta voi olla Ekman-näytteitä heikompi.

Tutkimuksen tavoitteet

Yhtenä tutkimuksen päätavoitteena oli verrata seurannoissa standardikäytössä olevan Ekman-näytteenoton ja samalta paikalta otetun sedimentin surviaissääskijäänteitä kartoittavan paleolimnologisen menetelmän eroja ja kykyä tunnistaa kuormituksen vaikutuksia kaivoskuormitteisissa järvissä. Ekman- tai muita vastaavia näytteenottomenetelmiä käyttävien näytteenottojen tuloksia on verrattu järvien surviaissääskiyhteisöjä tutkiviin paleolimnologisiin menetelmiin vain yksittäisissä tutkimuksissa (Brodersen & Lindegaard 1997, 1999). Suurten järvien paleolimnologisista näytteistä laskettujen pohjanlaatuindeksin (BQI) arvojen on kuitenkin havaittu korreloivan voimakkaasti Ekman-aineiston perusteella mallinnettujen BQI-odotusarvojen kanssa (Jyväsjärvi ym. 2010). Näihin havaintoihin perustuen oletimme ennakkoon samalta paikalta syvemmillä sedimentillä otetuista paleonäytteistä- ja Ekman-aineistoista mallinnettujen indeksien odotusarvojen olevan samankaltaisia ja korreloivan suhteellisen voimakkaasti keskenään (Jyväsjärvi ym. 2010). Siten odotimme myös pintasedimentin paleonäytteistä ja Ekman-näytteistä laskettujen indeksien arvojen olevan suhteellisen samankaltaisia keskenään. Vaihtoehtoisen hypoteesin mukaan syvänteistä otettujen paleolimnologisten pintasedimenttinäytteiden voi kuitenkin odottaa poikkeavan Ekman-näytteistä. Tämä perustuu tietoon surviaissääskijäänteiden kulkeutumisesta matalammista syvyyksistä ja rantavyöhykkeestä järvisyvänteiden sedimentteihin sekä mm. tanskalaisjärvissä tehtyihin havaintoihin (Brodersen & Lindegaard 1997, 1999, Porinchi & MacDonald 2003). Lisäksi testasimme järviältaiden morfometristen muuttujien (järven avoimuus ja pohjan kaltevuus) vaikutuksia Ekman- ja paleolimnologisista näytteistä laskettui-

hin pohjaeläinindeksien eroihin sekä litoraalilajiston osuuteen paleolimnologisissa näytteissä. Oletimme pohjaeläinindeksien olevan samankaltaisempia näytteenottomenetelmien välillä avoimilla paikoilla (pienempi surviaissääskijäänteiden kertymä matalilta alueilta syvänteisiin) sekä erilaisempia, kun pohjan kaltevuus on suuri (suurempi matalilta alueilta tapahtuva surviaissääskijäänteiden kertymä). Samoin oletimme rantavyöhykkeen (litoraali) lajistoa esiintyvän vähemmän paleolimnologisissa näytteissä avoimilla paikoilla (etäisyys rantaan suuri) ja vastaavasti enemmän, kun pohjan kaltevuus on suuri (suurempi eliöjäänteiden kertymä matalammilta alueilta).

Toisena hankkeen päätavoitteena oli tiedon tuottaminen syvännepohjaeläinyhteisöjen ja pohjaeläinmenetelmien soveltuvuudesta kaivoskuormitteisten vesistöjen veloitettarkkailuihin ja yleisesti niiden merkityksestä järvien seurannassa. Koska kussakin tutkimuskohteessa otettiin näytteitä useilta paikoilta, pyrimme osassa tutkimuskohteita (Lentua, Kiantajärvi ja Pyhäjärven Pyhäselkä) arvioimaan myös yhden syvännepaikan tila-arvion edustavuutta suhteessa useilta näytepaikoilta tehtyyn tila-arvioon. Näistä järviältaissa on pohjaeläinperustainen ekologisen tilan luokittelu tehty aiemmin vain yhden näytepisteen perusteella. Syvännepohjaeläimiin perustuva tilan arviointi perustuu usein yhteen järviältaassa seurattuun syvännepisteeseen. Yhden seurantapaikan edustavuutta ja tulosten yleistettävyyttä on aiemmin harvoin pyritty arvioimaan koko järviältaan tila-arvioiden kannalta.

Aineisto ja menetelmät

Tutkimusjärvet

Hankkeessa oli viisi tutkimusjärveä (Kuva 1), joista osaan kohdistuu kaivoskuormitusta, osan järvaltaista toimiessa hankkeen vertailujärvinä. Kustakin tutkimusjärvestä otettiin näytteet viidestä paikasta, joiden sijainnit on esitetty ja näytteenottoaipaikkojen koordinaatit annettu Liitteissä 3-7.



Kuva 1. Hankkeen tutkimusjärvien sijainti.

Lentua on tämän hankkeen vertailujärvi, johon kohdistuu lähinnä metsätaloudesta aiheutuvaa hajakuormitusta. Järven valuma-alueesta 24 % on ojitettuja turvemaita. Suurten humusjärvien (Sh) tyyppiin kuuluva Lentua on luokiteltu ekologiselta tilaltaan erinomaiseksi. Myös pohjaeläinluokittelu osoitti uusimmassa luokittelussa erinomaista tilaa (Taulukko 1). Järven hydromorfologinen tila on luokiteltu hyväksi (Taulukko 2). Lentua on niukkaravinteinen, karu järvi, jonka syvänteet ovat kuitenkin joinakin talvina vähähappisia (Liite 6).

Keskikokoisten humusjärvien (Kh) tyyppiin kuuluva Kiantajärvi on hankkeen toinen vertailujärvi. Myös Kiantajärveen kohdistuu metsätalouden aiheuttamaa hajakuormitusta. Järven ekologinen tila on aiemmin luokiteltu hyväksi. Luokittelua tukeva hydromorfologinen tila on kuitenkin vain välttävä säännöstelyyn liittyvän veden pinnan talvialene-

man (1.52 m), vaellusesteiden ja rantarakentamisen vuoksi. Kiantajärven syvänteet voivat olla erityisesti talvisin vähähappisia (Liite 8).

Nuasjärvi on yksi hankkeen kaivoskuormitteisia tutkimusjärvistä. Se on Rehja-Nuasjärvi vesimuodostuman osa, johon kohdistuu kaivostoiminnan aiheuttaman pistekuormituksen lisäksi pääasiassa metsätaloudesta aiheutuvaa hajakuormitusta. Järven valuma-alueesta yli 25 % on ojitettuja turvemaita. Järveä ovat kuormittaneet vuodesta 2008 lähtien Talvivaara/Terrafamen sulfaattipitoiset jätevedet, joista suurin osa johdetaan järveen syksyllä 2015 käyttöön otetun purkuputken kautta. Lisäksi Nuasjärveä kuormittavat vuodesta 1968 asti toimineen Elementis Mineralsin (entinen Mondo Minerals) talkkikaivoksen jätevedet. Nuasjärvi kuuluu suurten humusjärvien tyyppiin ja sen tila on luokiteltu hyväksi viimeisimmässä ekologisen tilan luokituksessa (Taulukko 1). Hydromorfologiansa puolesta Nuasjärvi on kuitenkin luokiteltu huonoon tilaan säännöstelyn (talvialenema keskimäärin 1.52 m), rantarakentamisen ja vaellusesteiden vaikutuksista johtuen. Nuasjärven purkuputken läheisissä syvänteissä voi esiintyä ajoittain kesäistä vähähappisuutta (Taulukko 2, Liite 9A). Alusveden sulfaattipitoisuudet ovat olleet ajoittain korkeita erityisesti purkuputken läheisyydessä (Liite 9A), mutta päästöt ovat laimenneet huomattavasti jo kuuden kilometrin etäisyydellä lännessä sijaitsevalla Rimpilänsalmen näytteenottoasteella (Liite 9B).

Hankkeen tutkimusjärvistä Pyhäjärvi on jaettu ekologisen tilan arviointia varten kolmeen eri vesimuodostumaan. Vesimuodostumista pienin, Junttiselkä (Liite 6), kuuluu vähähumuksisten (Vh) järvien tyyppiin ja on pohjoisin osa Pyhäjärveä. Junttiselkä on ollut kaivostoiminnan kuormittama 1960-luvun alusta alkaen, jolloin aloitti toimintansa kuparia ja sinkkiä tuottava Pyhäsalmen kaivos. Kaivoskuormituksen lisäksi Junttiselkää kuormittavat Pyhäjärven taajaman jätevedet sekä maa- ja metsätalouden hajakuormitus. Kaivoskuormituksen seurauksena mm. alusveden sulfaattipitoisuudet ovat olleet erittäin korkeita ja matalalla Junttiselällä on esiintynyt talviaikaista hapettomuutta (Liite 10A). Tämän seurauksena Junttiselkä on kärsinyt myös kalakuolemista. Junttiselkä on luokiteltu välttävään ekologiseen ja fysikaalis-kemialliseen tilaan.

Kirkkoselkä on Junttiselän eteläpuolinen osa Pyhäjärveä. Se on rajattu omaksi vesimuodostumakseen ja on tyypitelty Suurten vähähumuksisten järvien (SVh) tyyppiin. Kirkkoselkää kuormittaa pääosin maataloudesta peräisin olevan hajakuormituksen lisäksi Junttiselältä tulevan ajoittaisen takaisinvirtauksen seurauksena jossain määrin myös kaivostoiminta ja yhdyskuntajätevedet. Myös säännöstelyllä on vaikutusta näihin ajoittaisiin takaisinvirtaustilanteisiin. Kirkkoselän ekologinen tila on luokiteltu hyväksi, kun pohjaeläimiin perustuva tilaluokitus on viitannut aiemmin vain tyydyttävään tilaan (Taulukko 1).

Pyhäjärven Pyhäselkä on järven eteläisin osa, joka on luokiteltu ekologiselta tilaltaan erinomaiseksi. Pyhäselällä sijaitsevan pitkään seuratus syvänteeseen (Pyhäjärvi 5) alusvesi on talvisin ajoittain

vähähappista (Liite 10C). Syvänteeseen alusveden kesäiset happiminimit ovat olleet 2000-luvulla alhaisempia kuin 1960-1990-luvuilla.

Tutkimuspaikoista Kallavedestä erilliseksi vesimuodostumakseen rajattu Oravilahti-Särkilahti on vuonna 1987 lakkautetun Kotalahden nikkeli-kaivoksen jätevesien kuormittama lahtialue. Oravilahti-Särkilahti on luokiteltu ekologiselta tilaltaan tyydyttäväksi. Alusveden sulfaattipitoisuudet olivat erityisesti kaivoksen toiminta-aikana korkeita. Tämän kuormitetun lahtialueen syvänteet kärsivät hapettomuudesta erityisesti kesäaikaan (Liite 9A). Kallaveden eteläosaan kuuluvien Konnusveden ja Koiruksen syvänteissä esiintyy happiongelmiä niin talvi- kuin kesäkerrostuneisuuskausina (Liite 11B ja C). Kokonaisuutena Kallavesi on luokiteltu kuitenkin ekologiselta tilaltaan hyväksi (Taulukko 1).

Taulukko 1. HERTTA-tietokannasta poimitut tiedot tutkimusjärvien ekologisesta tilasta, paineista ja morfometriasta. Järviyyt ovat Sh = suuret humusjärvet, Kh = keskikokoiset humusjärvet, Vh = pienet ja keskikokoiset vähähumuksiset järvet ja SVh = Suuret vähähumuksiset järvet.

Järvi	Vesimuodostuma	Järvi- tyyppi	Ekologinen tila	Ekologinen tila syvännepohjaeläimet	Paineet	Pinta-ala (km ²)	Keskisy- vyys (m)	Maksimi- syvyys (m)
Lentua	Lentua	Sh	Erinomainen	Erinomainen	Hajakuormitus	79.2	7.41	52
Kiantajärvi	Kiantajärvi	Kh	Hyvä	Hyvä	Hajakuormitus	23.1	5.90	29
Rehja-Nuasjärvi	Nuasjärvi	Sh	Hyvä	Hyvä	Piste- (kaivos) ja hajakuormitus	96.0	8.52	42
Pyhäjärvi	Juntinselkä	Vh	Välttävä	Ei arvioitu	Piste- (kaivos), haja- ja sisäinen kuormitus	5.6	6.3	9
Pyhäjärvi	Kirkkoselkä	SVh	Hyvä	Tyydyttävä	Hajakuormitus (pistekuormitus)	32.0	6.3	14
Pyhäjärvi	Pyhäselkä	SVh	Erinomainen	Erinomainen	Hajakuormitus	84.2	6.3	27
Kallavesi	Oravilahti-Särkilähti	Kh	Tyydyttävä	Ei arvioitu	Piste- (kaivos) ja hajakuormitus	6.1	9.71	23
Kallavesi	Kallavesi (Koirus, Konnevesi)	Sh	Hyvä	Hyvä	Piste- ja hajakuormitus	310.1	9.71	75

Taulukko 2. HERTTA-tietokannasta poimitut tiedot tutkimusjärvien vedenlaadusta (keskiarvo ± keskihajonta vuosina 2010-2020). Ravinpeitoisuudet ja veden väri ovat kesäkauden arvoja päällysyvedestä (0-2 m). Alusveden (1 m pohjan yläpuolelta) pH:n ja johtokyvyn arvot ovat talvi- (tammi-huhtikuu) ja kesäkerrostunneiskuuden yhdistettyjä keskiarvoja ja -hajontoja. Nuasjärveä käsitellään tässä taulukossa omana vesimuodostumanaan, vaikka se virallisessa ekologisen tilan luokittelussa katsotaan kuuluvaksi samaan vesimuodostumaan Rehjanselän kanssa. Myös muiden tutkimusalueiden vedenlaatuarvot ovat tutkimusalueen keskiarvoja ja -hajontoja, eivät koko vesimuodostuman.

Järvi	Vesimuodostuma	Järvi- tyyppi	Fysikaalis-ke- miallinen tila	Hydro-morfo- loginen tila	P _{tot} (µg L ⁻¹)	N _{tot} (µg L ⁻¹)	Väri (mg Pt L ⁻¹)	pH ALUSVESI	Johtokyky ALUSVESI (mS m ⁻¹)	O ₂ min. alusvesi (mg L ⁻¹)
Lentua	Lentua	Sh	Erinomainen	Hyvä	9 ±4	309 ±25	66 ±13	6.5 ±0.2	2.7 ±0.9	4.2 ±2.1
Kiantajärvi	Kiantajärvi	Kh	Hyvä	Välttävä	20 ±3	475 ±165	98 ±13	6.3 ±0.2	3.1 ±0.7	1.9 ±0.1
Rehja-Nuasjärvi	Nuasjärvi	Sh	Hyvä	Huono	15 ±4	349 ±46	91	6.3 ±0.2	23.1 ±12.4	7.9 ±2.1
Pyhäjärvi	Juntinselkä	Vh	Välttävä	Tyydyttävä	39 ±13	637 ±277	53 ±20	6.0 ±0.9	39.9 ±35.4	0.4 ±0.8
Pyhäjärvi	Kirkkoselkä	SVh	Hyvä	Hyvä	15 ±5	424 ±50	41 ±11	6.8 ±0.3	5.0 ±1.2	5.8 ±1.9
Pyhäjärvi	Pyhäselkä	SVh	Hyvä	Erinomainen	11 ±3	391 ±86	35 ±11	6.7 ±0.2	4.8 ±1.1	3.4 ±2.4
Kallavesi	Oravilahti-Särkilähti	Kh	Hyvä	Erinomainen	15 ±3	350 ±52	34 ±4	5.8 ±0.8	35.7 ±17.9	3.2 ±0.7
Kallavesi	Kallavesi (Koirus, Konnevesi)	Sh	Hyvä	Erinomainen	19 ±4	564 ±65	55 ±12	6.9 ±0.2	7.0 ±1.5	5.2 ±5.9

Näytteenotto Ekman-noutimella ja laboratorioanalyysit

Syvännepohjaeläinnäytteet otettiin Ekman-noutimella (225 cm²) (SFS 5076 1989) viideltä syväne-paikalta kustakin tutkimusjärvestä. Jokaiselta näy-tepaikalta otettiin kuusi rinnakkaista Ekman-nostoa, jolloin näytteiden kokonaispinta-ala kullakin paikalla oli 1350 cm². Näytteet seulottiin 0,5 mm seulalla ja säilöttiin etanoliin. Syvännepohjaeläinnäytteet poimittiin laboratoriossa ja määritettiin biologisessa seurannassa käytetyn tavoitetaksonomian edellyttämälle tasolle (Järvinen ym. 2019). Määriä varten surviaissäskien pääkapseleista ja harvasu-kasmadoista tehtiin tarvittaessa mikroskooppipreparaatit (Euparal®).

Paleolimnologinen näytteenotto ja laboratorioanalyysit

Paleolimnologiset sedimenttinäytteet otettiin kunkin tutkimusjärven viidestä eri syvänteestä HTH-kajak painovoimasedimenttinoutimella (Renberg & Hansson 2008). Jokaisesta järvestä kairattiin lisäksi yksi vertikaalinen sedimenttisarja ajallisen vaihtelun selvittämiseksi. Pintasedimenttinäytteet viipaloitiin senttimetrin paksuisiin siivuihin, jotka kuvastavat muutaman edellisvuoden tuotantoa. Vertikaaliset

sedimenttisarjat viipaloitiin 0,5 cm paksuihin siivuihin päällimmäisen viiden senttimetrin osalta ja sen jälkeen 1 cm:n siivuihin syvyyksiltä 5-20 cm. Näytteet säilöttiin minigrip-pusseissa viileässä ja pimeässä. Surviaissäskianalyysiä varten jokaisesta näytteestä otettiin 0,5-28,5 g märkää sedimenttiä, joka suodatettiin 100 µm siivilän läpi. Kaikki surviaissäskien toukkien pääkapselit poimittiin stereomikroskoopin alla ja kiinnitettiin objektilasille. Tunnistaminen tapahtui valomikroskoopin alla 200-400 kertaisella suurennuksella. Jokaisesta näytteestä pyrittiin laskemaan vähintään 50 pääkapselia. Tunnistus perustui Brooks ym. (2007) sub-fossiilisten surviaissäskien tunnistusoppaaseen.

Vertikaalisille sedimenttisarjoille tehtiin ²¹⁰Pb, ²²⁶Ra, ¹³⁷Cs and ²⁴¹Am- radiometriset ajoitukset Liverpool University of Environmental Radioactivity laboratoriossa, Isossa-Britanniassa (Taulukko 3). Lyijyajoituksessa käytettiin "constant rate of supply" (CRS) ja "constant initial concentration" (CIC) malleja (Appleby & Oldfield, 1978). Lyijy-210 puoliintuu 22,6 vuodessa, joten menetelmällä voidaan ajoittaa suhteellisen tarkasti näytteitä aina 1900-luvun alkuun asti. Cesium-137 isotooppi ei esiinny luontaisesti ympäristössä. Siten Novaja-Zemlijan ydinkokeiden (1963) sekä Tshernobylin ydinvoimalaonnettomuuden (1986) cesium-137 saasteipiikit näkyvät useimmiten hyvin sedimenteissä ja niitä voidaan käyttää hyväksi lyijyajoitukseen perustuvan ikä-syvyysmallin luomisessa.

Tilastolliset analyysit

Ekman-näytteet

Syvännepohjaeläimiä koskevat ekologisen tilan luokittelut, indeksien ja luokkarajojen laskeminen sekä muuttujista laskettujen ekologisten laatusuhteiden (ELS) skaalaaminen vastaamaan ekologisen tilan luokkia: erinomainen = 0.8 - 1, hyvä = 0.6 - 0.8, tyydyttävä = 0.4 - 0.6, välttävä = 0.2 - 0.4 ja huono = 0 - 0.2, tehtiin noudattaen voimassa olevaa luokitteluohjeistusta (Aroviita ym. 2019). Tutkimusjärvien syvänteiden pohjaeläinluokittelussa käytettiin voimassa olevan luokitteluohjeen mukaisesti PICM-indeksiä (Profundal Invertebrate Community Metric, Jyväsjärvi ym. 2014), joka on laajennettu versio järviluokittelussa aiemmin käytetystä pohjanlaatuindeksistä (BQI, Wiederholm 1980). PICM perustuu 46 järvisyvänteissä yleisesti esiintyvään pohjaeläinlajiin, kun aiemmin käytössä ollut BQI perustuu 7 surviaissääskilajiin. Toisena luokittelumuuttujana käytettiin suhteellista mallinkaltaisuutta (PMA, Percent Model Affinity, Novak & Bode 1992), joka vertaa tutkittavan yhteisön lajien suhteellisia osuuksia malliyhteisön keskimääräisiin suhteellisiin osuuksiin ja arvioi siten tutkittavan yhteisön ja malliyhteisön suhteellista samankaltaisuutta (0-1). PMA laskettiin kaavalla:

$$PMA = 1 - 0.5 \sum |a_i - b_i| = \sum \min(a_i, b_i)$$

jossa a_i on lajin i suhteellinen osuus vertailuyhteisössä (a) ja b_i on lajin i suhteellinen osuus tutkittavassa yhteisössä (b). Lopullinen molemmat luokittelumuuttujat yhdistävä pohjaeläinluokittelu (Pohjaeläin-ELS) tutkimuspaikoille laskettiin PICM- ja PMA-indekseihin pohjautuvien ekologisten laatusuhteiden keskiarvona.

Syvännepohjaeläinten tiheyksien ja taksonirunsausten tilastollisia eroja testattiin koko tutkimusjärvijoukossa ei-parametrisella Kruskal-Wallis testillä ja yksittäisten järvien väliset erot Bonferroni-korjatulla post hoc-testillä. Paikoilta mitattujen ympäristömuuttujien suhdetta eläintihyteen, taksonirunsauteen ja pohjaeläinindekseistä (PMA ja PICM) laskettuihin ekologiin laatusuhteisiin (ELS) analysoitiin korrelaatio- ja regressioanalyysin. Pohjaeläinmuuttujia selittäviä ympäristömuuttujia kartoitettiin myös monimuuttujaregressioanalyysin avulla ($\alpha = 0.05$). Mikäli selittävät kandidaattimuut-

tujat olivat keskenään voimakkaasti korreloivia ($r \geq 0.6$), valittiin vain yksi näistä muuttujista malliin tarjottavien kandidaattimuuttujien joukkoon. Lopullinen selittävien regressiomuuttujien valinta tehtiin *ordiR2step*-function avulla R-ohjelman *vegan*-paketissa (Oksanen et al. 2013). Mallin valinta suoritettiin eteenpäin askeltavalla menetelmällä, jossa oli kaksi muuttujien valinnan lopettavaa sääntöä: 1) $P > 0.05$ tai 2) valittujen muuttujien korjattu selityssaste (adj. R^2) > globaalin mallin korjattu selityssaste eli kaikki kandidaattimuuttujat sisältävän mallin yhteinen selityssaste (Blanchet ym. 2008). Regressiomuuttujien valinnan jälkeen varsinaiset regressioanalyysit tehtiin *tidyverse*-R-paketissa. Selittävien muuttujien muista muuttujista riippumattomien selitysosuuksien osoittamiseksi pohjaeläinmuuttujia selittäville regressiomalleille tehtiin myös varianssinositus *varpart*-functiolla *vegan* R-paketissa.

Syvännepohjaeläimistön lajikoostumuksen vaihtelua tarkasteltiin tutkimuspaikkojen ja paikoilta aiemmin otettujen näytteenottojen joukossa ordinaatiomenetelmien pääkoordinaattianalyysin (Principal Coordinate Analysis, PCoA) avulla. PCoA-ordinaatiot tehtiin käyttäen *coa*-functiota *ape* R-paketissa.

Paleolimnologiset näytteet

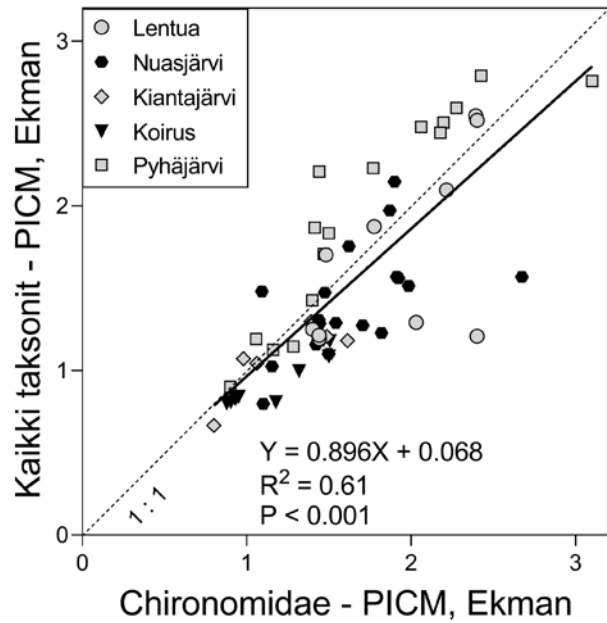
Paleolimnologisten menetelmien osalta tilastolliset analyysit (PICM, BQI ja PCoA) vastasivat Ekman-näytteiden menetelmiä. Aikasarja-aineistoista Nuasjärvestä ja Lentuasta lajiston ajallista muutosta kuvattiin pääkomponenttianalyysin (Principal Component Analysis, PCA) avulla.

Näytteenottomenetelmien vertailu

Samalta paikalta otettujen Ekman- ja paleolimnologisten näytteiden lajikoostumusten eroja verrattiin ensin ordinaatioanalyysillä (PCoA). Analyysissä käytettiin molempien menetelmien kohdalla pelkästään surviaissääskilajistoa (Chironomidae). Ennen ordinaatioanalyysin suorittamista lajiaineisto yhdenmukaistettiin eli jos toisen menetelmän aineistossa tietty laji oli määritetty sukutasolle ja toisella menetelmällä laji- tai lajiryhmätasolle, yhdenmukaistettiin kyseinen taksoni molemmissa karkeammalle esiintyneelle tasolle eli kuvatun kaltaisessa tapauksessa sukuun. Vertailua varten ventraalitubuluksettoman

Chironomus neocorax-tyypin surviaissääsket yhdistettiin Ekman-näytteissä *Chironomus anthracinus*-tyyppiin, koska näiden *Chironomus*-tyyppien morfologinen tuntomerkki on lähinnä ventraalitulusten puute *C. neocoraxin* kohdalla eikä niiden erottaminen sedimenttien pääkapselijäänteistä liene mahdollista. Ekman- ja paleolimnologisten näytteiden lajistollisten erojen kuvaamiseksi luokitelimme näytteissä esiintyneen surviaissääskilajiston kolmeen luokkaan lajien syvyysmieltyymysten mukaan (Serra ym. 2016): syvänelajisto (profundaali), laajasti järven kaikissa syvyyksissä esiintyvät generalistit ja rantavyöhykkeellä esiintyvä litoraalisublitoraalilajisto. Ordinaatioissa korreloitiin näytteissä esiintyneiden surviaissääskien syvyysmieltyymysluokkien suhteelliset osuudet ordinaatioakselien kanssa (vaihtelusuunnat nuolin kuvattuina). Syvänelajiston, kaikissa syvyyksissä elävien generalistien ja rantavyöhykkeen lajiston suhteellisten runsauksien eroja verrattiin tilastollisesti Ekman- ja paleolimnologisten näytteiden välillä käyttäen Mann-Whitneyn U-testiä. Testiä varten yhdistettiin kaikki samalta paikalta otetut ja eri aikaa edustavat näytteet näytteenottomenetelmien sisällä. Lisäksi tehtiin vastaava testi vertaamalla pareittain eri syvyysvyöhykkeissä elävien surviaissääskilajien suhteellisia runsauksia kunkin näytteenottoaikan vuoden 2020 Ekman-näytteiden ja saman paikan paleolimnologiseen pintasedimenttinäytteiden (0-1 cm) välillä. Tämä pareittainen testaus tehtiin käyttäen Wilcoxon signed rank-testiä.

Näytteenottomenetelmien välisen vertailukelpoisuuden lisäämiseksi laskimme pelkästään surviaissääskiin pohjautuvan PICM-indeksin (Chironomidae-PICM) sekä paleo- että Ekman-näytteille, koska alkuperäinen PICM-indeksi yhdistää laajasti syvänteiden pohjaeläinlajistoa mukaan lukien surviaissääsket, harvasukasmadot ja äyriäiset (Jyväsjärvi ym. 2014). Testasimme regressioanalyysin avulla, kuinka hyvin Chironomidae-PICM-arvot vastaavat samoista näytteistä laskettuja laajempaan taksonikirjoon perustuvia varsinaisia PICM-indeksin arvoja. Tämän tutkimuksen näytteenottoaikoilla Chironomidae-PICM selitti 61 % kaikki taksonit sisältävän PICM-indeksin arvoista (Kuva 2). Tämän lisäksi regressiosuora kulki lähellä muuttujien välistä ”täydellistä yhteyttä” kuvastavaa 1:1 viivaa kulmakertoimen ollessa 0.896. Tämän testauksen perusteella Chironomidae-PICM-indeksin arvot vastasivat tutkimuspaikoillamme varsin hyvin kaikki taksonit sisältävän PICM-indeksin arvoja.



Kuva 2. Surviaissääskien (Chironomidae) perusteella lasketun PICM-indeksin suhde kaikki lajit sisältävään PICM-indeksiin.

Pohjaeläinindeksien erojen vertaamiseksi näytteenottomenetelmien välillä korreloimme Chironomidae-PICM-indeksin ja aiemmin pohjaeläinluokittelussa käytetyn pohjanlaatuindeksin (BQI) arvot pintasedimentin (0-1 cm) paleonäytteiden ja samalta paikalta samanaikaisesti otettujen Ekman-näytteiden välillä. Paleolimnologisen vertailutilan ja Ekman-aineistoille mallinnettujen vertailutilojen yhdenmukaisuuden selvittämiseksi korreloimme Jyväsjärven ym. (2010) tavoin paleolimnologista vertailutilaa edustavan syvemmän sedimenttikerroksen (19-20 cm) ja mallinnetun vertailuarvon sekä BQI:n (Vuori ym. 2009) että PICM-indeksin osalta (Aroviita ym. 2019)

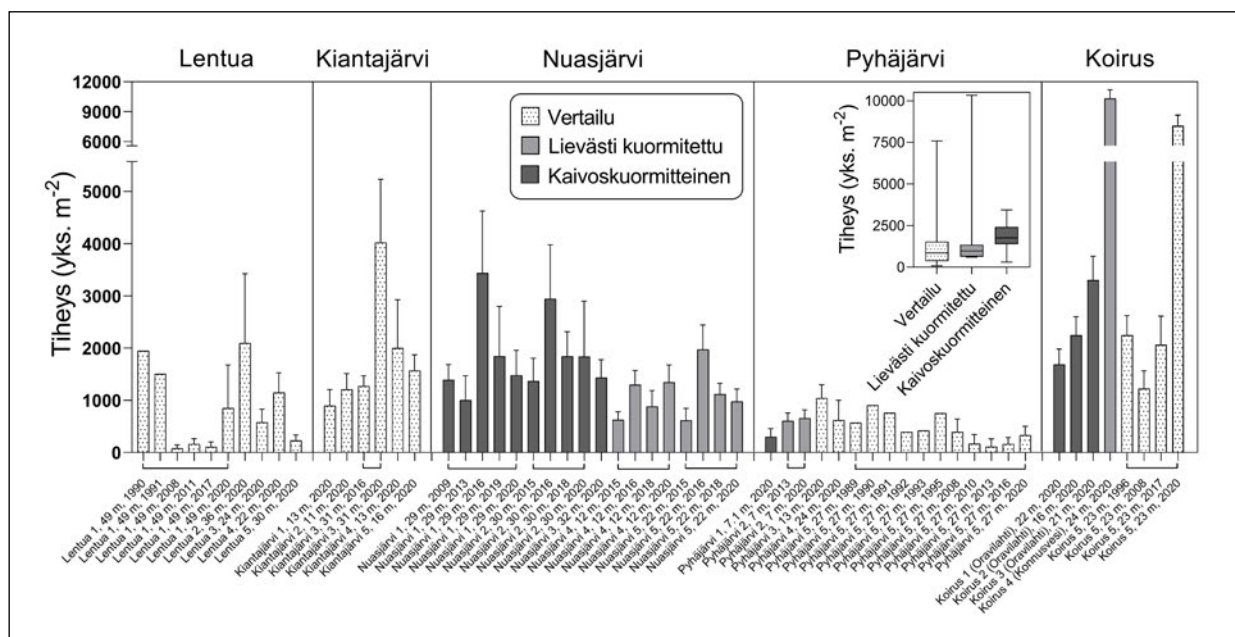
Testasimme myös järven morfometrian (järven altaan avoimuus ja pohjan jyrkkyys) vaikutusta surviaissääskiin pohjautuvien pohjaeläinindeksien (Chironomidae-PICM ja BQI) mahdollisiin eroihin Ekman- ja pintasedimentin (0-1 cm) paleolimnologisten näytteiden välillä. Sekä samojen muuttujien vaikutusta litoraalilajiston osuuteen paleolimnologisissa pintasedimenttinäytteissä. Tutkittuja, mahdollisesti vaikuttavia morfometrisia muuttujia olivat minimietäisyys rantaan (m), keskimääräinen etäisyys rantaan (m, 360° keskimääräinen avoimuus) ja pohjan maksimikaltevuus (%) minimietäisyys linjaa pitkin mitattuna.

Tulokset

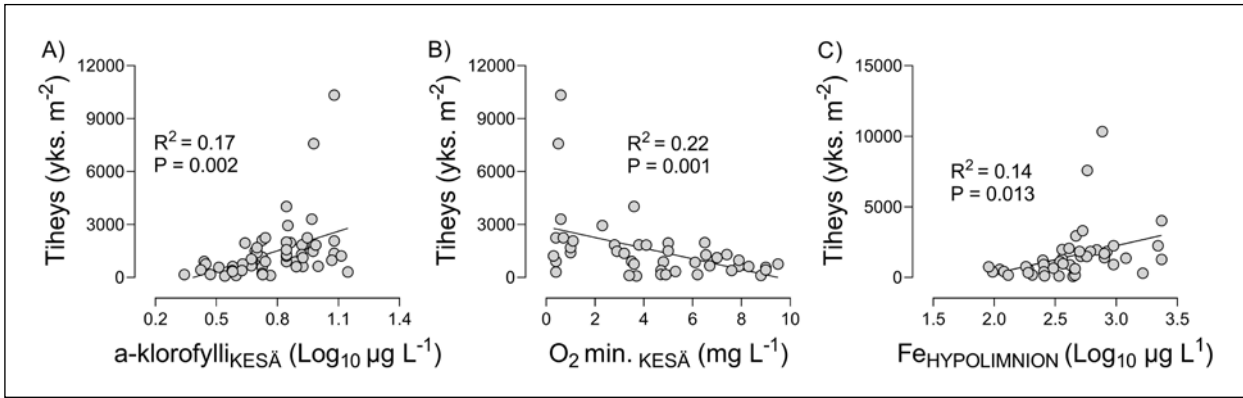
Ekman-näytteenotto

Pohjaeläinten kokonaistiheys erosi tilastollisesti merkitsevästi eri asteisesti kaivoskuormittuneiden näytepaikkojen välillä (Kruskal-Wallis testi, $H = 8.88$, $df = 2$, $P = 0.012$) (Kuva 3). Kuormittamattomissa vertailukohteissa sijaitsevien näytepisteiden eläintiheydet olivat kaivoskuormitteisia näytepaikkoja pienempiä (Bonferroni korjattu Post hoc testi, $P = 0.009$). Syvännepohjaeläinten tiheydet erosivat tilastollisesti merkitsevästi myös eri tutkimusjärvien välillä (Kruskal-Wallis testi, $H = 31.33$, $df = 4$, $P < 0.001$). Yksittäisistä järvistä Pyhäjärven eläintiheydet olivat Kiantajärveä, Nuasjärveä ja Koirusta pienemmät sekä Lentuanjärven tiheydet Koirusta pienempiä (Bonferroni korjattu Post hoc testi, P

≤ 0.020). Osalla näytepaikoista oli näytteenottoja useilta vuosilta ja ajallisista trendeistä oli huomattavissa Lentuan syvännepaikan 1 pohjaeläinrunsauden väheneminen 1990-luvun alusta 2000-luvulle. Nuasjärven paikoilla 1, 2 ja 5 on havaittavissa samanlainen eläintiheyksien kasvava trendi vuoteen 2016 ja väheneminen vuoden 2016 jälkeen. Syvännepohjaeläinten tiheys oli positiivisessa yhteydessä järven tuottavuuden (Kuva 4A) ja alusveden rautapitoisuuden (Kuva 4C) kanssa, jotka selittivät 17 % ja 14 % pohjaeläinten runsaudesta. Pohjaeläintiheydellä oli negatiivinen yhteys alusveden kesäisen (15.7.-31.8.) happiminimin (Kuva 4B) kanssa, joka selitti 22 % pohjaeläinrunsauden vaihtelusta.



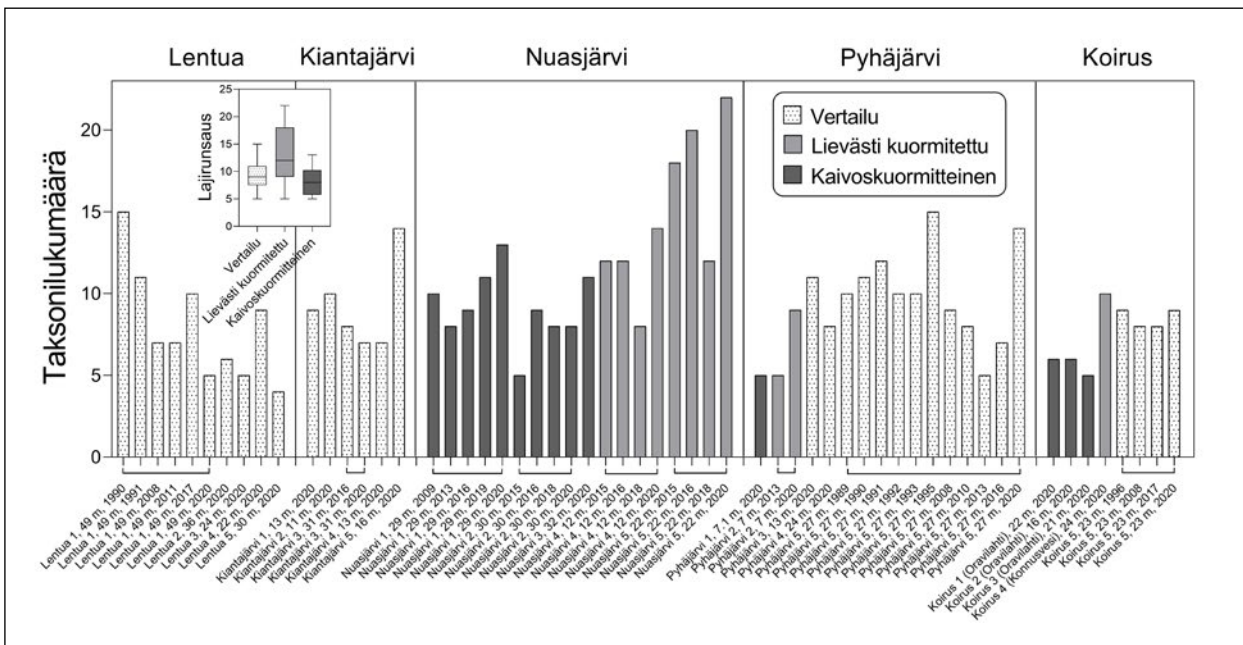
Kuva 3. Keskimääräiset syvännepohjaeläintiheydet (\pm keskihajonta) vuoden 2020 tutkimuspaikoilla sekä tiheydet samoilta paikoilta kerättyissä aiemmissä näytteenottoissa. Box-whisker-plotissa on esitetty pohjaeläintiheydet kaivoskuormitusluokittain: vertailupaikat, lievästi kaivoskuormitteiset paikat ja kaivoskuormitteiset paikat. Box-whisker-plottien alimmat viikset kuvaavat alakvartiilia päättyen minimiarvoihin, ylempät viikset kuvaavat yläkvartiilia päättyen maksimiarvoihin, laatikon keskiviiva on mediaani.



Kuva 4. Pohjaeläintiheyden suhde A) klorofylli-a:n, B) loppukesän (15.7.-31.8.) happiminimiin alusvedessä ja C) alusveden rautapitoisuuteen.

Syvännepohjaeläinten taksonirunsaus oli erilainen riippuen kaivoskuormituksen voimakkuudesta (Kruskal-Wallis testi, $H = 7.77$, $df = 2$, $P = 0.021$) (Kuva 5). Pohjaeläinten lajirunsaudet olivat keskimäärin suurempia lievästi kuormitetuilla kuin voimakkaammin kuormitetuilla paikoilla (Bonferroni korjattu Post hoc testi, $P = 0.023$). Lajirunsaudet eivät kuitenkaan eronneet selvästi kaivoskuormitteisten ja vertailujärvien välillä ($P \geq 0.058$). Pohjaeläinten taksonirunsaudet erosivat tilastollisesti merkitsevästi eri tutkimusjärvien välillä ($H = 11.90$, $df = 4$, $P = 0.018$). Järvipareja verrattaessa kuitenkin vain Nuasjärven lajirunsaudet olivat Pyhäjärveä suurempia (Bonferroni korjattu Post hoc-testi, $P = 0.021$). Pohjaeläinten taksonirunsaus oli riippuvainen kesäisestä alusveden lämpötilasta, joka selitti 14 % taksonirunsaudessa esiintyvistä vaihtelusta

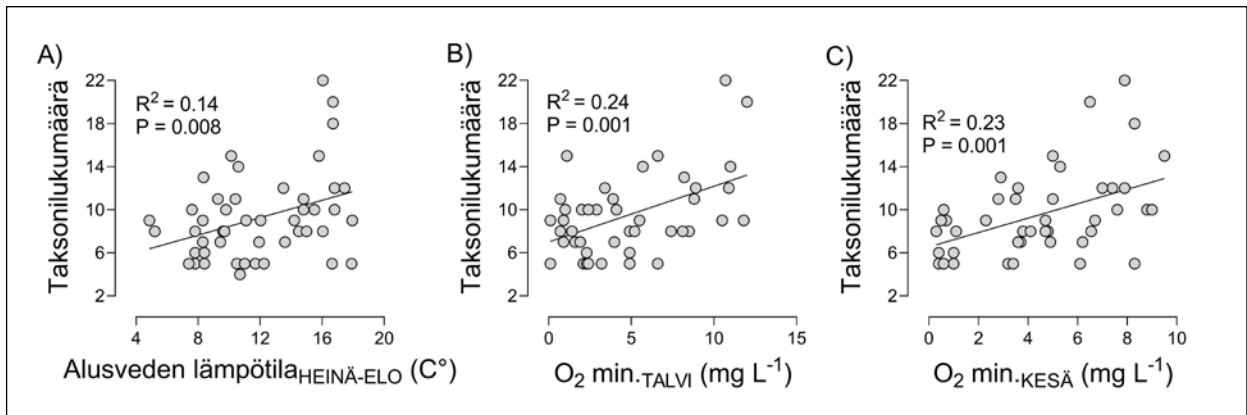
(Kuva 6A). Pohjaeläinten taksonirunsaus kasvoi alusveden lämpötilan lisääntyessä. Syvännepohjaeläinten lajirunsaus oli sitä suurempaa mitä korkeammalla alusveden happipitoisuus pysyi talven ja kesän aikana (6B, C). Talvi- ja kesäaikaiset happiminimit selittivät 24 ja 23 % lajirunsauden vaihtelusta. Talvi- ja kesäaikaiset happiminimit selittävinä tekijöinä yhdistävä regressiomalli ($Y = 5.24 + 0.43 \text{ Happimin.}_{\text{TALVI}} + 0.49 \text{ Happimin.}_{\text{KESÄ}}$) selitti yhteensä 31 % (adj. R^2) pohjaeläinten taksonirunsauden vaihtelusta. Talvisen happiminimin yksin selittämä osuus mallissa oli 14 % ja kesäminimin 12 % (Kuva 7). Talven ja kesän happiminimien yhdessä selittämän vaihtelun osuus oli mallissa vähäinen (5 %), mikä johtui kesäisen ja talvisen happiminimin heikosta keskinäisestä korrelaatiosta tutkimuspaikkojen joukossa ($r = 0.17$).



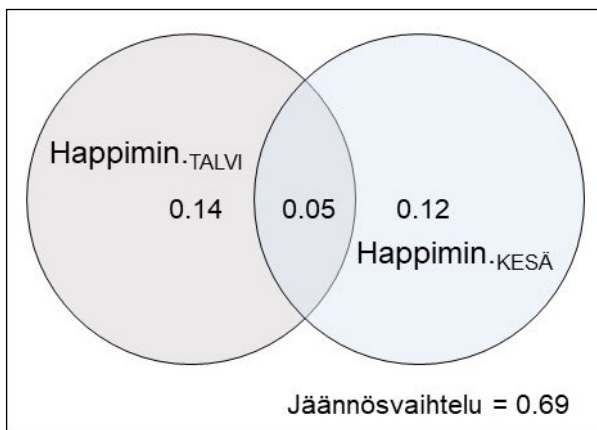
Kuva 5. Syvännepohjaeläinten taksonirunsaus vuoden 2020 näytteenotoissa sekä samoilta paikoilta kerätyissä aiemmissä näytteenotoissa. Box-whisker-plotissa on esitetty pohjaeläinten lajirunsaudet kaivoskuormitusluokittain: vertailupaikat, lievästi kaivoskuormitteiset paikat ja kaivoskuormitteiset paikat.

Box-whisker-plottien alimmat viikset kuvaavat alakvartiilia päättyen minimiarvoihin, ylempät viikset kuvaavat yläkvartiilia päättyen maksimiarvoihin, laatikon keskiviiva on mediaani.

viikset kuvaavat yläkvartiilia päättyen maksimiarvoihin, laatikon keskiviiva on mediaani.

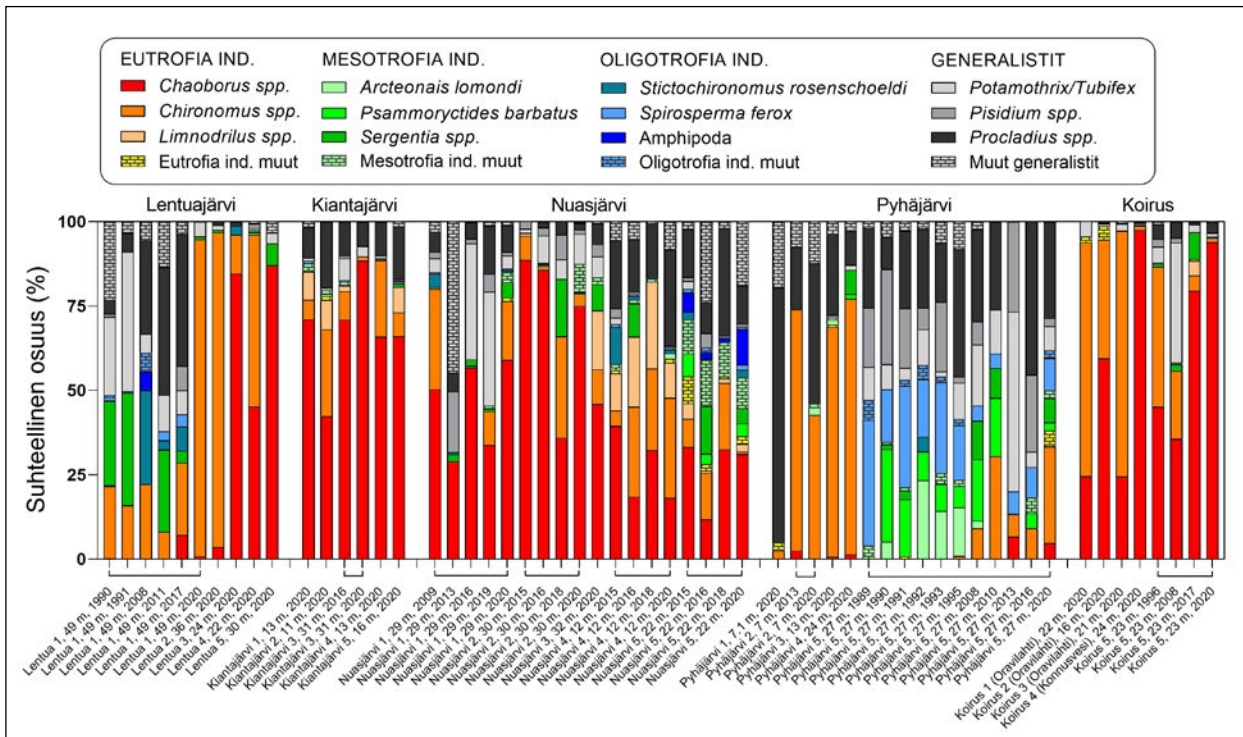


Kuva 6. Taksonirunsauden suhde A) lämpötilaan, B) talven ja C) loppukesän (15.7.-31.8.) happiminimiin alusvedessä.



Taksonikoostumuksessa merkille pantavaa oli *Chaoborus-sulkasääsken* ja *Chironomus-surviais-sääsken* toukkien runsaus useimpien kaivoskuormitteisten paikkojen lisäksi myös kaivostoiminnan kuormittamattomilla paikoilla (Lentuajärvellä vuonna 2020, Kiantajärvellä ja Koiruksella) (Kuva 8). Kuormittamattomien paikkojen aikasarjoissa Lentualla (Lentua 1) ja Pyhäjärvellä (Pyhäjärvi 5) oli havaittavissa myös *Chaoborus-* ja *Chironomus-*toukkien viimeaikainen runsastuminen suhteessa karumpia oloja ilmentäviin lajeihin.

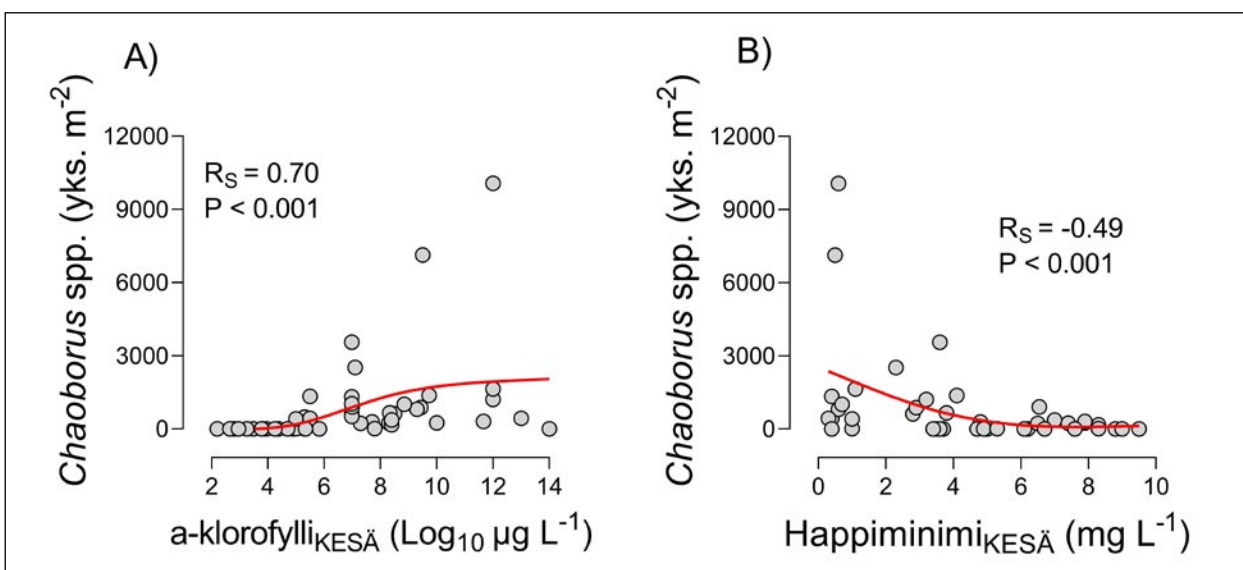
Kuva 7. Syvännepohjaeläinten lajirunsautta selittävän regressiomallin varianssinositus kahden selittävän muuttujan: talven ja kesän happiminimin kesken (Vennin diagrammi).



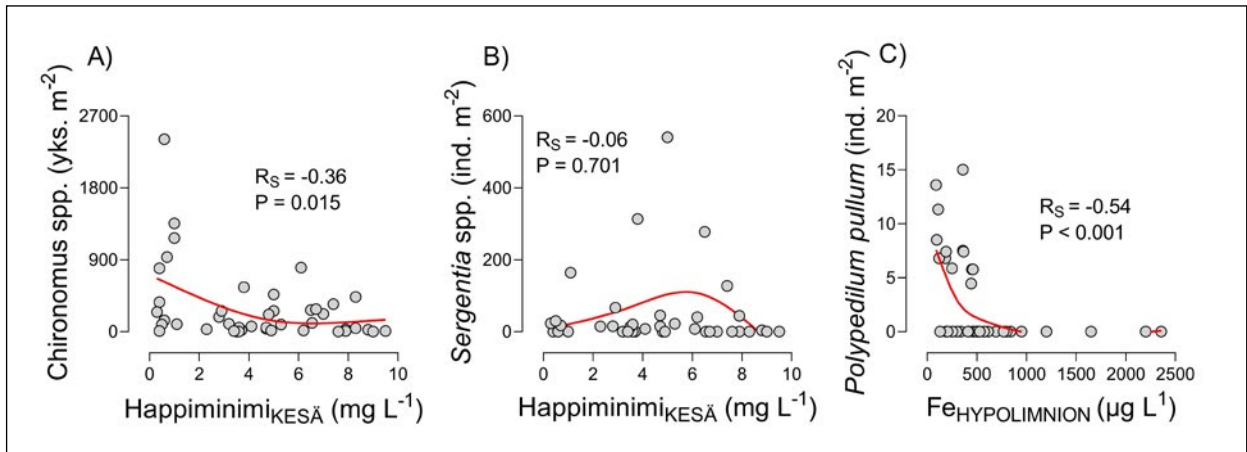
Kuva 8. Pohjaeläintaksonien suhteelliset runsaudet (%) vuoden 2020 näytteenotoissa ja samoilta paikoilta otetuissa aiemmissä näytteenotoissa (yhdistetty hakasulkein). Lajit luokiteltu PICM-indeksin perusteella seuraavasti siten, että indeksin pistearvo: 0 - 1.5 = eutrofia indikaattorit, 1.6 – 2.4 = mesotrofia indikaattorit ja >2.5 = oligotrofia indikaattorit. Ilman PICM-indeksin pistearvoja olevat lajit on luokiteltu generalisteiksi rehevyysgradientilla.

Chaoborus-sulkasääsken toukkien runsaus li-sääntyi järven rehevyyden kasvaessa (Kuva 9A). Lisäksi sulkasääsken toukkien runsaus korreloi negatiivisesti alusveden kesäisen happipitoisuuden kanssa (Kuva 9B). *Chironomus*-suvun surviaissääsken toukkien runsaus korreloi negatiivisesti alusveden kesäisen happipitoisuuden kanssa (Kuva 10A). Keskireheviä (mesotrofia) oloja ilmentävien *Sergentia*-surviaissääsken suhteellinen

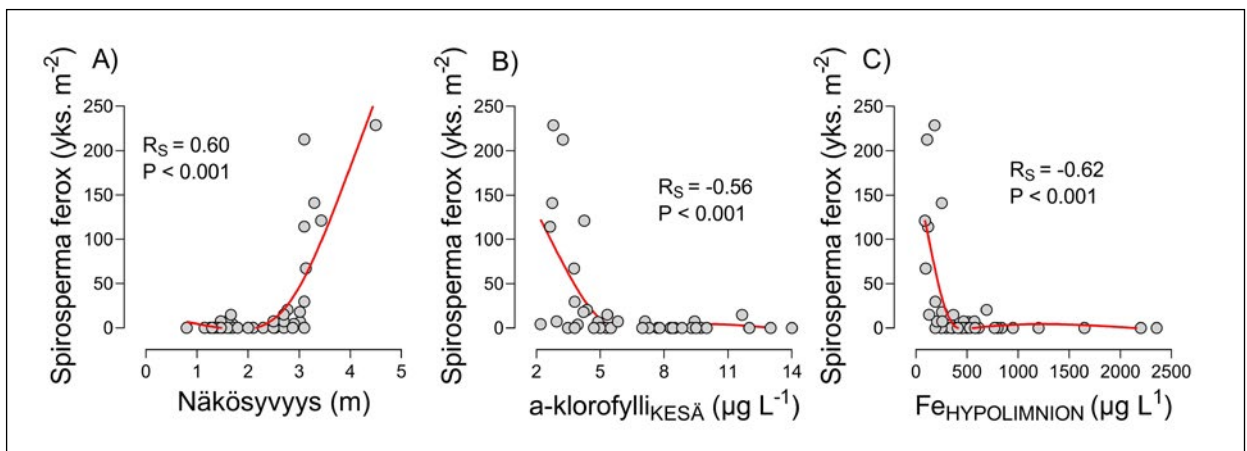
runsaus oli suurimmillaan alusveden kesäisen happiminimin vaihdella välillä 4-7 mg/L (Kuva 10B). *Polypedilum pullum*-surviaissääsken toukkia tavattiin runsashappisilla pohjilla, jossa alusveden rautapitoisuudet olivat alle 500 µg/L (Kuva 10C). *Spirosperma ferox*-harvasukasmadot olivat runsaimpia kirkasvetisten (Kuva 11A) ja karujen (Kuva 11B) järvien runsashappisilla pohjilla, kun alusveden rautapitoisuudet olivat alhaisia (Kuva 11C).



Kuva 9. *Chaoborus flavicans*-sulkasääsken toukkien runsaus suhteessa A) päällysveden klorofyllipitoisuuteen ja B) loppukesän (15.7.-31.8) happiminimiin alusvedessä.



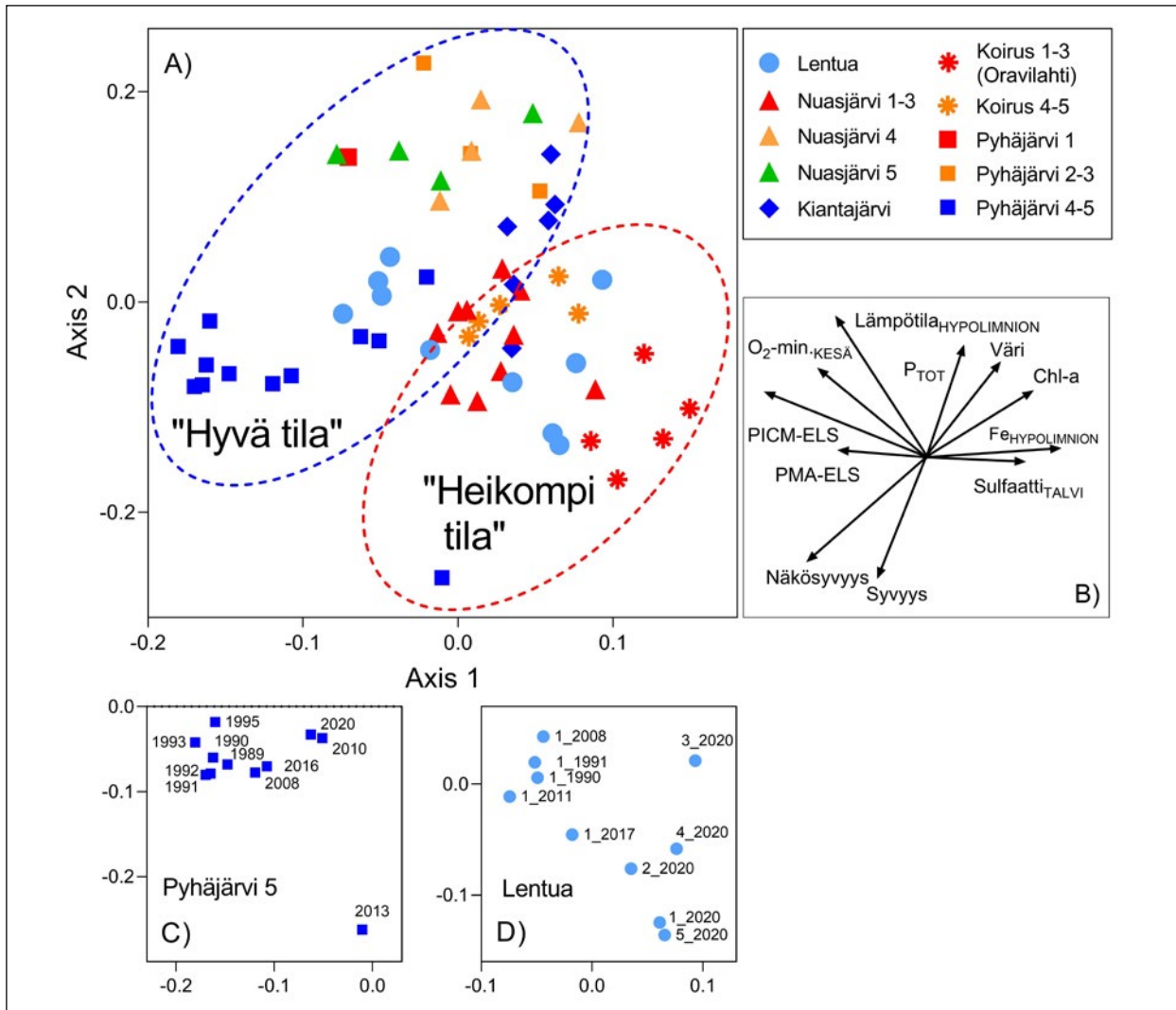
Kuva 10 A) *Chironomus*-surviaissääsken toukkien runsauden suhde kesäaikaiseen alusveden happiminimiin. B) *Sergentia*-surviaissääsken toukkien runsauden suhde alusveden kesäiseen happiminimiin. C) *Polypedilum pullum*-surviaissääsken toukkien runsauden suhde alusveden rautapitoisuuteen.



Kuva 11. *Spirosperma ferox*-harvasukasmadon runsauden suhde A) veden näkösyvyyteen, B) a-klorofyllipitoisuuteen ja C) alusveden rautapitoisuuteen.

Pohjaeläinyhteisön koostumusta kuvaavan pääkoordinaattianalyysin (PCoA) ensimmäinen akseli selitti 21.8 % aineistossa esiintyvistä vaihtelusta. Yhteiskoostumuksen eroja näytteenottojen välillä kuvaavassa ordinaatioavaruudessa oikealle tai lähemmäs oikeaa alakulmaa (Kuva 12A). Hyvää ekologista tilaa kuvastavat näytteenotto-paikat sijoittuivat lähemmäs ordinaatioavaruuden vasenta reunaa. Ensimmäinen akseli korreloi voimakkaimmin alusveden rautapitoisuuden ($r = 0.63$, $P < 0.001$), a-klorofyllin ($r = 0.51$, $P < 0.001$), alusveden talviaikaisen sulfaattipitoisuuden ($r = 0.46$, $P = 0.007$), alusveden loppukesän happiminimin ($r = -0.52$, $P < 0.001$) ja näkösyvyyden ($r = -0.57$, $P < 0.001$) kanssa (Kuva 12B). Toinen ordinaatioakseli selitti 13.6 % aineistossa esiintyvistä vaihtelusta. Toisen ordinaatioakselin suuntainen vaihtelu liittyi voimakkaimmin paikan syvyyteen ($r = -0.49$, $P < 0.001$), päällysveden kokonaisfosforipitoisuu-

teen ($r = 0.45$, $P < 0.001$) ja alusveden loppukesän (heinä-elokuu) lämpötilaan ($r = 0.59$, $P < 0.001$). PICM-indeksipohjainen ekologisen tilan luokitus (luokittelutulokset myöhemmin tässä raportissa) korreloi voimakkaasti ensimmäisen ordinaatioakselin kanssa ($r = 0.78$, $P < 0.001$) ja heikommin, mutta tilastollisesti merkitsevästi toisen ordinaatioakselin kanssa ($r = 0.27$, $P = 0.040$). PMA-tila korreloi myös merkitsevästi, mutta selvästi PICM-tilaa heikommin, ensimmäisen ordinaatioakselin kanssa ($r = -0.40$, $P = 0.002$). Pyhäjärven Pyhäselän pitkään seuratus paikan 2000-luvun näytteenotot sijoittuvat ensimmäisellä ordinaatioakselilla enemmän oikealle 1990-luvun näytteenottoihin nähden (Kuva 12C). Myös Lentuan vuonna 2020 otetut näytteet sijoittuvat ensimmäisellä ordinaatioakselilla enemmän oikealle aiempiin näytteenottoihin verrattuna (Kuva 12D). Nämä havainnot viittaavat kyseisten järvien lajikoostumuksessa tapahtuneisiin viimeaikaisiin muutoksiin.



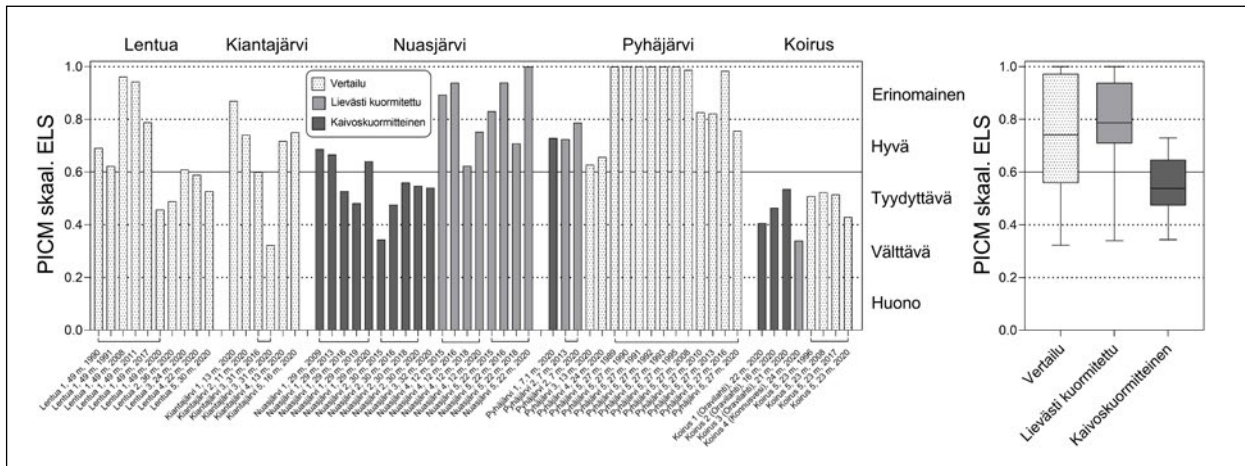
Kuva 12. Tutkimusjärvien näytteenottojen A) PCoA-ordinaatio ja B) ordinaatioakselien kanssa tilastollisesti merkitsevästi ($P < 0.05$) korreloivien ympäristömuuttujien vaihteluunnot. Näytepaikkaordinaatiosta A erillistarkasteluun poimitut paikkojen C) Pyhäjärvi 5 ja D) Lentua 1 aikasarjat.

Kaivostoiminnan kuormittamat paikat luokittuivat PICM-indeksin perusteella useimmiten tyydyttävään ekologiseen tilaan, kun kaivostoiminnan kuormittamattomat tai vain lievästi kuormittamat paikat olivat pääosin hyvässä tai erinomaisessa ekologisessa tilassa (Kuva 13). Lentuan pitkään seurattu paikka 1 on aiemmissa näytteenottoissa 1990-luvun alussa ja 2008-2017 ollut PICM-indeksin perusteella hyvässä tai erinomaisessa ekologisessa tilassa (Kuva 13). Syksyllä 2020 paikka 1, kuten myös useimmat muut Lentuajärven paikat luokittuivat tyydyttävään tilaan. Pitkään seuratun paikan 1 PICM-indeksiin perustuva ekologinen laatusuhde oli hieman muita paikkoja alhaisempi (0.457), mutta asettui kuitenkin samaan tilaluokkaan (tyydyttävä) kuin kaikkien paikkojen keskiarvo (0.534). Kiantajärven syvännepaikat olivat syksyllä 2020 hyvässä tai erinomaisessa tilassa pois lukien paikka 3, joka oli PICM-indeksin perusteella vain välttävässä tilassa. Paikkojen välisen

vertailun perusteella Kiantajärven paikka 3 (välttävä tila, PICM ELS 0.322) ei edusta järven kaikkien syvänteiden keskimääräistä tilaa (Hyvä tila, PICM ELS 0.68). Nuasjärven purkupuutken läheiset paikat 2 ja 3 luokittuivat syksyllä 2020 PICM-indeksin perusteella tyydyttävään ekologiseen tilaan, kuten aiempina seurantavuosinakin. Purkupuutken läheisellä paikalla Nuasjärvi 1 on havaittavissa tilan heikkeneminen hyvästä (2009-2013) tyydyttävään purkupuutken rakentamisen jälkeen (2016-2019). Syksyllä 2020 Nuasjärvi 1 luokittui kuitenkin hyvään ekologiseen tilaan. Kuten aiempina vuosina, myös syksyn 2020 näytteenotossa kauempana purkupuutkesta sijaitsevat paikat Nuasjärvi 4 ja 5 luokittuivat hyvään tai erinomaiseen tilaan. Kaikkien Pyhäjärven näytteenottoaikojen PICM-luokitus (myös kaivoskuormitteinen paikka Pyhäjärvi 1) viittasi järven hyvään ekologiseen tilaan vuoden 2020 näytteenoton perusteella. Pyhäjärven karuimmassa eteläosassa

sijaitsevan paikan Pyhäjärvi 5 tila on aikasarjan perusteella heikentynyt 1990-luvun erinomaisesta tilasta hyvään ekologiseen tilaan. Pitkään seuratun paikan 5 PICM-indeksin arvot olivat korkeampia (PICM ELS 0.756) kuin kolmella Pyhäselän paikalla keskimäärin (0.68). Kaikilla kolmella paikalla PICM-

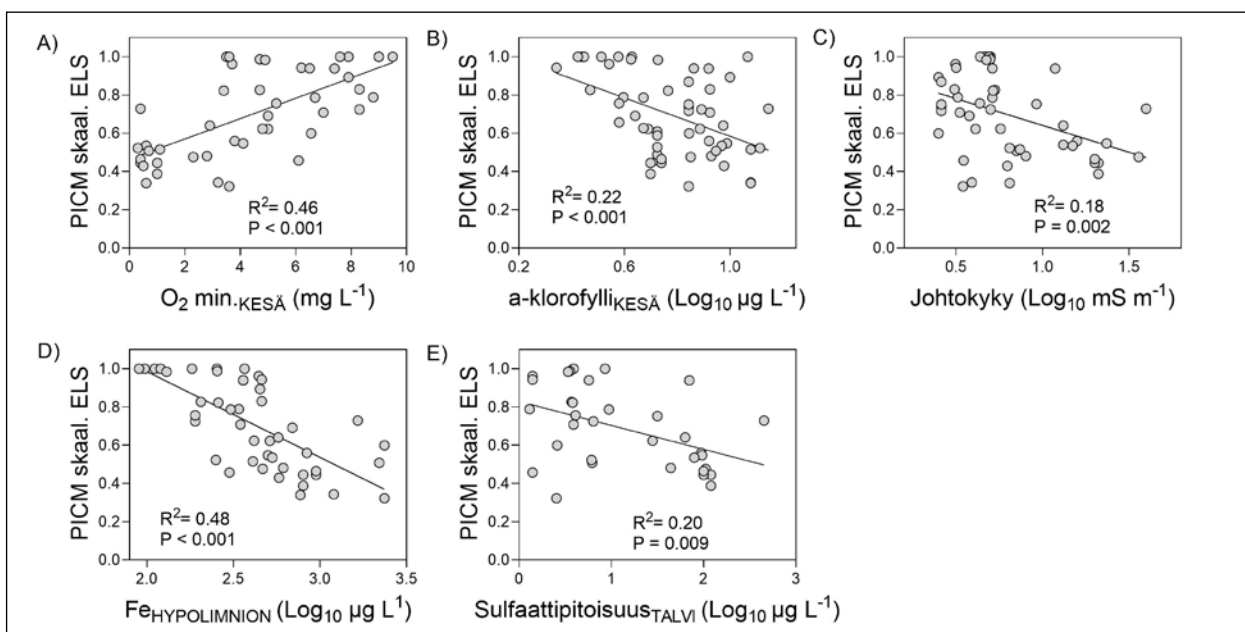
tilaluokka oli kuitenkin sama (hyvä). Koiruksen kaisvosuoritteiset paikat luokitteivat tyydyttävään ja Koirus 4 (Konnusvesi) välttävään ekologiseen tilaan. Pidempään seurattu paikka Koirus 5 on luokitunut kaikkina vuosina (1996-2020) tyydyttävään ekologiseen tilaan.



Kuva 13. Tutkimusjärvien ekologinen tila PICM-indeksin (Skaalattu PICM ELS) perusteella luokiteltuna. Ekologinen tila on esitetty ekologisina laatusuhteina ja skaalattu tasavälisesti tilaluokkiin: erinomainen = 0.8-1.0, hyvä = 0.6-0.8, tyydyttävä = 0.4-0.6, välttävä = 0.2-0.4 ja huono = 0-0.2 (Aroviita ym. 2019). Oikealla PICM-luokittelut (skaalatut ekologist laatusuhteet) box-whisker-plotteina kaisvosuoritusluokittain: vertailupaikat, lievästi kaisvosuoritteiset paikat ja kaisvosuoritteiset paikat. Box-whisker-plottien alimmat viikset kuvaavat alakvartiilia päättyen minimiarvoihin, ylemmät viikset kuvaavat yläkvartiilia päättyen maksimiarvoihin, laatikon keskiviiva on havaintojen mediaani.

Ympäristötekijöistä alusveden loppukesän happipitoisuus (Kuva 14A) selitti 46 % PICM-indeksiin perustuvan ekologisen laatusuhteen vaihtelusta. Toisena voimakkaasti vaikuttavana tekijänä negatiivisesti PICM:n kanssa korreloiva alusveden kesäaikainen rautapitoisuus selitti 48 % PICM-indeksin

vaihtelusta (14D). Lisäksi PICM-indeksi korreloi negatiivisesti päällysveden a-klorofyllin, alusveden johtokyvyn ja alusveden talvisen sulfaattipitoisuuden kanssa, jotka kukin selittivät 18-22 % skaalattun PICM-ELS:n vaihtelusta.



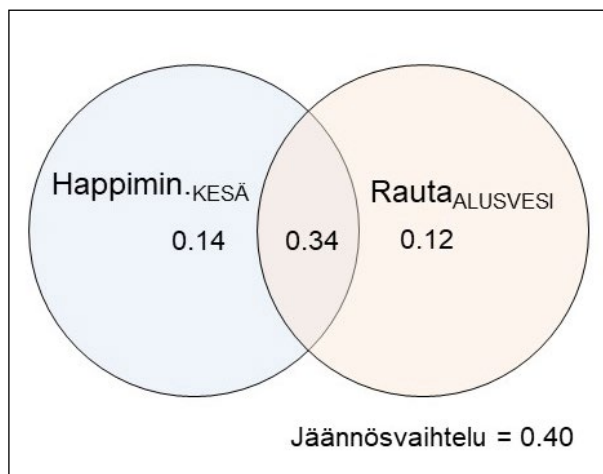
Kuva 14. Tutkimusjärvien Ekman-näytteistä laskettu PICM-indeksiin pohjautuva ekologinen tila suhteessa A) alusveden happipitoisuuden loppukesästä (15.7.-31.8.), B) päällysveden a-klorofyllipitoisuuteen, C) alusveden johtokykyyn, D) alusveden rautapitoisuuteen ja E) alusveden sulfaattipitoisuuteen.

Kun regressioanalyysissä skaalattua PICM-tilaa selittäviksi muuttujiksi käytettiin kuvassa 14 esitetyjä muuttujia (alusveden kesäaikainen happiminimi, a-klorofylliä, alusveden johtokykyä, rautapitoisuutta ja sulfaattipitoisuutta), lopulliseen malliin tuli valituiksi kaksi selittävää muuttujaa ($P < 0.05$): alusveden happiminimi ja rautapitoisuus, jotka selittivät yhteensä 60 % PICM-tilassa esiintyvää

vaihtelusta (Taulukko 4). Varianssinosituksen perusteella happiminimin mallissa yksinään selittämä osuus oli 14 % ja raudan 12 %, kun 34 % PICM-tilan vaihtelusta oli näiden kahden muuttujan yhdessä selittämää osuutta, josta ei pystytä erittelemään puhtaasti kummankaan muuttujan yksin selittämiä osuuksia (Kuva 15).

Taulukko 4. PICM-indeksin perusteella arvioitua ekologista tilaa (skaalattu PICM ELS) selittävän monimuuttujaregressiomallin kertoimet, tilastolliset parametrit ja selitysasteet (kumulatiivinen R^2).

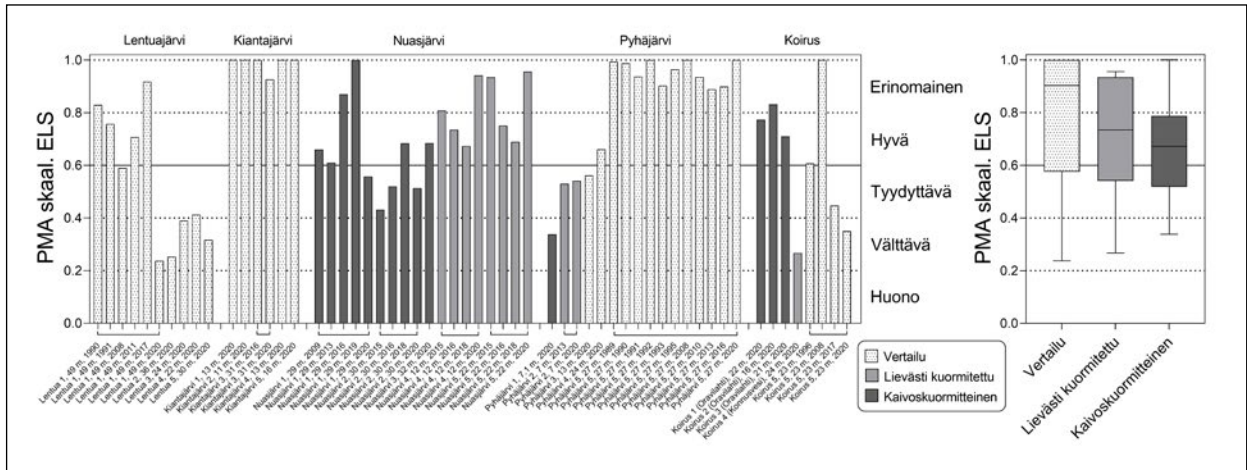
	Kerroin	SE	t	P	Kumul. R^2
Vakiotermi	1.339	0.224	5.96	<0.001	
Happiminimi (mg L^{-1})	0.033	0.009	3.62	<0.001	0.48
Alusveden rautapitoisuus ($\text{Log}_{10} \mu\text{g L}^{-1}$)	-0.298	0.075	-3.96	<0.001	0.60



Kuva 15. Skaalattua PICM ELS:ä selittävän regressiomallin varianssinositus kahden selittävän muuttujan: alusveden kesäaikaisen happiminimin ja rautapitoisuuden kesken (Vennin diagrammi).

PMA-indeksi luokitteli useimmat kaivostoiminnan kuormittamat paikat hyvään tai jopa erinomaiseen ekologiseen tilaan (Kuva 16), kun PICM-indeksi luokitteli ne useimmiten tyydyttävään tilaan (Kuva 13). Lentuajärven syväne 1 luokitui aiemmissa näytteenotoissa vuosina 1990-2017 PMA-indeksin perusteella hyvään tai erinomaiseen tilaan (Kuva 16). Syksyllä 2020 sama syväne luokitui kuitenkin vain välttävään ekologiseen tilaan. Myös muut Lentuan syvänteet luokiteltiin vain välttävään

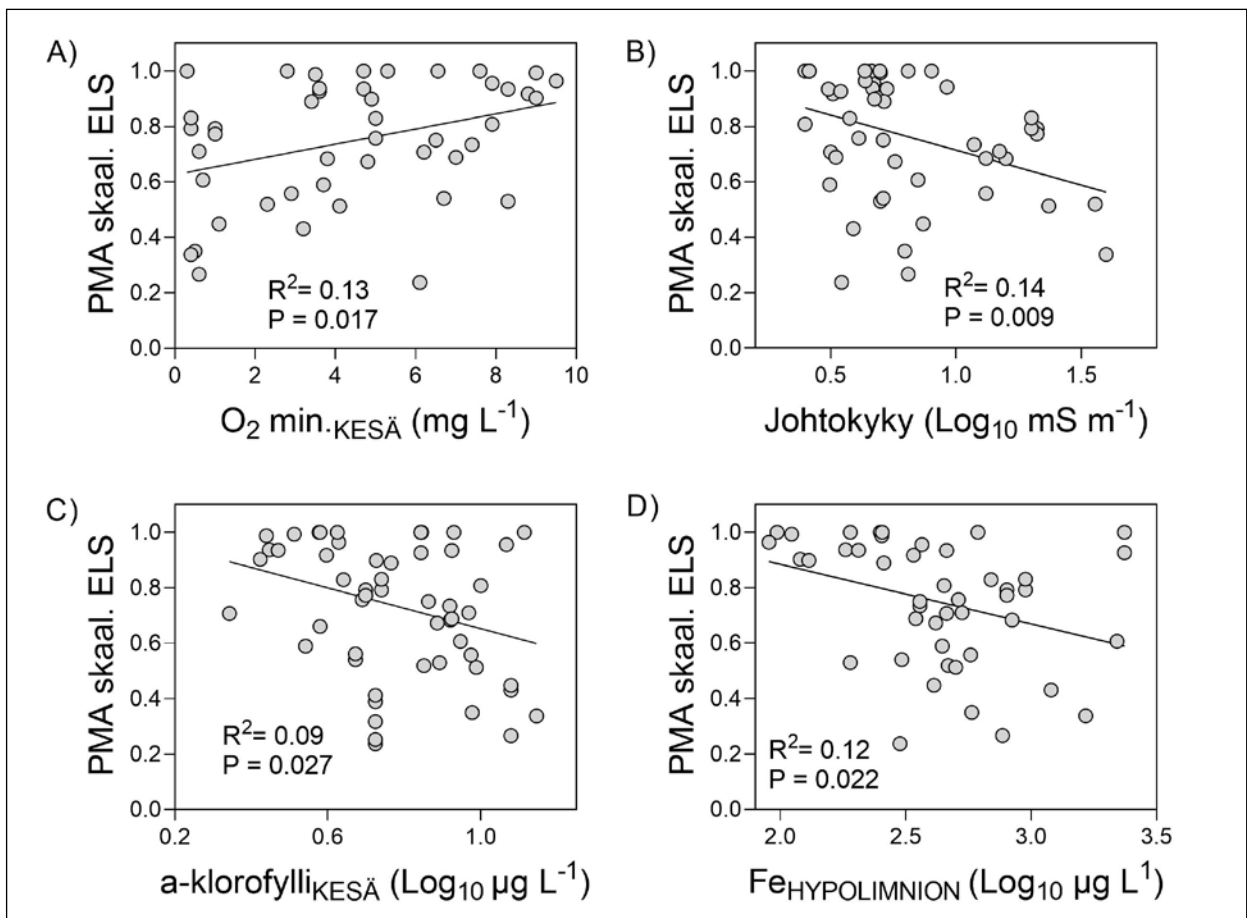
tai tyydyttävään tilaan. Lentuan pitkään seuratus paikan 1 PMA:n perustuva ekologinen laatusuhde oli muita paikkoja alhaisempi (0.237), mutta asetui kuitenkin samaan tilaluokkaan (välttävä) kuin kaikkien paikkojen keskiarvo (0.322). Kaikki Kiantajärven näytteenottoaikat luokituitivat vuonna 2020 PMA:n perusteella erinomaiseen ekologiseen tilaan. Paikan 3 PMA-arvo oli hieman muita paikkoja alhaisempi. Nuasjärven purkupuutken läheiset paikat 1 ja 2 luokituitivat vuonna 2020 tyydyttävään ekologiseen tilaan, kun paikka 3 luokitui hyvään tilaan. Aiemmissä näytteenotoissa 2009-2019 purkupuutken läheiset paikat ovat luokituneet PMA:n perusteella vaihtelevasti tyydyttävästä erinomaiseen tilaan. Pyhäselän Junttiselän paikka 1 oli PMA:n perusteella arvioituna välttävässä ekologisessa tilassa vuonna 2020, kun sen eteläpuoliset paikat 2 ja 3 olivat tyydyttävässä ekologisessa tilassa. Pyhäjärven paikka 4 luokitui hyvään tilaan ja eteläisimmän pitkään seuratus paikan 5 tila on ollut PMA:n perusteella kaikkina seurantavuosina (1989-2020) erinomainen. Syksyllä 2020 Koiruksen Oravilahdessa sijaitsevat paikat 1-3 olivat hyvässä tai erinomaisessa tilassa, kun paikat 4 (Konnusvesi) ja 5 luokituitivat PMA:n perusteella tilaltaan vain välttäviksi. Paikalla Koirus 5 tila-arvio on lisäksi heikentynyt viime vuosina.



Kuva 16. Tutkimusjävien ekologinen tila PMA-indeksin (Skaalattu PMA ELS) perusteella luokiteltuna. Ekologinen tila on esitetty ekologisina laatusuhteina ja skaalattu tasavälisesti tilaluokkiin: erinomainen = 0.8-1.0, hyvä = 0.6-0.8, tyydyttävä = 0.4-0.6, välttävä = 0.2-0.4 ja huono = 0.0-0.2 (Aroviita ym. 2019). Oikealla PMA-luokittelut (skaalatut ekologist laatusuhteet) box-whisker-plotteina kaivoskuormitusluokittain: vertailupaikat, lievästi kaivoskuormitteiset paikat ja kaivoskuormitteiset paikat. Box-whisker-plottien alimmat viikset kuvaavat alakvartiilia päättyen minimiarvoihin, ylemmät viikset kuvaavat yläkvartiilia päättyen maksimiarvoihin, laatikon keskiviiva on havaintojen mediaani.

PICM-luokittelun tavoin myös PMA-tila korreloi positiivisesti alusveden loppukesän happipitoisuuden sekä negatiivisesti päällysveden a-klorofyllin, alusveden johtokyvyn ja rautapitoisuuden kanssa (Kuva 17). PMA-pohjaisen ekologisen tilan vasteet

ympäristömuuttujiin olivat kuitenkin PICM-luokittelun ympäristövasteita huomattavasti heikompia (Kuva 14). Kokeiluissa monimuuttujaregressio-analyseissä ei malliin tullut valituksi kuin yksi selittävä muuttuja (a-klorofylli).



Kuva 17. Tutkimusjävien Ekman-näytteistä laskettu PMA-indeksiin pohjautuva ekologinen tila suhteessa A) alusveden happipitoisuuden loppukesästä (15.7.-31.8.), B) alusveden johtokykyyn, C) päällysveden a-klorofyllipitoisuuteen ja D) alusveden rautapitoisuuteen.

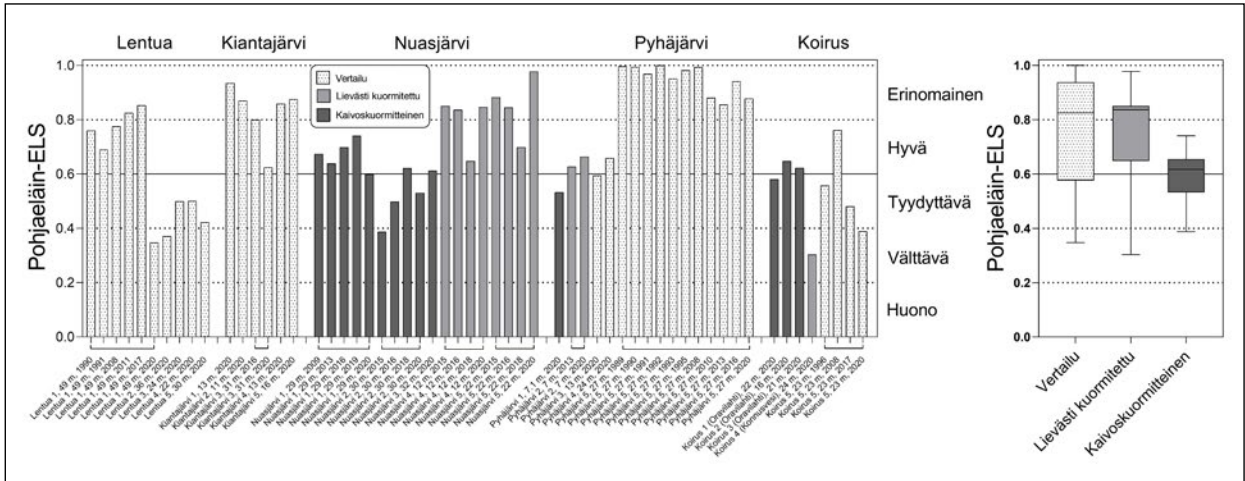
Molemmat luokittelumuuttujat (PICM ja PMA) yhdistävässä luokittelussa ekologisen laatusuhteen arvot olivat selkeästi pienempiä kaivoskuormitteisissa järvissä kuin kaivostoiminnan kuormittamattomissa vertailujärvissä ja lievästi kuormitetuilla paikoilla (Kuva 18). Pohjelaänmuuttujat yhdistävässä luokittelussa (Pohjelaän-ELS) Lentuajärven paikat luokittuivat pääosin tyydyttävään, mutta myös välttävään tilaan (paikat 1 ja 2). Aiempina näytteenottovuosina 1990-2017 Lentuan syvänpaikka 1 on luokittunut hyvään tai jopa erinomaiseen tilaan. Syksyllä 2020 välttävään ekologiseen tilaan luokituvan pitkään seuratun paikan pohjelaän-ELS oli 0.347, kun kaikkien Lentuan paikkojen keskiarvona järvi luokittuisi tyydyttävään tilaan (pohjelaän-ELS 0.428). Kiantajärven syvänteet olivat syksyllä 2020 pääosin erinomaisessa tai vähintään hyvässä tilassa (paikka 3). Kokonaisluokittelussa Kiantajärven paikka 3 luokittui hyvään tilaan (pohjelaän-ELS 0.624), kun Kiantajärven kaikkien paikkojen keskiarvoon perustuva luokittelu antaa erinomaisen tila-arvion (pohjelaän-ELS 0.833). Nuasjärven purkputken läheisistä paikoista paikan 1 pohjelaän-tila on vuosina 2009-2019 ollut hyvä. Vuonna 2020 tuon paikan tila luokittui juuri tyydyttävän ja hyvän rajalle. Lähimpänä purkputken suuta olevan paikan 2 pohjelaän-tila on vuosina 2015-2018 vaihdellut välttävästä hyvään. Vuonna 2020 tuon paikan tila oli tyydyttävä. Kauempana purkputken suusta sijaitsevien Nuasjärven paikkojen 4 ja 5 pohjelaän-tila on vuosina 2015-2020 ollut erinomainen vuotta 2018 lukuun ottamatta, jolloin ne luokittuivat tilaltaan hyväksi. Pyhäjärven kaivoskuormitteinen paikka 1 luokittui tyydyttävään ekologiseen tilaan. Pyhäjärven Kirkkoselän paikka 2 luokiteltiin hyvään tilaan ja seuraavana etelään sijaitseva paikka 3 oli tilaluokituksestaan tyydyttävä. Pyhäjärven toiseksi eteläisin paikka 4 luokittui pohjelaän-tilaan hyväksi ja eteläisin pitkään seurattu paikka 5 on ollut tilaltaan erinomainen kaikkina seuranta-vuosina (1989-2020). Erinomaiseen ekologiseen

tilaan vuonna 2020 luokittuneen Pyhäselän pitkään seuratun paikan pohjelaän-ELS oli 0.878. Kaikkien kolmen Pyhäselän paikan keskiarvona laskettu pohjelaän-ELS oli 0.71, jolloin kaikki paikat ja molemmat pohjelaänmuuttujat yhdistävän tila-arvion mukaan Pyhäjärven Pyhäselkä olisi hyvässä ekologisessa tilassa. Kaikkien Koiruksen Oravilahden paikkojen 1-3 molemmat luokittelumuuttujat yhdistävä pohjelaän-tila oli lähellä tyydyttävän ja hyvän tilan rajaa, näistä kuitenkin vain paikka 1 luokittui tyydyttävään tilaan. Konnusveden paikka Koirus 4 luokittui pohjelaän-tilaan perusteella vain välttävään tilaan. Koiruksen paikan 5 ekologinen tila on aiempina vuosina (1996-2017) ollut pohjelaän-tilaan perusteella hyvä tai tyydyttävä. Vuonna 2020 paikka luokittui kuitenkin vain välttävään tilaan.

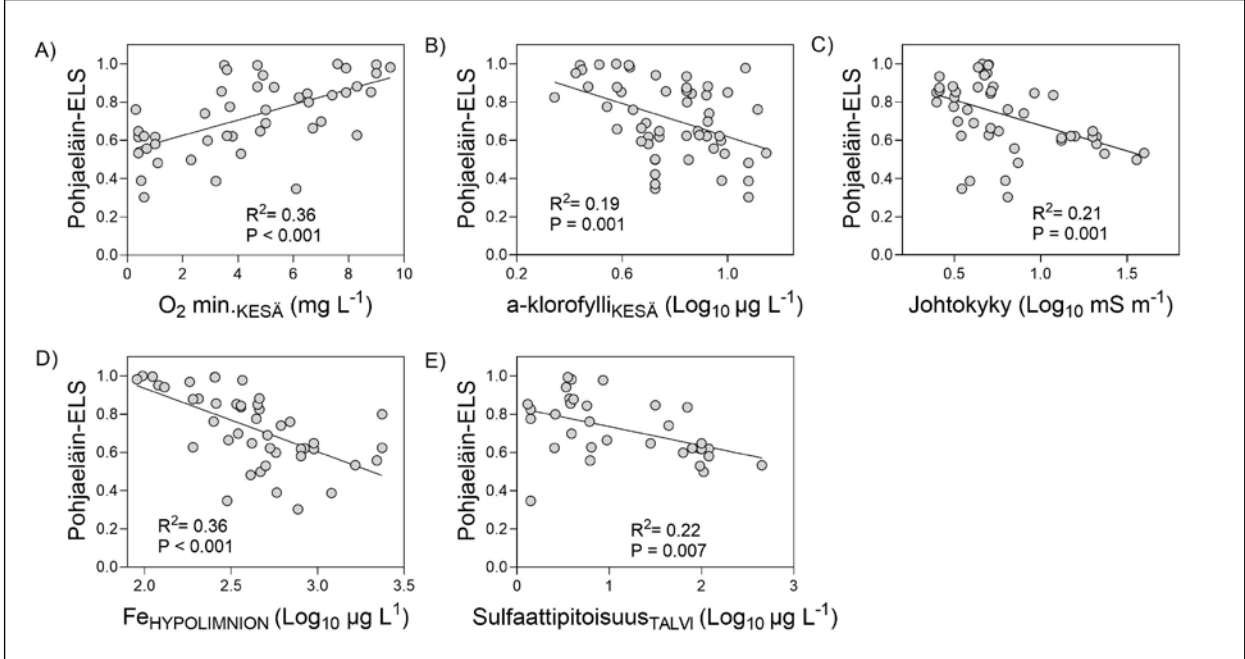
Pohjelaänten kokonaisluokittelua (Pohjelaän-ELS) parhaiten yksinään selittävät muuttujat olivat alusveden kesän happiminimi ja alusveden rautapitoisuus. Positiivinen suhde happiminimiin ja negatiivinen suhde rautapitoisuuteen selittivät molemmat 36 % syvänpohjelaän-tilasta (Kuva 19). Pohjelaän-tilaan negatiivisesti vaikuttavia, mutta sen kanssa hieman heikommin korreloivia muuttujia olivat päällysveden a-klorofyllipitoisuus, alusveden johtokyky ja alusveden talvinen sulfaattipitoisuus. Regressioanalyysissä pohjelaän-tilaa (pohjelaän-ELS) selittäviksi muuttujiksi tarjottiin kuvan 19 muuttujia (alusveden happiminimi, a-klorofylliä, alusveden johtokykyä, rautapitoisuutta ja sulfaattipitoisuutta). Malliin valituiksi tuli kaksi pohjelaän-tilaa selittävää muuttujaa ($P < 0.05$): kesän happiminimi ja päällysveden a-klorofyllipitoisuus, jotka yhdessä selittivät 51 % syvänpohjelaän-tilan vaihtelusta (Taulukko 5). Varianssinosituksen perusteella happiminimin yksinään selittämä osuus mallissa oli 21 % ja a-klorofyllin 11 %, kun 19 % pohjelaän-ELS vaihtelusta oli näiden kahden muuttujan yhdessä selittämää osuutta, josta ei pystytä erittelemään kummankaan muuttujan puhtaasti yksin selittämiä osuuksia (Kuva 20).

Taulukko 5. Syvänpohjelaän-tilan kokonaistilaa (pohjelaän-ELS) selittävän monimuuttujaregressiomallin ($n = 45$) kertoimet, tilastolliset parametrit ja selitysasteet (kumulatiivinen R^2).

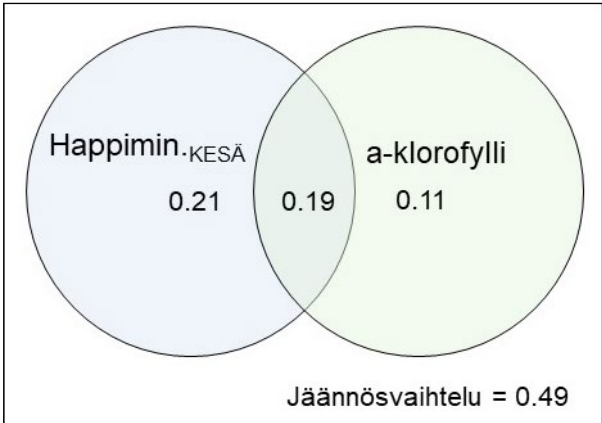
	Kerroin	SE	t	P	Kumul. R^2
Vakiotermi	0.883	0.103	8.56	<0.001	
Kesän happiminimi (mg L^{-1})	0.031	0.008	3.92	<0.001	0.40
a-klorofyllipitoisuus ($\text{Log}_{10} \mu\text{g L}^{-1}$)	-0.372	0.106	-3.53	0.001	0.51



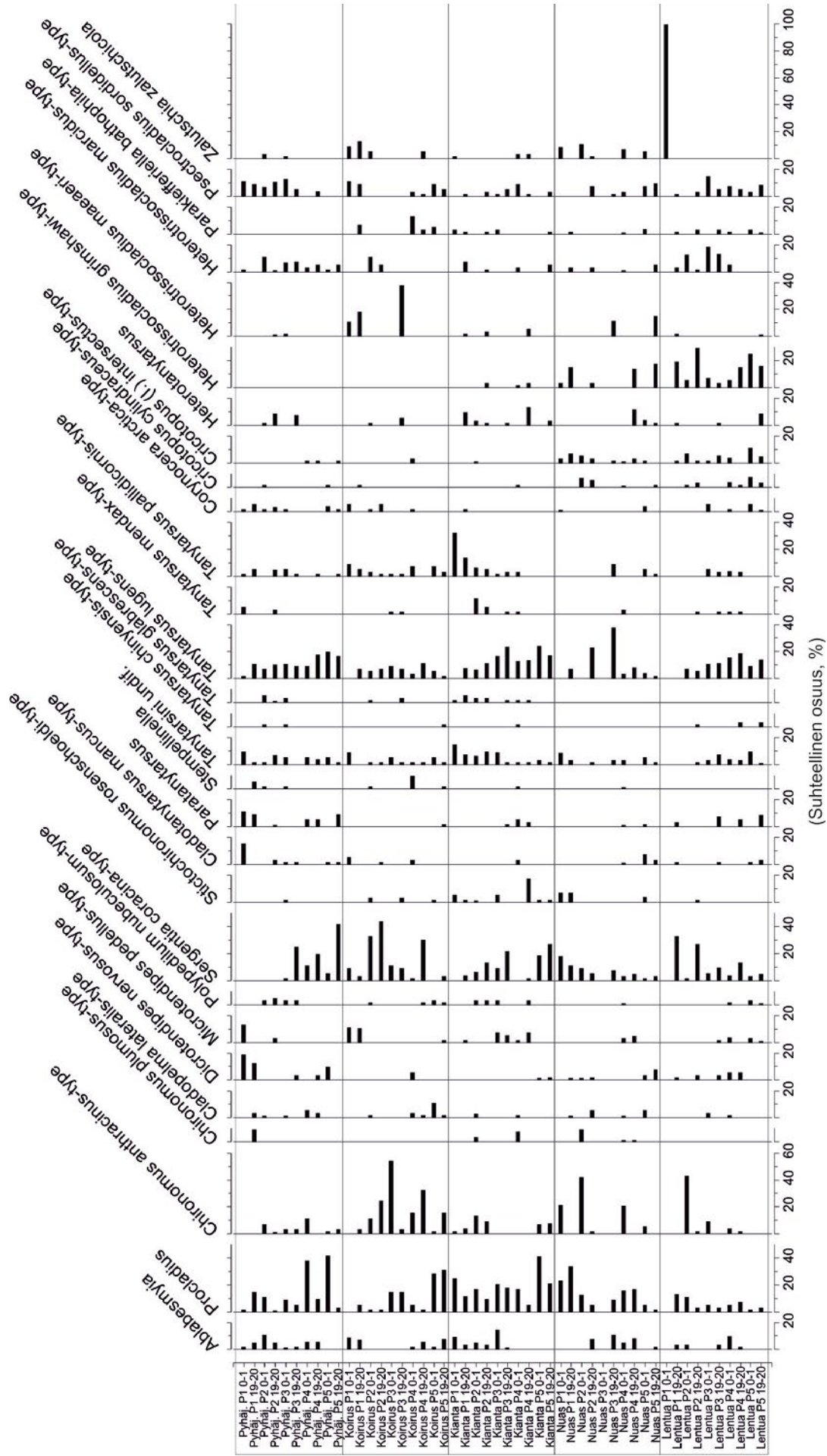
Kuva 18. Tutkimusjärvien PICM- ja PMA-indeksit yhdistävä ekologisen tilan kokonaispohjajaelinluokittelu (Pohjajaelin-ELS). Ekologinen tila on esitetty ekologisina laatusuhteina ja skaalattu tasavälisesti tilaluokkiin: erinomainen = 0.8-1.0, hyvä = 0.6-0.8, tyydyttävä = 0.4-0.6, välttävä = 0.2-0.4 ja huono = 0-0.2 (Aroviita ym. 2019). Oikealla yhdistetyt pohjajaelinluokittelut (skaalatut ekologist laatusuhteet) box-whisker-plotteina kaivoskuormitusluokittain: vertailupaikat, lievästi kaivoskuormitteiset paikat ja kaivoskuormitteiset paikat. Box-whisker-plottien alimmat viikset kuvaavat alakvartiilia päättyen minimiarvoihin, ylempät viikset kuvaavat yläkvartiilia päättyen maksimiarvoihin, laatikon keskiviiva on havaintojen mediaani.



Kuva 19. Tutkimusjärvien PICM- ja PMA-indeksit yhdistävä ekologisen tilan kokonaispohjajaelinluokittelu (Pohjajaelin-ELS) suhteessa A) alusveden happipitoisuuteen loppukesästä (15.7.–31.8.), B) päänlyyveden a-klorofyllipitoisuuteen, C) alusveden johtokykyyn, D) alusveden rautapitoisuuteen ja E) alusveden sulfaattipitoisuuteen.



Kuva 20. Ekologisen tilan luokittelussa käytettävät pohjajaelinmuuttujat (PICM ja PMA) yhdistävää kokonaispohjajaelinluokittelua (Pohjajaelin-ELS) selittävän regressiomallin varianssinositus kahden selittävän muuttujan: alusveden kesäisen happimimim ja a-klorofyllin kesken (Vennin diagrammi).



Kuva 21. Yleisimmät surviaissääkitaksonit sedimentinäytteiden pinta- (0-1 cm) ja pohjanäytteissä (19-20 cm). Nuasjärven pintanäytteessä P3 ja Lentuan pintanäytteessä P1 chironomidejä esiintyi alle tarvittavan 50 kapselia.

Paleolimnologinen näytteenotto

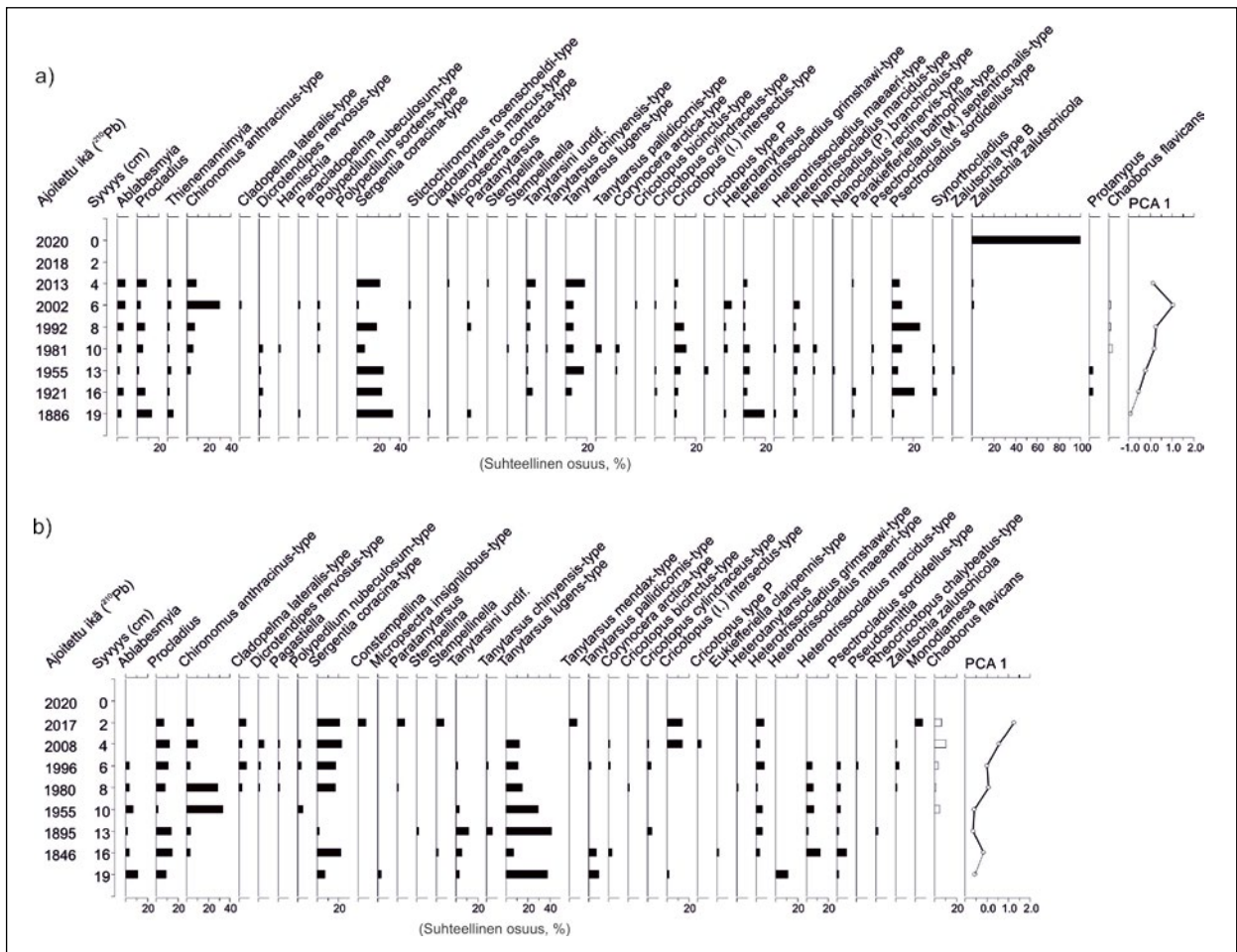
Paleolimnologisista pinta- ja pohjanäytteistä (top-bottom) löytyi riittävä määrä surviaissääskien pääkapseleita lukuunottamatta Nuasjärvi P3 (0 kapselia) ja Lentua P1 (2 kapselia) pintanäytteitä, joita ei voida täten tarkemmin tulkita lajikoostumuksiltaan. Yleisimmät lajit näytteissä olivat *Sergentia coracina*-type, *Procladius*, *Chironomus anthracinus*-type ja *Tanytarsus lugens*-type. Lisäksi *Heterotrissocladus grimshawi*-type Lentuan näytteissä (Kuva 21).

Pyhäjärvässä selkeimmät muutokset pinta- ja pohjanäytteiden välillä olivat *Procladius* ajallinen runsastuminen näytteissä P4 ja P5 sekä *S. coracina* väheneminen näytteissä P3, P4 ja P5. Koiruksen ja Kiantajärven näytteistä ei löytynyt selkeitä yhdenmukaisia piirteitä pinta- ja pohjanäytteissä eri näytepisteiden välillä. Nuasjärvässä *C. anthracinus*-type runsastui kaikissa näytepisteissä, lukuunottamatta näytepistettä P3, josta ei löytynyt analyysiin kokonaisuudessa riittävästi kapseleita. Päinvastainen eli runsautensa suhteen laskeva trendi oli *H. grimshawi*-typellä sekä *T. lugens*-ty-

pellä. Lentuan näytteissä runsastuva kehitys pintanäytteissä oli taksonilla *C. anthracinus*-type sekä *S. coracina*. *Paratanytarsus* puolestaan osoitti laskevaa runsautta pohjanäytteistä pintanäytteisiin.

Lentuan sedimenttinäytesarjassa (Kuva 22a) kahdessa ylimmässä näytteessä (0 ja 2 cm) surviaissääskien pääkapselien määrä jäi alle vaaditun 50 kappaletta. Yleisin taksoni oli *S. coracina*, joka oli runsaimmillaan aineiston pohjalla. Näytesarjan keskivaiheilla yleisiä olivat *T. lugens*-type ja *P. sordidelus*-type. *C. anthracinus*-type oli runsaimmillaan näytteessä 6 cm. PCA arvot osoittivat nousevaa trendiä pohjalta ylöspäin ennen kuin pääkapselien kokonaisuus väheni kahdessa ylimmässä näytteessä.

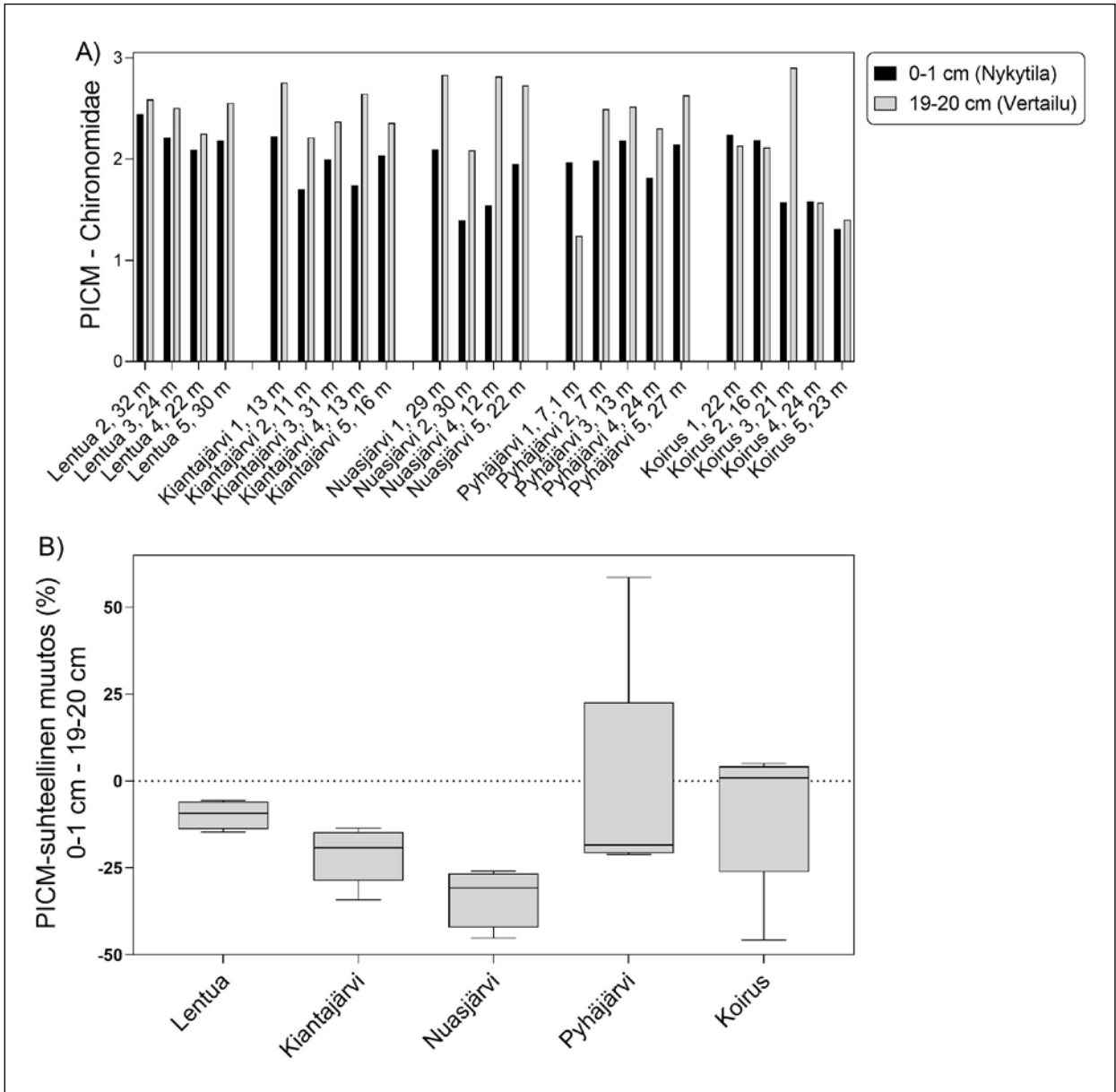
Samoin kuin Lentuassa, Nuasjärven (Kuva 22b) sedimenttinäytesarjan kaksi ylintä näytettä sisälsi alle 50 pääkapselia. Näytesarjan ajallisesti vanhimmissa kerrostumissa (19-10 cm) *T. lugens*-type oli erityisen runsas, mutta väheni tämän jälkeen. *C. anthracinus*-type oli runsaimmillaan näytteissä 10 ja 9 cm. Näytteestä 5 cm ylöspäin *S. coracina* oli yleisin taksoni. Samoin kuin Lentuassa, Nuasjärven PCA arvot kohosivat pohjalta ylöspäin ennen kahta ylintä näytettä.



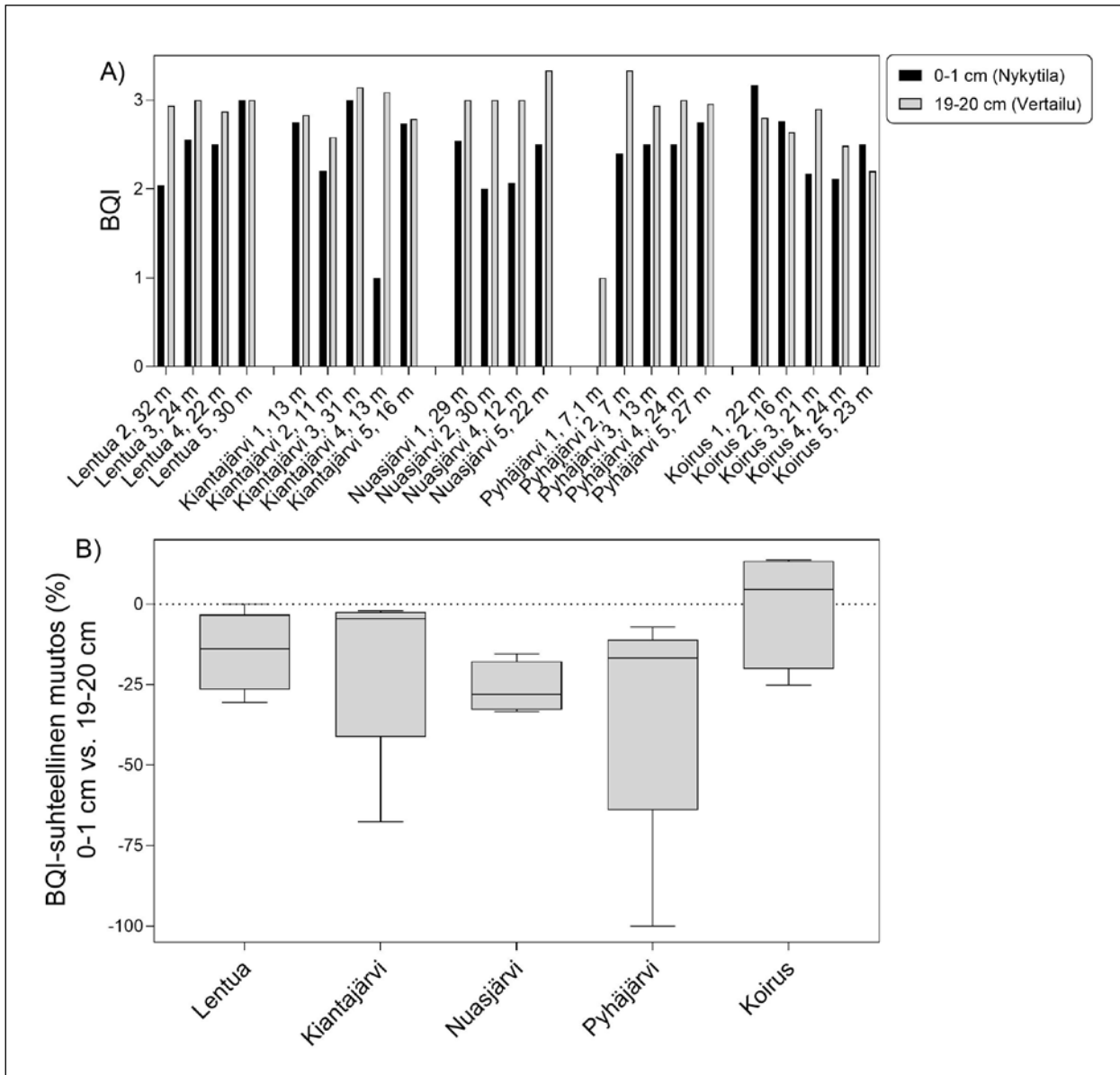
Kuva 22. Surviaissääskilajisto Lentuan (a) ja Nuasjärven (b) sedimenttinäytesarjoissa (0-20 cm). Molempien järvien näytteet 0 ja 2 cm sisälsivät alle vaaditun 50 pääkapselia. Sedimenttinäytesarjojen ikä on arvioitu lyijy-210 menetelmällä.

Surviaissääskistä lasketut PICM-indeksin ja BQI:n arvot Lentuan ja Kiantajärven osalta olivat lähes kaikilla tutkimuspaikoilla pienempiä pintasedimenteissä (0-1) kuin vertailutilaa edustavissa syvemmissä sedimenttikerroksissa (19-20 cm) (Kuvat 23A ja 24A). Lentuan PICM-indeksin arvot olivat 5-15 % alhaisempia ja BQI:n arvot 0-30 % pintasedimentissä kuin vanhemmissa vertailutilaa edustavissa sedimenttikerroksissa (Kuvat 23B ja 24B). Kiantajärven nykytilaa edustavat PICM-indeksin arvot olivat pudonneet 13-34 % ja BQI:n arvot 2-68 % verrattuna vertailutilaa edustaviin arvoihin. Nämä havainnot viittaavat näissä järvissä tapahtuneeseen jonkin asteiseen tilan heikkenemiseen. PICM-indeksin arvot olivat alentuneet erityisen paljon kaivostoiminnan kuormittamassa Nuasjärvessä, jossa nykytilaa edustavat PICM-indeksin arvot olivat 25-45 % alhaisemmat kuin vanhemmissa 19-20 cm sedimenttikerroksissa. BQI arvot olivat Nuasjärven pintasedimenteissä 15-33 % alhaisempia kuin aikaa ennen kuormitusta edustavissa sedimenttikerroksissa. Tilan heikkeneminen näkyi myös Pyhäjärven Kirkkoselän (Pyhäjärvi 2) ja Pyhäselän (Pyhäjärvi 3-5) paikoilla, joissa pintasedimentin PICM-arvot olivat 13-21 % alhaisempia kuin syvemmissä sedimenttikerroksissa. Myös BQI:n arvot olivat Kirkko-

selän ja Pyhäselän pintasedimenteissä 7-28 % vertailutilaa pienempiä. Edellisistä paikoista poiketen Pyhäjärven Junttiselällä kaivostoiminnan voimakkaasti kuormittamalla paikalla Pyhäjärvi 1 PICM-indeksin arvo oli pintasedimentissä 59 % 19-20 cm kerrosta korkeampi, mutta toisaalta BQI oli 100 % vertailutilaa alhaisempi. Tuolla paikalla 19-20 cm sedimenttikerros edusti kuitenkin nykyistä voimakkaamman kuormituksen aikaa 1980-luvulla (Liite 10A), mikä selittää paikalla PICM-indeksin perusteella tapahtuneen tilan parantumisen. Oravilahden-Särkilahden (Koirus 1 ja 2), Konneveden (Koirus 4) ja Koiruksen (Koirus 5) paikoilla PICM-indeksin arvot olivat pintasedimenteissä suunnilleen samalla tasolla 19-20 cm kerrokseen verrattuna. Poikkeuksena muihin Koiruksen paikkoihin oli kuitenkin 46 % 19-20 cm sedimenttikerrosta alempi PICM-indeksin arvo Oravilahden paikan Koirus 3 pintasedimentissä. Oravilahden-Särkilahden paikkojen Koirus 1 ja 2 sekä paikan Koirus 5 BQI-arvot olivat nykytilaa edustavassa pintasedimentissä 4-14 % syvempää 19-20 cm kerrosta korkeampia. Toisaalta lakkaute-
tun kaivoksen kuormittaman Särkilahden-Oravilahden paikan Koirus 3 BQI-arvot olivat pintasedimentissä 25 % ja Konnusveden paikan Koirus 4 arvot 15 % syvempää vertailusedimenttiä alhaisempia.



Kuva 23 A) Surviaissääskilajistosta (Chironomidae) laskettu PICM-indeksi paleolimnologisten näytteiden pintasedimenteissä (0-1 cm) ja 19-20 cm sedimenttikerroksissa. B) PICM-indeksin suhteellinen (%) muutos pintasedimenteissä verrattuna 19-20 cm kerrokseen.

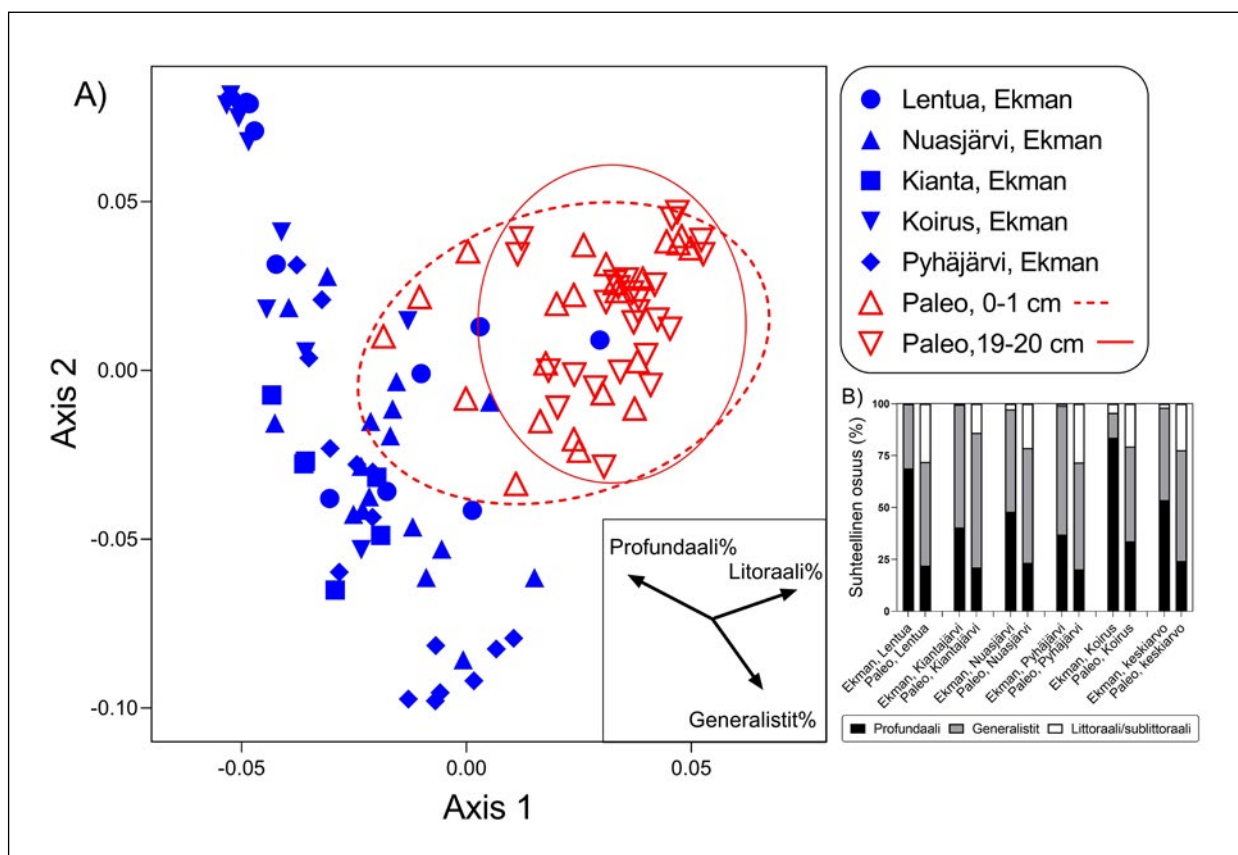


Kuva 24 A) Pohjanlaatuindeksi (BQI) paleolimnologisten näytteiden pintasedimenteissä (0-1 cm) ja 19-20 cm sedimenttikerroksissa. B) BQI:n suhteellinen (%) muutos pintasedimenteissä verrattuna 19-20 cm kerrokseen.

Näytteenottomenetelmien vertailu

Ordinaatioanalyysin perusteella Ekman-noutimella otettujen pohjaeläinnäytteiden ja samalta paikalta otettujen paleolimnologisten näytteiden (0-1 cm ja 19-20 cm sedimenttikerrokset) lajikoostumus on hyvin erilainen (Kuva 25A). Litoraalilajiston suhteellinen runsaus korreloi positiivisesti ($r = 0.72$, $n = 108$, $P < 0.001$) ja profundaalilajiston suhteellinen runsaus negatiivisesti ($r = -0.74$, $n = 108$, $P < 0.001$) ensimmäisen ordinaatioakselin kanssa. Generalistien suhteellinen osuus korreloi negatiivisesti ja voimakkaasti toisen ordinaatioakselin kanssa ($r = -0.81$, $n = 108$, $P < 0.001$). Paleolimnologisissa näytteissä oli huomattavasti enemmän litoraali- ja sublitoraalilajistoa, joita taas oli Ekman-näytteissä erittäin vähän (Kuva 25B). Tämä ero näytteenottomenetelmien välillä oli myös tilastollisesti merkitsevä (*kaikki paikat ja eri aikaa edustavat näytteet yhdistetty menetelmien sisällä*: Mann-Whitneyn testi, $U = 8,251$, $n = 108$, $P < 0.001$; *paikkojen sisäinen pareittainen testaus Ekman vs. pintasedimentti-*

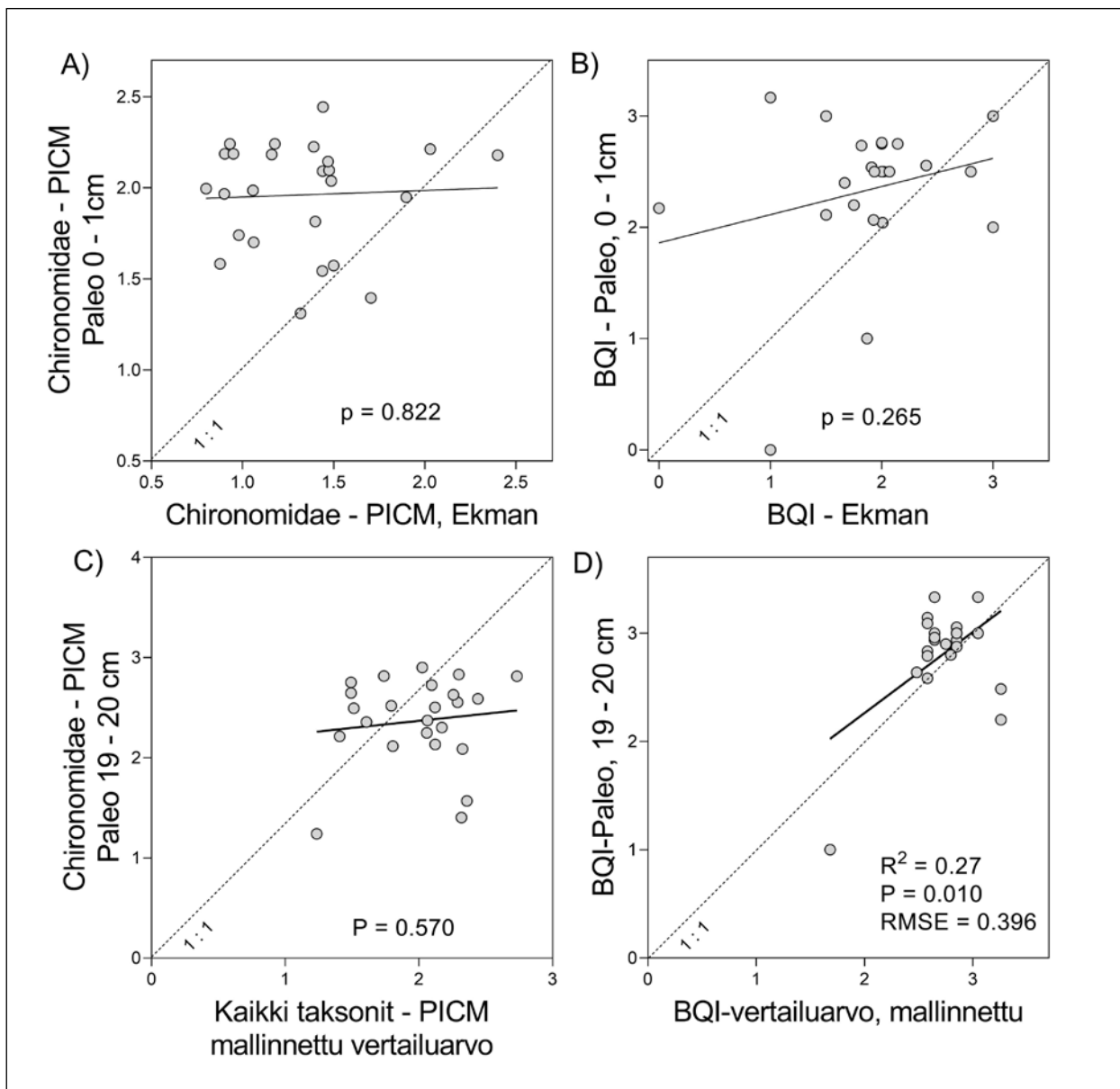
näyte: Wilcoxon signed rank-testi, $Z = 4.074$, $n = 23$, $P < 0.001$). Ekman-näytteissä esiintyi selkeästi enemmän varsinaisia syvänelajeja paleolimnologiaan näytteisiin verrattuna (*kaikki paikat ja eri aikaa edustavat näytteet yhdistetty menetelmien sisällä*: Mann-Whitneyn testi, $U = -4.984$, $n = 108$, $P < 0.001$; *paikan sisäinen pareittainen testaus Ekman vs. pintasedimenttinäyte*: Wilcoxon signed rank-testi, $Z = -3.832$, $n = 23$, $P < 0.001$). Kaikissa syvyyksissä esiintyvien generalistien suhteellinen osuus ei eronnut tilastollisesti merkitsevästi Ekman ja paleolimnologisten näytteiden välillä, kun vertailua varten yhdistettiin kaikki paikat ja eri aikaa edustavat näytteet kummankin näytteenottomenetelmän sisällä (Mann-Whitneyn testi, $P = 0.172$). Kuitenkin, kun syvyysgeneralistien osuutta testattiin vertaamalla saman paikan Ekman ja pintasedimenttinäytteitä keskenään, syvyysriippumattomien generalistilajien suhteellinen runsaus oli keskimäärin hieman suurempi paleolimnologisissa näytteissä (Wilcoxon signed rank-testi, $Z = 2.129$, $n = 23$, $P = 0.033$).



Kuva 25 A) Tutkimusjärvien Ekman- ja Paleolimnologisten näytteiden PCoA-ordinaatio. Ordinaatio perustuu samalta paikalta otettujen näytteiden taksonomialtaan yhdenmukaistettuun surviaissääskilajistoon. Nuolet kuvaavat syväne- (profundaali%) ja litoraalilajien sekä laajan syvyystoleranssin omaavien generalistilajien suhteellisten runsauksien ja ordinaatioakselien välisiä korrelaatioita. B) Syväne- (profundaali), generalisti- ja litoraalilajien suhteelliset runsaudet eri tutkimusjärjissä ja eri näytteenottomenetelmin (Ekman ja Paleo).

Saman paikan näytteiden surviaissäskiin perustuvat PICM-indeksi-arvot (Chironomidae-PICM) olivat suuressa osassa tutkimuspaikoista huomattavasti korkeampia pintasedimenttien paleo-näytteissä kuin Ekman-näytteissä (Kuva 26 A). PICM-arvot eivät myöskään korreloineet pintasedimentin paleo-näytteiden ja Ekman-näytteiden välillä ($P = 0.822$). BQI-arvot olivat myös useimmilla paikoilla korkeampia paleo-näytteissä kuin Ekman-näytteissä eivätkä arvot korreloineet merkittävästi keskenään (Kuva 26 B). Ero näytteenottomenetelmien välillä saman paikan BQI-arvoissa oli kuitenkin pienempi kuin vastaava ero PICM-indeksin kohdalla. Sen sijaan Ekman-

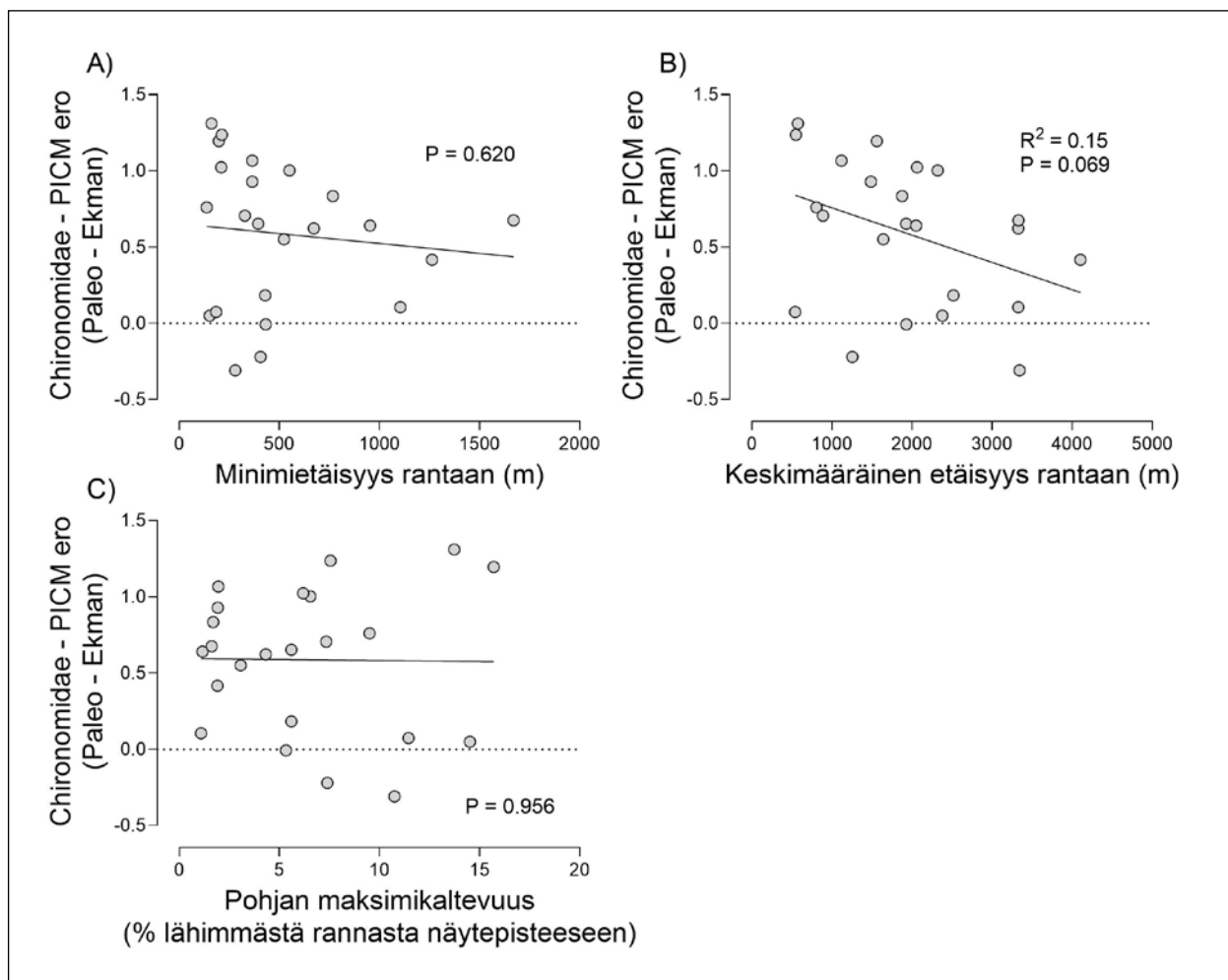
aineistojen pohjalta kullekin näytteenottopaikalle mallinnetut PICM-indeksin vertailuarvot olivat kohdalaisen lähellä paikan 19-20 cm sedimenttikerroksen paleo-näytteistä laskettuja PICM-indeksin arvoja (Kuva 26 C). Tästä huolimatta mallinnetut PICM-vertailuarvot ja 19-20 cm paleonäytteestä havaitut PICM-arvot eivät korreloineet keskenään. Ekman-aineistojen pohjalta mallinnetut BQI-vertailuarvot olivat varsin lähellä 19-20 cm paleonäytteissä havaittuja BQI-arvoja (Kuva 26 D). Mallinnetut vertailuarvot ja syvemmillä sedimentissä havaitut BQI-arvot myös korreloivat keskenään, vaikkakin tuo korrelaatio oli tässä aineistossa varsin heikko ($P = 0.010$).



Kuva 26 A) Surviaissäskilajeista lasketun Chironomidae-PICM-indeksin suhde saman paikan pintasedimentin paleolimnologisesta näytteestä laskettuun Chironomidae-PICM-indeksiin. B) Pohjanlaatuindeksien (BQI) suhde Ekman- ja samalta paikalta otetussa paleolimnologisessa pintasedimentin näytteessä. C) Paikalle mallinnetun (kaikki pohjaeläintaksonit sisältävän) PICM-vertailuarvon (Aroviita ym. 2019) suhde samalta paikalta otetun paleo-vertailutilaa edustavan (19-20 cm sedimenttikerros) näytteen Chironomidae-PICM-indeksiin. D) Paikalle mallinnetun BQI-vertailuarvon (Vuori ym. 2009) suhde samalta paikalta otetun paleo-vertailutilaa edustavan (19-20 cm sedimenttikerros) näytteen BQI-indeksiin.

Testasimme myös järven morfometrian (järven selän avoimuus ja pohjan jyrkkyys) vaikutusta surviaissäskipohjaisten pohjaeläinindeksien (Chironomidae-PICM ja BQI) eroihin Ekman- ja pintasedimentin (0-1 cm) paleolimnologisten näytteiden välillä. Odotusten vastaisesti ero näytteenottojen Chironomidae-PICM arvoissa ei korreloinut merkittävän negatiivisesti ($P = 0.620$) suhteessa lähimpään rantaan mitattuun matkaan (Kuva 27 A). Toisaalta näytteenottomenetelmien PICM-indek-

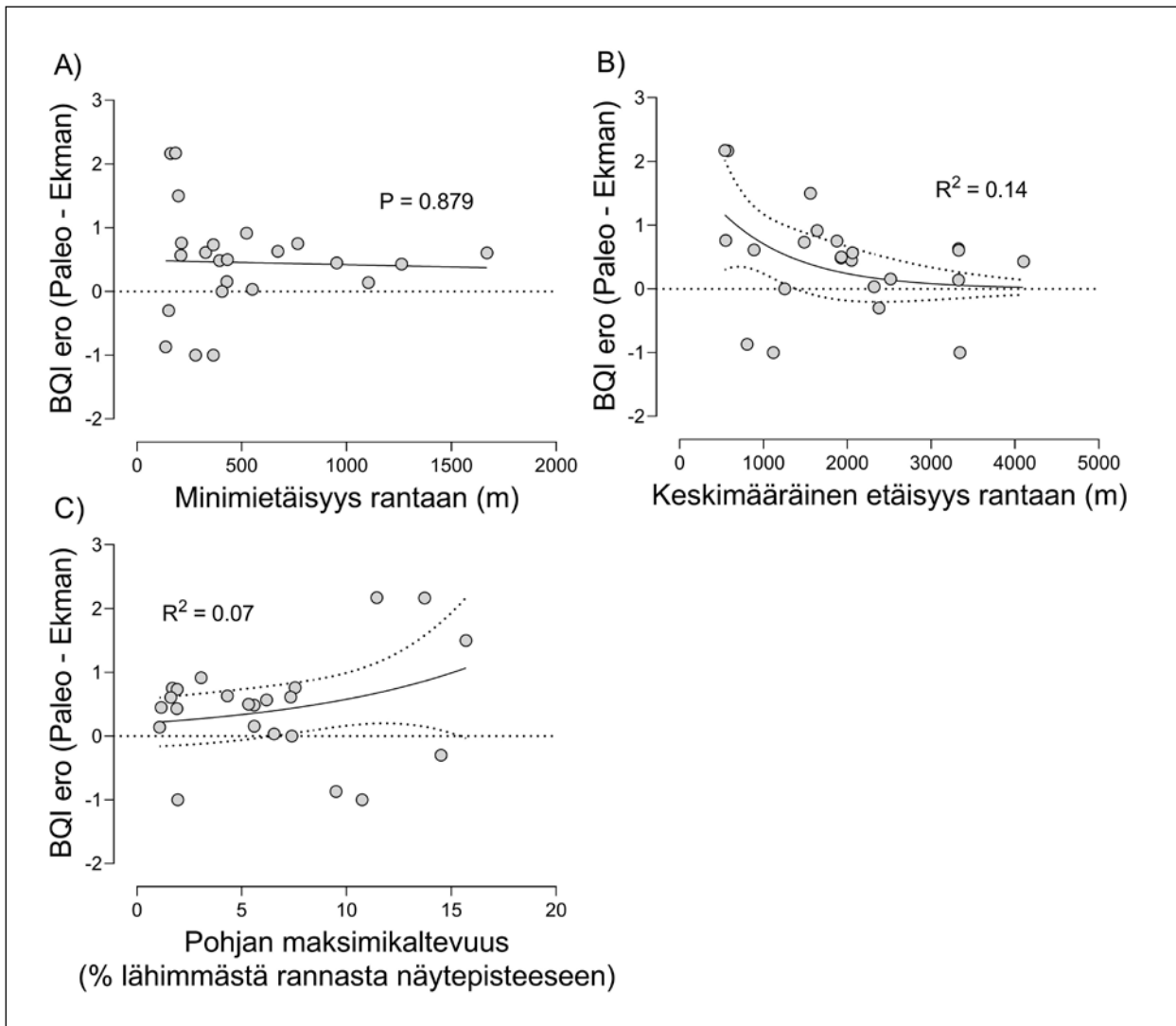
sin arvot olivat jonkin verran lähempänä toisiaan avoimilla järven selillä, kun keskimääräinen etäisyys rantaan oli suuri, kuin suojaisemmissa paikoilla (Kuva 21 B). Keskimääräinen etäisyys rantaan selitti 15 % Chironomidae PICM-indeksin eroista menetelmien välillä. Tämä riippuvuussuhde ei ollut kuitenkaan tilastollisesti merkitsevä ($P = 0.069$). Pohjan maksimikaltevuudella ei ollut vaikutusta Chironomidae PICM-indeksin eroihin näytteenottomenetelmien välillä ($P = 0.956$).



Kuva 27. Surviaissäskistä lasketun PICM-indeksin (Chironomidae-PICM) ero Ekman-näytteiden ja paleolimnologisten pintasedimenttinäytteiden (0-1 cm) välillä suhteessa A) näytepisteen etäisyyteen lähimmästä rannasta (minimietäisyys rantaan), B) näytepisteestä laskettuun 360° avoimuuteen (keskimääräinen etäisyys rantaan) ja C) pohjan maksimikaltevuuteen (% minimietäisyys linjaa pitkin laskettuna).

Morfometrisistä muuttujista näytteenottoaikan keskimääräisen avoimuuden havaittiin vaikuttavan pohjanlaatuindeksin (BQI) arvojen eroavuuksiin Ekman ja pintasedimenttinäytteiden välillä (Kuva 28 A ja B). Odotusten mukaisesti näytteenottomenetelmien väliset erot BQI-arvoissa olivat pienempiä avoimilla paikoilla. Negatiivinen yhteys

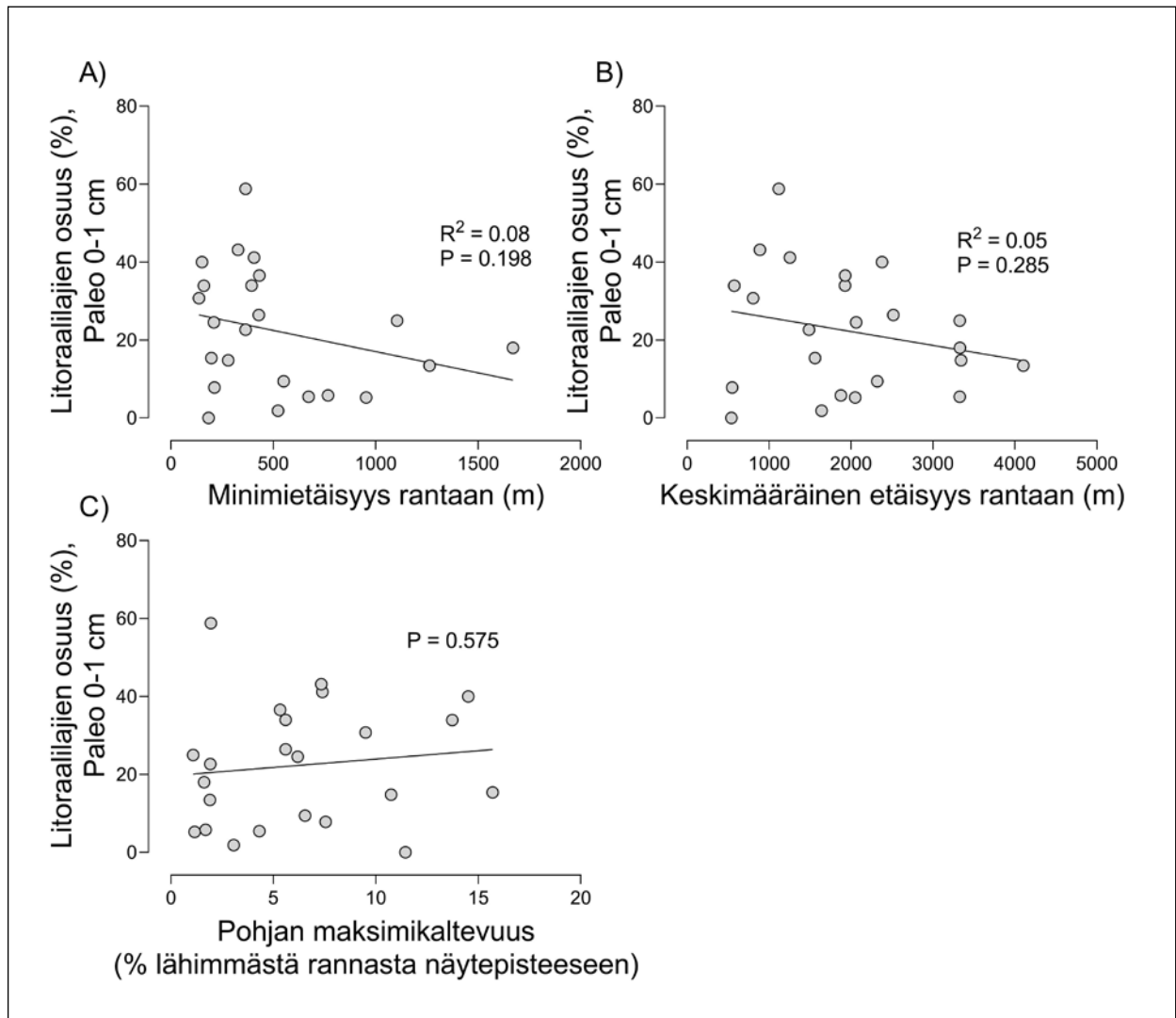
keskimääräisen avoimuuden kanssa selitti 14 % BQI-eron vaihtelusta (Kuva 28 B). Myös pohjan jyrkkyys näytti selittävän jossain määrin BQI-eroja näytteenottomenetelmien välillä (Kuva 28 C). Erot indeksin arvoissa olivat pienempiä loivapohjaisilla paikoilla kuin jyrkkäpohjaisilla näytteenottoaikoilla.



Kuva 28. Pohjanlaatuindeksin (BQI) ero Ekman-näytteiden ja paleolimnologisten pintasedimenttinäytteiden (0-1 cm) välillä suhteessa A) näytepisteen etäisyyteen lähimmästä rannasta (minimietäisyys rantaan), B) näytepisteestä laskettuun 360° avoimuuteen (keskimääräinen etäisyys rantaan) ja C) pohjan maksimikaltevuuteen (% minimietäisyys linjaa pitkin laskettuna).

Vaikka litoraalilajien osuus palaeolimnologisissa näytteissä oli jonkin verran runsaampaa suojaisilla paikoilla (Kuva 29 A ja B), ei litoraalilajiston osuus korreloinut kuitenkaan merkitsevästi avoimuuteen

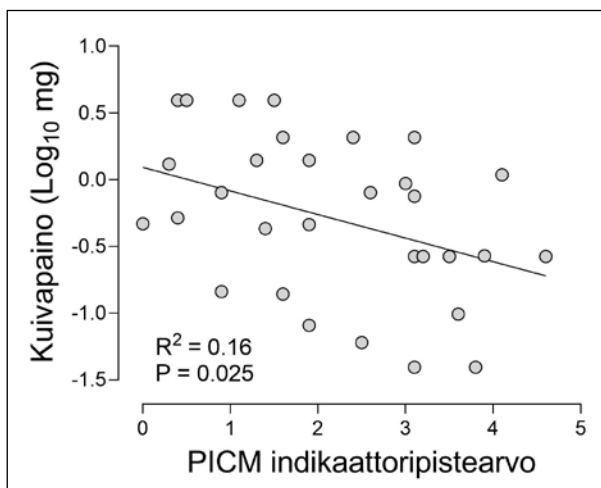
liittyvien muuttujien kanssa. Pohjan jyrkkyydellä ei havaittu myöskään olevan merkitsevää vaikutusta litoraalilajien kertymiseen paleolimnologiseen sedimentinäytteeseen (Kuva 29 C).



Kuva 29. Litoraalilajien suhteellinen osuus paleolimnologisissa pintasedimentinäytteissä (0-1 cm) suhteessa A) näytepisteen etäisyyteen lähimmästä rannasta (minimietäisyys rantaan), B) näytepisteestä laskettuun 360° avoimuuteen (keskimääräinen etäisyys rantaan) ja C) pohjan maksimikaltevuuteen (% minimietäisyys linjaa pitkin laskettuna).

Tulosten tarkastelu

Syvännepohjaeläinten tiheydet olivat tutkimusjärvissemme keskimäärin jonkin verran suurempia kaivoskuormitteisissa syvänteissä kuin vertailupaikoilla. Tästä havainnosta poiketen Mousavin ym. (2003) tutkimuksessa syvänteiden pohjaeläinrunsaudet olivat alhaisempia voimakkaan kaivoskuormituksen alaisissa järvisissä verrattuna lievemmin kuormitettuihin tai kuormittamattomiin järviin. Pohjaeläinten tiheys korreloi tässä aineistossa negatiivisesti ja kaikkein voimakkaimmin alusveden loppukesän happipitoisuuden kanssa. Tämä liittyi erityisesti vähähappisia syvänteitä päiväaikaisina suoja paikkoinaan käytävien *Chaoborus*-sulka-sääsken toukkien runsauteen tämän tutkimuksen vähähappisissa syvänteissä (Kuva 6 C, Saether 1997, Quinlan & Smol 2010). Dinsmore ym. (1999) havaitsivat syvänteiden pohjaeläinten biomassan ja alusveden happipitoisuuden välillä unimodaalisen riippuvuussuhteen (selitettävän muuttujan arvo saavuttaa huippunsa selittävän muuttujan keskimääräisillä arvoilla, jonka jälkeen se laskee), jossa pohjaeläinbiomassa oli korkeimmillaan keskimääräisillä 3-8 mg L⁻¹ happipitoisuuksilla. Syvänteiden pohjaeläinten runsauden mittareina pinta-alaan suhteutetut eläintiheys ja biomassa eivät kuitenkaan ole suoraan verrannollisia rehevyys-happigradien-teilla, koska rehevien järvien vähähappisille olosuhteille tyypilliset lajit ovat keskimäärin suuri-kokoisempia kuin karujen järvien runsashappisten pohjien lajit (Kuva 30). Tämän tutkimuksen järvisissä pohjaeläinten kokonaisrunsaus korreloi positiivisesti myös järven tuottavuuden (a-klorofylli) sekä alusveden rautapitoisuuden kanssa.



Pohjaeläinten lajirunsaudet Ekman-näytteissä eivät poikenneet vertailujärvien ja lievästi kaivoskuormitteisten paikkojen välillä. Lajirunsaus oli kuitenkin hieman korkeampi lievästi kuormitetuilla paikoilla kuin voimakkaamman kaivoskuormituksen alaisilla paikoilla. Mousavi ym. (2003) havaitsivat litoraalipohjaeläimistöön lajirunsauden olevan huomattavasti alhaisempi Venäjän Kuolassa sijaitsevan Nikelin nikkeli-kaivoksen kuormittamisissa järvisissä kuin kauempana kaivoksesta alavirtaan olevassa järvisessä tai kaukana ylävirrassa sijaitsevalla järvellä. Sen sijaan vastaava vaikutus syvänteiden pohjaeläinten lajirunsautteen oli hyvin vähäinen. Aiemmissä virtavesien pohjaeläimiä koskevissa tutkimuksissa on havaittu vaihtelevia kaivostoiminnan vaikutuksia pohjaeläinten lajirunsautteen. Joissakin tutkimuksissa virtavesien pohjaeläinyhteisöjen monimonimuotoisuuden on havaittu vähenevän kaivostoiminnan vaikutuksesta (Malmqvist & Hoffsten 1999). Toisaalta Suomen Lapissa kaivostoiminnan ei havaittu vaikuttavan pohjaeläinten lajirunsautteen virtavesissä. Sen sijaan piilevien lajirunsaus väheni kaivoskuormituksen vaikutuksesta (Mykrä ym. 2021). Kaivosvaikutusten voimakkuus on riippuvainen päästöissä esiintyvien haitallisten aineiden (kuten metallien) konsentraatiosta, eri aineiden mahdollisista yhteisvaikutuksista ja eliöiden elinolosuhteissa tapahtuvien muutosten suuruudesta (Clements 2004). Tutkimusjärvissemme talvi- ja kesäkerrostuneisuuskausien happiminimit korreloivat molemmat positiivisesti lajirunsauden kanssa selittäen yhteensä 31 % syvänteiden pohjaeläinten lajirunsauden vaihtelusta. Myös aiemmissa tutki-

Kuva 30. PICM-indeksissä esiintyvien surviaissääskilajien (*Chironomidae*) keskimääräinen viimeisen toukkavaiheen kuivapaino suhteessa indikaattorin pistearvoon. Kuivapainon laskentaa varten käytettiin sukutason neljännen toukkavaiheen potentiaalisia ruumiinpituuksia (Serra ym. 2016), jotka muunnettiin kuivapainoiksi (DM, mg) pituus-kuivapaino yhtälöiden: DM = a L^b avulla (Benke ym. 1999).

muksissa on havaittu alusveden happipitoisuuden ja syvänpohjaeläimistön lajirunsauden välinen positiivinen yhteys (Fornaroli ym. 2016).

Ekman-aineistossa tarkasteltiin syvänpohjaeläinten yhteisökoostumuksen vaihtelua järvien välillä ja saman paikan sisällä tapahtuvia vuosien välisiä muutoksia ordinaatioanalyysin avulla. Analyysi erotteli kohtalaisen hyvin hyvässä tilassa olevat ja voimakkaamman kuormituksen alaiset paikat toisistaan (Kuva 12). Analyysin perusteella yhteisökoostumusta selittäviä tekijöitä olivat ensimmäisen ordinaatioakselin kanssa positiivisesti korreloineet a-klorofylli sekä alusveden happi, rauta- ja sulfaattipitoisuus. Toisen ordinaatioakselin suuntainen vaihtelu liittyi ravinnepitoisuuksiin sekä keskenään negatiivisesti korreloiviin näytesyvyyteen ja alusveden lämpötilaan. Lisäksi molempien ordinaatioakselien kanssa merkittävästi ($P < 0.05$) korreloineita muuttujia olivat alusveden happipitoisuus, näkösyvyys ja veden väri. Siten tämän tutkimuksen havainnot tukevat aiempaa käsitystä syvyyden, järven tuottavuuden, veden humuspitoisuuden ja happiolojen hallitsevasta roolista syvänteiden pohjaeläinyhteisöjen muokkaajina (Hynynen ym. 1999, Jyväsjärvi ym. 2009, 2012, 2014, Luoto 2011).

Huomion arvoista oli etenkin aineiston järvien joukossa parhaassa ekologisessa tilassa olevien Lentuan ja Pyhäjärven Pyhäselän pitkään seurattujen syvänteiden tilan heikkeneminen aivan viime vuosina. Tämä muutos oli erityisen voimakas Lentualla, jossa rehevien olojen vähähappisilla pohjilla viihtyvät *Chironomus*-surviaissääsket ja sulkasääsken toukat (*Chaoborus flavicans*) ovat runsastuneet, kun syvänteissä aiemmin esiintyneet karumpia oloja kuvastavat lajit (mm. *Sergentia*- ja *Stictochironomus*-surviaissääsket) ovat vähentyneet (Kuva 8). Myös Pyhäjärven vuodesta 1989 alkaen seurattujen syvänteiden lajisto on muuttunut 2000-luvulla. Ennen 1990-luvun puoltaväliä paikan lajistossa ei esiintynyt rehevämpiä oloja ilmentäviä *Chironomus*-surviaissääskiä eikä sulkasääsken toukkia, jotka ovat runsastuneet 2000-luvun aikana. Samanaikaisesti ovat vähentyneet erityisesti karujen järvien syvänteille tyypilliset *Spirosperma ferox*-harvasukasmadot (Wiederholm 1980, Jyväsjärvi ym. 2009). Lentuan ja Pyhäjärven pitkään seurattujen syvänteiden lajiston muutos 1990-luvulta tähän päivään näkyy myös ordinaatioissa (Kuva 12) vuosittaisten havaintojen siirtymisenä vasemmalta oikealle (paremmasta tilasta kohti heikompa tilaa). Lisäksi ajassa tapahtunut muutos Lentuan,

Kiantajärven sekä Pyhäjärven Pyhäselän surviaissääskilajistossa näkyy paleolimnologisissa näytteissä verrattaessa pintasedimentistä ja syvemältä 19-20 cm sedimenttikerroksesta laskettuja PICM- ja BQI-indeksien arvoja, jotka ovat nykyäikää edustavassa pintasedimentissä huomattavasti vertailutilaa (aika ennen ihmistoiminnan vaikutuksia) alhaisempia (Kuvat 23 ja 24). Nämä havainnot syvänpohjaeläinlajiston viimeaikaisista muutoksista metsätalouteen liittyvän hajakuormituksen eri asteisesti kuormittamissa järvissä saattavat liittyä ilmaston muutoksen aiheuttamaan järvien ruskettumiseen ja sen seurauksena muuttuneisiin happiolosuhteisiin (Williamson ym. 2015, Knoll ym. 2018). Järvien ruskettuminen liittyy muuttuvassa ilmastossa lisääntyneeseen valuma-alueelta tulevaan humuskuormaan. Tutkimusjärvistämme tämä näkyy erityisen hyvin Lentuassa ja Kiantajärvessä, joissa humuksen määrää indikoiva veden väriarvo on kasvanut erityisesti viimeisen reilun kymmenen vuoden aikana (Liite 12). Ilmaston muutoksen ohella ruskettumisen aiheuttavaa humuskuormitusta kiihdyttävät maankäyttöintensiivettiin liittyvät toimet (Evans ym. 2005, Nieminen ym. 2021). Suomessa humuskuormitusta lisäävät erityisesti turveilla yleiset metsäojitukset (Estlander ym. 2021, Nieminen ym. 2021). Vesistöjen fysikaalis-kemiallisten olosuhteiden muutoksen lisäksi vesien ruskettumisella on myös ekologisia (Williamson ym. 2015, Senar ym. 2019, 2021) ja vesistöjen käyttöarvoon (Kritzberg ym. 2020, Senar ym. 2021) liittyviä seurauksia. Esimerkiksi raakaveden käsittelykustannukset juomaveden tuottamiseksi kasvavat veden sisältämän orgaanisen aineksen määrän lisääntyessä (Kritzberg ym. 2020). Lisäksi sinilevien on havaittu runsastuvan ruskettuvissa vesistöissä (Senar ym. 2021), mikä vähentää vesistöjen virkistysarvoa. Lisäksi kalasta saatavien ihmiselle terveellisten monitydyttämättömien rasvahappojen (omega-rasvahapot) määrä kasviplanktonissa ja pohjaeläimistöissä vähenee vesistöjen ruskettumisen seurauksena (Taipale ym. 2016, Kesti ym. 2021). Siten monitydyttämättömien omega-rasvahappojen kulkeutuminen ravintoverkon läpi kalaan vähenee, jonka seurauksena ruskeavetisen järven kalan ravintoarvo voi olla rasvahappokoostumuksen osalta kirkasvetisen järven kalan ravintoarvoa alhaisempi (Taipale ym. 2016).

PICM-indeksi luokitteli voimakkaimman kaivoskuormituksen alaiset paikat Nuasjärvellä ja Koiruksella (Oravilahti) pääsääntöisesti tyydyttävään

tilaan (Kuva 13), kun PMA luokitteli samat paikat aavistuksen parempaan (tydyttävään tai hyvään) tilaan (Kuva 16). Indeksien keskiarvona laskettu pohjaeläintila vaihteli Nuasjärven kuormitetuimalla alueella ja Koiruksen Oravilahdella näytteenotto paikasta ja -vuodesta riippuen tyydyttävästä hyvään tilaan. Kaivoskuormituksen vaikutusta ei havaittu mm. Nuasjärven kauempana Terrafamen päästöputkesta sijaitsevilla paikoilla (Nuasjärvi 4 ja 5), jotka luokittuivat syvänpohjaeläimistön perusteella erinomaiseen tai hyvään tilaan. Kaivospäästöihin liittyvät alusveden sulfaattipitoisuudet ovat olleet kauempana Terrafamen päästöputkesta Rimpilänsalmessa sijaitsevalla syvänteellä Nuasjärvi 5 huomattavasti alhaisempia kuin lähelle putken päätä sijoittuvalla syvänteellä Nuasjärvi 2 (Liite 4). Näin ollen kaivoksen sulfaattipitoiset jätevedet näyttävät laimenevan varsin tehokkaasti poistoputkesta pois päin noin 6 kilometrin matkalla. Pyhäjärven Juntinselkä luokitui syksyn 2020 pohjaeläinnäytteenotossa PICM:n perusteella hyvään, mutta PMA-luokituksessa välttävään ja indeksit yhdistävässä luokituksessa tyydyttävään tilaan. Voimakkaasti kuormitetun matalan ja laakean Juntinselän syväne on paikkana poikkeava mataluudesta johtuen. Lisäksi paikan näytteissä esiintyi hyvin vähän eläimiä *Procladius*-surviaissääskiä (ei PICM-indikaattoriarvoa) lukuun ottamatta. Juntinselkä on voimakkaasti kuormitettu omaksi vesimuodostumakseen rajattu Pyhäjärven osa-allas, joka on pitkään kärsinyt kaivoksen sulfaattipitoisten jätevesien kuormituksesta ja erityisesti talvikerrostuneisuuskauteen ajoittuvasta hapettomuudesta (Liite 3). Puhtaasti kaivostoiminnasta johtuvan kuormituksen erottaminen muun kuormituksen vaikutuksista tutkimusjärvissä on tämän aineiston perusteella vaikeaa. Parhaiten PICM-indeksin arvoissa esiintyvää vaihtelua aineistossa selittivät alusveden loppukesän happiminimi ja alusveden rautapitoisuus, jotka selittivät yhdessä 60 % PICM-indeksin vaihtelusta (Taulukko 3, Kuva 15). Mallissa positiivinen korrelaatio happiminimiin selitti yksin 14 % ja negatiivinen korrelaatio alusveden rautapitoisuuteen 12 % PICM-indeksin vaihtelusta. Raudalla voi olla haitallisia ekotoksikologisia vaikutuksia vesistöissä ja rautakuormitus valuma-alueilta on lisääntynyt turvemaiden ojitusten myötä (Vuori 1995, Estlander ym. 2021, Heikkinen ym. 2022). PICM-indeksi korreloi negatiivisesti ravinnepitoisuuden kanssa (Jyväsjärvi ym. 2014), joka edelleen korreloi yleensä negatiivisesti alusveden

happipitoisuuden kanssa. Järvien luontaiseen vaihteluun liittyvät altaan keskisyvyyden, näytesyvyyden ja humuspitoisuuden (veden värin) vaikutukset PICM-indeksin arvojen vaihtelussa otetaan huomioon ekologisten laatusuhteiden laskennassa mallintamalla odotusarvot näytesyvyyden, keskisyvyyden ja veden värin perusteella (Aroviita ym. 2019).

PICM-indeksi ja PMA antoivat varsin poikkeavia tilaluokituksia ja vain 42 % aineiston tapauksista molemmat luokittelumuuttujat luokittelivat paikan samaan tilaluokkaan (Liite 13). Joissakin tapauksissa luokituksen ero muuttujien välillä oli enemmän kuin yhden tilaluokan verran, yhdessä tapauksessa ero oli jopa kolme tilaluokkaa ja viisi kertaa kahden tilaluokan verran. PICM-indeksi luokitteli 33 % tapauksista näytteenotto paikan alempaan tilaluokkaan kuin PMA, joka luokitteli paikan 25 % tapauksista alempaan tilaluokkaan kuin PICM. PMA:n tässä tutkimuksessa havaittu PICM-indeksiä huomattavasti heikompi yhteys ympäristömuuttujiin saattaa viitata PMA:n suurempaan epävakauteen luokittelutilanteissa. Näiden tulosten perusteella syvänpohjaeläinluokittelussa saattaisi olla kehitettävää erityisesti käytettävien indeksien osalta.

Paleolimnologisissa aineistoissa tuloksia tulkitaan tyypillisesti suhteessa aikaan. Pyhäjärven paleolimnologisten pinta- ja pohjanäytteiden välisessä vertailussa *Procladius*en lisääntyminen ja samanaikainen *Sergentia coracinan* vähentyminen näytepisteissä P4 ja P5 voivat indikoida jonkinlaisesta limnologisesta häiriötilasta. *Sergentia* on rehevöitymiselle herkkä syvänteiden surviaissääski (Meriläinen ym. 2000, Brodersen & Quinlan 2006, Luoto 2011), jolla on alhainen lämpötila optimi ja joka korkean painoon suhteutetun hapen kulutuksensa vuoksi sietää huonosti vähähappisia oloja (Brodersen ym. 2008). Siten havaitut muutokset voivat liittyä ilmastomuutoksen ja sen seurauksena kiihtyvän rehevöitymisen tai järven ruskettumisen vaikutuksiin. Vähentyneen *S. coracinan* lämpötilaoptimi on huomattavasti *Procladius*ta alhaisempi. Koiruksen ja Kiannan kohdalla lajistomuutokset eivät olleet samansuuntaisia näytepisteiden välillä, vaikkakin joissain näytteissä esiintyi isojakia muutoksia. Yhden näytepisteen erillinen tulkinta ei kuitenkaan ole riittävän luotettavaa johtopäätöksen tekemiseen. Sen sijaan Nuasjärvessä muutokset pinta- ja pohjanäytteiden välillä olivat enemmän yhdenmukaisia. *Chironomus anthracinus*-tyypin runsastuminen ja *Tanytarsus lugens*-tyypin ja *Heterotrissocladius grimshawi*-tyypin väheneminen

viittaa limnologisen tilan heikkenemiseen, sillä *C. anthracinus*-type viihtyy runsasravinteisimmissa ja vähähappisissa ympäristöissä, kun taas *T. lugens*-type ja *Heterotrissocladus* ovat oligotrofisten ja runsashappisten ympäristöjen asukkeja (Luoto 2011). Aiemmassa Nuasjärven paleolimnologisessa tutkimuksessa havaittiin surviaissääskilajiston piileviä ja vesikirppuja voimakkaampi kaivoksen jätevesikuormitukseen liittyvä vaste, jonka tulkittiin liittyvän kaivoksen sulfaattipitoisten jätevesien vaikutukseen erityisesti alusvedessä sekä voimistuneeseen kerrostuneisuuteen järvessä (Luoto ym. 2019). Myös Lentuan lajiston yleismuutoksessa oli havaittavissa selkeä trendi, sillä vähähappisia oloja sietävä *C. anthracinus*-type oli runsastunut ja enintään lievästi reheviä oloja ilmentävä *S. coracina*-type vähentynyt (Kuva 21).

Ajallisia muutoksia tarkasteltiin paleolimnologisissa näytesarjoissa, jotka olivat peräisin Lentuan näytepisteestä P1 ja Nuasjärven näytepisteestä P3. Lentuassa *S. coracina* runsaus vanhimmista kerrostumista alkaen viittaa siihen, että järven tila on ollut pitkään varsin hyvä. Myös *H. grimshawi*-tyypin ja *T. lugens*-tyypin esiintyminen osoittavat myös, että oligotrofiset ja runsaasti happea vaativat taksonit menestyivät järvessä. Näytesarjan merkittävin muutos tapahtuukin näytteessä 2 cm, jossa surviaissääsket yhtäkkiä katoavat ja myös pinta-näytteestä löytyi vain 2 *Zalutschia zalutschicola* pääkapselia. *Z. zalutschicola* on laji, joka esiintyy litoraalisissa ja on yhteydessä suokasvillisuuteen (esim. turvereunukset). Surviaissääskien katoaminen syvänne-näytteistä on paleolimnologiassa useimmiten tulkittu johtuvan happikadosta. Vastava ilmiö onkin hyvin esillä Nuasjärven sedimentti-näytesarjassa, josta surviaissääsket niin ikään vähenevät 2 cm kohdalla (14 kapselia) ja katoavat kokonaan pintanäytteessä. Myös Nuasjärvessä esiintyi ennen pääkapseleiden vähenemistä oligotrofisia ja runsaasti happea vaativia lajeja, kuten *T. lugens*-type ja *H. grimshawi*-type. Nämä havainnot saattavat molempien järvien kohdalla viitata lähimenneisyydessä tapahtuneisiin ulkoisiin muutoksiin, jotka ovat vaikuttaneet järvien kerrostuneisuuteen ja syvänteiden happitilanteisiin.

Samalta paikalta Ekman-noutimella otettujen ja paleolimnologisten näytteiden lajikoostumukset poikkesivat varsin paljon toisistaan (Kuva 25). Lajirunsaus ja litoraalilajiston osuus olivat paleolimnologisissa näytteissä huomattavasti suurempia kuin Ekman-näytteissä. Ekman-näytteiden lajisto koos-

tui pääosin varsinaisesta syvänelajistosta sekä niin syvänteissä kuin rantavyöhykkeessä esiintyvistä generalistilajeista. Järvisyvänteistä kerättyjen paleolimnologisten näytteiden tiedetään kokoavan surviaissääskijäänteitä koko järven alueelta rantavyöhykkeestä aina syvänteisiin asti (Brodersen & Lindegaard 1997, 1999, Porinchu & MacDonald 2003). Tanskalaisjärvissä tehty vertailu osoitti syvänteestä otettujen paleolimnologisten näytteiden surviaissääskilajiston olevan samankaltaisimpia rantavyöhykkeen syvemmistä osista ja välisyvyyksistä (2-7 m järvestä riippuen) otettujen elävien surviaissääskinäytteiden kanssa (Brodersen & Lindegaard 1999). Siten tässä tutkimuksessa saadut tulokset, jotka viittaavat rantavyöhykkeen lajiston suureen osuuteen paleolimnologisissa näytteissä, tukevat näiden aiempien tutkimusten havaintoja.

Ekman-näytteiden ja pintasedimentin (0-1 cm) paleolimnologisten näytteiden surviaissääskistä lasketut PICM-indeksin arvot eivät korreloineet keskenään vaan paleolimnologisten näytteiden surviaissääskien PICM arvot olivat valtaosin selvästi Ekman-näytteiden arvoja korkeampia (Kuva 26 A). Tämä liittyyneen runsashappisia ja vähäravinteisia oloja indikoivan lajiston esiintymiseen näytteenottoa paikkaa ympäröivillä matalammilla alueilla, vaikka ne olisivat kadonneet happivajeesta kärsivästä syvänteestä. Koska parempaa tilaa indikoivia lajeja (korkeammat PICM-indikaattoriarvot) voi esiintyä matalammilla alueilla syvänteiden kärsiessä happivajeesta, voi näiden lajien jäänteitä kertyä myös vähähappisten syvänteiden pohjalle. Toisaalta tutkimuspaikoillemme Ekman-aineistolle ennustetut PICM-vertailuarvot ovat samaa suuruusluokkaa syvemältä sedimentistä (19-20 cm) havaittujen paleolimnologisten näytteiden surviaissääskiin perustuvien PICM-arvojen kanssa (Kuva 26C). Nämä havainnot liittynevät useimmissa tutkimussyvänteissä tapahtuneeseen tilan heikkenemiseen ja korkeamman indikaattoriarvon omaavien lajien häviämiseen syvänteiden pohjalta. Luonnon tilassaan korkeamman PICM-indikaattoriarvon omaavien lajien pitäisi asuttaa myös syvänteiden pohjat (mallinnettu paikan PICM-odotusarvo). Tutkimussyvänteiden ajassa tapahtunut tilan heikkeneminen näkyy sekä paleolimnologisessa aineistossa (Kuvat 23, 24) että viime vuosien Lentuan ja Pyhäjärven Pyhäselän Ekman-aineistoissa (Kuvat 8, 12, 13).

Aiemmassa tutkimuksessa Jyväsjärvi ym. (2010) havaitsivat paleolimnologisille vertailuolueille (aika

ennen ihmistoiminnan voimakasta vaikutusta) laskettujen pohjanlaatuindeksin (BQI) arvojen korreloivan voimakkaasti paikalle Ekman-aineistoon perustuvan mallin pohjalta ennustettujen BQI-arvojen kanssa ($R^2 = 0.71$). Kuva 26D esittää tämän tutkimuksen aineistolla tehtyä samankaltaista vertailua. Ekman-aineistosta ennustetun ja paleolimnologisen vertailuarvon (19-20 cm) välisen suhteen selitysteoriassa oli aineistossamme huomattavasti pienempi ($R^2 = 0.27$) kuin Jyväsjärven ym. (2010) havaitsema. Tämä saattaa kuitenkin liittyä mm. tutkimuspaikkojemme morfometriseen samankaltaisuuteen. Tämä näkyy ennustettujen BQI-vertailuarvojen vähäisenä vaihteluna aineistossamme (vaihteluväli 1.7–3.3, vaihteluväli ilman paikkaa Pyhäjärvi 1: 2.5–3.3), kun verrataan Jyväsjärven ym. (2010) aineiston vastaavaan vaihteluväliin (n. 2–4.5). Mallin ennusteen ja havaittujen arvojen välisen eron suuruutta mittaava keskineliövirheen neliöjuuri (RMSE) oli tässä aineistossa (RMSE = 0.396) jopa hieman Jyväsjärven ym. (2010) aineistoa (RMSE = 0.55) pienempi. Näin ollen aineistojen välillä havaittu ero selitysteoriassa saattaa liittyä vertailuoloihin ja suurempaan luonnonolosuhteiden vaihteluun (järven morfometria ja veden väri) Jyväsjärven ym. (2010) aineistossa kuin tämän tutkimuksen pienessä viiden järven aineistossa, joissa indeksien ennustettujen vertailuarvojen vaihtelu oli vähäistä. Nämä BQI ja PICM-indeksiarvoihin perustuvat vertailut paleo-vertailutilan ja saman paikan Ekman aineistolle ennustetun vertailutilan välillä tässä ja

aiemmassa Jyväsjärven ym. (2010) tutkimuksessa osoittavat, että vertailujärviin perustuva mallinnus kuvaa hyvin tilannetta, jossa merkittävää ihmisvaikutusta ei ole.

Tällä hetkellä syvänpohjaeläinten osalta ekologisen tilan luokittelussa käytettävä PICM-indeksi näytti tunnistavan kohtalaisesti ajallisessa tarkastelussa tapahtuvan tilan muutoksen myös paleolimnologisissa näytteissä, kun verrattiin pintasedimentin arvoja vertailutilaa edustaviin vanhempiin sedimenttikerroksiin (Kuva 23). Tästä huolimatta surviaissääskiin perustuvat PICM-indeksin arvot olivat varsin poikkeavia pintasedimentin paleolimnologisten ja Ekman-näytteiden välillä (Kuva 26). Pintasedimentin surviaissääskijäänteistä lasketut PICM-indeksin arvot olivat useimmiten selvästi Ekman näytteiden vastaavia suurempia eivätkä korreloineet näiden kanssa. Ekman-näytteitä suuremmat indeksin arvot paleolimnologisissa näytteissä liittyivät hyvää tilaa indikoivien lajien esiintymiseen tutkituissa järviältaissa ja näiden jäänteiden kulkeutumiseen syvänteeseen myös tapauksissa, joissa ne puuttuivat tilaltaan heikentyneiden syvänteiden elävistä yhteisöistä. Eri menetelmin otettujen näytteiden PICM-indeksin arvot olivat jonkin verran lähempänä toisiaan suurilla ja avoimilla järven selillä sijaitsevilla paikoilla (Kuva 21B), vaikkakin tämä yhteys oli kohtuullisen heikko. Tämä saattaa viitata vähäisempään eliöjäänteiden kertymään matalilta alueilta suurilla ja avoimilla järville verrattuna pieniin ja suojaisiin järviin.

Johtopäätökset

Tämän tutkimuksen tulokset osoittavat samoilta paikoilta otettujen sen hetkistä elävää pohjaeläinyhteisöä kuvaavien Ekman-näytteiden ja kuolleiden kaksisiipisten jäänteitä (surviais- ja sulkasääsket) kartoittavien paleolimnologisten näytteiden poikkeavan varsin suuresti toisistaan niin lajikoostumukseltaan kuin lajiston perusteella laskettujen indeksiarvojen puolesta. Tutkimuksen tulokset viittaavat Ekman-aineistojen pohjalta kehitetyille indekseille laskettujen vertailuolujen ja toisaalta luokkarajojen heikkoon siirrettävyyteen, kun ajatellaan niiden soveltamista paleolimnologiseen tilan arviointiin. Toisaalta järvien tilassa ajallisesti tapahtuneet muutokset olivat hyvin havaittavissa paleolimnologisin menetelmin, kun verrattiin pintasedimentin (nykytila) ja syvempien sedimenttikerrosten (vähäistä ihmishäiriötä edustava vertailutila) yhteisöjä. EU:n vesipuitedirektiivi sallii paleolimnologisten menetelmien käytön vertailuolujen määrittämiseen (EY 2000). Tämän tutkimuksen tulokset viittaavat kuitenkin menetelmien välisiin suuriin eroihin ja vertailuolujen tai luokkarajojen heikkoon menetelmien väliseen siirrettävyyteen. Tästä johtuen myöskään paleolimnologisin menetelmin määritetyt vertailuolot eivät todennäköisesti sovellu käytettäväksi Ekman-näytteenottoon perustuvassa järvien tilan luokittelussa. Paleolimnologisen menetelmän käyttö ekologisen tilan luokittelussa edellyttäne, että sekä vertailuolot että luokiteltavat aineistot on kerätty paleolimnologisin menetelmin. Menetelmän käyttö varsinaisena ekologisen tilan luokittelumenetelmänä edellyttäisi vertailuolujen määrittämistä ja luokkarajojen asettamista erityisesti tällä menetelmällä kerätyille aineistoille, sekä menetelmäspesifisen ohjeistuksen antamista luokittelukäyttöä varten.

Tässä tutkimuksessa saatujen tulosten perusteella paleolimnologinen järven tilan arviointi soveltuu parhaiten ilmentämään järven (pienet järvet) tai sen osan (suuret järvet) kokonaistilaa laajajohlla syvyysgradientilla. Sen sijaan Ekman-näytteenotto indikoi parhaiten alueellisesti syvänteiden tilaa ja täydentää siten muita VPD-tilanarvioinnissa käytettyjä luokittelutekijöitä. Paleolimnologinen mene-

telmä soveltuisi täydentävänä menetelmänä mm. velvoitetarkkailukäyttöön erityisesti kohteissa, joissa tieto kuormittavaa toimintaa edeltävästä tilasta puuttuu tai toimintaa edeltävää biologista aineistoa on vähän tai ei lainkaan saatavilla. Tässä tapauksessa olisi kuitenkin määritettävä tarkkailtavan vesistön tila juuri ennen velvoitetarkkailua edellyttävän kuormittavan toiminnan alkamista, jolloin on mahdollista erottaa tarkkailtavaksi määrätyn pistekuormituksen vaikutus jo aiemmin vesistöön mahdollisesti vaikuttaneesta hajakuormituksesta. Vähän ennen kuormittavan toiminnan alkua ajoittuvien sedimenttikerrosten tunnistaminen edellyttää sedimentin iän ajoitusta esimerkiksi tässä tutkimuksessa käytettyjen radiometristen menetelmien avulla. Tämän tutkimuksen tulokset osoittavat, että käytössä oleva Ekman-menetelmä osoittaa hyvin järvisyvänteissä tapahtuneen muuttuneisuuden suhteessa luonnontilaan. Paleolimnologisen menetelmän vahvuus on ennen kaikkea tapahtuneiden muutosten ajoittumisen ja järven historian tutkimuksessa.

Tiettyjen kuormitettujen suurten järvien osien tapauksessa rajaaminen omiksi pienemmiksi vesimuodostumikseen olisi puhtaasti vesien suojelun kannalta ajatellen edullista. Tämä toki todennäköisesti lisäisi jossain määrin seurantakustannuksia ja voisi vaatia suurempaa panostusta vesiensuojelua ja kunnostustoimiin. Kuormitettujen vesistön osien rajaaminen omiksi erillisiksi vesimuodostumikseen voi myös tiukentaa kuormittajan päästövaatimuksia ja aiheuttaa siten taloudellisia kustannuksia. Toisaalta paraneva vesistöjen tila parantaa vesistöjen arvoa mökkeilyyn, virkistykseen ja muiden käyttömuotojen, kuten kalastuksen tai matkailun kannalta. Näihin näkökantoihin nojaten olisi aiheellista pohtia tulisiko tiettyjä kaivos- tai muun toiminnan kuormittamia vesistöjen osia rajata omiksi kuormitusalueen käsittäviksi pienemmiksi vesimuodostumikseen? Tämä edellyttäisi kuitenkin mieluiten tarkkojen kriteerien laadintaa, siitä millaisissa tapauksissa tietty järvi tulisi rajata useammaksi vesimuodostumiksi.

Lyhenteet ja määritelmät

A-klorofylli	Mittaa lehtivihreällisten planktonlevien runsautta vedessä, tulos on suoraan verrannollinen levän määrään ja siten järven rehevyystasoon.
Alusvesi	Kerrostuneissa järvissä harppauskerroksen (välivesi) alapuolinen, pohjanläheinen vesikerros.
BAT-vaihteluväli	Parhaalla käyttökelpoisella tekniikalla (Best Available Technique, BAT) tarkoitetaan mahdollisimman tehokkaita ja kehittyneitä, teknisesti ja taloudellisesti toteuttamiskelpoisia tuotanto- ja puhdistusmenetelmiä ja toiminnan suunnittelu-, rakentamis-, ylläpito-, käyttö- sekä lopettamistapoja, joilla voidaan ehkäistä toiminnan aiheuttama ympäristön pilaantuminen tai tehokkaimmin vähentää sitä ja jotka soveltuvat ympäristölupamääräystenperustaksi (YSL 5 §). Parhaaseen käytettävissä olevaan tekniikkaan liittyvät ympäristötehokkuuden tasot ilmaistaan yksittäisten arvojen sijasta vaihteluväleinä.
Bioturbaatio	Pohjaeläinten toiminta, joka muokkaa pohjasedimenttiä.
BQI	Surviaissääskitoukkiin perustuva pohjanlaatuindeksi. Pohjanlaatuindeksi voi olettaa olevan yhteydessä lähinnä järven rehevöitymiseen.
ELS	Ekologinen laatusuhde.
Eutrofia	Runsasravinteinen.
Ftalaatti	Ftalaatit ovat ftaalihapon estereitä, joissa aromaattiseen ftaalihappoon on kiinnittynyt kaksi hiilivetyryhmää. Ftalaatteja käytetään laajasti muovien, kuten polyvinyylikloridin (PVC), pehmentämiseen.
GDI-indeksi	Piileväsukuihin perustuva laatuindeksi, joka kuvaa yleistä veden laatua ja vesistöön kohdistuvan orgaanisen kuormituksen määrää.
Generalisti	Laji, jolla on kyky elää erilaisissa ympäristöissä tai joka kykenee käyttämään resursseja, kuten esimerkiksi ravintoa, monipuolisesti.
Habitaatti	Elinympäristö.
Hiatus	Epäjatkuvuuspinta. Se voi syntyä, kun vanhemmat sedimenttikerrokset kuluvat pois eroosion vuoksi tai sedimentin kerrostumiseen tulee tauko.
IPS-indeksi	Piilevälajeihin perustuva veden laatuindeksi, joka kuvaa pääasiassa orgaanisen kuormituksen määrää, mutta myös vesistön rehevöitymistä.
Litoraali	Rantavyöhyke.
Mesotrofia	Keskiravinteinen, runsasravinteisen (eutrofinen) ja niukkaravinteisen (oligotrofinen) välissä.

Morfometria	Kokoa ja muotoa käsittävä kvantitatiivinen analyysi.
Oligotrofia	Niukkaravinteinen.
Ordinaatio	Joukko analyysejä, jotka pyrkivät yksinkertaistamaan kompleksisen ja moniulotteisen aineiston kaksiulotteiseksi kuvaajaksi, joka kuvaa samankaltaisuutta näytepisteiden välillä.
Paleolimnologia	Monitieteinen, makean veden tai murtovesien menneitä ekosysteemejä ja niissä tapahtuvia muutoksia tutkiva tieteenala, jonka tutkimuskohteina ovat pohjasedimentit (niiden ominaispiirteet ja niissä säilyvät eliöjäännökset).
Pestisidi	Tuhoeläinten, tuhosienten tai rikkakasvien torjuntaan käytettävä kemikaali.
PICM-indeksi (Profundal Invertebrate Community Metric)	Syvännepohjaeläinindeksi, joka kuvastaa syvännepohjaeläinten lajijakauman kautta syvänteiden ekologista tilaa.
PMA-indeksi (Percent Model Affinity)	Suhteellinen tai prosenttinen mallinkaltaisuus, joka kuvastaa lajiston koostumusta ja runsaussuhteita suhteessa vertailupaikoilta muodostettuun vertailuyhteisöön.
Profundaali	Syvän veden vyöhyke.
Saprobiasato	Kuvaa veden orgaanista kuormitusta.
Taksoni	Biologidessa taksonomiassa johonkin kategoriaan sijoitettu eliöryhmän yleisnimi.
TDI-indeksi	Piileviin perustuva trofiaindeksi, jonka avulla voidaan tarkastella vesistön rehevyyttä (Trophic Diatom Index). sabro
Trofiasato	Ravintoketjun taso, joka määräytyy ravinnon käyttötavan perusteella.
Tukes	Turvallisuus- ja kemikaalivirasto
Unimodaalinen	Aineiston jakauma, jossa on yksi paikallinen maksimi tai yleisin arvo. Arvot kasvavat aluksi ja nousevat yhteen huippuun, jonka jälkeen ne laskevat. Normaalijakauma on esimerkki unimodaalisesta jakaumasta.

Lähteet

- Adámek, Z. & Maršálek, B. 2013. Bioturbation of sediments by benthic macroinvertebrates and fish and its implications for pond ecosystems: a review. — *Aquaculture International* 21: 1-17.
- AFRY Finland Oy 2019. Elementis Minerals B.V. Branch Finland, Utelan kaivoksen tarkkailu 2019. Projektinumero 101010414, 3.5.2020.
- AFRY Finland Oy 2021. Outokumpu Chrome Oy, Kemin kaivoksen veloitettarkkailun vuosiyhteenveto 2020. Projektinumero 101004659-005, 13.5.2021.
- AFRY Finland Oy 2021a. Sotkamon hopeakaivoksen tarkkailuohjelma. Sotkamo Silver Oy. Projektinumero: 101013077, 30.9.2021.
- Agnico Eagle Finland Oy 2020. Kittilän kaivoksen tuotantovaiheen tarkkailuohjelma, 17.12.2020.
- Appleby, P.G. & Oldfield, F. 1978. The Calculation of Lead-210 Dates Assuming a Constant Rate of Supply of Unsupported ²¹⁰Pb to the Sediment. — *Catena* 5: 1-8.
- Armitage, P.T., Moss, D., Wright, J.F. & Furse, M.T. 1983. The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. *Water Research* 17: 333-347.
- Aroviita, J., Mitikka, S. & Vienonen, S. (toim.) 2019. Pintavesien tilan luokittelu ja arviointiperusteet vesienhoidon kolmannella kaudella. — Suomen ympäristökeskuksen raportteja 37: 177 s.
- Baranov, V., Lewandowski, J. & Krause, S. 2016. Bioturbation enhances the aerobic respiration of lake sediments in warming lakes. — *Biology Letters* 12: 20160448.
- Benke, A.C., Hurn, A.D., Smock, L.A. & Wallace, J.B. 1999. Length-mass relationships for freshwater macroinvertebrates in North America with particular reference to the southeastern United States. — *Journal of North American Benthological Society* 18: 308-343.
- Blanchet, F.G., Legendre, P. & Borcard, D. 2008. Forward selection of explanatory variables. — *Ecology* 89: 2623-2632.
- Boliden Annual and sustainability report 2020. www.boliden.com.
- Boliden Kevitsa Oy 2021. Tarkkailuohjelman 2020 karttaliite. Ramboll Finland Oy.
- Boliden Kylylahti Oy 2016. Kylylahden kaivoksen tarkkailusuunnitelma, luonnos 31.10.2016, päivitetty ja täydennetty 8.12.2016.
- Boliden Kylylahti Oy 2020. Kylylahden kaivoksen ympäristötarkkailu. Vuosiraportti 2019.18.3.2020.
- Boliden Kevitsa Oy 2021. Tarkkailuohjelman 2020 karttaliite. Ramboll Finland Oy.
- Booth, M.T., Urbanic, M., Wang, X. & Beaulieu, J.J. 2021. Bioturbation frequency alters methane emissions from reservoir sediments. — *Science of the Total Environment* 789: 148033.
- Brodersen, K.P. & Lindegaard, C. 1997. Significance of subfossil chironomid remains in classification of shallow lakes. — *Hydrobiologia* 342-343: 125-132.
- Brodersen, K.P. & Lindegaard, C. 1999. Classification, assessment and trophic reconstruction of Danish lakes using chironomids. — *Freshwater Biology* 42: 143-157.
- Brodersen, K.P. & Quinlan, R. 2006. Midges as paleoindicators of lake productivity, eutrophication and hypolimnetic oxygen. — *Quaternary Science Reviews* 25: 1995-2012.
- Brodersen, K.P., Pedersen, O., Walker, I.R. & Jensen, M.T. 2008. Respiration of midges (Diptera: Chironomidae) in British Columbian lakes: oxy-regulation, temperature and their role as palaeo-indicators. — *Freshwater Biology* 53: 593-602.

- Brooks S.J., Langdon P.G. & Heiri O. 2007. The identification and use of Palaeartic Chironomidae larvae in palaeoecology. — QRA Technical Guide no. 10, Quaternary Research Association, London.
- Clements, W.H. 2004. Small-scale experiments support causal relationships between metal contamination and macroinvertebrate community responses. — *Ecological Applications* 14: 954-967.
- Dinsmore P.W., Scrimgeour, G.J. & Prepas, E.E. 1999. Empirical relationships between profundal macroinvertebrate biomass and environmental variables in boreal lakes of Alberta, Canada. — *Freshwater Biology* 41: 91-100.
- Dragon Mining Oy 2015. Valkeakosken Kaapelinkulman kaivoksen käyttö-, kuormitus- ja vesistötarkkailu. Kokemäen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry, Kirjenro 926/15, 24.11.2015.
- Dragon Mining Oy 2018. Sastamalan Stormin rikastamon kuormitus- ja vesistötarkkailuohjelma 24.4.2018
- Dragon Mining Oy 2021. Dragon Mining Oy:n Jokisivun kaivoksen päästö- ja vaikutustarkkailuohjelma, KVVY Tutkimus Oy, nro 425/21, 29.4.2021.
- EHP Environment Oy ja KVVY Tutkimus Oy 2018. Firesteel Resources Inc. Nordic Gold Oy. Laivan kaivos, tarkkailusuunnitelma 1.6.2018.
- Endomines Oy 2015. Endomines Oy:n Pampalon kaivoksen ympäristön velvoitetarkkailuohjelma, päivitetty 3.8.2015.
- Envimetria Oy 2016. Hyypiänmäen kaivoksen ympäristön tarkkailuohjelma vuodesta 2017 alkaen, päivitetty 19.12.2016.
- Envineer Oy 2018. Endomines Oy:n Pampalon kaivoksen tuotantotauon aikainen ympäristön velvoitetarkkailuohjelma. 21.12.2018.
- Envineer Oy 2020. Juuan Dolomiittikalkki Oy, Ruokolanvaaran kaivos, pintavesien velvoitetarkkailu 2020, 22.12.2020
- Estlander, S., Pippinsköld, E. & Horppila, J. 2021. Artificial ditching of catchments and brownification-connected water quality parameters of lakes. — *Water Research* 205: 117674.
- Etelä-Pohjanmaan ELY-keskus 2019. Tarkastuskertomus, laaja määräaikaistarkastus, Nordkalk Oy Ab Vimpelin kalkin tuotantokokonaisuus, 24.10.2019.
- Etelä-Savon ympäristökeskus 2000. Päätös ympäristölupamenettelylain 6 §:n mukaisesta lupahakemuksesta. Päätös dnro 0599Y0069-11, annettu julkipanon jälkeen, Mikkelii 25.2.2000.
- Eurofins Ahma Oy 2018. Pampalon kaivoksen vesitarkkailu 2017. Eurofins Ahma Oy, projektinro: 10993, 12.3.2018.
- Eurofins Ahma Oy 2019. Boliden Kevitsa Mining Oy, Kevitsan kaivoksen pintavesitarkkailu vuonna 2019.
- Eurofins Ahma Oy 2019a. Matkusjoen kalataloudellinen yhteistarkkailu vuonna 2018. Eurofins Ahma Oy, 19.4.2019.
- Eurofins Ahma Oy 2020. Pampalon kaivoksen vesitarkkailu 2019. Endomines Oy. Eurofins Ahma Oy, projekti 90798, 2.3.2020.
- Eurofins Ahma Oy 2021a. Raahen edustan merialueen yhteistarkkailu. Vesistötarkkailu 2020, 22.7.2021. Projekti 10661, Eurofins Ahma Oy.
- Eurofins Ahma Oy 2021b. Raahen edustan merialueen yhteistarkkailu. Kalataloustarkkailu 2020. 20.10.2021. Projekti 10661, Eurofins Ahma Oy.
- Eurofins Ahma Oy 2021c. Terrafame Oy, Pintavesitarkkailu 2020. 5.2.2021, päivitetty 16.4.2021 ja 23.4.2021.
- Evans, C.D., Monteith, D.T. & Cooper, D.M. 2005. Long-term increases in surface water dissolved organic carbon: observation, possible causes and environmental impacts. — *Environmental Pollution* 137: 55-71.
- Fornarolia, R., Cabrini, R., Zaupa, S., Bettinetti, R., Ciampittiello, M. & Boggero, A. 2016. Quantile regression analysis as a predictive tool for lake macroinvertebrate biodiversity. — *Ecological Indicators* 61: 728-738.
- Groundia Oy 2010. Kylylahti Copper Oy, Kylylahden kaivoksen tarkkailusuunnitelma, 14.10.2010.
- Gyllström, M., Lakowitz, T., Brönmark, C. & Hansson, L.A. 2008. Bioturbation as a driver of zooplankton recruitment, biodiversity and community composition in aquatic ecosystems. — *Ecosystems* 11: 1120-1132.

- Heikkinen, K., Saari, M., Heino, J., Ronkainen, A.K., Kortelainen P., Joensuu S., Vilmi, A., Karjalainen, S.M., Hellsten, S., Visuri, M. & Marttila, H. 2022. Iron in boreal river catchments: biogeochemical, ecological and management implications. — *Science of the Total Environment* 805: 150256.
- Hentilä H., Muhonen M., Hellsten S. ja S. M. Karjalainen 2016. Pinta- ja pohjavesien vaikutustarkkailujen kehittäminen – kyselytutkimuksen tulokset. Hanke vesistöjen velvoitetarkkailujen kehittämiseksi (OHKE). Pohjois-Karjalan elinkeino- liikenne- ja ympäristökeskus, Suomen ympäristökeskus, Raportteja 80/2016.
- Hietamäki M., L. Siili-Hakkarainen, J. Lahtela, K. Järvinen, T. Vanala, K. Serenius ja K. Leinonen 2016. Ympäristövalvonnan ohje. Ympäristöhallinnon ohjeita 2 | 2016. Ympäristöministeriö.
<https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/74989>
- Huutojoen, Papinsuonojan ja Pielisen yhteistarkkailuohjelma, Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy, Kuopio 20.6.2019, täydennetty 7.10.2019
- Hynynen, J., Palomäki, A., Veijola, H., Meriläinen, J.J., Bagge, P., Manninen, P., Ustinov, A. & Bibiceanu, S. 1999. Planktonic and zoobenthic communities in an oligotrophic, boreal lake inhabited by an endemic and endangered seal population. — *Boreal Environment Research* 4: 145-161.
- Hyypiänmäen kaivoksen ympäristön tarkkailuohjelma vuodesta 2017 alkaen, päivitetty 19.12.2016, Envimetria Oy
- Jones, R.I. & Grey, J. 2011. Biogenic methane in freshwater food webs. — *Freshwater Biology* 56: 213-229.
- Jones, R.I., Carter, C.E., Kelly, A., Ward, S., Kelly, D.J. & Grey, J. 2008. Widespread contribution of methane-cycle bacteria to the diets of lake profundal chironomid larvae. — *Ecology* 89: 857-864.
- Jyväsjärvi, J., Aroviita, J. & Hämäläinen H. 2014. An extended benthic quality index for assessment of lake profundal macroinvertebrates: addition of indicator taxa by multivariate ordination and weighted averaging. — *Freshwater Science* 33: 995-1007.
- Jyväsjärvi, J., Aroviita, J. & Hämäläinen, H. 2012. Performance of profundal macroinvertebrate assessment in boreal lakes depends on lake depth. — *Fundamental and Applied Limnology* 180/2: 91-100.
- Jyväsjärvi, J., Nyblom, J. & Hämäläinen, H. 2010. Paleolimnological validation of estimated reference values for a lake profundal macroinvertebrate metric (Benthoc Quality Index). — *Journal of Paleolimnology* 44: 253-264.
- Jyväsjärvi, J., Tolonen, K.T. & Hämäläinen, H. 2009. Natural variation of profundal macroinvertebrate communities in boreal lakes is related to lake morphometry: implications for bioassessment. — *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 66: 589-601.
- Järvinen, M., Aroviita, J., Hellsten, S., Karjalainen, S.M., Kuoppala, M., Meissner, K., Mykrä, H. & Vuori K.M. 2019. Jokien ja järvien biologinen seuranta – Näyteenotosta tiedon tallentamiseen. — Versio 6.9.2019. 42 s.
- Kainuun ELY-keskus 2022. Sähköpostitiedonanto 10.1.2022.
- Kesti, P., Hiltunen, M., Strandberg, U., Vesterinen, J., Taipale, S. & Kankaala, P. 2021. Lake browning impacts community structure and essential fatty acid content of littoral invertebrates in boreal lakes. — *Hydrobiologia*. doi.org/10.1007/s10750-021-04760-1
- Knoll, L.B., Williamson, C.E, Pilla, R.M., Leach, T.H., Brentrup, J.A. & Fisher, T.J. 2018. Browning-related oxygen depletion in an oligotrophic lake. — *Inland Waters* 8: 255-263.
- Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry, 2013. Dragon Mining Oy, Vammalan rikastamo. Vammalan Stornin rikastamon kuormitus- ja vesitötarkkailuohjelma 12.5.2013, kirje nro 421/13.
- Krantzberg, G. 1985. The influence of bioturbation on physical, chemical and biological parameters in aquatic environments: a review. — *Environmental Pollution (Series A)* 39: 99-122.
- Kritzberg, E.S., Hasselquist, E.M., Škerlep, M., Löfgren, S., Olsson, O., Stadmark, J., Valinia, S., Hansson, L.A. & Laudon, H. 2020. Browning of freshwaters: consequences to ecosystem services, underlying drivers, and potential mitigation measures. — *Ambio* 49: 375-390.
- KVVY 2015. Dragon Mining Oy, Valkeakosken Kaapelinkulman kaivoksen käyttö-, kuormitus- ja vesitötarkkailu. Kokemäen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry, Kirjenro 926/15, 24.11.2015.

- KVVY 2017. Loimijoen vesistöalueen yhteistarkkailu, tarkkailuohjelman päivitysesitys, Kirjenro 656/17, 8.6.2017. Kokemäen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry.
- KVVY Tutkimus Oy 2019. Nordkalk Oy, Otamon kalkkikivilouhoksen kuormitus- ja vesistötarkkailutulokset vuodelta 2019, nro 1220/19.
- KVVY Tutkimus Oy 2020. Loimijoen yhteistarkkailu 2019. Julkaisu nro 834, 16.11.2020.
- KVVY Tutkimus Oy 2020a. Tampereen seudun yhteistarkkailu vuonna 2019. Julkaisu nro 831.
- KVVY Tutkimus Oy 2020b. Yhteenveto Nordkalk Oy:n Vampulan kaivosten kuivanapitovesien tarkkailunäytteistä vuosina 2019–2020. Tutkimusraportti 1304/20.
- KVVY Tutkimus Oy 2021. Dragon Mining Oy:n Jokisivun kaivoksen päästö- ja vaikutustarkkailuohjelma, nro 425/21, 29.4.2021.
- KVVY Tutkimus Oy 2021a. Valkeakosken kaivoksen sedimenttitarkkailu vuonna 2021. Tutkimusraportti nro 601/21. 9 s.
- KVVY Tutkimus Oy 2021c. Vuosiyhteenveto Valkeakosken kaivoksen pinta- ja pohjavesitarkkailusta vuodelta 2020, raportti nro 183/21, 11.2.2021.
- KVVY Tutkimus Oy, 2021b. Vuosiyhteenveto Huittisten Jokisivun kaivoksen kuormitus- ja vesistötarkkailusta vuodelta 2020, nro 202/21, 17.2.2021.
- Kylylahti Copper Oy, Kalataloudellinen tarkkailu vuonna 2011, Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy, B 5025.100, Kuopio 4.11.2011
- Laamanen T., Mäkinen J., Koivuhuhta A., Nilivaara-Koskela R., Karppinen A. ja Hellsten S.(toim.), 2019. Kaivosvesiä vastaanottavien vesistöjen hallinta ja kunnostaminen, KaiHali -hankkeen loppuraportti, Suomen ympäristökeskuksen raportteja 38/2019. ISBN 978-952-11-5076-0 (PDF)
- Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy 2018. Paroc Oy Ab:n Ybbersnsin louhoksen vesientarkkailusuunnitelma, Ehdotus, Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy, 30.11.2018, Nro 442-18-7501.
- Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy 2019. Paroc Oy Ab:n Salon Sallitun louhoksen vesientarkkailusuunnitelma, Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy, ehdotus, 13.9.2019, Nro 694-19-7107.
- Luoto, T. 2011. The relationship between water quality and chironomid distribution in Finland – a new assemblage-based tool for assessments of long-term nutrient dynamics. — *Ecological Indicators* 11: 255-262.
- Luoto, T.P., Leppänen, J.J. & Weckström, J. 2019. Waste water discharge from a large Ni-Zn open cast mine degrades benthic integrity of Lake Nuasjärvi (Finland). — *Environmental Pollution* 255: 113268.
- Lupapääätös dnro 0599Y0069-111, annettu 25.2.2000. Pääätös ympäristölupamenettelylain 6 §:n mukaisesta lupahakemuksesta. Partec Paroc Oy Ab (10.09.1999 lähtien Paroc oy Ab), Lehlampi I louhos, Mäntyharjun kunta, Patsimaan kylä. Etelä-Savon ympäristökeskus.
- Lupapääätös Dnro UUS-2002-Y-548-111, annettu 5.6.2007, Pääätös ympäristönsuojelulain 35 §:n mukaisesta ympäristölupahakemuksesta, joka koskee Nordkalk Oyj Abp:n Lohjalla sijaitsevan Tytyrin kalkkitehtaan ja kalkkikivikaivoksen nykyistä toimintaa. Uudenmaan ympäristökeskus.
- Lupapääätös nro 105/2009/2, dnro LSY-2008-Y-340, annettu 14.12.2009. Paroc Oy Ab:n Ybbersnäsin kaivoksen toimintaa koskeva ympäristönsuojelulain mukainen ympäristölupahakemus, Länsi-Turunmaa. Länsi-Suomen ympäristölupavirasto.
- Lupapääätös nro 106/2009/2, dnro LSY-2008-Y-341, annettu 14.12.2009. Paroc Oy Ab:n Sallitun kaivoksen toimintaa koskevan ympäristönsuojelulain mukainen ympäristölupahakemus, Salo. Länsi-Suomen ympäristölupavirasto.
- Lupapääätös nro 11/2020, dnro ISAVI/3914/2019, annettu 3.3.2020. Vuonoksen rikastamon ja talkkitehtaan toiminnan olennainen muuttaminen ja toiminnanaloittamispyyntö, Outokumpu. Itä-Suomen aluehallintovirasto.
- Lupapääätös nro 111/2011/1, dnro ESAVI/695/94.08/2010, annettu 11.10.2011. Nordkalk Oy Ab:n Mustion kalkkikaivoksen ympäristöluvan lupamääräysten tarkistamista koskeva hakemus, Raasepori. Etelä-Suomen aluehallintovirasto.

Lupapäättös nro 122/08/2, dnro ISY-2008-Y-113, annettu 24.11.2008. Horsmanahon ja Pehmytkiven avolouhoksen ympäristönlupapäätöksen nro 141/07/2, 14.12.2007 muuttaminen päästörajojen (arseeni ja pH), läjitysalueiden, malmin väliavaraston ja meluvallien osalta sekä toiminnanaloittamislupa, Polvijärvi. Itä-Suomen aluehallintovirasto.

Lupapäättös nro 124/10/1, dnro PSAVI/56/04.08/2010, annettu 21.12.2010. Kivikankaan vuolukivikaivoksen ympäristölupa, Suomussalmi. Pohjois-Suomen aluehallintovirasto.

Lupapäättös nro 125/10/1, dnro PSAVI/121/04.08/2010, annettu 27.12.2010. Kemin kromiittikaivoksen ja rikastamon ympäristö- ja vesitalouslupa sekä toiminnan aloittamislupa, Keminmaa. Pohjois-Suomen aluehallintovirasto.

Lupapäättös nro 13/2013/1, dnro ISAVI/86/04.08/2011, annettu 8.2.2013. Karnukan talkkikaivoksen ympäristölupa sekä toiminnan aloittamislupa, Polvijärvi. Itä-Suomen aluehallintovirasto.

Lupapäättös nro 141/07/2, dnro ISY-2004-Y-250, annettu 14.12.2007. Horsmanahon ja Pehmytkiven avolouhosten ympäristölupa. Itä-Suomen ympäristölupavirasto.

Lupapäättös nro 142/2014/1, dnro ESAVI/9/04.08/2014, annettu 15.8.2014. Hakemus, joka koskee Hyypiämäen kaivoksen toiminnan muutosta ja toiminnanaloittamislupahakemus, Salo. Etelä-Suomen aluehallintovirasto.

Lupapäättös nro 15/2008/2, dnro LSY-2001-Y-42, annettu 19.3.2008. Ympäristönsuojelulain 35 §:n mukainen ympäristölupahakemus, joka koskee Polar Mining Oy:n Vammalan rikastamon toimintaa. Länsi-Suomen ympäristölupavirasto.

Lupapäättös nro 15/2014/1, dnro ISAVI/43/04.08/2011, annettu 27.2.2014. Vuonoksen rikastamon ja talkkitehtaan ympäristöluvan muuttaminen, Outokumpu ja Liperi. Itä-Suomen aluehallintovirasto.

Lupapäättös nro 155/2020, dnro PSAVI/5663/2018, annettu 7.1.2020. Sotkamon hopeakaivoksen toiminnan laajentaminen ja muuttaminen. Pohjois-Suomen aluehallintovirasto.

Lupapäättös nro 166/2018/1, dnro ESAVI/5279/2017, annettu 14.9.2018. Mustion kalkkikaivoksen ympäristöluvan muuttaminen ja toiminnan aloittamislupa, Raasepori. Etelä-Suomen aluehallintovirasto.

Lupapäättös nro 17/2016/1, dnro ESAVI/6205/2015, annettu 25.1.2016. Hakemus, joka koskee maasälpälaitoksen ympäristölupapäätöksen lupamääräysten tarkistamista, toiminnan muuttamista louhinnan ja rikastushiekan sijoittamisen osalta sekä hakemus toiminnan aloittamiseksi muutoksenhausta huolimatta, Kemiönsaari. Etelä-Suomen aluehallintovirasto.

Lupapäättös nro 174/2012/1, dnro ESAVI/696/04.08/2010, annettu 31.10.2012. Nordkalk Oy Ab:n Paraisten kaivoksen ympäristölupahakemus, Parainen. Etelä-Suomen aluehallintovirasto.

Lupapäättös nro 175/2015/1, dnro LSSAVI/4511/04.08/2014, annettu 14.10.2015. Kaapelinkulman kultakaivoksen toistaiseksi voimassa olevan ympäristöluvan lupamääräysten tarkistaminen, Valkeakoski. Länsi- ja Sisä-Suomen aluehallintovirasto.

Lupapäättös nro 190/2014/1, dnro ESAVI/3/04.08/2014, annettu julkipanon jälkeen 3.10.2014. Hakemus, joka koskee Ihalaisen kaivoksen ja rikastamoiden toimintojen muutosta sekä hakemus toiminnan aloittamiseksi muutoksenhausta huolimatta, Lappeenranta. Etelä-Suomen aluehallintovirasto.

Lupapäättös nro 2/2009/2, dnro LSY-2007-Y-8, annettu 26.1.2009. Nordkalk Oyj Abp:n Vimpelin kalkin tuotantokokonaisuuden toimintaa koskeva ympäristönsuojelulain mukainen ympäristölupahakemus. Länsi-Suomen ympäristölupavirasto.

Lupapäättös nro 22/2015/1, dnro ISAVI/18/04.08/2012, annettu 27.4.2015. Pampalon kaivoksen ja rikastamon ympäristölupa ja toiminnan aloituslupa, Ilomantsi. Itä-Suomen aluehallintovirasto.

Lupapäättös nro 23/2014/1, dnro PSAVI/1/04.08/2013, annettu 26.3.2014. Kemin kaivoksen Nuottijärvi-Surmanojan avolouhoksen tyhjentäminen, vesien johtaminen Iso-Ruonaojaan sekä päätöksen täytäntöönpanoa koskeva hakemus, Keminmaa. Pohjois-Suomen aluehallintovirasto.

Lupapäättös nro 238/2013/1, dnro ESAVI/33/04.08/2013, annettu 21.11.2013. Ympäristönsuojelulain mukainen hakemus, joka koskee Lesel Oy:n Kalkkisillan kalkkikivikaivoksen toimintaa, Salo. Etelä-Suomen aluehallintovirasto.

Lupapäättös nro 24/0672, dnro Psy-2005-y-81, annettu 28.3.2006. Uutelan kaivoksen ympäristölupa, Sotkamo. Pohjois-Suomen ympäristölupavirasto

Lupapäätös nro 27/2013/1, dnro ISAVI/68/04.08/2011, annettu 10.4.2013. Varmon kalkkikiven avolouhoksen ympäristölupa ja vesitalouslupa sekä toiminnan aloittamislupa, Kitee. Itä-Suomen aluehallintovirasto.

Lupapäätös nro 287/2018/1, dnro ESAVI/6204/2016, annettu 21.12.2018. Tytyrin kalkkitehtaan ympäristöluvan tarkistaminen, Lohja. Etelä-Suomen aluehallintovirasto.

Lupapäätös nro 29/2012/1, dnro ISAVI/6/04.08/2011, annettu 29.3.2012. Kvartsiitin louhintaa ja jalostusta Kinahmin ja Lasivuoren kaivospiireissä koskeva ympäristölupa, Nilsiä. Itä-Suomen aluehallintovirasto.

Lupapäätös nro 32/2016/1, dnro ISAVI/1194/2015, annettu 25.8.2016. Yara Suomi Oy:n Siilinjärven toimipaikan ympäristöluvan muutos ja toiminnanaloittamislupa, Siilinjärvi. Itä-Suomen aluehallintovirasto.

Lupapäätös nro 36/2014/1, dnro PSAVI/58/04.08/2011. Annettu julkipanon jälkeen 30.4.2014. Talvivaaran kaivoksen ympäristö- ja vesitalousluvan muuttaminen, Sotkamo ja Kajaani. Pohjois-Suomen aluehallintovirasto.

Lupapäätös nro 40/2018/1, dnro ISAVI/2559/2015, annettu 13.12.2018. Aloite Tulikivi-kaivospiiriä koskevan ympäristöluvan muuttamiseksi, Juuka. Itä-Suomen aluehallintovirasto.

Lupapäätös nro 41/2018/1, dnro ISAVI/2550/2015, annettu 13.12.2018. Aloite Nunnalahden kaivospiiriä koskevan ympäristöluvan muuttamiseksi, Juuka. Itä-Suomen aluehallintovirasto.

Lupapäätös nro 42/2018/1, dnro ISAVI/1361/2016, annettu 13.12.2018. Vuolukiven louhintaan Tulikivi Oyj:n Vaaralammen ja Koskelan kaivospiireille myönnettyjen ympäristölupien yhdistäminen ja muuttaminen, Juuka. Itä-Suomen aluehallintovirasto.

Lupapäätös nro 45/2010/1, dnro ESAVI/16/04.08/2010, annettu 10.11.2010. Nordkalk Oy Ab:n ympäristönsuojelulain mukainen ympäristölupahakemus koskien Siikaisten kalkkikiven tuotantokokonaisuuden toimintaa, Siikainen. Etelä-Suomen aluehallintovirasto.

Lupapäätös nro 49/2007/2, dnro LSY-2002-Y-364, annettu 14.12.2007. Nordkalk Oyj Ab:n ympäristönsuojelulain (86/2000) mukainen ympäristölupahakemus, joka koskee Sipoon Kalkkirannassa sijaitsevan kalkkikaivoksen, kalkintuotantolaitoksen ja sataman toimintaa. Länsi-Suomen ympäristölupavirasto.

Lupapäätös nro 51/2021, dnro ESAVI/43764/2019, annettu 17.2.2021. Jokisivun kaivoksen toiminnan muuttaminen ja toiminnan aloittamislupa, Huittinen. Etelä-Suomen aluehallintovirasto.

Lupapäätös nro 52/2014/1, dnro ISAVI/86/04.08/2012, annettu 3.7.2014. Luikonlahden kaivoksen ja rikastamon ympäristöluvan muutos ja toiminnan aloittamislupa, Kaavi. Itä-Suomen aluehallintovirasto.

Lupapäätös nro 53/02/2, Dnro 2001/95(YL), Annettu julkipanon jälkeen 17.10.2002. Lappeenrannan kaivoksen sekä kalsiitti- ja wollastonitirikastamojen ympäristölupahakemus, Lappeenranta. Itä-Suomen ympäristölupavirasto.

Lupapäätös nro 61/2013/1, dnro PSAVI/287/04.08/2010, annettu 27.6.2013. Kalkkimaan kalkkitehdasta ja kaivosta koskevan ympäristö- ja vesitalousluvan lupamääräysten tarkistaminen, Tornio. Pohjois-Suomen aluehallintovirasto.

Lupapäätös nro 67/2020, dnro PSAVI/1079/2018, annettu 29.5.2020. Kittilän kaivoksen toiminnan laajentaminen ja jätevesien purkupaikan muuttaminen, Kittilä. Pohjois-Suomen aluehallintovirasto.

Lupapäätös nro 79/2014/1, dnro PSAVI/144/04.08/2011, annettu 11.7.2014. Kevitsan kaivoksen tuotannon laajentamisen ympäristö- ja vesitalouslupa sekä töiden ja toiminnan aloittamislupa, Sodankylä. Pohjois-Suomen aluehallintovirasto.

Lupapäätös nro 79/2015/1, dnro ISAVI/2051/2015, annettu 18.11.2015. Ruokolanvaaran kaivoksen ympäristölupa ja vesitalouslupa, Juuka. Itä-Suomen ympäristölupavirasto.

Lupapäätös nro 8/2016/1, dnro ISAVI/173/2015, annettu 3.3.2016. Kylylahden kaivoksen ympäristöluvan muuttaminen, Polvijärvi. Itä-Suomen ympäristölupavirasto.

Lupapäätös nro 84/09/2, dnro Psy-2007-y-160, annettu 24.11.2009. Laivakankaan kaivoksen ympäristö- ja vesitalouslupa sekä töiden- ja toiminnanaloittamislupa. Nordic Mines Ab. Pohjois-Suomen ympäristölupavirasto.

Lupapäätös nro 9/08/2, dnro Psy-2003-y-175, annettu 18.1.2008. Sotkamon kaivoksen ja tehtaan ympäristö- ja vesitalouslupa, Sotkamo. Pohjois-Suomen ympäristölupavirasto.

- Lupapäätös nro 91/06/2, Dnro Psy-2004-y-114, annettu julkipanon jälkeen 28.11.2006. Reetinniemen, Heponiemen, ja Niemelän kalkkikaivosten ympäristölupa ja Reetinniemen kaivoksen vesitalouslupa, Paltamo. Pohjois-Suomen ympäristölupavirasto.
- Lupapäätös nro 92/2011/1, dnro ISAVI/11/04.08/2011, annettu 21.10.2011. Ympäristölupa vuolukiven louhintaan Hankavaaran kylän tilalle Serpentiini 4:62, Savonlinna. Itä-Suomen ympäristölupavirasto.
- Lupapäätös nro 99/2021, dnro PSAVI/2467/2018, annettu 28.5.2021. Ristimaan louhoksen toiminnan olennainen muuttaminen ja aloittaminen muutoksenhausta huolimatta, Tornio. Pohjois-Suomen aluehallintovirasto.
- Maanmittauspalvelu Pelto-Timper Ky 2017. Kalkkisillan kalkkikaivoksen vesientarkkailuohjelma, Salon kaupunki, tehty 06.02.2017.
- Malmqvist, B. & Hoffsten, P.O. 1999. Influence of drainage from old mine deposits on benthic macroinvertebrate communities in Central Swedish streams. — *Water Research* 33: 2415-2423.
- Meriläinen, J.J., Hynynen, J., Teppo, A., Palomäki, A., Granberg, K. & Reinikainen, P. 2000. Importance of diffuse nutrient loading and lake level changes to the eutrophication of originally oligotrophic boreal lake: a paleolimnological diatom and chironomid analysis. — *Journal of Paleolimnology* 24: 251-270.
- Mondo Minerals 2016. Karnukan kaivoksen tarkkailusuunnitelma, Mondo Minerals B.V. Branch Finland, Tammikuu 2016.
- Mousavi, S.K., Primicerio, R. & Amundsen, P.A. 2003. Diversity and structure of Chironomidae (Diptera) communities along a gradient of heavy metal contamination in a subarctic watercourse. — *The Science of the Total Environment* 307: 93-110.
- Mykrä, H., Kuoppala, M., Nykänen, V., Tolonen, K., Turunen, J., Vilmi, A. & Karjalainen, S.M. 2021. Assessing mining impacts: The influence of background geochemical conditions on diatom and macroinvertebrate communities in subarctic streams. — *Journal of Environmental Management* 278: 111532.
- Nieminen, M., Sarkkola, S., Sallantausta, T., Hasselquist, E.M. & Laudon, H. 2021. Peatland drainage – a missing behind increasing TOC concentration in waters from high latitude forest catchments? — *Science of the Total Environment* 774: 145150.
- Nordic Gold 2018. Raahan edustan yhteistarkkailun päivittäminen, 3.7.2018.
- Novak, M.A. & Bode, R.W. 1992. Percent model affinity: a new measure of macroinvertebrate community composition. — *Journal of North American Benthological Society* 11: 80-85.
- Oksanen, J. et al. 2013. vegan: community ecology package. R-package ver. 2.0-9. — <http://CRAN.R-project.org/package=vegan>.
- Otso Gold 2021. Laiva-kaivos biologinen tarkkailu vuodesta 2021 alkaen, 1.6.2021.
- Outokumpu Chrome Oy 2017. Kemin kaivos - Tarkkailusuunnitelman päivitys, 7.7.2017.
- Pohjois-Karjalan ELY-keskus 2020. Tarkastuskertomus. Elementis Minerals B.V. Branch Finland, Vuonoksen rikastamo ja talkkitechdas. 19.11.2020.
- Pohjois-Savon ELY-keskus (2017). Pohjois-Savon elinkeino-, liikenne-, ja ympäristökeskuksen ympäristövastuu yksikön lausunto Sibelco Nordic Oy Ab Nilsin kvartsin ympäristötarkkailusta 28.4.2017. POSELY/3212/2015.
- Porinchi, P.F. & MacDonald, G.M. 2003. The use and application of freshwater midges (Chironomidae: Insecta: Diptera) in geographical research. — *Progress in Physical Geography* 27: 378-422.
- Päätös 20/2019, VARELY, annettu 17.12.2019. Kemiönsaaren maasälpälaitoksen tarkkailusuunnitelman hyväksyminen.
- Päätös 9/2017, dnro VARELY/2330/2016, annettu 25.4.2017. Kalkkisillan kalkkikivikaivoksen pinta- ja pohjavesien tarkkailusuunnitelman hyväksyminen.
- Pöyry Environment Oy 2007. Mondo Minerals Oy, Uutelan kaivoksen tarkkailuohjelma, 14.2.2007.
- Pöyry Environment Oy 2008. Mondo Minerals Oy, Sotkamon kaivoksen ja tehtaan tarkkailuohjelma, 30.5.2008.

- Pöyry Finland Oy 2014. Mondo Minerals B.V. Branch Finland, Vuonoksen rikastamo ja talkkitechdas. Käyttö-, päästö- ja vaikutusten tarkkailuohjelma 67090059. BAEE3, 15.5.2014.
- Quinlan, R. & Smol, J.P. 2010. Use of subfossil Chaoborus mandibles in models for inferring past hypolimnetic oxygen. — *Journal of Paleolimnology* 44: 43–50.
- Ramboll 2017. Boliden Kevitsa Mining Oy, Kevitsan kaivoksen tuotantovaiheen tarkkailuohjelma, 5.5.2015, 2.10.2015 täydennys. 31.3.2017 päivitys.
- Ramboll Finland Oy 2014. Juuan Dolomiittikalkki Oy, Heponiemen kaivos, velvoitetarkkailuohjelma 6.6.2014.
- Ramboll Finland Oy 2015. Boliden Kevitsa Mining Oy, Kevitsan kaivoksen tuotantovaiheen tarkkailuohjelma, 5.5.2015, 2.10.2015 täydennys, 31.3.2017 päivitys.
- Ramboll Finland Oy 2015a. Luikonlahden rikastamon vesi- ja kalataloudellinen tarkkailuohjelma 24.2.2015.
- Ramboll Finland Oy 2019. Terrafame 2019, Ympäristötarkkailuohjelmat 18.12.2019.
- Renberg, I. & Hansson, 2008. The HTH sediment corer. — *Journal of Paleolimnology* 40: 655–659.
- Sæther, O.A. 1997. Diptera Chaoboridae, phantom midges. In: Nilsson A (ed) *Aquatic insects of North Europe*. — A taxonomic handbook, vol 2, Odonata-Diptera, pp 149–161.
- Saimaan vesi ja ympäristötutkimus Oy 2016. Rakkolanjoen ja Haapajärven velvoitetarkkailuohjelma, No 1551/16, 3.10.2016.
- Saimaan vesi ja ympäristötutkimus Oy 2019. Nordkalk Oy Ab:n Lappeenrannan Ihalaisen kaivos- ja teollisuusalueen tarkkailuohjelma 2020-, No 859d/19, 30.10.2019.
- Saimaan vesi- ja ympäristötutkimus Oy 2021. Paroc Oy Ab:n Mäntyharjun Lehlammen louhoksen pumppausveden sekä alapuolisen vesistön tarkkailu loppukesällä 2021. 17.8.2021.
- Saimaan vesi- ja ympäristötutkimus Oy 2021. Rakkolanjoen ja Haapajärven vesistötarkkailu tammikuussa 2021, No 1447/21, 30.6.2021.
- Saimaan vesiensuojeluyhdistys ry 2001. Ohjelma Paroc Oy:n Lehlampi 1-louhoksen kaivostoiminnan vesistökuormituksen ja vesistövaikutusten seurannaksi, Mäntyharju, 8.6.2001.
- Saimaan vesi- ja ympäristötutkimus Oy 2021. Paroc Oy Ab:n Mäntyharjun Lehlammen louhoksen pumppausveden sekä alapuolisen vesistön tarkkailu loppukesällä 2021. 17.8.2021.
- Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy 2008. Mondo Minerals B.V.Branch Finland, Horsmanahon ja Pehmytkiven talkkilouhosten kuormitus-, pintavesi- ja pohjavesitarkkailuohjelma, Kuopio 27.8.2008, täydennetty 1.12.2008.
- Savo-Karjalan ympäristötutkimus Oy 2008–2016. Tutkimustuloksia, Boliden Kylylahti Oy, Kylylahden kaivos (5014).
- Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy 2009. Vuonosjoen - Heposelän alueen yhteistarkkailuohjelma, Kuopio 26.11.2009, täydennetty 30.9.2016.
- Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy 2011. Kylylahti Copper Oy, Kalataloudellinen tarkkailu vuonna 2011. Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy, B 5025.100, Kuopio 4.11.2011.
- Savo-Karjalan ympäristötutkimus Oy 2015. Pohjois-Viinijärven yhteistarkkailuohjelma, Kuopio 9.10.2015, täydennetty 2.5.2016.
- Savo-Karjalan ympäristötutkimus Oy 2016. Liite 1. Tutkimustuloksia 11.1.2008-31.5.2016 (5014). Boliden Kylylahti Oy, Kylylahden kaivos.
- Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy 2017. Yara Suomi Oy, Siilinjärven tehtaat ja Siilinjärven kunta: Yhteistarkkailuohjelma Siilinjärvelle ja Juurusvedelle. 28.3.2017.
- Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy 2019. Huutojoen, Papinsuonojan ja Pielisen yhteistarkkailuohjelma, Kuopio 20.6.2019, täydennetty 7.10.2019.
- Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy 2020. Elementis Minerals B.V. Branch Finland Horsmanahon ja Pehmytkiven louhosten kuormitus- ja pohjavesitarkkailujen vuosiyhteenveto 2019. E 2566, 24.3.2020.

- Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy 2021. Boliden Kylylahti Oy, Luikonlahden rikastamon kuormitus-, pinta- ja pohjavesitarkkailujen vuosiyhteenveto 2020. 22.2.2021.
- Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy 2021a. Paroc Oy Ab Lapinlahden avolouhosalueen vesitarkkailujen vuosiyhteenveto 2020. E 3976, 4.3.2021.
- Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy 2021b. Tulikivi Oyj, Kivikankaan louhoksen vesitarkkailujen vuosiyhteenveto 2020. Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy 20.1.2021.
- Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy 2021c. Tulikivi Oyj, Nunnalahden louhosten vesitarkkailujen vuosiyhteenveto 2020. 19.2.2021.
- Savo-Karjalan ympäristötutkimus Oy 2021d. Tutkimustuloksia, 11.11.2021, Huutojoen, Papinsuonojan ja Pielisen tarkkailu (7071).
- Senar, O.E., Creed, I.F. & Trick, C.G. 2021. Lake browning may fuel phytoplankton biomass and trigger shifts in phytoplankton communities in temperate lakes. — *Aquatic Sciences* 83: 21.
- Senar, O.E., Creed, I.F., Strandberg, U. & Arts, M.T. 2019. Browning reduces the availability – but not the transfer – of essential fatty acids in temperate lakes. — *Freshwater Biology* 64: 2107-2119.
- Serra, S.R.Q., Cobo, F., Graça, M.A.S., Dolédec, S. & Feio, M.J. 2016. Synthesising the trait information of European Chironomidae (Insecta: Diptera): towards a new database. — *Ecological Indicators* 61: 282-292.
- SFS 5076 1989. Vesitutkimukset. Pohjaeläinnäytteenotto Ekman-noutimella pehmeiltä pohjilta. 7 s.
- Sibelco Nordic Oy Ab, 2016. Nilsin kvartsin ympäristöntarkkailusuunnitelma, 6.4.2016.
- Sibelco Nordic Oy Ab, 2019. Sibelco Nordic Oy Ab:n Kemiön tehtaan tarkkailusuunnitelma, 27.11.2019.
- SMA Mineral Oy 2013. Kalkkimaan kalkkitehtaan ja louhosten tarkkailusuunnitelma.
- SMA Mineral Oy 2019. Loukolammen kalkkitehtaan ja Ankeleen louhoksen tarkkailusuunnitelma – Täydennetty päätöksen ISAVI 84/2019 mukaiseksi. Päivitetty 4.12.2019. Liite 20.
- SMA Mineral Oy 2021. Kalkkimaan kalkkitehtaan ja louhosten tarkkailusuunnitelma, päivitetty 31.8.2021.
- Smol, J.P. 1992. Paleolimnology: an important tool for effective ecosystem management. — *Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery* 1: 49–58.
- Ståhl-Delbanco, A. & Hansson, L.-A. 2002. Effects of bioturbation on recruitment of algal cells from the “seed banks” of lake sediments. — *Limnology and Oceanography* 47: 1836-1843.
- Taipale, S.J., Vuorio, K., Strandberg, U., Kahilainen, K.K., Järvinen, M., Hiltunen, M., Peltomaa, E. & Kankaala, P. 2016. Lake eutrophication and browning downgrade availability and transfer of essential fatty acids for human consumption. — *Environment International* 96: 156-166.
- Terrafame 2020. Terrafame Oy:n Sivukivialue KL1 ympäristölupahakemus. Afry 26.5.2020 (101013314-001).
- Terrafame 2021. Kolmisopen esiintymän hyödyntäminen ja kaivospiirin laajennus. Ympäristövaikutusten arviointiselostus. Terrafame Oy.
- Tolonen, K.T., Hämäläinen, H. & Vuoristo, H. 2005. Syvänteiden pohjaeläimet järvien ekologisen tilan luokittelussa. — *Alueelliset ympäristöjulkaisut* 395. 40 s.
- Tukes 2017. Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2017. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. <https://tukes.fi/teollisuus/kaivostoiminta> > vuoriteollisuustilasto 2017 (pdf).
- Tukes 2018. Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2018. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. <https://tukes.fi/teollisuus/kaivostoiminta> > vuoriteollisuustilasto 2018 (pdf).
- Tukes 2019. Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2019. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. <https://tukes.fi/teollisuus/kaivostoiminta> > vuoriteollisuustilasto 2019 (pdf).
- Tukes 2020. Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2020. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto. <https://tukes.fi/teollisuus/kaivostoiminta> > vuoriteollisuustilasto 2020 (pdf).

- Tulikivi Oyj 2013. Ympäristötarkkailusuunnitelma, Kivikangas -kaivospiiri, Suomussalmi, 11.02.2013.
- Tulikivi Oyj 2019. Ympäristötarkkailusuunnitelma, Tulikivi Oyj, Juuka. 1.4.2019, päivitys 9.12.2020 (Vuokin louhosvedet).
- Vaasan hallinto-oikeus päätösnumero 20/0048/3, antopäivä 15.5.2020. Valitus ympäristölupa-asiasta.
- Varsinais-Suomen ELY-keskus 2017. Päätös 9/2017. Dnro VARELY/2330/2016. Annettu 25.4.2017. Kalkkisillan kalkkikivikaivoksen pinta- ja pohjavesien tarkkailusuunnitelman hyväksyminen.
- Vander Zanden, M.J. & Vadeboncoeur Y. 2002. Fishes as integrators of benthic and pelagic food webs in lakes. — *Ecology* 83: 2152-2161.
- Vesikartta-palvelu. Vesistöjen ekologinen ja kemiallinen tila sekä pintavesityyppi (luokitus) vuodelta 2013. Vesikartta-palvelu. Suomen ympäristökeskus ja Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. (tiedot haettu vuonna 2021).
- Vuori, K. 1995. Direct and indirect effects of iron on river ecosystems. — *Annales Zoologici Fennici* 32: 317-329.
- Vuosiyhteenveto Huittisten Jokisivun kaivoksen kuormitus- ja vesistötarkkailusta vuodelta 2020, KVVY Tutkimus Oy, nro 202/21, 17.2.2021.
- Wiederholm, T. 1980. Use of benthos in lake monitoring. — *Journal of Water Pollution Control Federation* 52: 537-547.
- Williamson, C.E., Overholt, E.P., Pilla, R.M., Leach, T.H., Brentrup, J.A., Knoll, L.B., Mette, E.M. & Moeller, R.E. 2015. Ecological consequences of long-term browning in lakes. — *Scientific Reports* 5: 18666.
- WSP Environmental Oy 2009. Juuan Dolomiittikalkki Oy. Paltamossa sijaitsevaa Reetinniemen kaivosta koskeva tarkkailuohjelma. 26.8.2009.
- Yara Suomi Oy 2018. Toimipaikkojen päästöjen ja vaikutusten tarkkailuohjelma, Yara Suomi Oy Siilinjärvi, 30.11.2018.
- Yara Suomi Oy 2019. Latvavesien tarkkailuohjelma, Yara Suomi Oy, Siilinjärven toimipaikka, 11.2.2019

Liitteet

Liite 1.1 Jokisivu, Huittinen

Kaivos	Jokisivu
Lupa nro	51/2021 ¹
Toimija	Dragon Mining Oy
Sijaintikunta	Huittinen

Sijaitseeko alueella rikastamo	Ei, malmi kuljetetaan Vammalan rikastamolle
---------------------------------------	---

Toiminnan aloitusvuosi	
Tärkeimmät arvoaineet	Kulta
Hyötykivityyppi	Metallimalmi
Kokonaislouhintamäärä	350 928 t/v ²
Malmia louhittu	288 641 t/v ²

Vesistöt	Paukkionoja, Mansikkahuhdanoja, Loimijoki
Vesistöjen tila	Loimijoki: Ekologinen tila Välttävä, voimakkaasti muutettu; Kemiallinen tila Hyvä
Vesityyppi	Loimijoki: Suuret savimaiden joet

Näytteenottopisteet	Vesistötarkkailu: 5 pistettä (suotovesioja, Paukkionoja, Mansikkahuhdan-oja), <i>yhteistarkkailu:</i> 15 pistettä (Loimijoki), joista 2 kaivoksen tarkkailupistettä ^{3,4,6}
	Sedimenttitarkkailu: Yhteistarkkailu 6 pistettä (Loimijoki) ⁵
	Biologinen tarkkailu: Yhteistarkkailu Loimijoesta a-klorofylli 2 pisteestä, pohjaeläimet 8 pisteestä, piilevät 8 pisteestä, kalojen metallipitoisuus ⁵
Muuttujat	Vesistötarkkailu: lämpötila, happi, hapen kyllästysaste (%), Sameus, pH, sähköjohtavuus, kiintoaine, COD _{Mn'} , P (kok.), N (kok.), ammoniumtyyppi, nitriittinitraattityyppi, sulfaatti, kloridi, As, Cd (liuk. ja kok.), Ni (liuk. ja kok.), Al, Co, Cr, Cu, Pb, Zn, U. Yhdellä pisteellä lisäksi biosaatava Ni ja Pb. ^{1,3} ; yhteistarkkailu: Lämpötila, happi, hapen kyll., sameus, sähköjohtavuus, pH, kiintoaine, väri, COD _{Mn'} , N (kok.), ammoniumtyyppi, nitraattityyppi, P (kok.), fosfaattifosfori, Fe, fekaaliset kolit, fekaaliset streptokokit ⁵
	Sedimenttitarkkailu: Kuiva-ainepitoisuus, Hg, Cd, Cu, Cr, Zn, öljyhiilivedyt ⁵
	Biologinen tarkkailu: a-klorofylli, pohjaeläimet, piilevät, ahvenen Hg ⁵
Näytteenottotiheys	Vesistötarkkailu: 4 krt vuodessa (ojat) ja yhteistarkkailu 2 krt (piste L14) ja 12 krt (piste L15) vuodessa (Loimijoki) ^{3,5,6}
	Sedimenttitarkkailu: Yhteistarkkailu 3 vuoden välein ⁵
	Biologinen tarkkailu: Yhteistarkkailu a-klorofylli 2 krt vuodessa; pohjaeläimet, piilevät ja kalojen metallipitoisuudet, ikä sekä pituus 3 vuoden välein ⁵
Näytteenottomenetelmät	Vesistötarkkailu: Yhteistarkkailu KVVY Tutkimus Oy:n näytteenotto-ohje ⁴
	Sedimenttitarkkailu: Näytteenottostandardi SFS 5730 (1992) ⁵
	Biologinen tarkkailu: Pohjaeläinten näytteenottostandardit SFS 5076 (SFS 1989), SFS-EN 28265 (SFS 1994) ja SFS 5077 (SFS 1989) sekä ympäristöhallinnon uusin biologisten seurantojen ohje Meissner ym. 2016; piilevänäytteenotto ympäristöhallinnon menetelmäohje Meissner ym. 2016; kalojen näytteenotto-ohjeet Verta ym. 2010 ja Karvonen ym. 2012 ⁵
Muut toiminnot lähialueella	Entsyymitehdas (Genencor International Oy), Forssan ja Huittisten kaupunkien vedenpuhdistamot sekä muut teollisuustoimijat.

Kaivos	Jokisivu
---------------	----------

Lähdeluettelo:

1. Lupapäätös nro 51/2021, dnro ESAVI/43764/2019, annettu 17.2.2021. Jokisivun kaivoksen toiminnan muuttaminen ja toiminnan aloittamislupa, Huittinen.
2. Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2020. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes).
3. KVVY Tutkimus Oy 2021. Dragon Mining Oy:n Jokisivun kaivoksen päästö- ja vaikutustarkkailuohjelma, nro 425/21, 29.4.2021.
4. KVVY Tutkimus Oy 2021. Vuosiyhteenveto Huittisten Jokisivun kaivoksen kuormitus- ja vesistö tarkkailusta vuodelta 2020, nro 202/21, 17.2.2021.
5. Kokemäen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry 2017. Loimijoen vesistöalueen yhteistarkkailu, tarkkailuohjelman päivitys-esitys, Kirjenro 656/17, 8.6.2017.
6. KVVY Tutkimus Oy 2020. Loimijoen yhteistarkkailu 2019. Julkaisu nro 834, 16.11.2020.

Liite 1.2 Kaapelinkulma, Valkeakoski

Kaivos	Kaapelinkulma
Lupa nro	175/2015/1 ¹
Toimija	Dragon Mining Oy
Sijaintikunta	Valkeakoski

Sijaitseeko alueella rikastamo	Ei, malmi kuljetetaan Vammalan rikastamolle ^{3,4}
---------------------------------------	--

Toiminnan aloitusvuosi	2019 ^{4,5}
Tärkeimmät arvoinneet	Kulta
Hyötykivityyppi	Metallimalmi
Kokonaislouhintamäärä	509 014 t/v ²
Malmia louhittu	52 629 t/v ²

Vesistöt	Sammaloja, Haavanoja, Vallonoja, Vallonjärvi
Vesistöjen tila	Ei luokiteltuja vesistöjä
Vesityyppi	Ei luokiteltuja vesistöjä

Näytteenottpisteet	Vesistötarkkailu: 7 pistettä (Sammaloja, Haavanoja, Vallonoja, Pykälänoja, oja Mallasveden suuntaan sekä Vallonjärvi ja pihalampi) ^{3,4}
	Sedimenttitarkkailu: 4 pistettä (Sammaloja, Haavanoja, Vallonoja, Vallonjärvi) ^{3,4,5}
	Biologinen tarkkailu: Ei ole mainintaa ³
Muuttujat	Vesistötarkkailu: virtaama, näkösyvyys (Vallonjärvi) sähköjohtavuus, lämpötila, Redox-potentiaali, pH, happipitoisuus, hapen kyllästysaste, sameus, kiintoaine, sulfaatti, kloridi, P (kok.), N (kok.), ammoniumtyyppi, nitriitti-nitraattityyppi, COD _{Mn} , Al, As, Pb (kok. ja liuk.), Cd (kok. ja liuk.), Cr, Cu, Ni (kok. ja liuk.), Zn, Fe, Mn ³
	Sedimenttitarkkailu: Kuiva-ainepitoisuus, As, Hg, Cd, Cr, Cu, Zn, Ni, Pb, Co, Fe, Mn ja U ^{3,5}
	Biologinen tarkkailu: -
Näytteenottoiheyys	Vesistötarkkailu: oja-pisteet ja pihalampi 4 krt vuodessa sekä Vallonjärvi kerran vuodessa ^{3,4}
	Sedimenttitarkkailu: 3 vuoden välein ^{3,5}
	Biologinen tarkkailu: -
Näytteenottomenetelmät	Vesistötarkkailu: KVVY Tutkimus Oy:n näytteenotto-ohje ⁴
	Sedimenttitarkkailu: Näytteenottostandardi SFS 5730 (SFS 1992) ^{3,5}
	Biologinen tarkkailu: -
Muut toiminnot lähialueella	Maa- ja metsätaloutta. ¹

Lähdeluettelo:

1. Lupapäätös nro 175/2015/1, dnro LSSAVI/4511/04.08/2014, annettu 14.10.2015. Kaapelinkulman kultakaivoksen tois-
taiseksi voimassa olevan ympäristöluvan lupamääräysten tarkistaminen, Valkeakoski
2. Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2020. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes)
3. Dragon Mining Oy 2015. Valkeakosken Kaapelinkulman kaivoksen käyttö-, kuormitus- ja vesistötarkkailu. Kokemäen
vesistön vesiensuojeluyhdistys ry, Kirjenro 926/15, 24.11.2015
4. KVVY Tutkimus Oy 2021. Vuosiyhteenveto Valkeakosken kaivoksen pinta- ja pohjavesitarkkailusta vuodelta 2020. Ra-
portti nro 183/21, 11.2.2021.
5. KVVY Tutkimus Oy 2021. Valkeakosken kaivoksen sedimenttitarkkailu vuonna 2021. Tutkimusraportti nro 601/21.

Liite 1.3 Kemi kaivos, Keminmaa

Kaivos	Kemin kaivos
Lupa nro	125/10/1 ja 23/2014/1 ^{1,2}
Toimija	Outokumpu Chrome Oy
Sijaintikunta	Keminmaa

Sijaitseeko alueella rikastamo	Kyllä
Kaivos, jolta rikaste on peräisin	Kemin kaivos

Toiminnan aloitusvuosi	
Tärkeimmät arvoaineet	Kromi
Hyötykivityyppi	Metallimalmi
Kokonaislouhintamäärä	2 782 873 t/v ³
Malmia louhittu	2 293 330 t/v ³

Vesistöt	Iso-Ruonaoja, Kirvesjärvi, Perämeri
Vesistöjen tila	Perämeri: Ekologinen tila Tyydyttävä; Kemiallinen tila Hyvä
Vesityyppi	Perämeri: Perämeren sisemmät rannikkovedet

Näytteenottpisteet	Vesistötarkkailu: 5 pistettä (Kirvesoja, Iso Ruonaoja, Hepolahti, Kirvesjärvi) ⁴
	Sedimenttitarkkailu: Ei ole mainintaa ⁴
	Biologinen tarkkailu: Ei ole mainintaa ⁴
Muuttujat	Vesistötarkkailu: lämpötila, happipitoisuus, hapen kyllästysaste, pH, sähkönjohtavuus, COD _{Mn} , P (kok.), PO4-P, N (kok.), NO3-N+NO2-N, NH4-N, kloridi, Fe, Ca, kiintoaine, fekaaliset kolibakteerit, Ni (kok. ja liuk.), Cr (kok. ja liuk.), Zn ja vedenpinnan korkeus (Kirvesjärvi). Lisäksi havainnoidaan näytteenottosyvyyttä, näkösyvyys, jään paksuus, lumen paksuus ja mittapadon virtaama ⁴
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Näytteenottiheys	Vesistötarkkailu: 4, 9 tai 12 krt/v sekä pinnan korkeus 1 krt/kk (avovesi) ja 2 krt talviaikana ⁴
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Näytteenottomenetelmät	Vesistötarkkailu: -
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Muut toiminnot lähialueella	Maa- ja kiviaineksenotto, läheisten taajamien (Keminmaa, Kemi) toiminnot, liikenne, Kemi-Tornion lentokenttä sekä Kemin muu teollisuus.

Lähdeluettelo:

1. Lupapäätös nro 125/10/1, dnro PSAVI/121/04.08/2010, annettu 27.12.2010. Kemin kromiittikaivoksen ja rikastamon ympäristö- ja vesitalouslupa sekä toiminnan aloittamislupa, Keminmaa
2. Lupapäätös nro 23/2014/1, dnro PSAVI/1/04.08/2013, annettu 26.3.2014. Kemin kaivoksen Nuottijärvi-Surmanojan avolouhoksen tyhjentäminen, vesien johtaminen Iso-Ruonaojaan sekä päätöksen täytäntöönpanoa koskeva hakemus, Keminmaa
3. Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2020. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes)
4. Outokumpu Chrome Oy 2017. Kemin kaivos - Tarkkailusuunnitelman päivitys, 7.7.2017

Liite 1.4 Kevitsa, Sodankylä

Kaivos	Kevitsa
Lupa nro	79/2014/1 ¹ ja muita lupapäätöksiä
Toimija	Boliden Kevitsa Mining Oy
Sijaintikunta	Sodankylä

Sijaitseeko alueella rikastamo	Kyllä
Kaivos, jolta rikaste on peräisin	Kevitsa

Toiminnan aloitusvuosi	2012
Tärkeimmät arvoaineet	Nikkeli, kupari, palladium, koboltti, platina, kulta ^{1,5}
Hyötykivityyppi	Metallimalmi
Kokonaislouhintamäärä	39 452 195 t ²
Malmia louhittu	9 489 822 t ²

Vesistöt	Mataraoja, Kitinen, Saiveljärvi, Satojärvi, Viivajoki
Vesistöjen tila	Mataraoja: Ekologinen tila Hyvä; Kemiallinen tila Hyvä Kitinen: Ekologinen tila Hyvä, voimakkaasti muutettu; Kemiallinen tila Hyvä Saiveljärvi: Ekologien tila Hyvä; Kemiallinen tila Hyvä Satojärvi: Ekologinen tila Hyvä ; Kemiallinen tila Hyvä Viivajoki: Ekologinen tila Hyvä; Kemiallinen tila Hyvä
Vesityyppi	Mataraoja: Pienet turvemaiden joet Kitinen: Erittäin suuret turvemaiden joet Saiveljärvi: Matalat runsashumuksiset järvet Satojärvi: Matalat runsashumuksiset järvet Viivajoki: Keskisuuret turvemaiden joet

Näytteenottpisteet	Vesistötarkkailu: 15 pistettä (Kitinen, Mataraoja, Saiveljärvi, Satojärvi, Viivajoki) ³
	Sedimenttitarkkailu: 5 pistettä (Kitinen, Mataraoja) ³
	Biologinen tarkkailu: 8 pistettä a-klorofylli, 7 pistettä pohjaeläimet, 6 pistettä piilevät, 2 pistettä kasviplankton, 3 pistettä vesisammalten ja kalojen metallit ³
Muuttujat	Vesistötarkkailu: pH, lämpötila, sähkönjohtavuus, happipitoisuus, hapen kyl- lästysaste, COD _{Mn} , väri, kiintoaine, sameus, alkaliteetti, P (kok), PO4-P, N (kok), NH4-N, NO2+NO3-N, kloridi, sulfaatti, veden kovuus, Ni (kok ja liuk), Cd (liuk), DOC, Na, Ca, K, Mg, Al, As, B, Ba, Be, Ca, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, P, Pb (liuk.), S, Sb, Se, Sn, Ti, V, Zn ³ ja Hg (liuk) ⁴
	Sedimenttitarkkailu: pH, haihdutusjäännös ja hehkutusjäännös sekä Al, As, Cu, Mn, Fe, Cr, Cd, Hg, Ni, Zn, Pb, Co, V ³
	Biologinen tarkkailu: a-klorofylli, piilevät, pohjaeläimet, kasviplankton, vesi- sammalten metallit (Cr, Cu, Co, Ni, V, Zn, Hg), kalojen metallit (As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, V, Zn) ³
Näytteenottoiheyks	Vesistötarkkailu: 14 krt/v (Kitinen, Mataraoja) ja 4 krt/v (Saiveljärvi, Satojärvi, Viivajoki) ³
	Sedimenttitarkkailu: 5 vuoden välein ³
	Biologinen tarkkailu: a-klorofylli ja piilevät vuosittain; pohjaeläimet, kasviplank- ton, vesisammalet ja kalojen metallit kolmen vuoden välein ³

Kaivos	Kevitsa
Näytteenottomenetelmät	Vesistötarkkailu: Näytteenotossa noudatetaan ympäristöhallinnon ohjeita ³
	Sedimenttitarckkailu: Viipaloivalla sedimenttinoutimella ³
	Biologinen tarkkailu: Pohjaeläinnäytteenotto ympäristöhallinnon ohje Meissner ym. versio 9.6.2016 tai viimeisin; piilevät ympäristöhallinnon menetelmäohje Eloranta ym. 2007 sekä SFS-EN 13946 ja SFS-EN 14407; vesisammaleet SFS-5671; kasviplankton ympäristöhallinnon ohje Järvinen ym. 2011; vesisammalet standardi SFS 5671 ³
Muut toiminnot lähialueella	metsä- ja porotalous ³

Lähdeluettelo:

1. Lupapäätös nro 79/2014/1, dnro PSAVI/144/04.08/2011, annettu 11.7.2014. Kevitsan kaivoksen tuotannon laajentamisen ympäristö- ja vesitalouslupa sekä töiden ja toiminnan aloittamislupa, Sodankylä
2. Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2020. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes)
3. Ramboll Finland Oy 2015. Boliden Kevitsa Mining Oy, Kevitsan kaivoksen tuotantovaiheen tarkkailuohjelma, 5.5.2015, 2.10.2015 täydennys, 31.3.2017 päivitys.
4. Eurofins Ahma Oy 2019. Boliden Kevitsa Mining Oy, Kevitsan kaivoksen pintavesitarkkailu vuonna 2019.
5. Boliden Annual and sustainability report 2020. www.boliden.com

Liite 1.5 Kylylahti, Polvijärvi

Kaivos	Kylylahti
Lupa nro	8/2016/1 ¹
Toimija	Boliden Kylylahti Oy
Sijaintikunta	Polvijärvi

Sijaitseeko alueella rikastamo	Ei, malmi kuljetetaan Luikonlahden rikastamolle
---------------------------------------	---

Toiminnan aloitusvuosi	2012
Tärkeimmät arvoaineet	Kupari, koboltti, nikkeli, sinkki, kulta
Hyötykivityyppi	Metallimalmi
Kokonaislouhintamäärä	642 775 t ²
Malmia louhittu	642 775 t ²

Vesistöt	Kylylampi, Polvijärvi, Viinijoki, Viinijärvi
Vesistöjen tila	Polvijärvi: Ekologinen tila Välttävä; Kemiallinen tila Hyvää huonompi Viinijoki: Ekologinen tila Välttävä; Kemiallinen tila Hyvää huonompi Viinijärvi: Ekologinen tila Tyydyttävä; Kemiallinen tila Hyvä
Vesityyppi	Polvijärvi: Runsashumuksiset järvet Viinijoki: Pienet turvemaiden joet Viinijärvi: Suuret vähähumuksiset järvet

Näytteenotopisteet	Vesistötarkkailu: 3 pintaveden korkeuden seuranta-asemaa (Polvijärvi, Kylylampi, Purnulampi); yhteistarkkailu 5 pistettä (Polvijärvi, Viinijärvi) ³
	Sedimenttitarckkailu: yhteistarkkailu 2 pistettä (Polvijärvi) ³
	Biologinen tarkkailu: yhteistarkkailu 2 pistettä (Polvijärvi, Viinijoki), kalojen metallit (Polvijärvi) ^{3,4,5}
Muuttujat	Vesistötarkkailu: vedenpinnan korkeus ³ ; yhteistarkkailussa: Lämpötila, näkösyvyys, pH, sähkönjohtavuus, sameus, kiintoaine, N (kok.), NO ₃ +NO ₂ , NH ₄ -N, P (kok.), sulfaatti, Sb, Cd (kok. ja liuk.), Co, Cu, Cr, Mo, Zn, Fe, As, Ni (kok. ja liuk.), Pb, Hg ja DOC ^{3,4}
	Sedimenttitarckkailu: pH, sähkönjohtavuus, sulfaatti, kiintoaine, orgaaninen aines, Ni, Cd, Cu, Co, Zn, Fe ja Cr ³
	Biologinen tarkkailu: a-klorofylli, kasviplankton, pohjaeläimet, kalojen metallit (Cu, Zn, Ni, Cd) ^{3,5}
Näytteenottiheys	Vesistötarkkailu: 3 tai 4 krt/v ³
	Sedimenttitarckkailu: joka viides vuosi, raskasmetallit 10 vuoden välein ³
	Biologinen tarkkailu: a-klorofylli ja kasviplankton vuosittain, pohjaeläimet ja kalojen metallit joka kolmas vuosi ³
Näytteenottomenetelmät	Vesistötarkkailu: -
	Sedimenttitarckkailu: sovitaan erikseen ELY-keskuksen kanssa ⁴
	Biologinen tarkkailu: ympäristöhallinnon biologisen seurannan ohje; pohjaeläinnäytteenottostandardit SFS 5076, SFS 5730 ja SFS 5077 ^{3,4}
Muut toiminnot lähialueella	Horsmanahon, Pehmytkiven ja Karnukan kaivokset, useita suljettuja kaivosalueita (Vasarakangas, Sola, Vuonos), turvetuotantoalue (Teerisuo)

Lähdeluettelo:

- Lupapäätös nro 8/2016/1, dnro ISAVI/173/2015, annettu 3.3.2016. Kylylahden kaivoksen ympäristöluvan muuttaminen, Polvijärvi.
- Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2020. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes)
- Boliden Kylylahti Oy 2016. Kylylahden kaivoksen tarkkailusuunnitelma, luonnos 31.10.2016, päivitetty ja täydennetty 8.12.2016
- Savo-Karjalan ympäristötutkimus Oy 2015. Pohjois-Viinijärven yhteistarkkailuohjelma, Kuopio 9.10.2015, täydennetty 2.5.2016
- Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy 2011. Kylylahti Copper Oy, Kalataloudellinen tarkkailu vuonna 2011. Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy, B 5025.100, Kuopio 4.11.2011

Liite 1.6 Laiva, Raahе

Kaivos	Laivakangas
Lupapäätös	84/09/2 ¹
Toimija	Otso Gold Oy
Sijaintikunta	Raahе

Sijaitseeko alueella rikastamo	Kyllä
Kaivos, jolta rikaste on peräisin	Laivakangas

Toiminnan aloitusvuosi	2012
Tärkeimmät arvoaineet	kulta
Hyötykivityyppi	Metallimalmi
Kokonaislouhintamäärä	1 465 485 t/v ²
Malmia louhittu	179 348 t/v ²

Vesistöt	Piehinginjoki, Poikajoki, Tuoreenmaanoja, Hörskönjoki, Mäntyoja, Haapajoki, Ispinäojan, Isolahti, Perämeren rannikko ³
Vesistöjen tila	Piehinginjoki: Ekologinen tila tyydyttävä; Kemiallinen tila hyvä Haapajoki: Ekologinen tila välttävä; Kemiallinen tila hyvä Perämeren rannikkovesi: Ekologinen tila tyydyttävä; Kemiallinen tila hyvä
Vesityyppi	Piehinginjoki: Keskisuuret turvemaiden joet Haapajoki: Pienet turvemaiden joet Perämeren rannikko: Perämeren sisemmät rannikkovedet

Näytteenottopisteet	Vesistötarkkailu: 5 pistettä (Piehinginjoki, Tuoreenmaanoja, Ispinäoja, Mäntyoja) ja tarvittaessa 4 lisäpistettä (Tuoreenmaanoja, Hörskönjoki, Haapajoki, Piehinkijoki) ³ ; Merialueen yhteistarkkailu: 11 pistettä ⁴
	Sedimenttitarckailu: yhteistarkkailu 2 pistettä ^{5,7}
	Biologinen tarkkailu: pohjaeläimet ja piilevät 3 pistettä; vesikasvillisuus 4 näytealaa ⁵ yhteistarkkailu: a-klorofylli 10 pistettä, pohjaeläimet 5 pistettä, kalat (metallimääritys) 2 alueelta Raahen edustalta (sis. vertailupisteen) ja kasviplankton 3 pistettä ⁴
Muuttujat	Vesistötarkkailu: lämpötila, virtaama, näkösyvyys, pH, sähkönjohtavuus, kiintoaine, sameus, väri, happipitoisuus, hapen kyllästysaste, sulfaatti, kokonaistyyppi, NO ₂ ,3-N, NH ₄ -N, kokonaisfosfori, PO ₄ -P, CODMn, kokonaissyaniidi, As, Fe, Al, Zn, U sekä liukoiset Ni, Cd, Hg ja Pb ³ em. lisäksi yhteistarkkailu: a-klorofylli, kokonaiskovuus, DOC, koliformiset bakteerit ja WAD-syaniidi ⁴
	Sedimenttitarckailu: pH, orgaaninen ja epäorgaaninen aines, kokonaissyaniidi, WAD-syaniidi, Al, As, Cd, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb, Sb, V, Zn, Hg ja U ⁷
	Biologinen tarkkailu: piilevät, vesikasvillisuus, kasviplankton (lajisto ja biomassa), pohjaeläimet (lajisto, metallit); yhteistarkkailu: a-klorofylli, pohjaeläintarkkailu (lajistomääritys, yksilötiheydet, biomassa, metallit) ja kasviplankton tarkkailu (lajisto, kokonaisbiomassa) ⁴ pohjaeläinten metallipitoisuus: Ni, As, Hg, Zn, Cu, Cd, V, Pb, Co ⁵ kalojen metallipitoisuus: Ni, As, Hg, Zn, Cu, Cd, Pb, Co, V ja U ⁶
Näytteenottiheys	Vesistötarkkailu: 5 pistettä 3-4 krt/v, tarvittaessa 4 lisäpistettä 4 krt/v ³ ; yhteistarkkailu: 12 krt/v (1 piste) ja 4 krt/v (9 pistettä) ⁴
	Sedimenttitarckailu: 5 vuoden välein ⁵
	Biologinen tarkkailu: pohjaeläimet, kasviplankton, piilevät ja vesikasvit 3 vuoden välein; yhteistarkkailu: a-klorofylli 2 krt/v, pohjaeläimet, kasviplankton, kalojen metallipitoisuudet ja syaniidi kolmen vuoden välein ⁴

Kaivos	Laivakangas
Näytteenottomenetelmät	Vesistötarkkailu: Akkreditoituid tai viranomaisten hyväksymät menetelmät ja/ tai SFS-standardit ^{3,4}
	Sedimenttitarkkailu: Ei määritetty
	Biologinen tarkkailu: Pohjaeläinnäytteenotto SFS 5077 ja SFS 5076 ^{4,5} , Biologinen tarkkailu ympäristöhallinnon menetelmäohje ⁵ , piilevämenetelmäohje Eloranta ym. 2007, virtavesien vesikasvimenetelmä SFS-14184 ⁵
Muut toiminnot alueella	Teollisuustoimintaa: SSAB Europe Oy Raahen terästehdas, Raahen vesi Oy ja Raahen Voima Oy ⁴

Lähdeluettelo:

1. Lupapäätös nro 84/09/2, dnro Psy-2007-y-160, annettu 24.11.2009. Laivakankaan kaivoksen ympäristö- ja vesitalouslupa sekä töiden- ja toiminnanaloittamislupa. Nordic Mines Ab
2. Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2019. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes). <https://tukes.fi/teollisuus/kaivostointa> >> Vuoriteollisuustilasto 2019 (6.9.2021)
3. EHP Environment Oy ja KVVY Tutkimus Oy 2018. Laivan tarkkailusuunnitelma 1.6.2018. Laivakankaan kaivoksen tuotantovaiheen päästö- ja vaikutustarkkailusuunnitelma. Firesteel Resources Inc. Nordic Gold Oy.
4. Eurofins Ahma Oy 2021. Raahen edustan merialueen yhteistarkkailu. Vesistötarkkailu 2020. 22.7.2021.
5. Otso Gold 2021. Laiva-kaivos biologinen tarkkailu vuodesta 2021 alkaen. 1.6.2021.
6. Eurofins Ahma Oy 2021b. Raahen edustan merialueen yhteistarkkailu. Kalataloustarkkailu 2020. 20.10.2021.
7. Nordic Gold 2018. Raahen edustan yhteistarkkailun päivittäminen, 3.7.2018.

Liite 1.7 Pampalo, Ilomantsi

Kaivos	Pampalo
Lupa nro	22/2015/1 ¹
Toimija	Endomines Oy
Sijaintikunta	Ilomantsi

Sijaitseeko alueella rikastamo	Kyllä
Kaivos, jolta rikaste on peräisin	Pampalo

Toiminnan aloitusvuosi	2011
Tärkeimmät arvoaineet	Kulta
Hyötykivityyppi	Metallimalmi
Kokonaislouhintamäärä	180 389 t/v ²
Malmia louhittu	170 389 t/v ²

Vesistöt	Sivakkojoki, Lietoja, Hattujärvi, Alajoki
Vesistöjen tila	Sivakkojoki: Ekologinen tila Tyydyttävä; Kemiallinen tila Hyvää huonompi Hattujärvi: Ekologinen tila Erinomainen; Kemiallinen tila Hyvää huonompi
Vesityyppi	Sivakkojoki: Pienten turvemaiden joet Hattujärvi: Matalat runsashumuksiset järvet

Näytteenottopisteet	Vesistötarkkailu: 9 pistettä (Riitaoja, Sivakkojoki, Lietoja, Hattujärvi, Alajoki) ³
	Sedimenttitarkkailu: ei ole mainintaa ³
	Biologinen tarkkailu: 1 piste (Hattujärvi) ³
Muuttujat	Vesistötarkkailu: pH, lämpötila, sähkönjohtokyky, kiintoaine, väriluku, kokonaisfosfori, kokonaistyyppi, nitriittityyppi, nitraattityyppi, sulfaatti, COD _{Mn'} , As, Cd (kok. ja liuk.), Cr, Cu, Fe, Ni (kok. ja liuk.), Pb (kok. ja liuk.), Zn, Hg, Ca, K, Mg, Na; Hattujärvestä lisäksi: näkösyvyys, happipitoisuus, hapen kyllästysarvo ja sameus ³
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: a-klorofylli, syvänpohjajeläinnäyte ³
Näytteenottiheys	Vesistötarkkailu: 2 - 4 krt/v ³
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: a-klorofylli 1 krt/v, syvänpohjajeläinnäyte joka kolmas vuosi ³
Näytteenottomenetelmät	Vesistötarkkailu: -
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Muut toiminnot lähialueella	Ei ole tiedossa muuta teollista toimintaa.

Lähdeluettelo:

1. Ympäristölupa nro 22/2015/1, dnro ISAVI/18/04.08/2012, annettu 27.4.2015. Pampalon kaivoksen ja rikastamon ympäristölupa ja toiminnan aloituslupa, Ilomantsi
2. Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2017. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes)
3. Endomines Oy 2015. Endomines Oy:n Pampalon kaivoksen ympäristön velvoitetarkkailuohjelma, päivitetty 3.8.2015.

Liite 1.8 Suurikuusikko, Kittilä

Kaivos	Suurikuusikko
Lupa nro	67/2020 ¹ ja muita lupia
Toimija	Agnico Eagle Finland Oy
Sijaintikunta	Kittilä
Sijaitseeko alueella rikastamo	Kyllä
Kaivos, jolta rikaste on peräisin	Suurikuusikko
Toiminnan aloitusvuosi	2008
Tärkeimmät arvoaineet	Kulta, hopea
Hyötykivityyppi	Metallimalmi
Kokonaislouhintamäärä	3 045 878 t/v ²
Malmia louhittu	1 848 666 t/v ²
Vesistöt	Seurujoki, Loukinen, Kapsajoki, Ounasjoki
Vesistöjen tila	Seurujoki: Ekologinen tila Hyvä; Kemiallinen tila Hyvä Loukinen: Ekologinen tila Hyvä; Kemiallinen tila Hyvä Kapsajoki: Ekologinen tila Hyvä; Kemiallinen tila Hyvä Ounasjoki: Ekologinen tila Erinomainen; Kemiallinen tila Hyvä
Vesityyppi	Seurujoki: Keskisuuret turvemaiden joet Loukinen: Suuret turvemaiden joet Kapsajoki: Keskisuuret turvemaiden joet Ounasjoki: Suuret turvemaiden joet
Näytteenottopisteet	Vesistötarkkailu: 22 pistettä (Seurujoki, Loukinen, Kapsajoki, Ounasjoki) ³ Sedimenttitarkkailu: Ei ole mainittu ³ Biologinen tarkkailu: pohjaeläimet ja puolansurviaiset sekä piilevät 13 pistettä (Seurujoki, Loukinen, Ounasjoki); kalojen metallit: simpukka 4 pistettä (Seurujoki, Loukinen ja Kapsajoki) ja muut kalat 1 piste (Loukinen) ³
Muuttujat	Vesistötarkkailu: lämpötila, sameus, väriluku, pH, sähkönjohtavuus, happipitoisuus, hapen kyllästysaste, kiintoaine, CODMn, Cl, SO ₄ , kok. N, NO ₃ -N, NO ₂ -N, NH ₄ -N, NO ₂ -N+NO ₃ -N, kok. P, PO ₄ -P, Al, Sb, As, Cd (kok. ja liuk.), Cu, Pb (kok. ja liuk.), Mn, Ni (kok. ja liuk.), Fe, Zn, Hg, DOC, Ca, K, Na, Mg, WAD-syanidi, kok. syanidi sekä laskennallinen biosaatava lyijy- ja nikkelpitoisuus ³ Sedimenttitarkkailu: - Biologinen tarkkailu: pohjaeläin, puolansukeltajasurviainen, piilevä, kalojen metallit (Al, Sb, As, Ba, Be, B, Hg, P, Cd, K, Ca, Co, Cr, Cu, Pb, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Fe, S, Se, Zn, Sn, Ti, V) ³
Näytteenottiheys	Vesistötarkkailu: 2, 4, 12 tai 52 krt/v Sedimenttitarkkailu: - Biologinen tarkkailu: Piilevät vuosittain; pohjaeläimet, puolansukeltaja-surviaiset sekä kalojen metallipitoisuus kolmen vuoden välein; vesikasvillisuus selvitys, vedenalaiskuvaus kolmen vuoden välein sekä vesisammalten versojen metallipitoisuus (tarkkailutiheys ei ole tiedossa). ³
Näytteenottomenetelmät	Vesistötarkkailu: Suomen ympäristökeskuksen ohje Mäkelä ym. 2008. ³ Sedimenttitarkkailu: - Biologinen tarkkailu: pohjaeläintarkkailu ympäristöhallinnon biologisen seurannan ohje Meissner ym. 2016 ja standardi SFS 5077; Puolansukeltajasurviainentarkkailulle ei ole standardia; piilevätarkkailu standardit SFS-EN 13946 ja SFS-EN 14407 sekä ympäristöhallinnon ohje Eloranta ym. 2007; vesisammalten versojen metallipitoisuus ELY-keskuksen ohje. ³
Muut toiminnot lähialueella	Metsä- ja porotalous ¹

Lähdeluettelo:

1. Ympäristölupa nro 67/2020, dnro PSAVI/1079/2018, annettu 29.5.2020. Kittilän kaivoksen toiminnan laajentaminen ja jätevesien purkupaikan muuttaminen, Kittilä
2. Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2020. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes)
3. Agnico Eagle Finland Oy 2020. Kittilän kaivoksen tuotantovaiheen tarkkailuohjelma, 17.12.2020

Liite 1.9 Talvivaara, Sotkamo ja Kajaani

Kaivos	Terrafame (Talvivaara)
Lupa nro	36/2014/1 ¹ ja useita muita lupapäätöksiä
Toimija	Terrafame Oy
Sijaintikunta	Sotkamo

Sijaitseeko alueella rikastamo	ei, malmi käsitellään bioliuotuksella
---------------------------------------	---------------------------------------

Toiminnan aloitusvuosi	v. 2008 ¹ Talvivaara Sotkamo Oy, vuodesta 2015 Terrafame Oy
Tärkeimmät arvoaineet	Nikkeli, sinkki, koboltti ja kupari ³
Hyötykivityyppi	Metallimalmi
Kokonaislouhintamäärä	33 382 992 t/v ²
Malmia louhittu	16 869 520 t/v ²

Vesistöt	Oulujoen vesistöt: Salminen, Salmisen puro, Kivipuro, Pirttipuro, Kalliojärvi, Korentojoki, Härkäpuro, Kuusijoki, Kalliojokisuus, Kolmisoppi, Aittopuro, Tuhkajoki, Talvijoki, Jormasjärvi, Jormasjoki, Nuasjärvi, Rehja, Kajaaninjoki, Oulujärvi Vuoksen vesistöt: Ylä-Lumijärvi, Lumijärvi, Lumijoki, Kivijärvi, Kivijoki, Laakajärvi, Kiltuanjärvi, Haajaisenjärvi, Haapajärvi, Nurmijoki, Sälevä, Atronjoki, Syväri Kaivospiirin ulkopuoliset järvet: Iso-Savonjärvi, Hakonen, Raatelampi ³
Vesistöjen tila	Tuhkajoki-Korentojoki: Ekologinen tila Tyydyttävä; Kemiallinen tila Hyvää huonompi Kolmisoppi: Ekologinen tila Välttävä; Kemiallinen tila Hyvää huonompi Jormasjärvi: Ekologinen tila Hyvä; Kemiallinen tila Hyvää huonompi Jormasjoki: Ekologinen tila Hyvä; Kemiallinen tila Hyvää huonompi Rehja-Nuasjärvi: Ekologinen tila Hyvä; Kemiallinen tila Hyvä Kajaaninjoki: Ekologinen tila Hyvä; Kemiallinen tila Hyvä Oulujärvi: Ekologinen tila Hyvä; Kemiallinen tila Hyvä Kivijärvi: Ekologinen tila huono; Kemiallinen tila Hyvää huonompi Kivijoki: Ekologinen tila Tyydyttävä; Kemiallinen tila Hyvää huonompi Laakajärvi: Ekologinen tila Hyvä; Kemiallinen tila Hyvää huonompi Kiltuanjärvi: Ekologinen tila Hyvä; Kemiallinen tila Hyvää huonompi Haajaistenjärvi: Ekologinen tila Hyvä; Kemiallinen tila Hyvää huonompi Haapajärvi: Ekologinen tila Hyvä; Kemiallinen tila Hyvää huonompi Nurmijoki: Ekologinen tila Hyvä; Kemiallinen tila Hyvää huonompi Sälevä: Ekologinen tila Hyvä; Kemiallinen tila Hyvää huonompi Atronjoki: Ekologinen tila Hyvä; Kemiallinen tila Hyvää huonompi Syväri: Ekologinen tila Hyvä; Kemiallinen tila Hyvää huonompi ⁴
Vesityyppi	Tuhkajoki-Korentojoki: Keskisuuret turvemaiden joet Kolmisoppi: Runsashumuksiset järvet (Rh) Jormasjärvi: Keskikokoiset humusjärvet (Kh) Jormasjoki: Keskisuuret turvemaiden joet Rehja-Nuasjärvi: Suuret humusjärvet (Sh) Kajaaninjoki: Suuret kangasmaiden joet Oulujärvi: Suuret humusjärvet (Sh) Kivijärvi: Runsashumuksiset järvet (Rh) Kivijoki: Pienet turvemaiden joet Laakajärvi: Runsashumuksiset järvet (Rh) Kiltuanjärvi: Runsashumuksiset järvet (Rh) Haajaistenjärvi: Runsashumuksiset järvet (Rh) Haapajärvi: Runsashumuksiset järvet (Rh) Nurmijoki: Suuret turvemaiden joet Sälevä: Runsashumuksiset järvet (Rh) Atronjoki: Suuret turvemaiden joet Syväri: Runsashumuksiset järvet (Rh) ⁴

Kaivos	Terrafame (Talvivaara)
Näytteenottopisteet	Vesistötarkkailu: 55 pistettä, joista 33 Oulujoen suunnassa, 19 Vuoksen suunnassa ja kolme kaivospiirin ulkopuolista järveä ³
	Sedimenttitarckkailu: 11 pistettä, joista 7 Oulujoen suunnassa (Salminen, Kalliojärvi, Kolmisoppi, Jormasjärvi, Nuasjärvi) ja 4 Vuoksen suunnassa (Kivijärvi, Laakajärvi) ³
	Biologinen tarkkailu: kasviplankton 14 pistettä (Kalliojärvi, Kolmisoppi, Jormasjärvi, Kivijärvi, Laakajärvi, Kiltuanjärvi, Nuasjärvi, Rehja); piilevä 7 pistettä (Kalliojoki, Tuhkajoki, Jormasjoki, Lumijoki, Kivijoki, Laakajoki, Nurmijoki); pohjaeläimet 14 syvännepistettä (Kalliojärvi, Kolmisoppi, Jormasjärvi, Kivijärvi, Laakajärvi, Kiltuanjärvi, Nuasjärvi, Rehja) ja 6 virtavesipaikkaa (Kalliojoki, Tuhkajoki, Jormasjoki, Lumijoki, Kivijoki, Nurmijoki); vesikasvit 3 järveä (Kalliojärvi, Kivijärvi, Jormasjärvi) ja kussakin kuusi linjaa; vesisammalten metallit 6 pistettä (Kalliojoki, Tuhkajoki, Jormasjoki, Lumijoki, Kivijoki, Laakajoki/Nurmijoki); kalojen metallipitoisuus 11 järveä (Jormasjärvi, Laakajärvi, Kolmisoppi, Kivijärvi, Kalliojärvi, Nuasjärvi, Rehja, Kiantajärvi, Kiltuanjärvi, Teerijärvi ja Ukonjärvi). ³
Muuttujat	Vesistötarkkailu: maksimissaan 12 krt vuodessa: lämpötila, happipitoisuus, hapen kyllästysaste, pH, sähkönjohtavuus, alkaliniteetti, NH4-N, NO2+NO3-N, kok N, kok P, PO4-P, CODMn, TOC, DOC, sameus, kiintoaine, SO4, Ca, Mg, Na, Al (kok. ja liuk.), Sb (liuk.), As (liuk.), Ba (liuk.), Hg (kok. ja liuk.), Cd (kok ja liuk.), Co (liuk.), Cr (liuk.), Cu (liuk.), Pb (liuk.), Mn (kok. ja liuk.), Ni (kok. ja liuk.), Fe (kok. ja liuk.), kok. S, Zn (kok. ja liuk.) sekä U (kok. ja liuk.); em. lisäksi maksimissaan 6 krt vuodessa: kokonaiskovuus, Br, Li, Nd, Nb, Pr, Rb, Sr (kok.), Ta ja Y ³
	Sedimenttitarckkailu: alusvesi: lämpötila, pH, redox sedimentti: pH, kosteus %, kuiva-aine %, hiili %, typpi %, Hehkutushäviö ja -jäännös (%), kuiva- ja märkäpaino, Ni, As, Hg, Zn, Cd, Cu, Pb, Co, Ba, U, Mn, Mo, Sb, Se, Th, Be, Ca, Cr, Mg, Na, Rb, S, Tl, Fe, Ti, V, Al, K, Li huokosvesi: sulfaatti ja fosfaatti. ³
	Biologinen tarkkailu: a-klorofylli; vesikasvit (kasvillisuusvyöhykkeet, lajisto, lajien yleisyys ja runsaus sekä kasvuvyvyys); vesisammalten metallit (Ni, As, Hg, Zn, Cd, Cu, Pb, Co, Ba ja U); kalojen metallit (Ni, As, Hg, Zn, Cd, Cu, Pb, Co, Ba, U ja Mn). ³
Näytteenottoiheyys	Vesistötarkkailu: 1 krt/v yhdestä pisteestä, 2 krt/v 5 pisteestä, 3 krt/v 5 pisteestä, 4 krt/v 15 pisteestä, 5 krt/v 4 pisteestä, 6 krt/v 15 pisteestä, 9 krt/v 2 pisteestä ja 12 krt/v 8 pisteestä. ³
	Sedimenttitarckkailu: kuuden vuoden välein ³
	Biologinen tarkkailu: a-klorofylli 4 krt/v; kasviplankton, piilevä ja pohjaeläimet 3 vuoden välein sekä lisäksi piilevästä vuosittain 2 pisteestä (Tuhkajoki ja Kivijoki); vesikasvien linjalaskenta 6 vuoden välein ja ilmakuvaus 10 vuoden välein; vesisammalten metallipitoisuus 3 vuoden välein; kalojen metallipitoisuus 11 järvestä: vuosittain Jormasjärvi ja Laakajärvi, 2 vuoden välein Kolmisoppi ja Kivijärvi, 3 vuoden välein Kalliojärvi, Nuasjärvi, Rehja, Kiantajärvi, Kiltuanjärvi, Teerijärvi ja Ukonjärvi sekä 6 vuoden välein Nuasjärvi, Rehja, Kiantajärvi. ³
Näytteenottomenetelmät	Vesistötarkkailu: Ympäristöhallinnon ohjeet ³
	Sedimenttitarckkailu: GTK:n näytteenotto-ohjeistus ³
	Biologinen tarkkailu: kasviplanktonnäytteenotto ympäristöhallinnon menetelmäohje; piilevät menetelmäohje Eloranta ym. 2007 sekä standardit SFS-EN 13946 ja SFS-EN 14407; pohjaeläinnäytteenotto ympäristöhallinnon menetelmäohje Meissner ym. 2013; vesikasvinäytteenotto ELY-keskuksen käyttämä linjamenetelmä; vesisammalet standardi SFS 5671; Ahventen näytteenotto- ja käsittelyohje Karvonen ym. 2012. ³
Muut toiminnot lähialueella	Kaivostoimintaa, kuten Uutelan kaivosalue. ⁴

Lähdeluettelo:

1. Lupapäätös nro 36/2014/1. Dnro PSAVI/58/04.08/2011. Annettu 30.4.2014. Talvivaaran kaivoksen ympäristö- ja vesitalousluvan muuttaminen, Sotkamo ja Kajaani.
2. Tilastotietoja vuoroiteollisuudesta 2020. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes)
3. Ramboll Finland Oy 2019. Terrafame Oy 2019, Ympäristötarkkailuohjelmat 18.12.2019.
4. Terrafame Oy 2021. Kolmisopen esiintymän hyödyntäminen ja kaivospiirin laajennus. Ympäristövaikutusten arviointiselostus.

Liite 1.10 Tipas, Sotkamo

Kaivos	Tipas
Lupa nro	155/2020 ¹
Toimija	Sotkamo Silver Oy
Sijaintikunta	Sotkamo

Sijaitseeko alueella rikastamo	Kyllä
Kaivos, jolta rikaste on peräisin	Tipas

Toiminnan aloitusvuosi	2019
Tärkeimmät arvoaineet	Hopea, kulta, lyijy, sinkki
Hyötykivityyppi	Metallimalmi
Kokonaislouhintamäärä	760 314 t/v ²
Malmia louhittu	542 601 t/v ²

Vesistöt	Koivupuro, Ollinjoki, Nimisenjoki, Pieni-Hietanen, Hietanen, Lontanjoki, Taivaljärvi, Tipasjärvi
Vesistöjen tila	Pieni Hietanen: Ekologinen tila Hyvä; Kemiallinen tila Hyvää huonompi Hietanen: Ekologinen tila Hyvä; Kemiallinen tila Hyvää huonompi Lontanjoki: Ekologinen tila Hyvä; Kemiallinen tila Hyvää huonompi Tipasjärvi: Ekologinen tila Hyvä; Kemiallinen tila Hyvää huonompi
Vesityyppi	Hietanen - Pieni Hietanen: Runsashumuksiset järvet Lontanjoki: Keskisuuret turvemaiden joet Tipasjärvi: Runsashumuksiset järvet

Näytteenottpisteet	Vesistötarkkailu: 10 pistettä (Koivupuro, Ollinjoki, Pirttilampi, Nimisenjoki, Pieni-Hietanen, Hietanen, Lontanjoki, Taivaljärvi, oja Pieneen Tipasjärveen, Pieni Tipasjärvi); kerrostuneisuus 2 järveä (Hietanen, Pieni-Hietanen) ja pinnankorkeus 2 järveä (Taivaljärvi ja Pieni Tipasjärvi) ³
	Sedimenttitarckkailu: 10 pistettä (Tipasjärvi, Pieni-Hietanen, Taivaljärvi, Pirttilampi, Koivupuro, Ollinjoki, Nimisenjoki) ³
	Biologinen tarkkailu: a-klorofylli ja kasviplankton 3 pistettä (Pieni-Hietanen, Hietanen, Pieni-Tipasjärvi); pohjaeläimet 7 pistettä (Pieni-Hietanen, Hietanen, Pieni-Tipasjärvi); vesisammalet 3 pistettä (Tipasjärvi, Nimisenjoki, Lontanjoki) sekä kalojen metallit 2 järveä (Pirttilampi, Pieni-Hietanen) ³
Muuttujat	Vesistötarkkailu: lämpötila, pH, sähkönjohtavuus, happi, hapen kyllästysaste, sulfaatti, kloridi, kiintoaine, kiintoaineen hj, alkaliteetti, kovuus, CODMn, DOC, sameus, väri, NO ₂ -N+NO ₃ -N, NH ₄ , kok. N, kok. P, PO ₄ -P, Ca, K, Mg, Na, As, Al, Cd (kok. ja liuk.), Co, Cu, Cr, Fe, Mn, Ni (kok. ja liuk.), Zn, Pb (kok. ja liuk.), Sb, U, Hg (liuk.) ja kerrostuneisuus sekä pinnankorkeus. ³
	Sedimenttitarckkailu: kuiva-aine, redox, pH, kiintoaineen hehkutusjäännös ja -häviö, S, N, C, Ag, Al, As, Ca, Cd, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sb, Se, Si, Th, V, Zn, U ³
	Biologinen tarkkailu: a-klorofylli, kasviplankton, pohjaeläimet, kalojen metallit (Hg, Pb, Cd, Ni), vesisammalten metallit (Ag, Ni, Cr, Zn, Pb, Cd) ³
Näytteenottiheys	Vesistötarkkailu: 8 krt/v, kerrostuneisuus 4 krt/v ³
	Sedimenttitarckkailu: 6 vuoden välein ³
	Biologinen tarkkailu: a-klorofylli sekä kasviplankton vuosittain; pohjaeläimet, vesisammalet ja kalojen metallit 3 vuoden välein. ³

Kaivos	Tipas
Näytteenottomenetelmät	Vesistö tarkkailu: SFS-standardit ja/tai akkreditoidut tai valvojan viranomaisen hyväksymät menetelmät.
	Sedimentti tarkkailu: Ei määritetty.
	Biologinen tarkkailu: Kasviplankton ympäristöhallinnon ohje Järvinen ym. 2012 ja 2019; Pohjaeläinnäytteenotto standardit SFS 5076 ja SFS 5077 sekä Suomen ympäristökeskuksen biologisen seurannan ohje Järvinen ym. 2019; koekalastus standardi SFS-EN 14757. ³
Muut toiminnot lähialueella	Turvetuotantoa ja metsätaloutta.

Lähdeluettelo:

1. Lupapäätös nro 155/2020, dnro PSAVI/5663/2018, annettu 7.12.2020. Sotkamon hopeakaivoksen toiminnan laajentaminen ja muuttaminen
2. Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2020. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes)
3. AFRY Finland Oy 2021. Sotkamo Silver Oy, Sotkamon hopeakaivoksen tarkkailuohjelma, 30.9.2021. Projektinumero: 101013077.

Liite 1.11 Luikonlahden rikastamo, Polvijärvi

Rikastamo	Luikonlahden rikastamo
Lupa nro	52/2014/1 ¹
Toimija	Boliden
Sijaintikunta	Kaavi

Rikastamon tuotantomäärä	erilaisia rikasteita noin 320 000 t/v ¹
Kaivos, jolta kiviaines on peräisin	Kylylahti

Toiminnan aloitusvuosi	2012
Tärkeimmät arvoaineet	Kupari, sinkki, nikkeli, koboltti, kulta
Hyötykivityyppi	Metallimalmi

Vesistöt	Retunen, Rikkavesi
Vesistöjen tila	Retunen: Ekologinen tila Hyvä; Kemiallinen tila Hyvää huonompi Rikkavesi: Ekologinen tila Hyvä; Kemiallinen tila Hyvä
Vesityyppi	Retunen: Runsashumuksiset järvet Rikkavesi: Suuret humusjärvet

Näytteenottpisteet	Vesistötarkkailu: 9 pistettä (Retunen, Rikkavesi) ²
	Sedimenttitarkkailu: 3 pistettä (Retunen, Rikkavesi) ²
	Biologinen tarkkailu: Pohjaeläimet 4 pistettä (Retunen, Rikkavesi), kalojen metallit Luikonlahdesta ja Retusesta ²
Muuttujat	Vesistötarkkailu: Näkösyvyys, lämpötila, happi (mg/l, %), sähkönjohtavuus, pH, sameus, kiintoaine, P (kok), N (kok), sulfaatti, Ca, Fe, Mn, Zn, Sb, Mo, As, Cu, Co, Ni (liuk), Pb (liuk), Cd (liuk) ²
	Sedimenttitarkkailu: Kuiva-aine, hehkutusjäännös, Cu, Zn, Ni, As, Co, Cr, Sb, Mo ²
	Biologinen tarkkailu: a-klorofylli, pohjaeläimet, kalojen metallipitoisuudet (As, Ni, Hg) ²
Näytteenottiheys	Vesistötarkkailu: 2-3 krt/v ²
	Sedimenttitarkkailu: 5 vuoden välein ²
	Biologinen tarkkailu: a-klorofylli 1 vuosittain, pohjaeläimet ja kalojen metallipitoisuudet 3 vuoden välein ²
Näytteenottomenetelmät	Vesistötarkkailu: -
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: Ahvenet ympäristöhallinnon raportin (15/2012, Karvonen ym. 2012) menetelmäohje ²
Muut toiminnot lähialueella	Alueen aiemman kaivostoiminnan aikaiset, toimintansa lopettaneet Kunttisuon ja Pajamalmin avolouhokset sekä maa- ja metsätalous. ³

Lähdeluettelo:

1. Lupapäätös nro 52/2014/1, dnro ISAVI/86/04.08/2012, annettu 3.7.2014. Luikonlahden kaivoksen ja rikastamon ympäristöluvan muutos ja toiminnan aloittamislupa, Kaavi.
2. Ramboll Finland Oy 2015. Luikonlahden rikastamon vesi- ja kalataloudellinen tarkkailuohjelma, 24.2.2015.
3. Lupapäätös nro 23/2016/1, dnro ISAVI/2067/2015, annettu 26.5.2016. Luikonlahden rikastamon ympäristöluvan muutos ja toiminnanaloituslupa, Kaavi.

Liite 1.12 Vammalan rikastamo, Sastamala

Rikastuslaitos	Vammalan (Stormin) rikastamo
Lupa nro	50/2020 ¹
Toimija	Dragon Mining Oy
Sijaintikunta	Sastamala

Rikastamon tuotantomäärä	maksimissaan 300 000 t/v ¹
Kaivokset, joilta kiviaines on peräisin	Huittisten Jokisivu, Valkeakosken Kaapelinkulma, Oriveden kaivos

Toiminnan aloitusvuosi	1974
Tärkeimmät arvoaineet	Kulta
Hyötykivityyppi	Metallimalmi

Vesistöt	Ekojoki, Rautavesi
Vesistöjen tila	Ekojoki: Ekologinen tila Välttävä; Kemiallinen tila Hyvää huonompi Rautavesi: Ekologinen tila Hyvä; Kemiallinen tila Hyvä
Vesityyppi	Ekojoki: Pienet kangasmaiden joet Rautavesi: Keskikokoiset humusjärvet

Näytteenottopisteet	Vesistötarkkailu: 4 pistettä (Ekojoki, Rautaveden Vahtiniemen syväne) + yhteistarkkailu 1 piste (Rautaveden Vahtiniemen syväne) ^{2,4}
	Sedimenttitarckkailu: 2 pistettä + yhteistarkkailu 1 piste (Ekojoki, Rautaveden Vahtiniemi) ^{2,3,4}
	Biologinen tarkkailu: 2 pistettä + yhteistarkkailu 1 piste (Ekojoki, Rautaveden Vahtiniemi) ^{2,3,4}
Muuttujat	Vesistötarkkailu: Ekojoki: Lämpötila, happi, happikyllästyneisyys, sameus, pH, sähkönjohtavuus, kiintoaine, alkaliteetti, väri, COD _{Mn} , N, P, Fe, sulfaatti, Ca, Cl, Mn, Mg, Ni (kok. ja liuk.), Cd (kok. ja liuk.), Pb, As Rautavesi: Lämpötila, happi, happikyllästyneisyys, sameus, pH, sähkönjohtavuus, COD _{Mn} , N, P, sulfaatti, Ni, Cd, Pb Yhteistarkkailu: Sähkönjohtavuus, sulfaatti, Ni (kok. ja tarvittaessa liuk.), Cd (kok. ja tarvittaessa liuk.), Pb (kok. ja tarvittaessa liuk.) ^{2,3,4}
	Sedimenttitarckkailu: Kuiva-ainepitoisuus, Hg, Cd, Cr, Cu, Zn, Ni, Pb, Co ^{3,4}
	Biologinen tarkkailu: Pohjaeläintarkkailu ^{3,4}
Näytteenottiheys	Vesistötarkkailu: 12, 6 tai 4 krt/v ^{2,4}
	Sedimenttitarckkailu: Kolmen vuoden välein ²
	Biologinen tarkkailu: Kolmen vuoden välein ²
Näytteenottomenetelmät	Vesistötarkkailu: -
	Sedimenttitarckkailu: Näytteenottostandardi SFS 5730 (SFS 1992) ³
	Biologinen tarkkailu: Pohjaeläimet Meissnerin ym. (2012) ohjeet sekä näytteenottostandardi SFS 5076 ja SFS 5076 (1989) ³
Muut toiminnot lähialueella	Alueella on vuonna 1995 toimintansa lopettanut nikkelikaivos ¹

Lähdeluettelo:

1. Lupapäätös nro 15/2008/2, dnro LSY-2001-Y-42, annettu 19.3.2008. Ympäristönsuojelulain 35 §:n mukainen ympäristölupahakemus, joka koskee Polar Mining Oy:n Vammalan rikastamon toimintaa
2. Dragon Mining Oy 2018. Sastamalan Stormin rikastamon kuormitus- ja vesistötarkkailuohjelma 24.4.2018
3. Kokemäenjoen vesistön vesiensuojeluyhdistys ry 2013. Dragon Mining Oy, Vammalan rikastamo. Vammalan Stormin rikastamon kuormitus- ja vesistötarkkailuohjelma 12.5.2013, kirje nro 421/13.
4. KVVY Tutkimus Oy 2020. Tampereen seudun yhteistarkkailu vuonna 2019. Julkaisu nro 831.

Liite 1.13 Vuonoksen rikastamo, Outokumpu

Rikastamo	Vuonos
Lupa nro	11/2020 ¹
Toimija	Elementis Minerals B.V. Branch Finland
Sijaintikunta	Outokumpu

Rikastamon tuotantomäärä	Talkki 250 000 t/v, nikkelirikaste 13 000 t/v ¹
Kaivos, jolta kiviaines on peräisin	Horsmanahon ja Pehmytkiven louhoksilta Polvijärveltä

Toiminnan aloitusvuosi	1977 ⁴
Tärkeimmät arvoaineet	Talkki, nikkeli
Hyötykivityyppi	Teollisuusmineraali

Vesistöt	Loukonpuro, Teyrinpuro, Lahdenjoki, Vuonosjoki, Sätösjoki, Viinijärvi
Vesistöjen tila	Lahdenjoki: Ekologinen tila Välttävä; Kemiallinen tila Hyvää huonompi Sätösjoki-Vuonosjoki: Ekologinen tila Tyydyttävä; Kemiallinen tila Hyvää huonompi Viinijärvi: Ekologinen tila Tyydyttävä; Kemiallinen tila Hyvä Sysmäjärvi: Ekologinen tila Tyydyttävä; Kemiallinen tila Hyvää huonompi Sysmäjoki: Ekologinen tila Tyydyttävä; Kemiallinen tila Hyvää huonompi
Vesityyppi	Lahdenjoki: Pienet kangasmaiden joet Sätösjoki-Vuonosjoki: Keskisuuret turvemaiden joet Viinijärvi: Suuret vähähumuksiset järvet Sysmäjärvi: Matalat humusjärvet Sysmäjoki: Keskisuuret kangasmaiden joet

Näytteenottopisteet	Vesistötarkkailu: 9 pistettä (3 ojaa, Vuonosjoki, Sätösjoki, Loukonpuro, Teyripuro) sekä yhteistarkkailussa 13 pistettä (Viinijärvi, Sysmäjärvi, Sysmäjoki, Taipaleenjoki, Heposelkä) ^{2,3}
	Sedimenttitarkkailu: yhteistarkkailu 6 pistettä (Viinijärvi, Sysmäjärvi, Heposelkä) ³
	Biologinen tarkkailu: yhteistarkkailu 6 pistettä pohjaeläimet (Viinijärvi, Sysmäjärvi, Heposelkä, Taipaleenjoki), 6 pistettä kasviplankton ja a-klorofylli (Viinijärvi, Sysmäjärvi, Heposelkä), 4 pistettä pohjalevästö (Sysmäjoki, Taipaleenjoki, Heposelkä) ³
Muuttujat	Vesistötarkkailu: Lämpötila, pH, sameus, kiintoaine, väri, sähkönjohtavuus, P (kok.), sulfaatti, COD _{Mn} , happipitoisuus, hapen kyllästysaste, Al, Fe, Mn, Cu, Zn, Ni, Co, As, Cd (liuk.), Ni (liuk.), Pb (liuk.), DOC, E.coli, alkaliteetti, NH ₄ -N, mineraaliravinneselvitys (PO ₄ -P, NH ₄ -N, NO ₃ -, NO ₂ -N) 3 vuoden välein ^{2,3}
	Sedimenttitarkkailu: Kuiva-aine, hehkutusjäännös, Fe, As, Co, Cu, Ni, Zn, P (kok.) ³
	Biologinen tarkkailu: a-klorofylli, kasviplankton, pohjaeläimet ja -levästö ³
Näytteenottiheys	Vesistötarkkailu: 2 tai 4 krt/v ^{2,3}
	Sedimenttitarkkailu: Joka 8. vuosi, Sysmäjärven asemilta Ni sedimenteistä joka 4. vuosi ³
	Biologinen tarkkailu: a-klorofylli 3 krt/v, muut joka 3 vuosi ³
Näytteenottomenetelmät	Vesistötarkkailu: Standardien (CEN, ISO, SFS tai muun vastaavan tasoisen kansallisen tai kansainvälisen yleisesti käytössä olevan standardi) ³
	Sedimenttitarkkailu: Viipaloivalla noutimella, standardien (CEN, ISO, SFS tai muun vastaavan tasoisen kansallisen tai kansainvälisen yleisesti käytössä olevan standardin) mukaisesti ³
	Biologinen tarkkailu: Ympäristöhallinnon biologisen seurannan ohjeistus; Pohjaeläimet standardit SFS 5076, SFS 5730, SFS-ISO-EN 5677-3 ja SFS 5077, pohjalevästö standardi SFS-EN 13946 ³

Rikastamo	Vuonos
Muut toiminnot lähialueella	Muuta teollista toimintaa, kuten Pielisen Betoni Oy, Horsmanahon, Pehmytkiven, Kylalahden ja Karnukan kaivokset, useita suljettuja kaivosalueita (Vasarakangas, Sola, Vuonos), suljettu Keretin kaivosalue, Viinijärven kalalaitos sekä Outokummun kaupungin jätevedenpuhdistamo, maatalous ja haja-asutus. ¹

Lähdeluettelo:

1. Lupapäätös nro 11/2020, dnro ISAVI/3914/2019, annettu 3.3.2020. Vuonoson rikastamon ja talkkitechtaan toiminnan olennainen muuttaminen ja toiminnan aloittamispyyntö, Outokumpu.
2. Pöyry Finland Oy 2014. Mondo Minerals B.V. Branch Finland, Vuonoson rikastamo ja talkkitechdas, Käyttö-, päästö ja vaikutusten tarkkailuohjelma, 15.5.2014.
3. Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy 2009. Vuonosjoen - Heposelän alueen yhteistarkkailuohjelma, Kuopio 26.11.2009, täydennetty 30.9.2016.
4. Lupapäätös nro 15/2014/1, dnro ISAVI/43/04.08/2011, annettu 27.2.2014. Vuonoson rikastamon ja talkkitechtaan ympäristöluvan muuttaminen, Outokumpu ja Liperi.

Liite 1.14 Horsmanaho ja Pehmytkivi, Polvijärvi

Louhos	Horsmanaho ja Pehmytkivi
Lupa nro	141/07/2 ja 122/08/2 ^{1,2}
Toimija	Elementis Minerals B.V. Branch Finland Oy
Sijaintikunta	Polvijärvi

Sijaitseeko alueella murskaamo	Kyllä
Louhos, jolta kiviaines on peräisin	Horsmanaho ja Pehmytkivi

Toiminnan aloitusvuosi	1981
Tärkeimmät arvoaineet	Talkki, nikkeli
Hyötykivityyppi	Teollisuusmineraali
Kokonaislouhintamäärä	513 295 t/v ³
Hyötykiveä louhittu	79 771 t/v ³

Vesistöt	Viinijärvi
Vesistöjen tila	Viinijärvi: Ekologinen tila Tyydyttävä; Kemiallinen tila Hyvä
Vesityyppi	Viinijärvi: Suuret vähähumuksiset järvet

Näytteenottopisteet	Vesistötarkkailu: 4 pistettä yhteistarkkailussa (Haapaoja, Viinijärvi) ^{4,5}
	Sedimenttitarckkailu: Yhteistarkkailu 2 pistettä (Viinijärvi) ⁶
	Biologinen tarkkailu: 1 piste yhteistarkkailussa ⁵
Muuttujat	Vesistötarkkailu: <i>Haapaojan tarkkailussa</i> lämpötila, sameus, kiintoaine, sähkönjohtavuus, pH, N (kok), NO ₂ +NO ₃ , Fe, sulfaatti, As, Ni (kok. ja liuk.) <i>Viinijärven yhteistarkkailussa</i> lämpötila, happi (mg/l ja %), sameus, sähkönjohtavuus, pH, väriluku, N (kok), NO ₂ +NO ₃ , P (kok), Fe, sulfaatti, As, Ni (kok. ja liuk.) ⁴
	Sedimenttitarckkailu: Kuiva-aine, hehkutusjäännös, sähkönjohtavuus, pH, sulfaatti, Fe, Mn, Zn, Cr, Co, Cu, Ni, Cd, As ⁶
	Biologinen tarkkailu: a-klorofylli, kasviplakton, pohjaeläimet ^{4,5}
Näytteenottiheys	Vesistötarkkailu: 3 krt/v ⁴
	Sedimenttitarckkailu: 10 vuoden välein ⁵
	Biologinen tarkkailu: a-klorofylli ja kasviplankton vuosittain, pohjaeläimet joka kolmas vuosi ^{4,5}
Näytteenottomenetelmät	Vesistötarkkailu: Standardien (CEN, ISO, SFS tai muun vastaavan tasoisen kansallisen tai kansainvälisen yleisesti käytössä olevan standardin) mukaisesti tai käyttämällä Pohjois-Karjalan ympäristökeskuksen hyväksymiä menetelmiä ⁴
	Sedimenttitarckkailu: -
	Biologinen tarkkailu: Standardien (CEN, ISO, SFS tai muun vastaavan tasoisen kansallisen tai kansainvälisen yleisesti käytössä olevan standardin) mukaisesti tai käyttämällä Pohjois-Karjalan ympäristökeskuksen hyväksymiä menetelmiä ⁴

Louhos	Horsmanaho ja Pehmytkivi
Muut toiminnot lähialueella	Kylylahden ja Karnukan kaivokset, useita suljettuja kaivosalueita (Vasarakangas, Sola, Vuonos), Vuonoksen rikastamo, turvetuotantoalue (Teerisuo) sekä Viinijärven kalalaitos.

Lähdeluettelo:

1. Lupapäätös nro 141/07/2, dnro ISY-2004-Y-250, annettu 14.12.2007. Horsmanahon ja Pehmytkiven avolouhosten ympäristölupa.
2. Lupapäätös nro 122/08/2, dnro ISY-2008-Y-113, annettu 24.11.2008. Horsmanahon ja Pehmytkiven avolouhoksen ympäristönlupapäätöksen nro 141/07/2, 14.12.2007 muuttaminen päästörajojen (arseeni ja pH), läjitysalueiden, malmin välivaraston ja meluvallien osalta sekä toiminnanaloittamislupa, Polvijärvi.
3. Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2020. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes).
4. Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy 2008. Mondo Minerals B.V.Branch Finland, Horsmanahon ja Pehmytkiven talkkilouhosten kuormitus-, pintavesi- ja pohjavesitarkkailuohjelma. Kuopio 27.8.2008, täydennetty 1.12.2008.
5. Savo-Karjalan ympäristötutkimus Oy 2015. Pohjois-Viinijärven yhteistarkkailuohjelma, Kuopio 9.10.2015, täydennetty 2.5.2016.
6. Savo-Karjalan ympäristötutkimus Oy 2008-2016. Tutkimustuloksia, Boliden Kylylahti Oy, Kylylahden kaivos (5014).

Liite 1.15 Joutsenenlampi, Lapinlahti

Louhos	Joutsenenlampi
Lupa nro	14/07/2 1
Toimija	Paroc Oy Ab
Sijaintikunta	Lapinlahti

Sijaitseeko alueella murskaamo	Kyllä
Louhos, jolta kiviaines on peräisin	Joutsenenlampi

Toiminnan aloitusvuosi	1998
Tärkeimmät arvoaineet	Anortsiitti
Hyötykivityyppi	Teollisuusmineraali
Kokonaislouhintamäärä	97 774 t/v ²
Hyötykiveä louhittu	87 343 t/v ²

Vesistöt	Rautapuro, Iso-Väärä, Pikku-Väärä, Jouhtenonjärvi, Savonjärvi
Vesistöjen tila	Savonjärvi: Ekologinen tila Välttävä; Kemiallinen tila Hyvää huonompi
Vesityyppi	Savonjärvi: Matalat humusjärvet

Näytteenottpisteet	Vesistötarkkailu: 5 pistettä (Rautapuro, Läntinen kuivatusoja, Iso-Väärä, läjitysalueen yläpuolinen oja) ³
	Sedimenttitarkkailu: Ei ole mainintaa ³
	Biologinen tarkkailu: Ei ole mainintaa ³
Parametrit	Vesistötarkkailu: lämpötila, pH, sähkönjohtavuus, kiintoaine, COD _{Mn} , N (kok.), NO ₂ N+NO ₃ N, P (kok.) ja Al (liuk.) sekä edellisten lisäksi Fe ja sulfaatti (Läntinen kuivatusoja, Iso-Väärä, läjitysalueen yläpuoliset ojat) ³
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Näytteenottoiheys	Vesistötarkkailu: 3 krt/v ³
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Näytteenottomenetelmät	Vesistötarkkailu: Standardien (CEN, ISO, SFS tai muu vastaavan tasoinen kansallinen tai kansainvälinen yleisesti käytössä oleva standardi) mukaisesti tai käyttämällä Pohjois-Savon ympäristökeskuksen hyväksymiä menetelmiä ¹
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Muut toiminnot alueella	

Lähdeluettelo:

1. Lupapäätös nro 14/07/2, dnro ISY-2005-Y-244, annettu 7.2.2007. Anortosiittimalmin louhintaa Joutsenenlampi -nimisessä kaivospiirissä koskeva ympäristölupahakemus, Lapinlahti.
2. Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2020. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes).
3. Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy 2021. Paroc Oy Ab Lapinlahden avolouhosalueen vesitarkkailujen vuosiyhteenveto 2020. E 3976, 4.3.2021.

Liite 1.16 Karnukka, Polvijärvi

Kaivos/Louhos	Karnukka
Lupa nro	13/2013/1 ¹
Toimija	Elementis Minerals B.V. Branch Finland
Sijaintikunta	Polvijärvi

Sijaitseeko alueella rikastamo	Ei, malmi kuljetetaan Vuonoksen rikastamolle
---------------------------------------	--

Toiminnan aloitusvuosi	2015
Tärkeimmät arvoaineet	Talkki
Hyötykivityyppi	Teollisuusmineraali
Kokonaislouhintamäärä	1,1 Mt/vuosi ²
Hyötykiveä louhittu	0,3 Mt/vuosi ²

Vesistöt	Karnukkapuro, Viinijoki, Viinijärvi
Vesistöjen tila	Karnukkapuro: Ekologinen tila Hyvä; Kemiallinen tila Hyvä Viinijoki: Ekologinen tila Välttävä; Kemiallinen tila Hyvää huonompi Viinijärvi: Ekologinen tila Tyydyttävä; Kemiallinen tila Hyvä
Vesityyppi	Karnukkapuro: Pienten kangasmaiden joet Viinijoki: Pienet turvemaiden joet Viinijärvi: Suuret vähähumuksiset järvet

Näytteenottopisteet	Vesistötarkkailu: 2 pistettä (Karnukkapuro), yhteistarkkailu 4 pistettä (Viinijoki, Viinijärvi) ³
	Sedimenttitarckailu: Yhteistarkkailu 2 pistettä (Viinijärvi) ⁵
	Biologinen tarkkailu: Yhteistarkkailu a-klorofylli 1 pistettä (Viinijärvi), kasviplankton 2 pistettä (Viinijärvi), piilevä 1 piste (Viinijoki), pohjaeläin 2 pistettä (Karnukkapuro, Viinijärvi) ⁴
Muuttujat	Vesistötarkkailu: Lämpötila, väri, sameus, pH, sähkönjohtokyky, happi, kiintoaine, N (kok), nitraattityppi, ammoniumtyppi, P (kok), Ni (kok ja liuk.), As, Fe, sulfaatti, öljyhiilivedyt Suppea metallianalyysi: Ag, Al, Cd, Cu, Pb, Sb, Si, Zn, Mo, Ni, Cr, Fe, Ca, K, Mn, Na, Mg, B, Ba, Se ja U ³ Yhteistarkkailu: Lämpötila, happi, pH, sähkönjohtavuus, sameus, väri, kiintoaine, N (kok.), nitraatti+nitriitti, ammoniumtyppi, P (kok.), fosfaattifosfori, Sb, Cd (kok. ja liuk.), Co, Cu, Cr, Mo, Zn, Fe, As, Ni (liuk. ja kok.), DOC ⁴
	Sedimenttitarckailu: Kuiva-aine, hehekusjäännös, sähkönjohtavuus, pH, sulfaatti, Fe, Mn, Zn, Cr, Co, Cu, Ni, Cd, As ⁵
	Biologinen tarkkailu: a-klorofylli, kasviplankton, piilevä, pohjaeläimet ⁴
Näytteenottiheys	Vesistötarkkailu: Viinijäven Ni (liuk., kok.), DOC ja pH kerran kuukaudessa, muut analyysit 3 tai 4 krt/v, öljyhiilivedyt 1 krt/v, suppea metallianalyysi joka 3 vuosi ^{3,4}
	Sedimenttitarckailu: 10 vuoden välein
	Biologinen tarkkailu: a-klorofylli ja kasviplankton 1 krt/v, piilevä ja pohjaeläimet joka kolmas vuosi ⁴

Kaivos/Louhos	Karnukka
Näytteenottomenetelmät	Vesistötarkkailu: Yleisten käytössä olevien standardien (CEN, ISO, SFS tai muu vastaava) mukaisesti ³
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: Soveltuvien osin ympäristöhallinnon biologisen seurannan ohjeistusta, pohjaeläinnäytteenotto järsiasemalta standardit SFS 5076 ja SFS 5730, purosta standardi SFS 5077, piilevät standardi SFS-EN 13946 ⁴
Muut toiminnot lähialueella	Kylylahden, Horsmanahon ja Pehmytkiven kaivokset, useita suljettuja kaivosalueita (Vasarakangas, Sola, Vuonos), turvetuotantoalue (Teerisuo).

Lähdeluettelo:

1. Lupapäätös nro 13/2013/1, dnro ISAVI/86/04.08/2011, annettu 8.2.2013. Karnukan talkkikaivoksen ympäristölupa sekä toiminnan aloittamislupa, Polvijärvi.
2. Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2020. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes).
3. Mondo Minerals B.V. Branch Finland, 2016. Karnukan kaivoksen tarkkailusuunnitelma, Tammikuu 2016.
4. Savo-Karjalan ympäristötutkimus Oy 2015. Pohjois-Viinijärven yhteistarkkailuohjelma, Kuopio 9.10.2015, täydennetty 2.5.2016.
5. Savo-Karjalan ympäristötutkimus Oy 2016. Liite 1.Tutkimustuloksia 11.1.2008-31.5.2016 (5014). Boliden Kyly-lahti Oy, Kylylahden kaivos.

Liite 1.17 Kinahmi, Kuopio

Kaivos/Louhos	Kinahmi
Lupa nro	29/2012/1 ¹
Toimija	Sibelco Nordic Oy Ab
Sijaintikunta	Kuopio (Nilsia)

Sijaitseeko alueella rikastamo	Kyllä
Louhos, jolta kiviaines on peräisin	Kinahmi ja Vartsila

Toiminnan aloitusvuosi	1976
Tärkeimmät arvoaineet	Kvartsi
Hyötykivityyppi	Teollisuusmineraali
Kokonaislouhintamäärä	Kinahmi 74 895 t/v, Kvartsila (Vartsila) 7 801 t/v, yht. 86 696 ²
Hyötykiveä louhittu	Kinahmi 74 895 t/v, Kvartsila (Vartsila) 7 801 t/v, yht. 86 696 ²

Vesistöt	Viljakkapuro, Sammakkopuro, Kauppinen
Vesistöjen tila	Kauppinen: Ekologinen tila Välttävä; Kemiallinen tila Hyvää huonompi
Vesityyppi	Kauppinen: Matalat humusjärvet

Näytteenotopisteet	Vesistötarkkailu: 4 pistettä (Myllypuro, Sammakkopuro, Kauppinen) ³
	Sedimenttitarkkailu: Ei ole mainintaa ³
	Biologinen tarkkailu: a-klorofylli 1 piste (Kauppinen) ³
Muuttujat	Vesistötarkkailu: Redox-potentiaali, pH, Fe, sähkönjohtavuus, N (kok.), P (kok.), kiintoaine, sulfaatti, Ca, happipitoisuus ja hapen kyllästysaste, lämpötila, näkösyvyys ³
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: a-klorofylli ³
Näytteenottotiheys	Vesistötarkkailu: 2-3 krt/v ³
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: a-klorofylli 2-3 krt/v ³
Näytteenottomenetelmät	Vesistötarkkailu: Näytteenotot tehdään standardien (CEN, ISO, SFS tai muu vastaavan tasoinen kansallinen tai kansainvälinen yleisesti käytössä oleva standardi) mukaisesti tai käyttämällä Pohjois-Savon ympäristökeskuksen tai TE-keskuksen hyväksymiä menetelmiä ¹
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: Näytteenotot tehdään standardien (CEN, ISO, SFS tai muu vastaavan tasoinen kansallinen tai kansainvälinen yleisesti käytössä oleva standardi) mukaisesti tai käyttämällä Pohjois-Savon ympäristökeskuksen tai TE-keskuksen hyväksymiä menetelmiä ¹
Muut toiminnot lähialueella	

Lähdeluettelo:

1. Lupapäätös nro 29/2012/1, dnro ISAVI/6/04.08/2011, annettu 29.3.2012. Kvartsiitin louhintaa ja jalostusta Kinahmin ja Lasivuoren kaivospiireissä koskeva ympäristölupa, Nilsia
2. Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2019. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes)
3. Sibelco Nordic Oy Ab, 2016. Nilsian kvartsin ympäristöntarkkailusuunnitelma, 6.4.2016

Liite 1.18 Lehlampi, Mäntyharju

Kaivos/Louhos	Lehlampi
Lupa nro	Dnro 0599Y0069-111 ¹
Toimija	Paroc Oy Ab
Sijaintikunta	Mäntyharju

Sijaitseeko alueella murskaamo	Kyllä
Louhos, jolta kiviaines on peräisin	Lehlampi

Toiminnan aloitusvuosi	1999
Tärkeimmät arvoaineet	Oliviini
Hyötykivityyppi	Teollisuuskivet
Kokonaislouhintamäärä	64 044 t/vuosi ²
Hyötykiveä louhittu	64 044 t/vuosi ²

Vesistöt	Longanlampi, Myllylampi, Lovasjärvi
Vesistöjen tila	Lovasjärvi: Ekologinen tila Erinomainen; Kemiallinen tila Hyvää huonompi
Vesityyppi	Lovasjärvi: Pienet ja keskikokoiset vähähumuksiset järvet

Näytteenottopisteet	Vesistötarkkailu: 3 pistettä (Longanlampi, Lovaskoski, Myllylampi) ³
	Sedimenttitarkkailu: Ei ole mainittu ³
	Biologinen tarkkailu: Ei ole mainittu ³
Muuttujat	Vesistötarkkailu: Lämpötila, happipitoisuus, hapen kyllästysaste, sameus, pH, sähkönjohtavuus, väri, COD _{Mn} , P (kok.), N (kok.), Mg, Fe ³
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Näytteenottoitiheys	Vesistötarkkailu: 2 kertaa vuodessa kolmen vuoden välein ³
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Näytteenottomenetelmät	Vesistötarkkailu: -
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Muut toiminnot lähialueella	

Lähdeluettelo:

1. Etelä-Savon ympäristökeskus 2000. Päätös ympäristölupamenettelylain 6 §:n mukaisesta lupahakemuksesta. Päätös dnro 0599Y0069-11, annettu julkipanon jälkeen, Mikkeli 25.2.2000.
2. Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2020. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes)
3. Saimaan vesiensuojeluyhdistys ry 2001. Ohjelma Paroc Oy:n Lehlampi 1-louhoksen kaivostoiminnan vesistökuormituksen ja vesistövaikutusten seurannaksi, Mäntyharju, 8.6.2001

Liite 1.19 Lemnästräsk, Kirkkomäki ja Ala-Aulis, Kemiönsaari

Kaivos/Louhos	Lemnästräsk, Kirkkomäki ja Ala-Aulis
Lupa nro	17/2016/1 ¹
Toimija	Sibelco Nordic Oy Ab
Sijaintikunta	Kemiönsaari/Kemiö

Sijaitseeko alueella rikastamo	Kyllä
Louhos, jolta kivianes peräisin	Lemnästräsk, Kirkkomäki, Ala-Aulis

Toiminnan aloitusvuosi	1994 (Ala-Aulis), 1997 (Kirkkomäki), 2020 (Lemnästräsk)
Tärkeimmät arvoinneet	maasälpä (Ala-Aulis, Kirkkomäki), maasälpä, kvartsi (Lemnästräsk)
Hyötykivityyppi	Teollisuusmineraali
Kokonaislouhintamäärä	Sälpä (Ala-Aulis) 38 814 t/v, Kirkkomäki 23 838 t/v, Lemnästräsk 14 832 t/v, yht. 77 484 t/vuosi ²
Hyötykiveä louhittu	Sälpä (Ala-Aulis) 38 814 t/v, Kirkkomäki 23 838 t/v, Lemnästräsk 14 832 t/v, yht. 77 484 t/v ²

Vesistöt	Lemnästräsket, Norrlångviken, Paimionselkä (Tolvnäsfjärden), Dragsfjärdinlahti
Vesistöjen tila	Lemnästräsket: Ekologinen tila Erinomainen; Kemiallinen tila Hyvä Norrlångviken: Ekologinen tila Välttävä; Kemiallinen tila Hyvä Paimionselän ulko-osa: Ekologinen tila Tyydyttävä; Kemiallinen tila Hyvä Dragsfjärdinlahti: Ekologinen tila Välttävä; Kemiallinen tila Hyvä
Vesityyppi	Lemnästräsket: Matalat humusjärvet Norrlångviken: Lounainen sisäsaaristo Paimionselän ulko-osa: Lounainen välihaaristo Dragsfjärdinlahti: Lounainen sisäsaaristo

Näytteenottopisteet	Vesistö tarkkailu: 5 pistettä (merialue, Lemnästräsket) ³
	Sedimentti tarkkailu: 8 pistettä (merialue, Dragsfjärdinlahti) ³
	Biologinen tarkkailu: a-klorofylli 4 pistettä (merialue, Lemnästräsk), kasviplankton 2 pistettä (Norrlångviken), pohjaeläin 10 pistettä (Norrlångviken, Dragsfjärdinlahti) ³
Muuttujat	Vesistö tarkkailu: Merialue: näkösyvyys, lämpötila, pH, happi, hapen kyllästys, sähkönjohtokyky, kiintoaine, sameus, N (kok.), nitraatti- ja nitriittityyppi, ammoniumtyyppi, P (kok.), fluoridi, suolaisuus; Lemnästräsket: pinnan korkeus, happipitoisuus, hapen kyllästysaste, pH, sähkönjohtavuus, P (kok.), N (kok.), nitraattityyppi, CODMn, sameus, kiintoaine, kokonaiskovuus, sulfaattipitoisuus ³
	Sedimentti tarkkailu: Huokosveden fluoridi ja kokonaisfluoridi ³
	Biologinen tarkkailu: a-klorofylli, kasviplankton, pohjaeläimet ³
Näytteenotto tiheys	Vesistö tarkkailu: Merialue: 2 krt/v; Lemnästräsk: 3 krt/v, paitsi kokonaiskovuus 1 krt/v ja sulfaattipitoisuus kolmen vuoden välein ^{3,4}
	Sedimentti tarkkailu: 8 vuoden välein ³
	Biologinen tarkkailu: a-klorofylli 1 krt/v, kasviplankton 3 vuoden välein, pohjaeläimet 6 vuoden välein ³
Näytteenottomenetelmät	Vesistö tarkkailu: Euroopan standardointikomitean (CEN) standardit tai ISO-, SFS- tai vastaavan tasoisen kansallinen tai kansainvälinen standardi ^{3,4}
	Sedimentti tarkkailu: Putkinoutimella ³
	Biologinen tarkkailu: Kasviplanktonin kokoomanäyte Limnos-tyyppisellä vesinoutimella, pohjaeläin -näytteenotossa noudatetaan Suomen standardisoi-misliiton (1989) standardia ja vesi- ja ympäristöhallinnon (Mäkelä ym. 1992) ohjeita ^{3,4}
Muut toiminnot lähialueella	

Lähdeluettelo:

- Lupapäätös nro 17/2016/1, dnro ESAVI/6205/2015, annettu 25.1.2016. Hakemus, joka koskee maasälpälaitoksen ympäristölupapäätöksen lupamääräysten tarkistamista, toiminnan muuttamista louhinnan ja rikastushiekkan sijoittamisen osalta sekä hakemus toiminnan aloittamiseksi muutoksenhausta huolimatta, Kemiönsaari.
- Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2020. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes)
- Sibelco Nordic Oy Ab, 2019. Sibelco Nordic Oy Ab:n Kemiön tehtaan tarkkailusuunnitelma, 27.11.2019
- Päätös 20/2019, VARELY, annettu 17.12.2019. Kemiönsaaren maasälpälaitoksen tarkkailusuunnitelman hyväksyminen.

Liite 1.20 Punasuo, Sotkamo

Kaivos/Louhos	Punasuo
Lupa nro	9/08/2 1
Toimija	Elementis Minerals B.V. Branch Finland
Sijaintikunta	Sotkamo

Sijaitseeko alueella rikastamo	Kyllä
Kaivos, jolta rikaste on peräisin	Punasuo ja Uutela

Toiminnan aloitusvuosi	1968
Tärkeimmät arvoaineet	Talkki, nikkeli
Hyötykivityyppi	Teollisuusmineraali
Kokonaislouhintamäärä	1 5926 73 t/v ²
Hyötykiveä louhittu	408 007 t/vuosi ²

Vesistöt	Lahnasjoki, Papinpuro, Jormasjoki, Nuasjärvi
Vesistöjen tila	Jormasjoki: Ekologinen tila Hyvä; Kemiallinen tila Hyvää huonompi Rehja- Nuasjärvi: Ekologinen tila Hyvä; Kemiallinen tila Hyvä
Vesityyppi	Jormasjoki: Keskisuuret turvemaiden joet Rehja-Nuasjärvi: Suuret humusjärvet

Näytteenottopisteet	Vesistötarkkailu: 12 pistettä (Unijoki, Lahnasjoki, Jormasjoki, Jormaslahti, Nuasjärvi, Juuanpuro, Papinpuro) ³
	Sedimenttitarkkailu: 4 pistettä (Nuasjärvi) ^{3,4}
	Biologinen tarkkailu: a-klorofylli 4 pistettä (Jormaslahti, Nuasjärvi), kasviplankton 1 piste (Nuasjärvi), pohjaeläimet 4 pistettä (Jormaslahti), kalojen metallit (Jormaslahti sekä Nuasjärven yläpuolinen vertailualue) ³
Muuttujat	Vesistötarkkailu: Lämpötila, happi, hapen kyllästysaste, pH, redox, alkaliteetti, sähkönjohtavuus, kiintoaine, sameus, väri, COD _{Mn} , P (kok.), N (kok.), SO ₄ , Cl ⁻ , kokonaiskovuus, Ni ja As. Lisäksi avovesikaudella: PO ₄ -P, NO ₂ +NO ₃ -N ₃ , NH ₄ -N ³
	Sedimenttitarkkailu: As, Be, Cd, Rb, Se, U, Al, Ba, Ca, Co, Cr, Fe, K, Li, Mg, Mn, Na, Ni, P, Pb, S, Sr, Ti, V, Zn ⁴
	Biologinen tarkkailu: a-klorofylli, kasviplankton, pohjaeläimet, kaloista Ni ja As ³
Näytteenottoihteys	Vesistötarkkailu: 4 krt/v ³
	Sedimenttitarkkailu: viiden vuoden välein ¹
	Biologinen tarkkailu: a-klorofylli 1 krt/v, kasviplankton, pohjaeläimet ja kalojen metallit kolmen vuoden välein ³
Näytteenottomenetelmät	Vesistötarkkailu: Näytteenotossa noudatetaan vesi- ja ympäristöhallinnon antamia ohjeita (Mäkelä, ym. 1992) ³
	Sedimenttitarkkailu: Limnos- tai Kajak-näytteenottimet ⁴
	Biologinen tarkkailu: Pohjaeläintarkkailu standardi SFS 5077 ³
Muut toiminnot lähialueella	

Lähdeluettelo:

- Lupapäätös nro 9/08/2, dnro Psy-2003-y-175, annettu 18.1.2008. Sotkamon kaivoksen ja tehtaan ympäristö- ja vesitalouslupa, Sotkamo
- Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2020. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes)
- Pöyry Environment Oy 2008. Mondo Minerals Oy, Sotkamon kaivoksen ja tehtaan tarkkailuohjelma, 30.5.2008.
- Laamanen T., Mäkinen J., Koivuhuhta A., Nilivaara-Koskela R., Karppinen A. ja Hellsten S.(toim.), Kaivosvesiä vastaanottavien vesistöjen hallinta ja kunnostaminen, KaiHali -hankkeen loppuraportti, Suomen ympäristökeskuksen raportteja 38/2019

Liite 1.21 Ristimaa, Tornio

Kaivos/Louhos	Ristimaa
Lupa nro	99/2021 ¹
Toimija	SMA Mineral Oy
Sijaintikunta	Tornio

Sijaitseeko alueella murskaamo	Kyllä, mobiilimurskain
---------------------------------------	------------------------

Toiminnan aloitusvuosi	1989
Tärkeimmät arvoaineet	Kvartsi
Hyötykivityyppi	Teollisuusmineraalit
Kokonaislouhintamäärä	538 048 t/v
Hyötykiveä louhittu	285 664 t/v ²

Vesistöt	Tieksonjoki, Kaakamojoki
Vesistöjen tila	Tieksonjoki: Ekologinen tila Hyvä; Kemiallinen tila Hyvä Kaakamojoki: Ekologinen tila Tyydyttävä; Kemiallinen tila Hyvä
Vesityyppi	Tieksonjoki: Keskisuuret turvemaiden joet Kaakamojoki: Keskisuuret turvemaiden joet

Näytteenottopisteet	Vesistötarkkailu: 2 pistettä (Tieksonjoki) ³
	Sedimenttitarckkailu: Ei ole mainintaa ³
	Biologinen tarkkailu: Ei ole mainintaa ³
Muuttujat	Vesistötarkkailu: pH, kiintoaine, sähkönjohtavuus, N (kok.), ammonium- ja nitraattityyppi, P (kok.), COD _{Mn} sekä aistinvaraisesti öljyhiilivedyt ³
	Sedimenttitarckkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Näytteenottiheys	Vesistötarkkailu: 4 krt/v ³
	Sedimenttitarckkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Näytteenottomenetelmät	Vesistötarkkailu:
	Sedimenttitarckkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Muut toiminnot lähialueella	Samalla alueella sijaitsevat Kalkkimaan kalkkitehdas ja louhos, Tuppivaaran louhos sekä Rantamaan ja Kvartsimaan suljetut louhosalueet

Lähdeluettelo:

1. Lupapäätös nro 99/2021, dnro PSAVI/2467/2018, annettu 28.5.2021. Ristimaan louhoksen toiminnan olennainen muuttaminen ja aloittaminen muutoksenhausta huolimatta, Tornio.
2. Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2020. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes).
3. SMA Mineral Oy 2021. Kalkkimaan kalkkitehtaan ja louhosten tarkkailusuunnitelma, päivitetty 31.8.2021.

Liite 1.22 Sallittu, Salo

Kaivos/Louhos	Sallittu
Lupa nro	106/2009/2 ¹
Toimija	Paroc Oy Ab
Sijaintikunta	Salo

Sijaitseeko alueella murskaamo	Kyllä
Louhos, jolta kiviaines on peräisin	Sallittu

Toiminnan aloitusvuosi	1971
Tärkeimmät arvoaineet	Alumiini, magnesium, rauta, maasälpä
Hyötykivityyppi	Teollisuusmineraali
Kokonaislouhintamäärä	28 020 t/v ²
Hyötykiveä louhittu	28 020 t/v ²

Vesistöt	Enäjärvi
Vesistöjen tila	Enäjärven länsiosaa: Ekologinen tila Tyydyttävä; Kemiallinen tila Hyvää huonompi
Vesityyppi	Enäjärven länsiosaa: Pienet ja vähähumuksiset järvet

Näytteenottopisteet	Vesistö tarkkailu: Ei ole ^{1,3}
	Sedimentti tarkkailu: Ei ole ³
	Biologinen tarkkailu: Ei ole ³
Muuttujat	Vesistö tarkkailu: -
	Sedimentti tarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Näytteenotto tiheys	Vesistö tarkkailu: -
	Sedimentti tarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Näytteenottomenetelmät	Vesistö tarkkailu: -
	Sedimentti tarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Muut toiminnot lähialueella	

Lähdeluettelo:

1. Lupapäätös nro 106/2009/2, dnro LSY-2008-Y-341, annettu 14.12.2009. Paroc Oy Ab:n Sallitun kaivoksen toimintaa koskevan ympäristönsuojelulain mukainen ympäristölupahakemus, Salo
2. Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2020. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes)
3. Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy 2019. Paroc Oy Ab:n Salon Sallitun louhoksen vesientarkkailusuunnitelma, Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy, ehdotus, 13.9.2019, Nro 694-19-7107

Liite 1.23 Siilinjärvi (Särkijärvi ja Saarinen)

Kaivos	Särkijärvi ja Saarinen (Siilinjärvi)
Lupa nro	32/2016/1 1
Toimija	Yara Suomi Oy
Sijaintikunta	Siilinjärvi

Sijaitseeko alueella rikastamo	Kyllä
Kaivokset, joilta kiviaines on peräisin	Särkijärvi ja Saarinen

Toiminnan aloitusvuosi	1979
Tärkeimmät arvoaineet	Apatiitti
Hyötykivityyppi	Teollisuusmineraali
Kokonaislouhintamäärä	24 373 087 t/v ²
Hyötykiveä louhittu	10 825 723 t/v ²

Vesistöt	Sulkavanjärvi, Pöljänjoki, Sikopuro, Juurusvesi, Pieni-Sulkava, Siilinjärvi
Vesistöjen tila	Sulkavanjärvi: Ekologinen tila Välttävä; Kemiallinen tila Hyvä Pöljänjoki: Ekologinen tila Hyvä; Kemiallinen tila Hyvä Juurusvesi/Kuuslahti: Ekologinen tila Hyvä; Kemiallinen tila Hyvää huonompi Siilinjärvi: Ekologinen tila Tyydyttävä; Kemiallinen tila Hyvää huonompi
Vesityyppi	Sulkavanjärvi: Pienet humusjärvet Pöljänjoki: Pienet savimaiden joet Juurusvesi/Kuuslahti: Keskikokoinen humusjärvi Siilinjärvi: Pienet humusjärvet

Näytteenottopisteet	Vesistötarkkailu: 25 pistettä (oja Pirttilahteen, Sulkavanoja, Oululammesta Sulkavanjärveen laskeva oja, Syrjänpuro, Syrjänjoki, Kolmisopenjoki, Koivusenjoki, Pöljänjoki, Ansanmäenpuro, niitty, Purnunpuro, Syrjänlampi, Kolmisoppi, Sulkavanjärvi, Pieni-Sulkava, Pitkänlampi, Saarisenjärvi, Purnunlampi, Jouteisenlampi, Pajulampi, Pajulahti); <i>yhteistarkkailu:</i> 9 pistettä (Siilinjärvi, Juurusvesi) ^{4,5}
	Sedimenttitarckkailu: Ei ole mainittu ^{3,4,5}
	Biologinen tarkkailu: Kasviplankton 4 pistettä (Kolmisoppi, Sulkavanjärvi, Pieni Sulkava, Pitkälampi), pohjaeläimet 1 piste (Sulkavanjärvi), piilevät 5 pistettä (Syrjäpuro, Syrjäjoki, Kolmisopenjoki, Koivusenpuro, Purnupuro), vesikasvikar-toitus kahdesta järvestä (Kolmisoppi, Saarijärvi); <i>yhteistarkkailu:</i> Kasviplankton ja a-klorofylli 8 pistettä (Siilinjärvi, Juurusvesi), pohjaeläimet 8 pistettä (Siilinjärvi, Juurusvesi) ^{4,5}
Muuttujat	Vesistötarkkailu: <i>oavesistä:</i> virtaama, pH, sähkönjohtavuus, P (kok.), PO ₄ -P, NH ₄ -N, NO ₃ -N, F, sulfaatti, kiintoainne, N (kok.); <i>virtavesistä:</i> virtaama, pH, sähkönjohtokyky, P (kok.), sulfaatti, F, kiintoaine, sameus, N (kok.), nitraatti-nitriittityppi, ammoniumtyppi, Fe; <i>järvivesistä:</i> pinnankorkeus, happi (mg/l, %), sähkönjohtavuus, pH, sameus, N (kok.), NH ₄ , nitraatti-nitriitti, P (kok.), PO ₄ -P, F, sulfaatti, Fe; <i>yhteistarkkailussa:</i> lämpötila, pH, CODMn, happi, hapen kyllästy-neisyys, sulfaatti, P (kok.), PO ₄ -P, N (kok.), ammoniumtyppi, nitraatti-nitriittityppi, F, Fe, Zn, Cd, enterokokit, E.coli ^{3,4,5}
	Sedimenttitarckkailu: -
	Biologinen tarkkailu: Kasviplankton, pohjaläin, piilevä, vesikasvit <i>Yhteistarkkailu:</i> kasviplakton, a-klorofylli, pohjaeläin ^{4,5}
Näytteenottiheys	Vesistötarkkailu: 1 tai 5 kertaa viikossa / 1 tai 2 kertaa kuukaudessa / 4, 5 tai 6 kertaa vuodessa; <i>yhteistarkkailu:</i> 4-5 kertaa vuodessa ^{3,4,5}
	Sedimenttitarckkailu: -
	Biologinen tarkkailu: Kasviplakton, pohjaeläin ja piilevät 3 vuoden välein; <i>yh-teistarkkailu:</i> a-klorofylli 2 kertaa vuodessa, kasviplankton 3 vuoden välein ^{4,5}

Kaivos	Särkijärvi ja Saarinen (Siilinjärvi)
Näytteenottomenetelmät	Vesistötarkkailu: Standardit (CEN, ISO, SFS) tai vastaavatasoinen kansallinen tai kansainvälinen yleisesti käytössä oleva standardi ⁵
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: Pohjaeläintarkkailu standardit SFS 5076 ja SFS 5730, piilevänäytteenotto standardi SFS-EN 13946 ja ympäristöhallinnon ohjeistus ^{4, 5}
Muut toiminnot lähialueella	Alueella sijaitsee monia tehtaita (rikki-, typpi- ja fosforihappotehtaat sekä lannoite- että biotiitti- ja kiilletuotantotehtaat)

Lähdeluettelo:

1. Lupapäätös nro 32/2016/1, dnro ISAVI/1194/2015, annettu 25.8.2016. Yara Suomi Oy:n Siilinjärven toimipaikan ympäristöluvan muutos ja toiminnanaloittamislupa, Siilinjärvi.
2. Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2020. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes).
3. Yara Suomi Oy 2018. Toimipaikkojen päästöjen ja vaikutusten tarkkailuohjelma, Yara Suomi Oy Siilinjärvi, 30.11.2018.
4. Yara Suomi Oy 2019. Latvavesesien tarkkailuohjelma, Yara Suomi Oy, Siilinjärven toimipaikka, 11.2.2019.
5. Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy 2017. Yara Suomi Oy, Siilinjärven tehtaat ja Siilinjärven kunta: Yhteistarkkailuohjelma Siilinjärvelle ja Juurusvedelle, 28.3.2017.

Liite 1.24 Uutela, Sotkamo

Kaivos/Louhos	Uutela
Lupa nro	24/06/2 1
Toimija	Elementis Minerals B.V. Branch Finland
Sijaintikunta	Sotkamo

Sijaitseeko alueella rikastamo	Ei, malmi kuljetetaan Lahnaslammen rikastamolle
---------------------------------------	---

Toiminnan aloitusvuosi	1992
Tärkeimmät arvoaineet	Talkki, nikkeli
Hyötykivityyppi	Teollisuusmineraali
Kokonaislouhintamäärä	372 656 t/v
Hyötykiveä louhittu	135 619 t/v ²

Vesistöt	Kohisevanpuro, Mustinjoki, Jormasjärvi
Vesistöjen tila	Jormasjärvi: Ekologinen tila Hyvä; Kemiallinen tila Hyvää huonompi
Vesityyppi	Jormasjärvi: Keskikokoiset humusjärvet

Näytteenottopisteet	Vesistötarkkailu: 4 pistettä (Kohisevanpuro, Mustinjoki, Jormasjärvi)
	Sedimenttitarkkailu: ei ole mainintaa
	Biologinen tarkkailu: a-klorofylli 1 piste (Jormasjärvi)
Muuttujat	Vesistötarkkailu: Näkösyvyys, lämpötila, happi, pH, alkaliteetti, väri, COD _{Mn'} , sähkönjohtavuus, kiintoaine, Ni, As, Fe, P (kok.), N (kok.); <i>kesällä lisäksi:</i> PO ₄ -P, NO ₂ +NO ₃ -N, NH ₄ -N ³
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: a- klorofylli ³
Näytteenottiheys	Vesistötarkkailu: 4 krt/v ³
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: a-klorofylli 2 krt/v ³
Näytteenottomenetelmät	Vesistötarkkailu: vesi- ja ympäristöhallinnon ohje Mäkelä ym. 1992 ³
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: vesi- ja ympäristöhallinnon ohje Mäkelä ym. 1992 ³
Muut toiminnot lähialueella	Muuta kaivostoimintaa.

Lähdeluettelo:

1. Lupapäätös nro 24/0672, dnro Psy-2005-y-81, annettu 28.3.2006. Uutelan kaivoksen ympäristölupa, Sotkamo.
2. Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2020. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes).
3. Pöyry Environment Oy 2007. Mondo Minerals Oy, Uutelan kaivoksen tarkkailuohjelma, 14.2.2007.

Liite 1.25 Ybbersnäs, Parainen

Kaivos/Louhos	Ybbersnäs
Lupa nro	105/2009/2 ¹
Toimija	Paroc Oy Ab
Sijaintikunta	Parainen

Sijaitseeko alueella murskaamo	Kyllä
Louhos, jolta kiviaines on peräisin	Ybbersnäs

Toiminnan aloitusvuosi	1974
Tärkeimmät arvoaineet	Alumiini, magnesium, maasälpä, kvartsi
Hyötykivityyppi	Teollisuusmineraali
Kokonaislouhintamäärä	20 060 t/v ²
Hyötykiveä louhittu	20 060 t/v ²

Vesistöt	Pettebyvik/Paraisten sisävesiallas
Vesistöjen tila	Pettebyvik/Paraisten sisävesiallas: Ekologinen tila Huono, voimakkaasti muutettu; Kemiallinen tila Hyvä
Vesityyppi	Pettebyvik/Paraisten sisävesiallas: Lounainen sisäsaaristo

Näytteenottopisteet	Vesistötarkkailu: 2 pistettä (Pettebyvikiiniin johtava oja) ³
	Sedimenttitarckkailu: Ei ole mainittu ³
	Biologinen tarkkailu: Ei ole mainittu ³
Muuttujat	Vesistötarkkailu: virtaama, pH, sähkönjohtavuus, kiintoaine, COD _{Mn} , N(kok.), ammoniumtyppi, nitraattityppi, P (kok.), sulfaatti, Ni (liuk.), As (liuk.), Cr (liuk.) ³
	Sedimenttitarckkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Näytteenottiheys	Vesistötarkkailu: 2 krt/v ³
	Sedimenttitarckkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Näytteenottomenetelmät	Vesistötarkkailu: -
	Sedimenttitarckkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Muut toiminnot lähialueella	

Lähdeluettelo:

- Lupapäätös nro 105/2009/2, dnro LSY-2008-Y-340, annettu 14.12.2009. Paroc Oy Ab:n Ybbersnäsän kaivoksen toimintaa koskeva ympäristönsuojelulain mukainen ympäristölupahakemus, Länsi-Turunmaa.
- Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2019. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes).
- Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy 2018. Paroc Oy Ab:n Ybbersnäsän louhoksen vesientarkkailusuunnitelma, Ehdotus, 30.11.2018, Nro 442-18-7501.

Liite 1.26 Ankele, Pieksämäki

Louhos	Ankele
Lupa nro	84/2019 ¹
Toimija	SMA Mineral Oy
Sijaintikunta	Pieksämäki

Sijaitseeko alueella kalkkitehdas	Ei, louhe kuljetetaan Loukolammen tehtaalle
--	---

Toiminnan aloitusvuosi	1962
Tärkeimmät arvoaineet	Dolomiitti
Hyötykivityyppi	Karbonaattikivi
Kokonaislouhintamäärä	75 954 t/v ²
Hyötykiveä louhittu	51 761 t/v ²

Vesistöt	Ankeleenjärvi
Vesistöjen tila	Ankeleenjärvi: Ekologinen tila Hyvä; Kemiallinen tila Hyvää huonompi
Vesityyppi	Ankeleenjärvi: Runsashumuksinen järvi

Näytteenottopisteet	Vesistötarkkailu: Ei ole ³
	Sedimenttitarkkailu: Ei ole ³
	Biologinen tarkkailu: Ei ole ³
Muuttujat	Vesistötarkkailu: -
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Näytteenottiheys	Vesistötarkkailu: -
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Näytteenottomenetelmät	Vesistötarkkailu: -
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Muut toiminnot lähialueella	

Lähdeluettelo:

1. Lupapäätös nro 84/2019, dnro ISAVI/850/2019, annettu 8.11.2019. Ankeleen dolomiittilouhoksen ympäristölupa, Pieksämäki.
2. Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2020. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes).
3. SMA Mineral Oy 2019. Loukolammen kalkkitehtaan ja Ankeleen louhoksen tarkkailusuunnitelma. Täydennetty päätöksen ISAVI 84/2019 mukaiseksi, Päivitetty 4.12.2019. Liite 20.

Liite 1.27 Heponiemi, Paltamo

Kaivos/Louhos	Heponiemi
Lupa nro	91/06/2 ¹
Toimija	Juuan Dolomiittikalkki Oy
Sijaintikunta	Paltamo

Sijaitseeko alueella murskaamo	Kyllä
Louhos, jolta kiviaines on peräisin	Heponiemi

Toiminnan aloitusvuosi	2019 ⁴
Tärkeimmät arvoaineet	Dolomiitti
Hyötykivityyppi	Karbonaattikivi
Kokonaislouhintamäärä	10 500 t/v ²
Hyötykiveä louhittu	10 500 t/v ²

Vesistöt	Koikerojärvi, Heinijoki, Oulujärvi
Vesistöjen tila	Koikerojärvi: Ekologinen tila Erinomainen; Kemiallinen tila hyvää huonompi
Vesityyppi	Koikerojärvi: Pienet ja keskikokoiset vähähumuksiset järvet

Näytteenottpisteet	Vesistötarkkailu: 3 pistettä (Koikerojärvi, Koikerojärven laskupuro)
	Sedimenttitarkkailu: Ei ole ³
	Biologinen tarkkailu: Ei ole ³
Muuttujat	Vesistötarkkailu: Näkösyvyys (1 piste), pH, kokonaiskovuus, kiintoaine, hehkutushäviö, öljyhilivetyjakeet, ammoniumtyyppi, nitraatti+nitriittityyppi, kok. N, kok. P; <i>laajennettu tarkkailu:</i> S (kok.), Al, Sb, As, Ba, Be, B, Cd, K, Ca, Co, Cr, Cu, Pb, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, Fe, Se, Zn, Sn, Ti, V ³
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Näytteenottiheys	Vesistötarkkailu: 3 kertaa vuodessa ja laajennettu tarkkailu kolmen vuoden välein ³
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Näytteenottomenetelmät	Vesistötarkkailu: -
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Muut toiminnot lähialueella	Metsätalous

Lähdeluettelo:

- Lupapäätös nro 91/06/2, dnro Psy-2004-y-114, annettu 28.11.2006. Reetinniemen, Heponiemen, ja Niemelän kalkki-kaivosten ympäristölupa ja Reetinniemen kaivoksen vesitalouslupa, Paltamo. Pohjois-Suomen ympäristölupavirasto.
- Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2020. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes).
- Ramboll Finland Oy 2014. Juuan Dolomiittikalkki Oy, Heponiemen kaivos, velvoitetarkkailuohjelma 6.6.2014.
- Sähköpostitiedonanto 10.1.2022. Kainuun ELY-keskus.

Liite 1.28 Hyypiänmäki, Lappeenranta

Kaivos/Louhos	Hyypiänmäki
Lupa nro	142/2014/1 ¹
Toimija	Omya Oy
Sijaintikunta	Salon, Kiskon kylä

Sijaitseeko alueella murskaamo	Kyllä
Louhos, jolta kiviaines on peräisin	Hyypiänmäki

Toiminnan aloitusvuosi	2009
Tärkeimmät arvoaineet	Kalsiitti
Hyötykivityyppi	Karbonaattikivi
Kokonaislouhintamäärä	378 653 t/v ²
Hyötykiveä louhittu	87 997 t/v ²

Vesistöt	Määrjärvi
Vesistöjen tila	Määrjärvi: Ekologinen tila Hyvä; Kemiallinen tila Hyvää huonompi
Vesityyppi	Määrjärvi: Pienet ja keskikokoiset vähähumuksiset järvet

Näytteenottpisteet	Vesistötarkkailu: 6 pistettä (laskuoja, Kaunolanpuro, Määrjärvi) ³
	Sedimenttitarkkailu: 1 piste (laskupuro) ³
	Biologinen tarkkailu: 1 piste (Määrjärvi) ³
Muuttujat	Vesistötarkkailu: Lämpötila, pH, sähkönjohtavuus, Al, As, Cu, Ni, Sb, Zn, Fe, Mn, Cd, Cr, Ni, Pb, N (kok), nitraatti, alkaliteetti, KMnO ₄ , väriluku, sameus, kiintoaine, sulfaatti, kloridi; <i>Määrjärvestä edellisten lisäksi</i> happi, hapen kyllästysaste (%), hiilidioksidi, P (kok.), N (kok.), nitraattityyppi, näkösyvyys ³
	Sedimenttitarkkailu: Al, As, Cu, Co, Sb, Zn, Fe, Mn, Cd, Cr, Ni, Pb ³
	Biologinen tarkkailu: a-klorofylli, kasviplankton ³
Näytteenottotiheys	Vesistötarkkailu: 2 krt/v (oja ja puro) ja 1 krt/v (järvi) ³
	Sedimenttitarkkailu: 1 krt/v ³
	Biologinen tarkkailu: a-klorofylli 2 krt/v, kasviplankton joka kuudes vuosi ³
Näytteenottomenetelmät	Vesistötarkkailu: -
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Muut toiminnot lähialueella	Kalkkisillan kalkkikaivos ja suljettu Oriveden kuparikaivos.

Lähdeluettelo:

1. Lupapäätös nro 142/2014/1, dnro ESAVI/9/04.08/2014, annettu 15.8.2014. Hakemus, joka koskee Hyypiänmäen kaivoksen toiminnan muutosta ja toiminnanaloittamislupahakemus, Salo.
2. Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2020. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes).
3. Envimetria Oy 2016. Hyypiänmäen kaivoksen ympäristön tarkkailuohjelma vuodesta 2017 alkaen, päivitetty 19.12.2016.

Liite 1.29 Ihalainen, Lappeenranta

Kaivos/Louhos	Ihalainen
Lupa nro	190/2014/1 ¹ ja muita lupia
Toimija	Nordkalk Oy Ab
Sijaintikunta	Lappeenranta
Sijaitseeko alueella rikastamo	Kyllä, rikastamo ja kalkkitehdas
Louhos, jolta kiviaines on peräisin	Ihalainen
Toiminnan aloitusvuosi	1910 ²
Tärkeimmät arvoaineet	Kalsiitti ja wollastoniitti
Hyötykivityyppi	Karbonaattikivi
Kokonaislouhintamäärä	1 585 322 t/v ³
Hyötykiveä louhittu	1 222 455 t/v ³
Vesistöt	Rakkolanjoki, Haapajärvi
Vesistöjen tila	Rakkolanjoki (yläosa): Ekologinen tila Huono; Kemiallinen tila Hyvä Haapajärvi: Ekologinen tila Huono; Kemiallinen tila Hyvä
Vesityyppi	Rakkolanjoki (yläosa): Pienet savimaiden joet Haapajärvi: Runsaskalkkiset järvet
Näytteenottpisteet	Vesistötarkkailu: 6 pistettä (Vasaraoja, Pikkalanoja, Suuroja ja 3 nimetöntä ojaa) ⁴ ; yhteistarkkailussa 11 pistettä (Rakkolanjoki, Haapajärvi) ⁵ Sedimenttitarckkailu: Ei ole mainittu Biologinen tarkkailu: yhteistarkkailu: a-klorofylli 2 pistettä ja kasviplankton 4 pistettä (järvi); pohjaeläimet ja piilevät 1 piste (joki) sekä kalat (järvi) ⁵
Menetelmät	Vesistötarkkailu: Lämpötila, sähkönjohtavuus, pH, COD _{Mn} , sameus, kok. N, kok. P, kiintoaine, SO ₄ , öljyhiilivedyt (Suuroja) ⁴ ; yhteistarkkailussa em. lisäksi, lukuunottamatta SO ₄ ja öljyhiilivedyt: näkösyvyys (järvet), happipitoisuus, hapen kyllästysaste, BOD ₇ , BOD ₇ ATU, väri, NO ₃ -N+NO ₂ -N, NH ₄ -N, PO ₄ -P ja Escherichia coli ⁵ Sedimenttitarckkailu: - Biologinen tarkkailu: yhteistarkkailu: ahventen Hg-pitoisuus
Näytteenottoiheys	Vesistötarkkailu: 4 krt/v (4 pistettä) tai 6 krt/v (2 pistettä) ⁴ ; yhteistarkkailussa 4 krt/v (6 pistettä) tai 6 krt/v (5 pistettä) ⁵ Sedimenttitarckkailu: - Biologinen tarkkailu: a-klorofylli vuosittain; kasviplankton kolmen vuoden välein heinä- ja elokuussa sekä kuuden vuoden välein lisäksi elokuussa; pohjaeläimet ja piilevät viiden vuoden välein; ahventen Hg määritetään tulosten perusteella ⁵
Näytteenottomenetelmät	Vesistötarkkailu: - Sedimenttitarckkailu: - Biologinen tarkkailu: Pohjaeläinnäytteenotto ympäristöhallinnon menetelmäohje Meissner ym. 2013; piilevät menetelmäohje Meissner ym. 2013 ja standardi SFS-EN 13946; kalastotarkkailu standardi SFS-EN 14757 ⁵
Muut toiminnot lähialueella	Muu teollinen toiminta, kuten sementtitehdas, vuorivillatehdas ja mikrojauhatustulaitos; jätevedenpuhdistamo ja suljetut kaatopaikat. ¹

Lähdeluettelo:

- Lupapäätös nro 190/2014/1. Dnro ESAVI/3/04.08/2014, 3.10.2014. Hakemus, joka koskee Ihalaisen kaivoksen ja rikastamoiden toimintojen muutosta sekä hakemus toiminnan aloittamiseksi muutoksenhausta huolimatta, Lappeenranta.
- Lupapäätös nro 53/02/2, Dnro 2001/95(YL), 17.10.2002. Lappeenrannan kaivoksen sekä kalsiitti- ja wollastoniittirikastamojen ympäristölupahakemus, Lappeenranta. Itä-Suomen ympäristölupavirasto.
- Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2020. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes).
- Saimaan vesi- ja ympäristötutkimus Oy 2019. Nordkalk Oy Ab:n Lappeenrannan Ihalaisen kaivos- ja teollisuusalueen tarkkailuohjelma 2020, No 859d/19, 30.10.2019.
- Saimaan vesi- ja ympäristötutkimus Oy 2016. Rakkolanjoen ja Haapajärven velvoitetarkkailu, No 1551/16, 3.10.2016.

Liite 1.30 Kalkkimaan ja Tuppiavaaran, Tornio

Kaivos/Louhos	Kalkkimaan ja Tuppiavaara
Lupa nro	61/2013/1 ¹
Toimija	SMA Mineral Oy
Sijaintikunta	Tornio

Sijaitseeko alueella kalkkitehdas	Kyllä
--	-------

Toiminnan aloitusvuosi	1917
Tärkeimmät arvoaineet	Dolomiitti
Hyötykivityyppi	Karbonaattikivi
Kokonaislouhintamäärä	67 761 t/v ²
Hyötykiveä louhittu	67 761 t/v ²

Vesistöt	Tieksonjoki, Kaakamojoki
Vesistöjen tila	Tieksonjoki: Ekologinen tila Hyvä; Kemiallinen tila Hyvä Kaakamojoki: Ekologinen tila Tyydyttävä; Kemiallinen tila Hyvä
Vesityyppi	Tieksonjoki: Keskisuuret turvemaiden joet Kaakamojoki: Keskisuuret turvemaiden joet

Näytteenottopisteet	Vesistötarkkailu: 2 pistettä (Tieksonjoki) ³
	Sedimenttitarkkailu: Ei ole ³
	Biologinen tarkkailu: Ei ole ³
Muuttujat	Vesistötarkkailu: pH, sähkönjohtavuus, N (kok), ammoniumtyyppi, nitraattityyppi, P (kok.), COD _{Mn} , kiintoaine, öljyhiilivedyt (aistinvaraisesti) ³
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Näytteenottiheys	Vesistötarkkailu: 4 krt/v ³
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Näytteenottomenetelmät	Vesistötarkkailu: -
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Muut toiminnot lähialueella	Ristimaan louhos sekä Rantamaan ja Kvartsimaan suljetut louhosalueet saman vesistön alueella.

Lähdeluettelo:

1. Lupapäätös 61/2013/1, dnro PSAVI/287/04.08/2010, annettu 27.6.2013. Kalkkimaan kalkkitehdasta ja kaivosta koskevan ympäristö- ja vesitalousluvan lupamääräysten tarkistaminen, Tornio.
2. Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2020. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes).
3. SMA Mineral Oy 2021. Kalkkimaan kalkkitehtaan ja louhosten tarkkailusuunnitelma, päivitetty 31.8.2021.

Liite 1.31 Kalkkisillan kaivos, Salo

Kaivos	Kalkkisilta
Lupa nro	238/2013/1 ¹
Toimija	Lesel Oy
Sijaintikunta	Salo, Kiskon kylä

Sijaitseeko alueella murskaamo	Kyllä
Louhos, jolta kiviaines on peräisin	Kalkkisilta

Toiminnan aloitusvuosi	2020
Tärkeimmät arvoaineet	Kalsiitti
Hyötykivityyppi	Karbonaattikivi
Kokonaislouhintamäärä	6 000 t/v ² , luvan mukaan maks. 60 000 t/v ¹
Hyötykiveä louhittu	0 t/v ² , luvan mukaan maks. 40 000 t/v ¹

Vesistöt	Määrjärvi, Maatosjärvi
Vesistöjen tila	Määrjärvi: Ekologinen tila Hyvä; Kemiallinen tila Hyvää huonompi
Vesityyppi	Määrjärvi: Pienet ja keskikokoiset vähähumuksiset järvet

Näytteenottpisteet	Vesistötarkkailu: 2 pistettä (Maatosjärvi, Määrjärvi) ³
	Sedimenttitarkkailu: Ei ole
	Biologinen tarkkailu: Ei ole
Muuttujat	Vesistötarkkailu: Haju, lämpötila, sähkönjohtavuus, kiintoaine, pH, happi (mg/l ja %), hiilihappo, Br, Cl, F, NO ₃ , SO ₄ , alkalinitetti, KMnO ₄ -luku, väriluku, As, Cd (liuk.), Cu, Ni (liuk.), Pb (liuk.), Zn, Al, Co, Sb, Fe, Mn, Cr, näkösyvyys, sameus, N (kok.) ^{3,4}
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Näytteenottiheys	Vesistötarkkailu: 2 krt/v ^{3,4}
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Näytteenottomenetelmät	Vesistötarkkailu: voimassaolevia standardit ja ympäristöhallinnon ohjeet Kettunen ym. 2008 sekä Vesistötietoa näytteenottajille ⁴
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Muut toiminnot lähialueella	Samalla alueella Hyypiänmäen kalkkikaivos sekä Orijärven suljettu kuparikaivos.

Lähdeluettelo:

- Lupapäätös nro 238/2013/1, dnro ESAVI/33/04.08/2013, annettu 21.11.2013. Ympäristönsuojelulain mukainen hakemus, joka koskee Lesel Oy:n Kalkkisillan kalkkikivikaivoksen toimintaa, Salo.
- Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2020. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes).
- Maanmittauspalvelu Pelto-Timpuri Ky 2017. Kalkkisillan kalkkikaivoksen vesientarkkailuohjelma, Salon kaupunki, tehty 06.02.2017.
- Päätös 9/2017, Dnro VARELY/2330/2016, annettu 25.4.2017. Kalkkisillan kalkkikivikaivoksen pinta- ja pohjavesien tarkkailusuunnitelman hyväksyminen.

Liite 1.32 Limberg-Skräbböle, Parainen

Kaivos	Limberg-Skräbböle
Lupa nro	174/2012/1 ¹
Toimija	Nordkalk Oy Ab
Sijaintikunta	Parainen

Sijaitseeko alueella murskaamo	Kyllä
Louhokset, jolta rikaste on peräisin	Limberg ja Kräbböle

Toiminnan aloitusvuosi	1898
Tärkeimmät arvoaineet	Kalsiitti
Hyötykivityyppi	Karbonaattikivi
Kokonaislouhintamäärä	2 129 129 t/v ²
Hyötykiveä louhittu	1 499 255 t/v ²

Vesistöt	Paraisten sisäsaaristomeret
Vesistöjen tila	Paraisten sisäsaaristomeret: Ekologinen tila Tyydyttävä; Kemiallinen tila Hyvä
Vesityyppi	Paraisten sisäsaaristomeret: Lounainen sisäsaaristo

Näytteenottpisteet	Vesistötarkkailu: Ei ole ¹
	Sedimenttitarkkailu: Ei ole ¹
	Biologinen tarkkailu: Ei ole ¹
Muuttajat	Vesistötarkkailu: -
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Näytteenottiheys	Vesistötarkkailu: -
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Näytteenottomenetelmät	Vesistötarkkailu: -
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Muut toiminnot lähialueella	Alueella Parfill-tehdas, kalkkitehdas sekä satama-alue.

Lähdeluettelo:

1. Lupapäätös nro 174/2012/1, dnro ESAVI/696/04.08/2010, annettu 31.10.2012. Nordkalk Oy Ab:n Paraisten kaivoksen ympäristölupahakemus, Parainen.
2. Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2020. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes).

Liite 1.33 Matkusjoki ja Punola, Huittinen

Kaivos/Louhos	Matkusjoki ja Punola
Lupa nro	55/2010/1 ¹
Toimija	Nordkalk Oy Ab
Sijaintikunta	Huittinen

Sijaitseeko alueella jauhatuslaitos	Kyllä
Louhos, jolta kiviaines on peräisin	Matkusjoki ja Punola

Toiminnan aloitusvuosi	Punola vuonna 1983, Matkusjoki 1998
Tärkeimmät arvoaineet	Matkusjoki dolomiitti, Punola kalsiitti
Hyötykivityyppi	Karbonaattikivi
Kokonaislouhintamäärä	Matkusjoki 52 021 t/v, Punola 20 890 t/v, yhteensä 72 911 t/v ²
Hyötykiveä louhittu	Matkusjoki 32 531 t/v, Punola 20 420 t/v, yhteensä 52 951 t/v ²

Vesistöt	Matkusjoki, Loimijoki
Vesistöjen tila	Loimijoki: Ekologinen tila Välttävä, voimakkaasti muutettu; Kemiallinen tila Hyvä
Vesityyppi	Loimijoki: Suuret savimaiden joet

Näytteenottpisteet	Vesistö tarkkailu: kaksi pistettä (Matkusjoki) ³
	Sedimentti tarkkailu: Ei ole ³
	Biologinen tarkkailu: Ei ole ³
Muuttujat	Vesistö tarkkailu: Virtaama, lämpötila, lämpök.kolif.bakt., pH, kiintoaine, sameus, alkaliteetti, NO ₂ NO ₃ -N, sähkönjohtavuus, happi, hapen kyllästysaste, Ca, P (kok.), N (kok.), KHT (hapettuvuus COD _{Mn}), NH ₄ -N ³
	Sedimentti tarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Näytteenottiheys	Vesistö tarkkailu: 2 krt/v ³
	Sedimentti tarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Näytteenottomenetelmät	Vesistö tarkkailu: -
	Sedimentti tarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Muut toiminnot lähialueella	Matkussuon turvetuotantoalue.

Lähdeluettelo:

1. Lupapäätös nro 55/2010/1, dnro ESAVI/67/04.08/2010, annettu 24.11.2010. Nordkalk Oy Ab:n ympäristönsuojelulain mukainen ympäristölupahakemus, joka koskee Vampulan kalkin tuotantokokonaisuuden toimintaa, Huittinen.
2. Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2020. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes).
3. KVVY Tutkimus Oy 2020. Yhteenvedo Nordkalk Oy:n Vampulan kaivosten kuivanapitovesien tarkkailunäytteistä vuosina 2019–2020. Tutkimusraportti 1304/20.

Liite 1.34 Mustio, Raasepori

Kaivos/Louhos	Mustio
Lupa nro	111/2011/1 ja 166/2018/1 ¹
Toimija	Nordkalk Oy Ab
Sijaintikunta	Raasepori

Sijaitseeko alueella murskaamo	Kyllä
Louhos, jolta kiviaines on peräisin	Mustio

Toiminnan aloitusvuosi	1954
Tärkeimmät arvoaineet	Kalsiitti
Hyötykivityyppi	Karbonaattikivi
Kokonaislouhintamäärä	28 080 t/v ³
Hyötykiveä louhittu	28 080 t/v ³

Vesistöt	Lohjanjärvi, eteläosa (Bruksträsket)
Vesistöjen tila	Lohjanjärvi, eteläosa: Ekologinen tila Tyydyttävä; Kemiallinen tila Hyvä
Vesityyppi	Lohjanjärvi, eteläosa: Runsasravinteiset järvet

Näytteenottpisteet	Vesistötarkkailu: Ei ole ^{1,2}
	Sedimenttitarkkailu: Ei ole ^{1,2}
	Biologinen tarkkailu: Ei ole ^{1,2}
Muuttajat	Vesistötarkkailu: -
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Näytteenottiheys	Vesistötarkkailu: -
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Näytteenottomenetelmät	Vesistötarkkailu: -
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Muut toiminnot alueella	

Lähdeluettelo:

1. Lupapäätös nro 111/2011/1, dnro ESAVI/695/94.08/2010, annettu 11.10.2011. Nordkalk Oy Ab:n Mustion kalkkikaivoksen ympäristöluvan lupamääräysten tarkistamista koskeva hakemus, Raasepori
2. Lupapäätös nro 166/2018/1, dnro ESAVI/5279/2017, annettu 14.9.2018. Mustion kalkkikaivoksen ympäristöluvan muuttaminen ja toiminnan aloittamislupa, Raasepori
3. Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2019. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes)

Liite 1.35 Otamo, Siikainen

Louhos	Otamo
Lupa nro	45/2010/1 ¹
Toimija	Nordkalk Oy Ab
Sijaintikunta	Siikainen, Otamon kylä

Sijaitseeko alueella murskaamo	Kyllä, lisäksi alueella on jauhatuslaitos
Louhos, jolta kiviaines on peräisin	Otamo

Toiminnan aloitusvuosi	1979
Tärkeimmät arvoaineet	Dolomiitti
Hyötykivityyppi	Karbonaattikivi
Kokonaislouhintamäärä	66 318 t/v ²
Hyötykiveä louhittu	29 716 t/v ²

Vesistöt	Merikarvianjoki, Isojärvi (Kurikanniska)
Vesistöjen tila	Merikarvianjoki: Ekologien tila Hyvä; Kemiallinen tila Hyvä Isojärvi: Ekologinen tila Tyydyttävä; Kemiallinen tila Hyvä
Vesityyppi	Merikarvianjoki: Suuret turvemaiden joet Isojärvi: Matalat runsashumuksiset järvet

Näytteenottpisteet	Vesistötarkkailu: 2 pistettä (Merikarvianjoki, Isojärvi/Kurikanniska) ^{1,3}
	Sedimenttitarkkailu: Ei ole
	Biologinen tarkkailu: Ei ole
Muuttujat	Vesistötarkkailu: Sameus, kiintoaine, sähkönjohtavuus, alkaliteetti, pH, COD _{Mn} , N (kok.), P (kok.), Ca, ja bakteeriluku ¹
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Näytteenottiheys	Vesistötarkkailu: 3 vuoden välein ^{1,3}
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Näytteenottomenetelmät	Vesistötarkkailu: -
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Muut toiminnot lähialueella	

Lähdeluettelo:

- Lupapäätös nro 45/2010/1, dnro ESAVI/16/04.08/2010, annettu 10.11.2010. Nordkalk Oy Ab:n ympäristönsuojelulain mukainen ympäristölupahakemus koskien Siikaisten kalkkikiven tuotantokokonaisuuden toimintaa, Siikainen.
- Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2018. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes).
- KVVY Tutkimus Oy 2019. Nordkalk Oy, Otamon kalkkivilouhoksen kuormitus- ja vesistötarkkailutulokset vuodelta 2019, nro 1220/19.

Liite 1.36 Reetinniemi, Paltamo

Kaivos/Louhos	Reetinniemi
Lupa nro	91/06/2 ¹
Toimija	Juuan Dolomiittikalkki Oy
Sijaintikunta	Paltamo

Sijaitseeko alueella murskaamo	Kyllä
Louhos, jolta kiviaines on peräisin	Reetinniemi

Toiminnan aloitusvuosi	1983
Tärkeimmät arvoaineet	Dolomiitti
Hyötykivityyppi	Karbonaattikivet
Kokonaislouhintamäärä	1 300 t/v ² (vuonna 2019: 35 950 t/v)
Hyötykiveä louhittu	1 300 t/v ² (vuonna 2019: 35 950 t/v)

Vesistöt	Oulujärvi
Vesistöjen tila	Oulujärvi: Ekologinen tila Hyvä; Kemiallinen tila Hyvä
Vesityyppi	Oulujärvi: Suuret humusjärvet

Näytteenottpisteet	Vesistötarkkailu: 1 piste (Oulujärvi) ³
	Sedimenttitarkkailu: Ei ole
	Biologinen tarkkailu: Ei ole
Muuttujat	Vesistötarkkailu: Lämpötila, pH, kokonaiskovuus, kiintoaine, hehkutusjäännös, öljyhiilivedyt, N (kok.), P (kok.), ammoniumtyppi, nitraatti- ja nitriittityppi ³
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Näytteenottiheys	Vesistötarkkailu: 3 kertaa vuodessa ³
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Näytteenottomenetelmät	Vesistötarkkailu: -
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Muut toiminnot lähialueella	

Lähdeluettelo:

1. Lupapäätös nro 91/06/2, dnro Psy-2004-y-114, annettu 28.11.2006. Reetinniemen, Heponiemen, ja Niemelän kalkki-kaivosten ympäristölupa ja Reetinniemen kaivoksen vesitalouslupa, Paltamo.
2. Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2020. turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes).
- 3.WSP Environmental Oy 2009. Juuan Dolomiittikalkki Oy. Paltamossa sijaitsevaa Reetinniemen kaivosta koskeva tarkkailuohjelma. 26.8.2009.

Liite 1.37 Ruokolanvaara, Juuka

Kaivos/Louhos	Ruokolanvaara
Lupa nro	79/2015/1 ¹
Toimija	Juuan Dolomiittikalkki Oy
Sijaintikunta	Juuka

Sijaitseeko alueella murskaamo	Kyllä
Louhos, jolta kiviaines on peräisin	Ruokolanvaara

Toiminnan aloitusvuosi	2019
Tärkeimmät arvoaineet	Dolomiitti
Hyötykivityyppi	Karbonaattikivi
Kokonaislouhintamäärä	14 000 t/v ²
Hyötykiveä louhittu	14 000 t/v ²

Vesistöt	Mustapuro, Koirpuro, Hiisilampi, Hiisipuro, Aisusjoki
Vesistöjen tila	Aisusjoki: Ekologinen tila Hyvä; Kemiallinen tila Hyvää huonompi
Vesityyppi	Aisusjoki: Keskisuuret turvemaiden joet

Näytteenottopisteet	Vesistötarkkailu: 3 pistettä (ojia, Mustapuro) ³
	Sedimenttitarkkailu: Ei ole ³
	Biologinen tarkkailu: Ei ole ³
Muuttujat	Vesistötarkkailu: pH, väri, sähkönjohtavuus, kiintoaine, N (kok.), P (kok.), sulfaatti, Ni, As, Cr, Fe, nitraatti-, nitriitti- ja ammoniumtyyppi ³
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Näytteenottiheys	Vesistötarkkailu: 1 krt/v ³
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Näytteenottomenetelmät	Vesistötarkkailu: ympäristöhallinnon ohjeistus, kenttätutkimuksen opas (2008) ³
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Muut toiminnot lähialueella	

Lähdeluettelo:

1. Lupapäätös nro 79/2015/1, dnro ISAVI/2051/2015, annettu 18.11.2015. Ruokolanvaaran kaivoksen ympäristölupa ja vesitalouslupa, Juuka.
2. Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2020. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes).
3. Envineer Oy 2020. Juuan Dolomiittikalkki Oy, Ruokolanvaaran kaivos, pintavesien velvoitetarkkailu 2020, 22.12.2020.

Liite 1.38 Ryytimaa ja Vesterbacka, Vimpeli

Kaivos/Louhos	Ryytimaa ja Vesterbacka
Lupa nro	2/2009/2 ¹
Toimija	Nordkalk Oy Ab
Sijaintikunta	Vimpeli

Sijaitseeko alueella murskaamo	Kyllä, lisäksi alueella on kalkkitehdas
---------------------------------------	---

Toiminnan aloitusvuosi	Ryytimaa 1962, Vesterbacka 1992
Tärkeimmät arvoaineet	Dolomiitti
Hyötykivityyppi	Karbonaattikivi
Kokonaislouhintamäärä	Ryytimaa 93 962 t/v, Vesterbacka 16 207 t/v, yhteensä 110 169 t/v ²
Hyötykiveä louhittu	Ryytimaa 72 752 t/v, Vesterbacka 15 697 t/v, yhteensä 88 449 t/v ²

Vesistöt	Poikkijoki, Savonjoki
Vesistöjen tila	Poikkijoki: Ekologinen tila Hyvä; Kemiallinen tila Hyvää huonompi Savonjoki: Ekologinen tila Hyvä; Kemiallinen tila Hyvää huonompi
Vesityyppi	Poikkijoki: Keskisuuret turvemaiden joet Savonjoki: Keskisuuret turvemaiden joet

Näytteenottopisteet	Vesistötarkkailu: 2 pistettä (Poikkijoki) ¹
	Sedimenttitarkkailu: Ei ole ¹
	Biologinen tarkkailu: Ei ole ¹
Muuttujat	Vesistötarkkailu: Lämpötila, pH, kiintoaine, väriluku, sähkönjohtavuus, sameus, Fe, Na, K, Ca ¹
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Näytteenottiheys	Vesistötarkkailu: 2 krt/v ¹
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Näytteenottomenetelmät	Vesistötarkkailu: -
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Muut toiminnot lähialueella	

Lähdeluettelo:

- Lupapäätös nro 2/2009/2, dnro LSY-2007-Y-8, annettu 26.1.2009. Nordkalk Oyj Abp:n Vimpelin kalkin tuotantokokonaisuuden toimintaa koskeva ympäristönsuojelulain mukainen ympäristölupahakemus
- Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2020. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes)

Liite 1.39 Sipoo

Louhos	Sipoo
Lupa nro	49/2007/2 ¹
Toimija	Nordkalk Oy Ab
Sijaintikunta	Sipoo

Sijaitseeko alueella murskaamo	Kyllä, lisäksi alueella toimii jauhatuslaitos
Louhos, jolta kiviaines on peräisin	Sipoo sekä vaihtelevasti myös muista Nordkalkin louhoksilta, ulkomailla sijaitsevat kaivokset

Toiminnan aloitusvuosi	1938
Tärkeimmät arvoaineet	Dolomiitti, kalsiitti
Hyötykivityyppi	Karbonaattikivi
Kokonaislouhintamäärä	4 280 t/v ²
Hyötykiveä louhittu	3 760 t/v ²

Vesistöt	Suomenlahti (Kalkbruksfjärden)
Vesistöjen tila	Suomenlahti: Ekologinen tila Välttävä; Kemiallinen tila Hyvä
Vesityyppi	Suomenlahti: Suomenlahden sisäsaaristo

Näytteenottpisteet	Vesistö tarkkailu: Ei ole ¹
	Sedimenttitarkkailu: Ei ole ¹
	Biologinen tarkkailu: Ei ole ¹
Muuttujat	Vesistö tarkkailu: -
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Näytteenottiheys	Vesistö tarkkailu: -
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Näytteenottomenetelmät	Vesistö tarkkailu: -
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Muut toiminnot lähialueella	

Lähdeluettelo:

- Lupapäätös nro 49/2007/2, dnro LSY-2002-Y-364, annettu 14.12.2007. Nordkalk Oyj Abp:n ympäristönsuojelulain (86/2000) mukainen ympäristölupahakemus, joka koskee Sipoon Kalkkirannassa sijaitsevan kalkkikaivoksen, kalkintuotantolaitoksen ja sataman toimintaa.
- Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2020. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes).

Liite 1.40 Tytyri, Lohja

Kaivos	Tytyri
Lupa nro	287/2018/1 ^{1,2}
Toimija	Nordkalk Oy Ab
Sijaintikunta	Lohja

Sijaitseeko alueella murskaamo	Kyllä, lisäksi alueella on kalkkitehdas
Louhos, jolta kiviaines on peräisin	Tytyri, sekä jonkin verran kaivoksista ulkomailta

Toiminnan aloitusvuosi	Louhos 1911, kalkkitehdas 1946
Tärkeimmät arvoaineet	Kalsiitti
Hyötykivityyppi	Karbonaattikivi
Kokonaislouhintamäärä	231 157 t/v ³
Hyötykiveä louhittu	221 290 t/v ³

Vesistöt	Lohjanjärvi
Vesistöjen tila	Lohjanjärvi, Maikkalanselkä-Aurlahti: Ekologinen tila Tyydyttävä; Kemiallinen tila Hyvä
Vesityyppi	Lohjanjärvi, Maikkalanselkä-Aurlahti: Runsasravinteinen järvi

Näytteenotopisteet	Vesistötarkkailu: Ei ole ^{1,2}
	Sedimenttitarckkailu: Ei ole ^{1,2}
	Biologinen tarkkailu: Ei ole ^{1,2}
Muuttajat	Vesistötarkkailu: Ei ole
	Sedimenttitarckkailu: Ei ole
	Biologinen tarkkailu: Ei ole
Näytteenottoiheyys	Vesistötarkkailu: Ei ole
	Sedimenttitarckkailu: Ei ole
	Biologinen tarkkailu: Ei ole
Näytteenottomenetelmät	Vesistötarkkailu: Ei ole
	Sedimenttitarckkailu: Ei ole
	Biologinen tarkkailu: Ei ole
Muut toiminnot lähialueella	Samalla vesistöalueella jätevedenpuhdistamoja ja paperitehdas (Kirkiniemi)

Lähdeluettelo:

1. Lupapäätös Dnro UUS-2002-Y-548-111, annettu 5.6.2007, Päätös ympäristönsuojelulain 35 §:n mukaisesta ympäristölupahakemuksesta, joka koskee Nordkalk Oyj Abp:n Lohjalla sijaitsevan Tytyrin kalkkitehtaan ja kalkkikivikaivoksen nykyistä toimintaa.
2. Lupapäätös nro 287/2018/1, dnro ESAVI/6204/2016, annettu 21.12.2018. Tytyrin kalkkitehtaan ympäristöluvan tarkistaminen, Lohja.
3. Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2020. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes).

Liite 1.41 Varmo, Kitee

Kaivos/Louhos	Varmo
Lupa nro	27/2013/2 ¹
Toimija	Nordkalk Oy Ab
Sijaintikunta	Kitee

Sijaitseeko alueella murskaamo	Kyllä
Louhos, jolta kiviaines on peräisin	Varmo (Ahola)

Toiminnan aloitusvuosi	1992
Tärkeimmät arvoaineet	Dolomiitti
Hyötykivityyppi	Karbonaattikivi
Kokonaislouhintamäärä	13 440 t/v ²
Hyötykiveä louhittu	13 440 t/v ²

Vesistöt	Pyhäjärvi
Vesistöjen tila	Pyhäjärvi: Ekologinen tila Erinomainen; Kemiallinen tila Hyvä
Vesityyppi	Pyhäjärvi: Suuret vähähumuksiset järvet (SVh)

Näytteenottopisteet	Vesistötarkkailu: Ei ole ¹
	Sedimenttitarkkailu: Ei ole ¹
	Biologinen tarkkailu: Ei ole ¹
Muuttujat	Vesistötarkkailu: -
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Näytteenottiheys	Vesistötarkkailu: -
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Näytteenottomenetelmät	Vesistötarkkailu: -
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Muut toiminnot lähialueella	

Lähdeluettelo:

1. Lupapäätös nro 27/2013/1, dnro ISAVI/68/04.08/2011, annettu 10.4.2013. Varmon kalkkikiven avolouhoksen ympäristölupa ja vesitalouslupa sekä toiminnan aloittamislupa, Kitee.
2. Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2020. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes).

Liite 1.42 Kivikangas, Suomussalmi

Louhos	Kivikangas
Lupa nro	124/10/1 ¹
Toimija	Tulikivi Oyj
Sijaintikunta	Suomussalmi

Toiminnan aloitusvuosi	1999
Hyötykivityyppi	Vuolukivi
Kokonaislouhintamäärä	82 782 t/v ²
Hyötykiveä louhittu	82 782 t/v ²

Vesistöt	Haaponen, Kaleton, Valkeainen, Saarijärvi
Vesistöjen tila	Saarijärvi: Ekologinen tila Erinomainen; Kemiallinen tila Hyvää huonompi Kivijärvi: Ekologinen tila Hyvä; Kemiallinen tila Hyvää huonompi
Vesityyppi	Saarijärvi: Keskikokoiset humusjärvet Kivijärvi: Matalat humusjärvet

Näytteenotopisteet	Vesistötarkkailu: 3 pistettä (Haaponen, Kaleton, Suvanto-joki) ³
	Sedimenttitarkkailu: Ei ole ³
	Biologinen tarkkailu: Ei ole ³
Parametrit	Vesistötarkkailu: Kiintoaine, pH, As, Cr, Ni (kok. ja liuk.), Fe, N (kok.), lämpötila, virtaama sekä aistihavainnot: väri, sameus, haju ³
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Näytteenottiheys	Vesistötarkkailu: 3 krt/v ³
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Näytteenottomenetelmät	Vesistötarkkailu: viranomaisten käyttämät tai hyväksymät menetelmät ³
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Muut toiminnot lähialueella	metsä-, maa- ja porotalous

Lähdeluettelo:

1. Lupapäätös nro 124/10/1, dnro PSAVI/56/04.08/2010, annettu 21.12.2010. Kivikankaan vuolukivikaivoksen ympäristölupa, Suomussalmi
2. Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2020. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes)
3. Tulikivi Oyj 2013. Ympäristötarkkailusuunnitelma, Kivikangas -kaivospiiri, Suomussalmi, 11.02.2013

Liite 1.43 Mörönvuori, Savonlinna

Louhos	Mörönvuori
Lupa nro	92/2011/1 ¹
Toimija	Polarstone Oy
Sijaintikunta	Savonlinna

Toiminnan aloitusvuosi	1990-luvun alkupuolella
Hyötykivityyppi	Vuolukivi
Kokonaislouhintamäärä	122 t/v ²
Hyötykiveä louhittu	62 t/v ²

Vesistöt	Muorinlampi, Ruokojärvi
Vesistöjen tila	Ruokojärvi: Ekologinen tila Erinomainen; Kemiallinen tila Hyvää huonompi
Vesityyppi	Ruokojärvi: Matalat humusjärvet

Näytteenottopisteet	Vesistötarkkailu: Ei ole ¹
	Sedimenttitarkkailu: Ei ole ¹
	Biologinen tarkkailu: Ei ole ¹
Parametrit	Vesistötarkkailu: -
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Näytteenottiheys	Vesistötarkkailu: -
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Näytteenottomenetelmät	Vesistötarkkailu: -
	Sedimenttitarkkailu: -
	Biologinen tarkkailu: -
Muut toiminnot alueella	

Lähdeluettelo:

1. Lupapäätös nro 92/2011/1, dnro ISAVI/11/04.08/2011, annettu 21.10.2011. Ympäristölupa vuolukiven louhintaan Hankavaaran kylän tilalle Serpentiini 4:62, Savonlinna.
2. Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2020. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes).

Liite 1.44 Nunnalahti, Juuka

Louhos	Nunnalahti
Lupa nro	41/2018/1 ¹
Toimija	Nunnalahden Uuni Oy
Sijaintikunta	Juuka

Toiminnan aloitusvuosi	1988
Hyötykivityyppi	Vuolukivi
Kokonaislouhintamäärä	22 885 t/v ²
Hyötykiveä louhittu	21 325 t/v ²

Vesistöt	Papinsuonoja, Huutojoki, Vaaralampi, Matkalami, Pielinen
Vesistöjen tila	Huutojoki: Ekologinen tila Tyydyttävä; Kemiallinen tila Hyvä Pielinen, pääaallas: Ekologinen tila Hyvä; Kemiallinen tila Hyvä
Vesityyppi	Huutojoki: Pienet kangasmaiden joet Pielinen, pääaallas: Suuret humusjärvet

Näytteenottopisteet	Vesistötarkkailu: <i>Yhteistarkkailu:</i> 13 pistettä (Rumpalinvaarsta tuleva puro, Vaaralammen kanava, Huutojoki, Pielinen Nunnalahti, Papinsuonoja) ³
	Sedimenttitarckkailu: <i>Yhteistarkkailu:</i> 1 piste ⁴
	Biologinen tarkkailu: <i>Yhteistarkkailu:</i> a-klorofylli 1 piste (Pielinen Nunnalahti), pohjaeläimet 2 pistettä (Huutojoki) ³
Parametrit	Vesistötarkkailu: Kiintoaine, pH, sähkönjohtavuus, N (kok.), P (kok.), DOC, Ca, Ni (kok. ja liuk.), As; <i>Papinsuonojasta:</i> Kiintoaine, pH, N (kok.), DOC, Ca, Cr, Ni (kok. ja liuk.), As ³
	Sedimenttitarckkailu: Kuiva-aine, hehkutushäviö, hehkutusjäännös, P, N (kok.), Fe, Cr, Ni, As ⁴
	Biologinen tarkkailu: a-klorofylli, pohjaeläimet ³
Näytteenottotiheys	Vesistötarkkailu: 3 krt/v ³
	Sedimenttitarckkailu: 7 vuoden välein ³
	Biologinen tarkkailu: a-klorofylli kerran vuodessa, pohjaeläimet kolmen vuoden välein ³
Näytteenottomenetelmät	Vesistötarkkailu: Standardien (CEN, ISO, SFS) tai vastaava kansallinen tai kansainvälinen standardi tai Pohjois-Karjalan ELY-keskuksen hyväksymät menetelmät ³
	Sedimenttitarckkailu: Standardien (CEN, ISO, SFS) tai vastaava kansallinen tai kansainvälinen standardi tai Pohjois-Karjalan ELY-keskuksen hyväksymät menetelmät ³
	Biologinen tarkkailu: Pohjaeläimet standardi SFS-EN 5077 ³
Muut toiminnot lähialueella	Toisen toimijan louhintatoimintaa.

Lähdeluettelo:

- Lupapäätös nro 41/2018/1, dnro ISAVI/2550/2015, annettu 13.12.2018. Aloite Nunnalahden kaivospiiriä koskevan ympäristöluvan muuttamiseksi, Juuka.
- Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2020. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes).
- Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy 2019. Huutojoen, Papinsuonojan ja Pielisen yhteistarkkailuohjelma, Kuopio 20.6.2019, täydennetty 7.10.2019.
- Savo-Karjalan ympäristötutkimus Oy 2021. Tutkimustuloksia, 11.11.2021, Huutojoen, Papinsuonojan ja Pielisen tarkkailu (7071).

Liite 1.45 Vaaralampi ja Koskela, Juuka

Louhos	Vaaralampi ja Koskela
Lupa nro	42/2018/1 ¹
Toimija	Tulikivi Oyj
Sijaintikunta	Juuka

Toiminnan aloitusvuosi	2010 (Vaaralampi), 2002 (Koskela)
Hyötykivityyppi	Vuolukivi
Kokonaislouhintamäärä	Vaaralampi 9 456 t/v, Koskela 160 712 t/v, yhteensä 170 168 t/v ²
Hyötykiveä louhittu	Vaaralampi 9 456 t/v, Koskela 29 712 t/v, yhteensä 39 168 t/v ²

Vesistöt	Papinsuonoja, Huutojoki, Vaaralampi, Matkalami, Pielinen
Vesistöjen tila	Huutojoki: Ekologinen tila Tyydyttävä; Kemiallinen tila Hyvä Pielinen, päääallas: Ekologinen tila Hyvä; Kemiallinen tila Hyvä
Vesityyppi	Huutojoki: Pienet kangasmaiden joet Pielinen, pääallas: Suuret humusjärvet

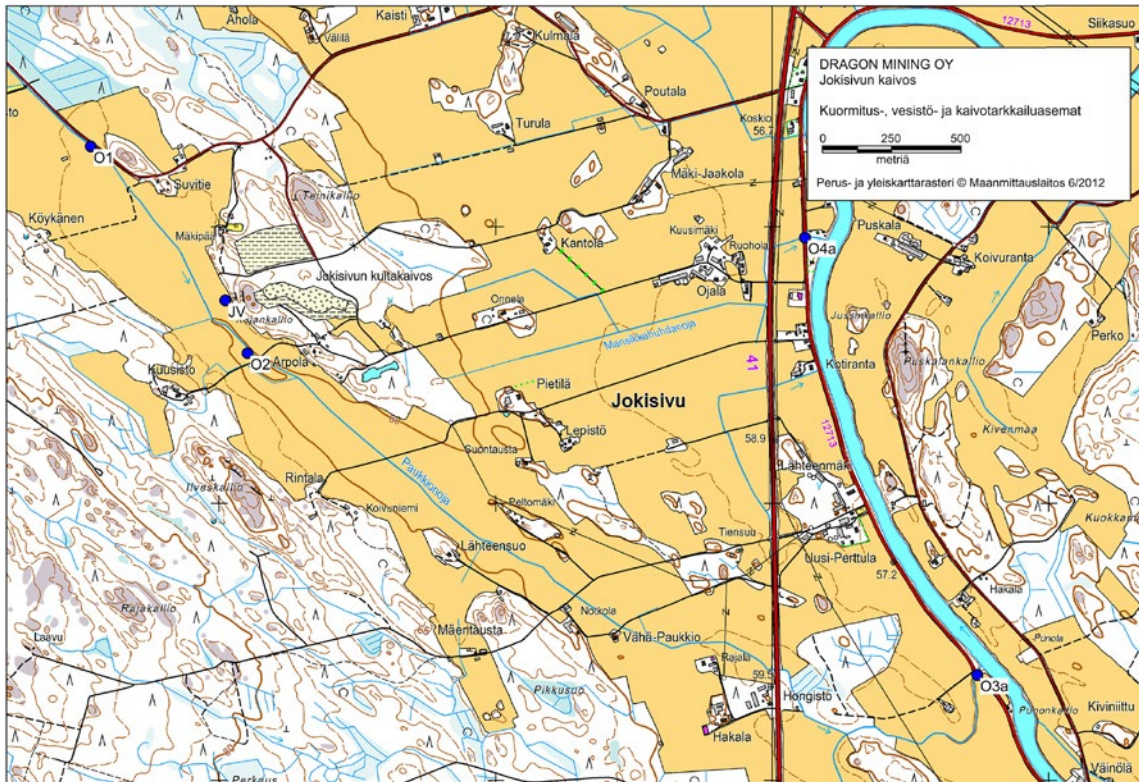
Näytteenottpisteet	Vesistötarkkailu: <i>Yhteistarkkailu:</i> 13 pistettä (Rumpalinvaarsta tuleva puro, Vaaralammen kanava, Huutojoki, Pielinen Nunnanlahti, Papinsuonoja) ³
	Sedimenttitarkkailu: <i>Yhteistarkkailu:</i> 1 piste ⁴
	Biologinen tarkkailu: <i>Yhteistarkkailu:</i> a-klorofylli 1 piste (Pielinen Nunnanlahti), yhteistarkkailu pohjaeläimet 2 pistettä (Huutojoki) ³
Parametrit	Vesistötarkkailu: Kiintoaine, pH, sähkönjohtavuus, N (kok.), P (kok.), DOC, Ca, Ni (kok. ja liuk.), As; <i>Papinsuonojasta:</i> Kiintoaine, pH, N (kok.), DOC, Ca, Cr, Ni (kok. ja liuk.), As ³
	Sedimenttitarkkailu: Kuiva-aine, hehkusuhäviö, hehkusuhäviö, hehkusuhäviö, P, N (kok.), Fe, Cr, Ni, As ⁴
	Biologinen tarkkailu: a-klorofylli, pohjaeläimet ³
Näytteenottoitiheys	Vesistötarkkailu: 3 krt/v ³
	Sedimenttitarkkailu: 7 vuoden välein ³
	Biologinen tarkkailu: a-klorofylli kerran vuodessa, pohjaeläimet kolmen vuoden välein ³
Näytteenottomenetelmät	Vesistötarkkailu: Standardien (CEN, ISO, SFS) tai vastaava kansallinen tai kansainvälinen standardi tai Pohjois-Karjalan ELY-keskuksen hyväksymät menetelmät ³
	Sedimenttitarkkailu: Standardien (CEN, ISO, SFS) tai vastaava kansallinen tai kansainvälinen standardi tai Pohjois-Karjalan ELY-keskuksen hyväksymät menetelmät ³
	Biologinen tarkkailu: Pohjaeläimet standardin SFS-EN 5077 mukaisesti ³
Muut toiminnot lähialueella	Toisen toimijan louhintatoimintaa.

Lähdeluettelo:

- Lupapäätös nro 42/2018/1, dnro ISAVI/1361/2016, annettu 13.12.2018. Vuolukiven louhintaan Tulikivi Oyj:n Vaaralammen ja Koskelan kaivospiireille myönnettyjen ympäristölupien yhdistäminen ja muuttaminen, Juuka
- Tilastotietoja vuoriteollisuudesta 2020. Turvallisuus- ja kemikaalivirasto (Tukes)
- Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy 2019. Huutojoen, Papinsuonojan ja Pielisen yhteistarkkailuohjelma, Kuopio 20.6.2019, täydennetty 7.10.2019
- Savo-Karjalan ympäristötutkimus Oy 2021. Tutkimustuloksia, 11.11.2021, Huutojoen, Papinsuonojan ja Pielisen tarkkailu (7071)

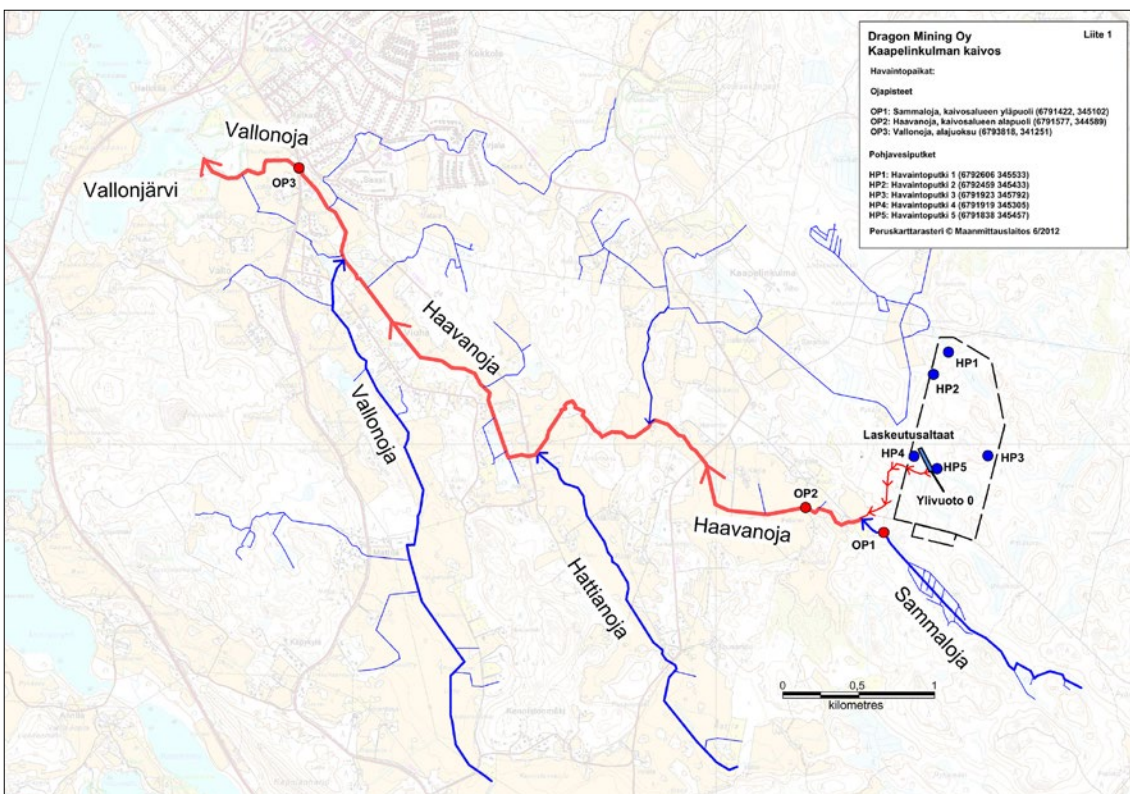
Liite 2.1 Jokisivun kaivoksen vesistötarkkailupaikat

(KVVY Tutkimus Oy 2021)



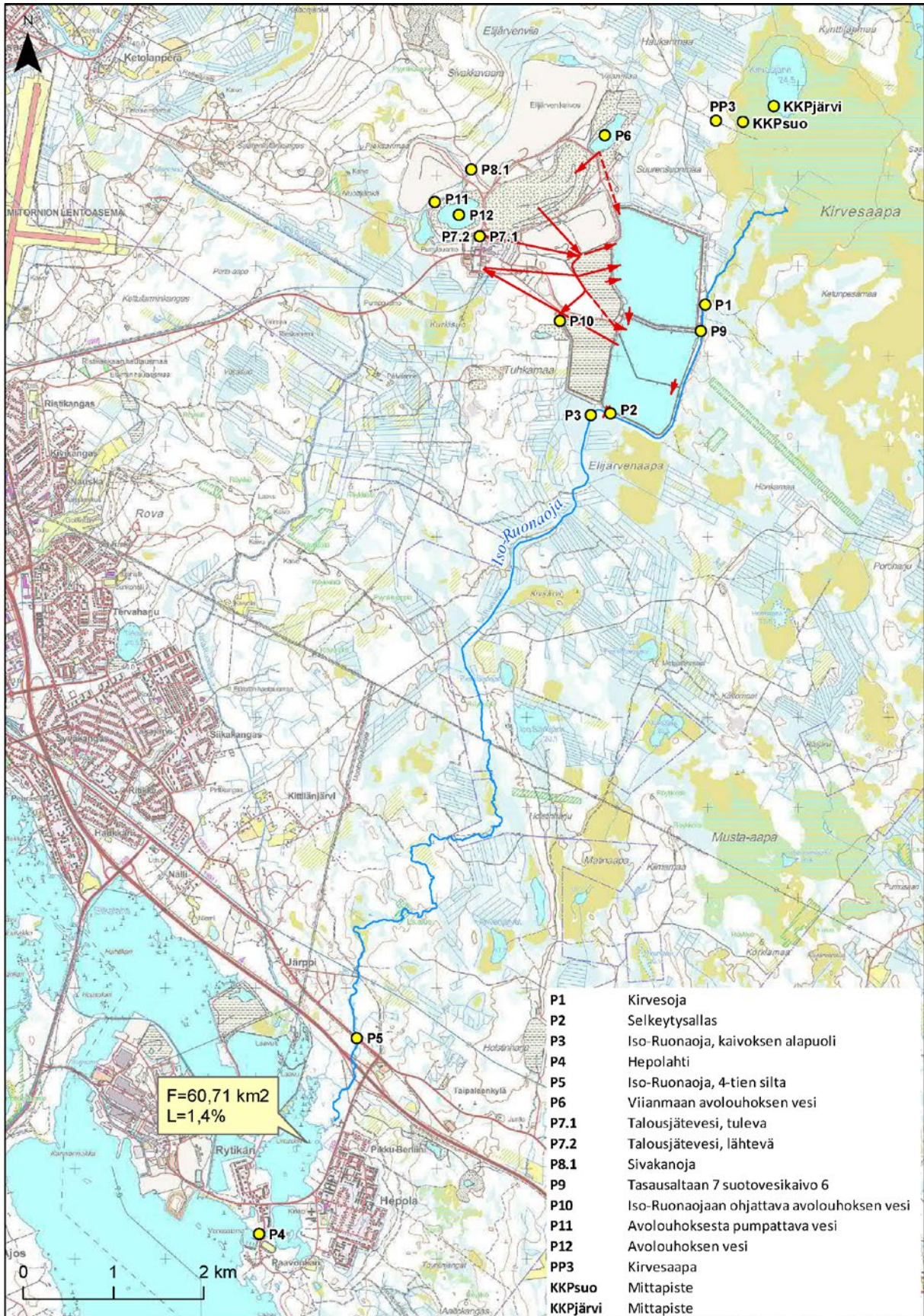
Liite 2.2 Kaapelinkulman kaivoksen vesistötarkkailupaikat

(KVVY 2015)



Liite 2.3 Kemin kaivoksen vesistötkkailupaikat

(Outokumpu Chrome Oy 2017)



Sisältää Maanmittauslaitoksen maastokartta-aineistoa 01/2016

Vesistötkkailun havaintopisteet ja vesikierto

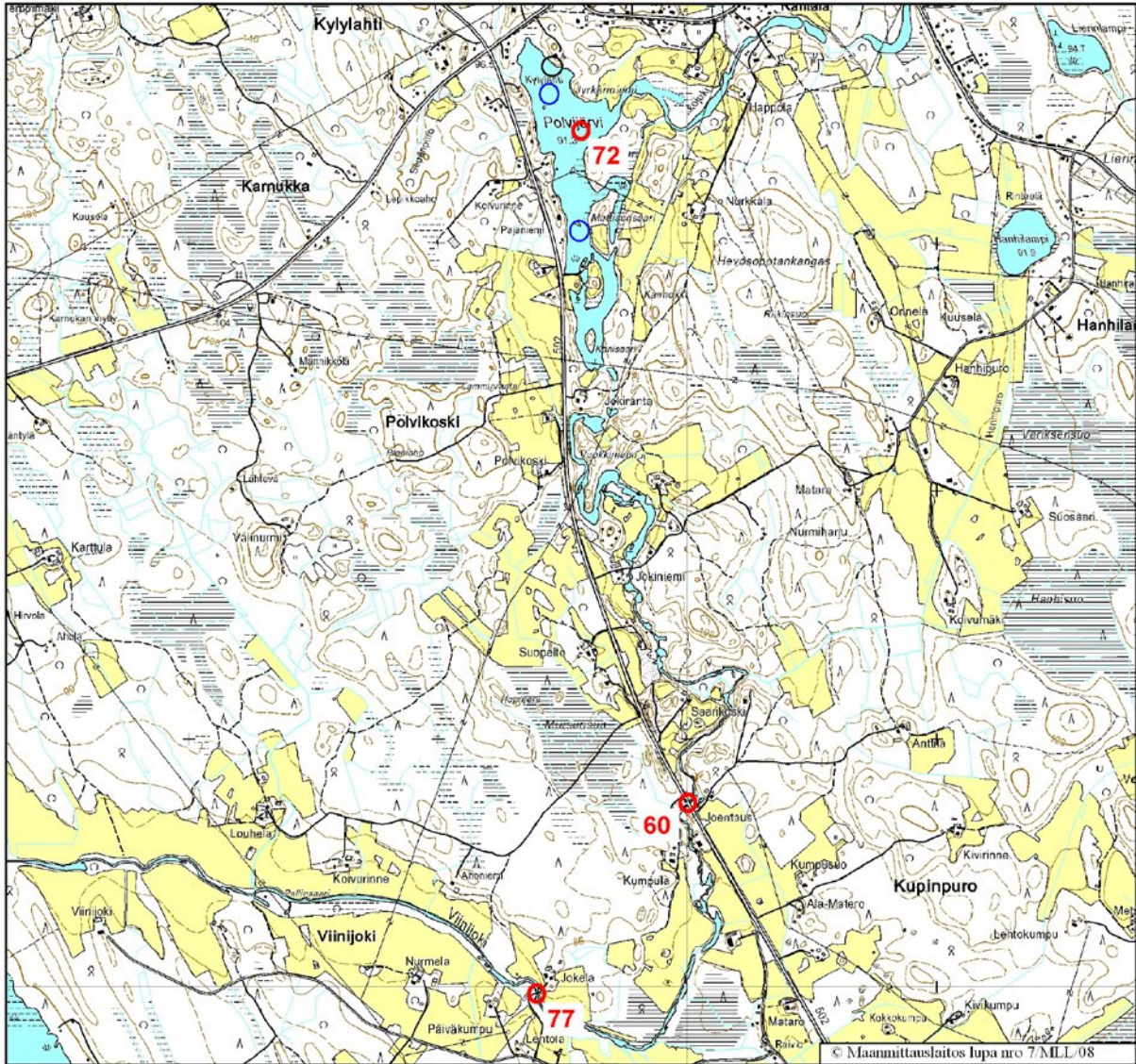
Liite 2.5 Kylylahden kaivoksen vesistötarkkailupaikat

(Groundia Oy 2010)

Pohjois-Viinijärven yhteistarkkailun tarkkailupisteet: Polvijärvi 72, Viinijoki 60 ja 77

Sedimenttitutkimuspisteet: Polvijärvi Kylylahti ja Polvijärvi Pajaniemi

Polvijärvi purkutupken paikka



Mittakaava 1:23367

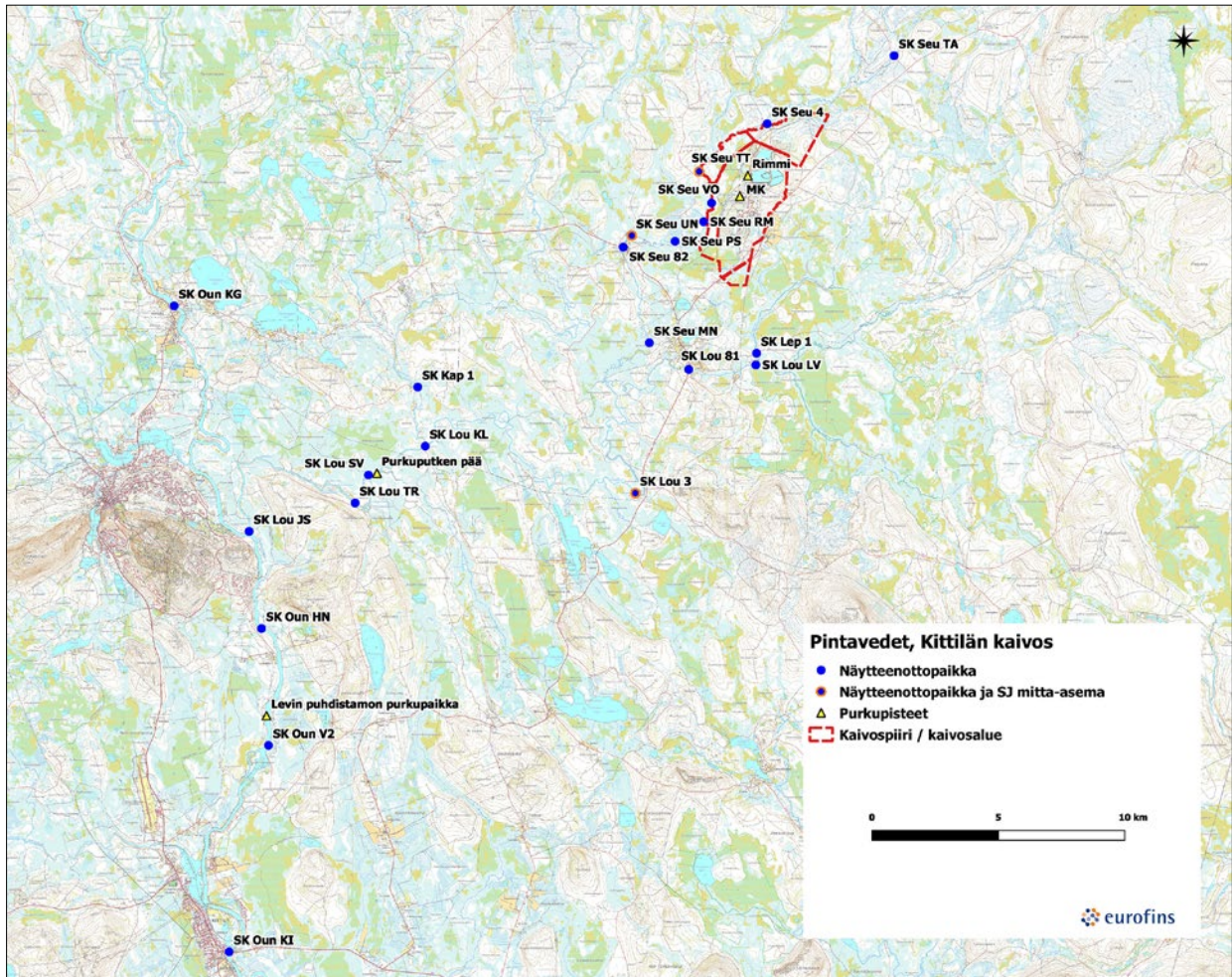
Koordinaattijärjestelmä: KKJ-yk

Nurkkapisteiden koordinaatit: 6969684:3617267 - 6973960:3621800



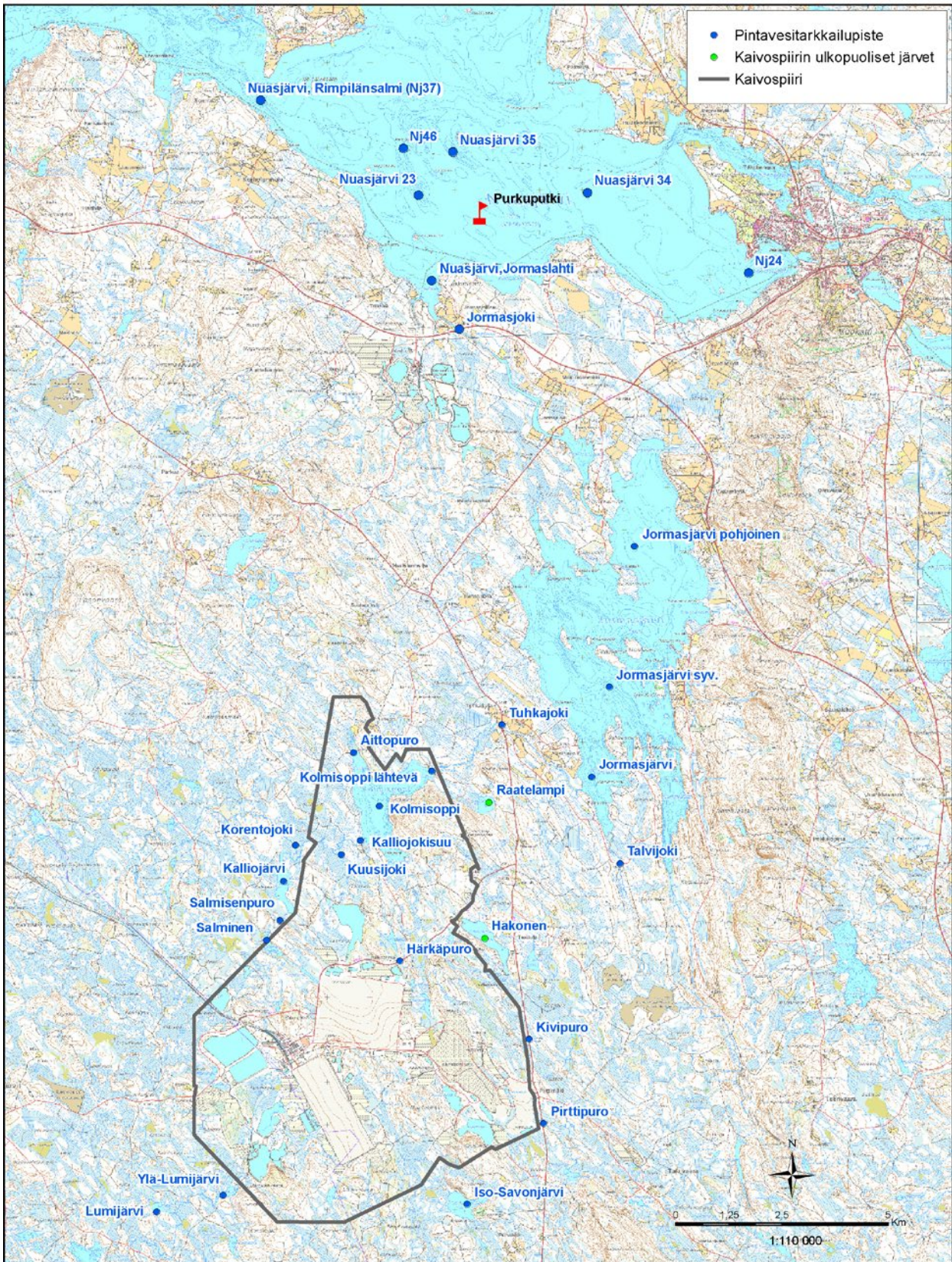
Liite 2.8 Suurikuusikon kaivoksen vesistötkkailupaikat

(Agnico Eagle Finland Oy 2020)



Liite 2.9 Talvivaaran kaivoksen vesistötarkkailupaikat

(Ramboll Finland Oy 2019)



Liite 2.10 Tipaksen kaivoksen vesistötkkailupaikat

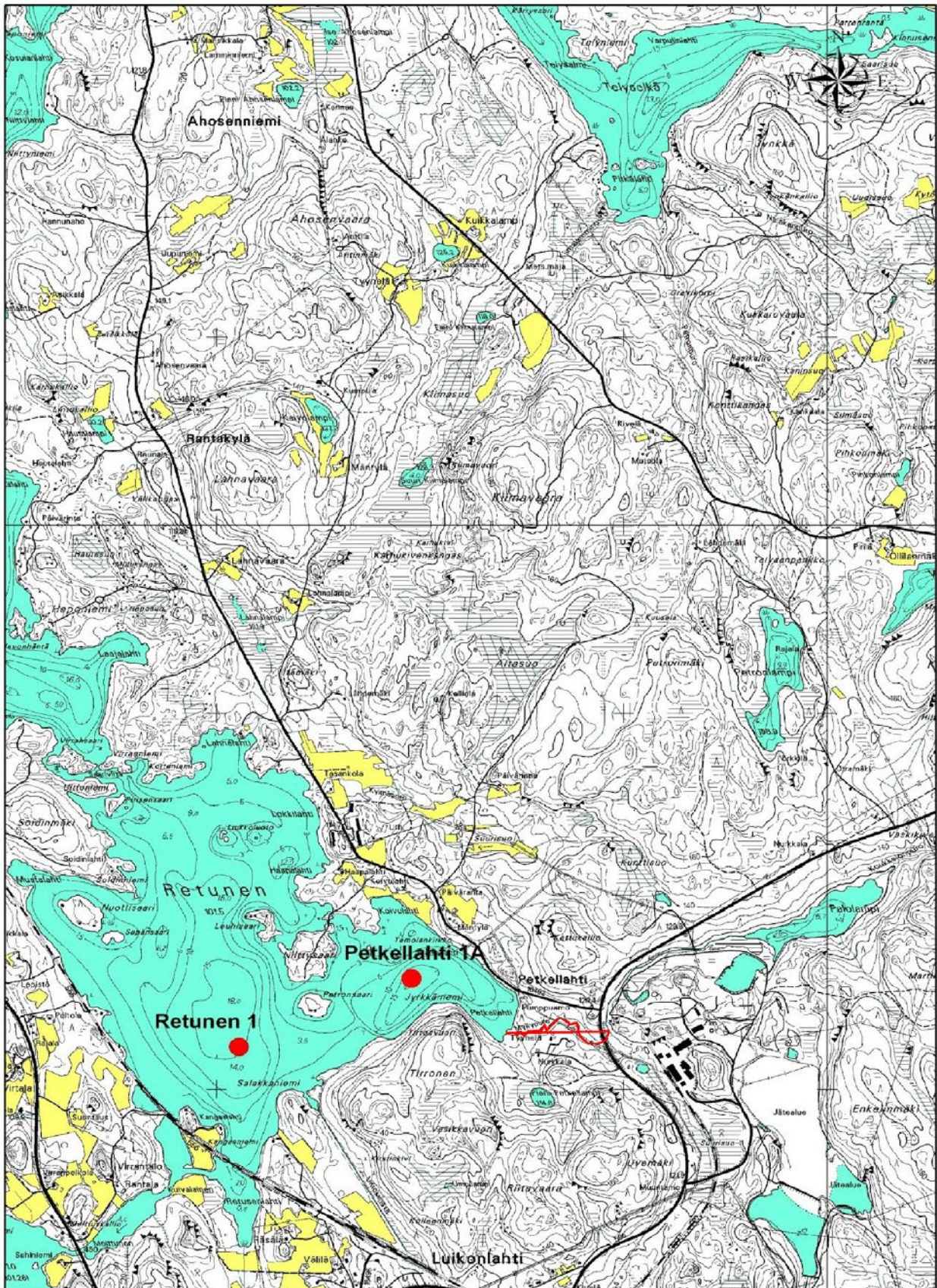
(AFRY Finland Oy 2021a)

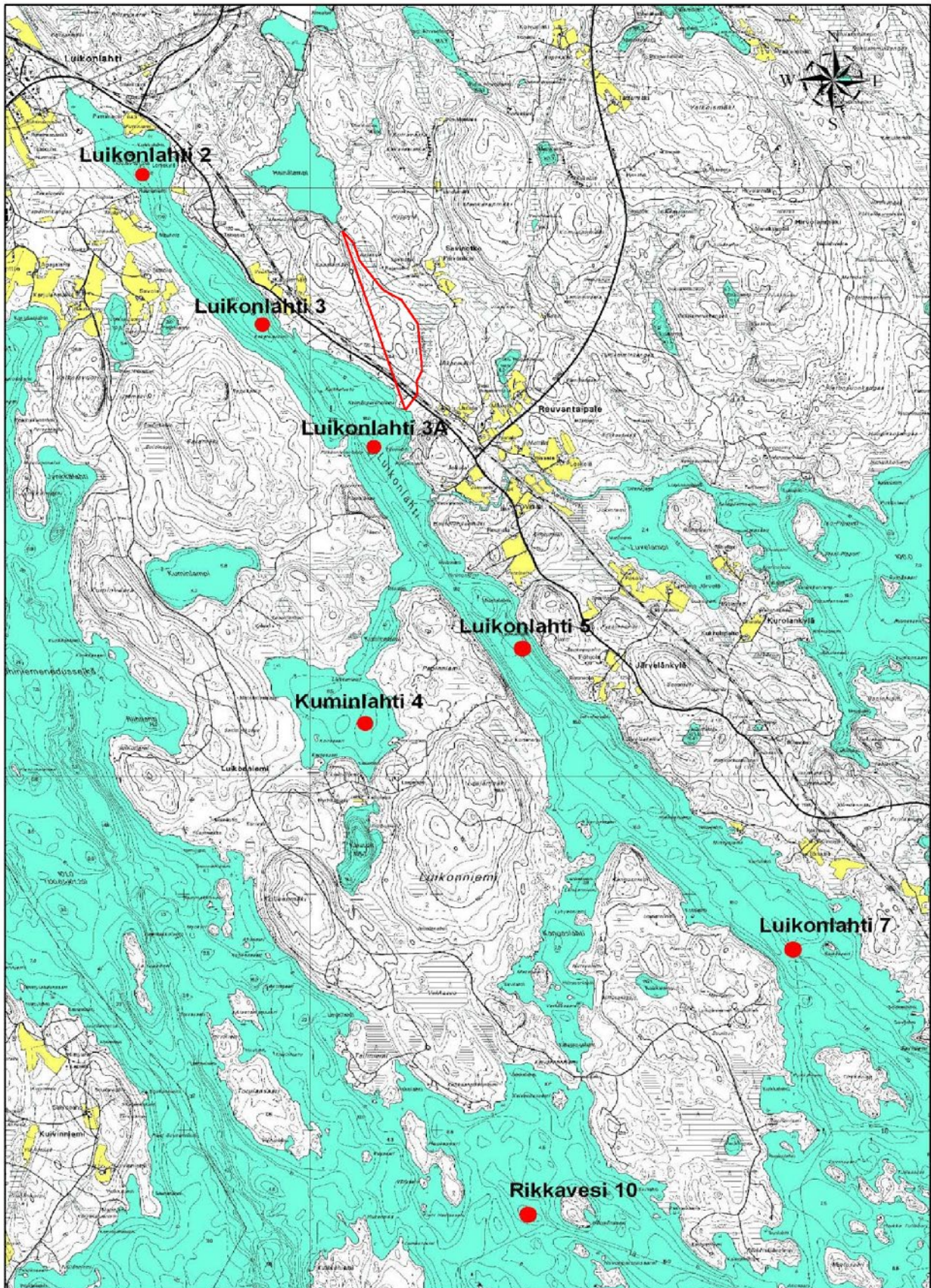


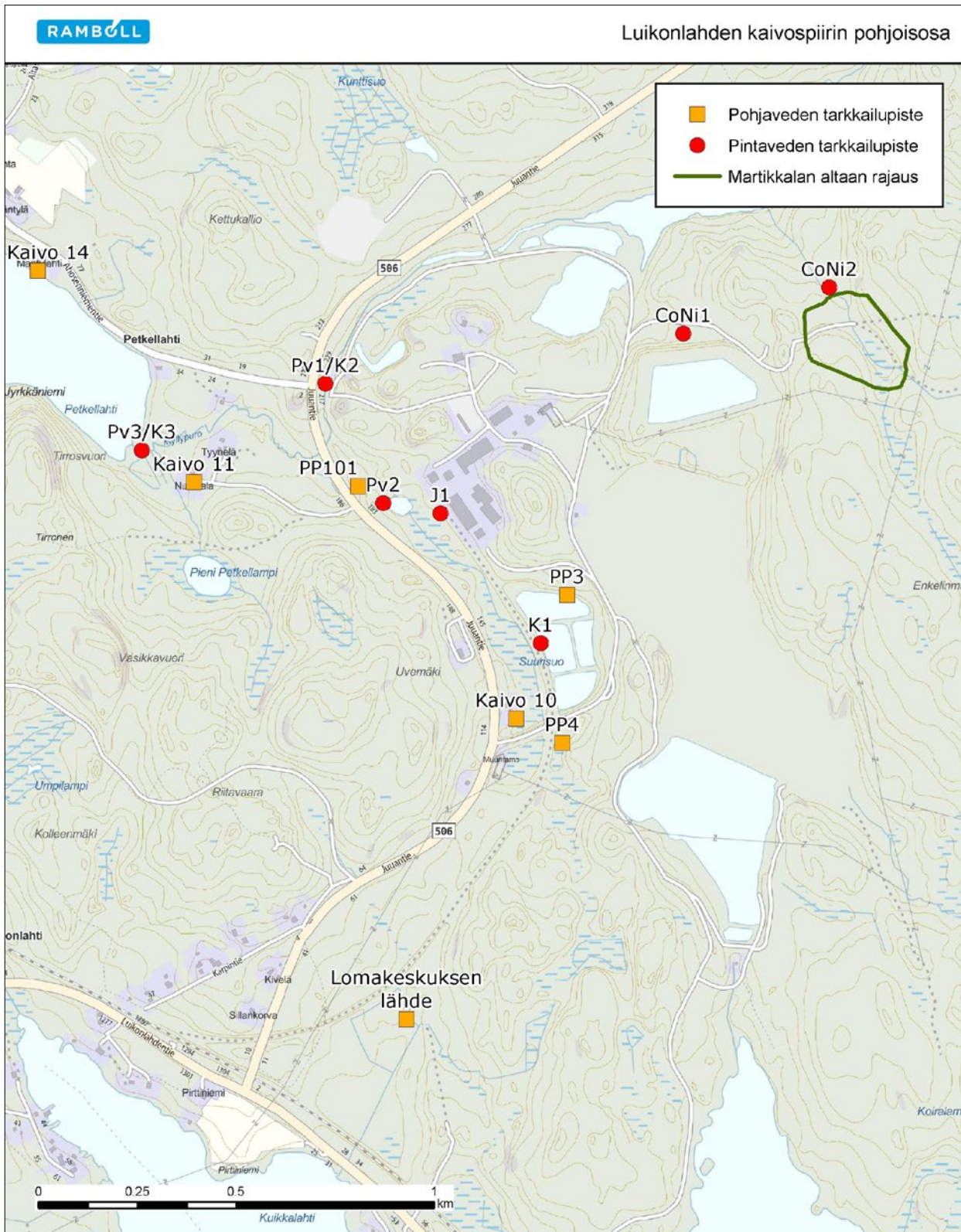
Liite 2.11 Luikonlahden rikastamon vesistötkkailupaikat

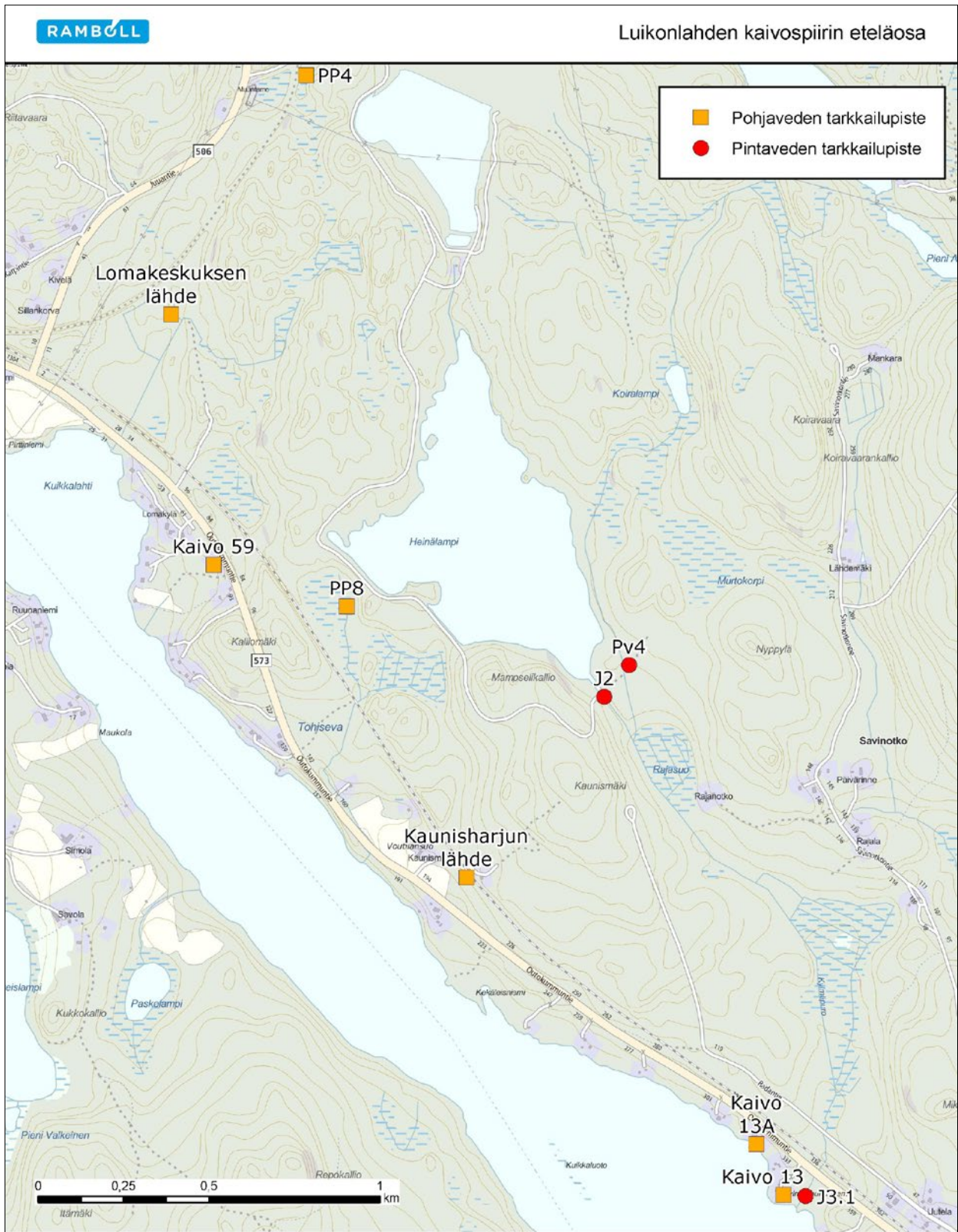
(Ramboll Finland Oy 2015a)

sivu 1/4



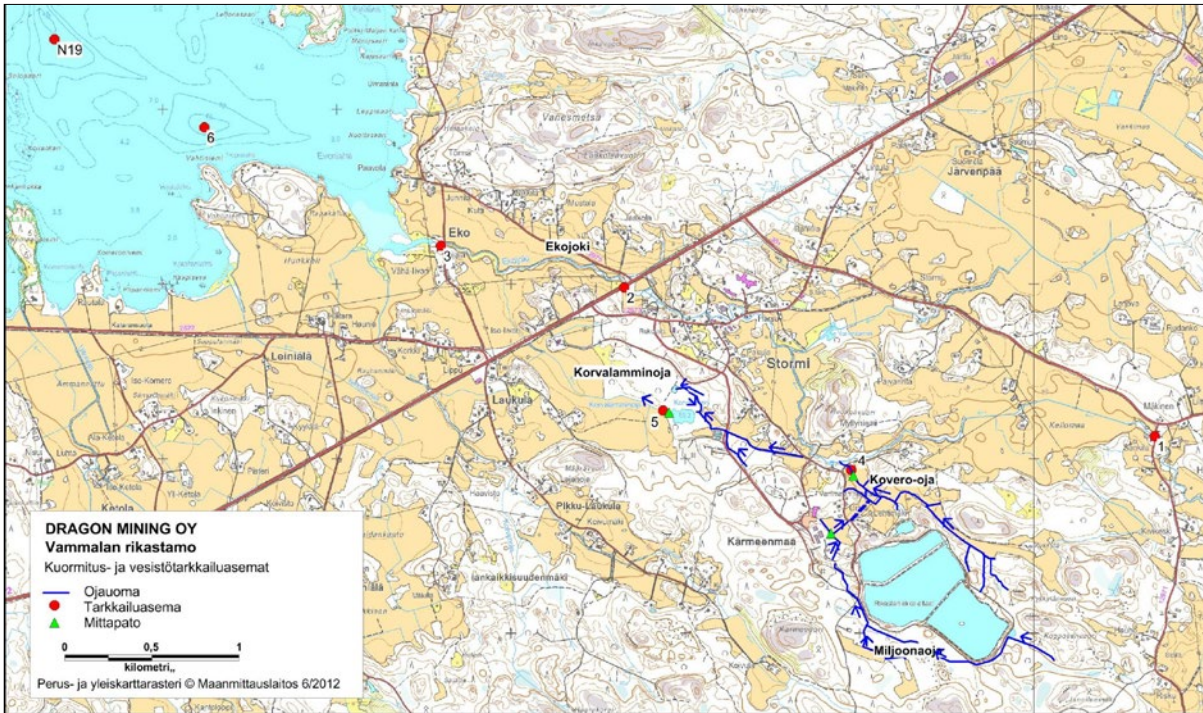






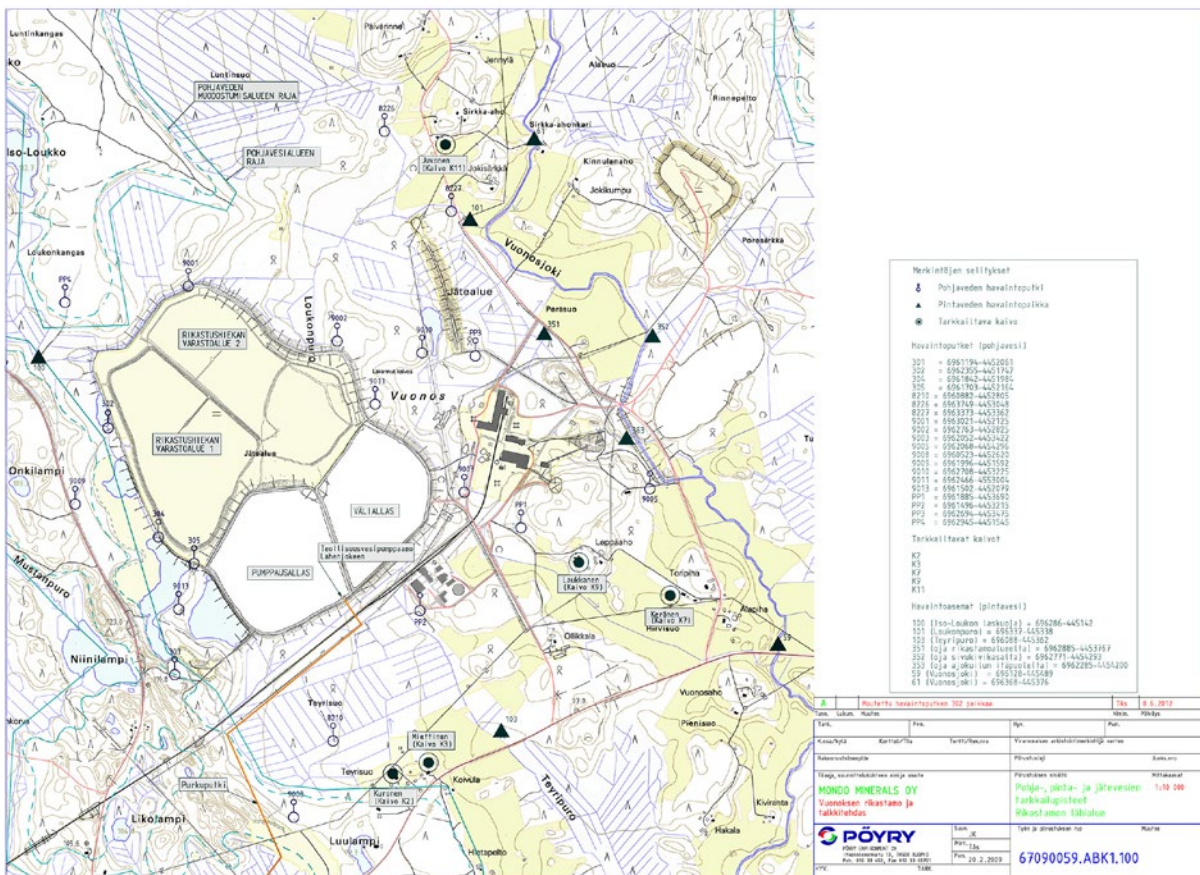
Liite 2.12 Vammalan rikastamon vesistötarkkailupaikat

(Dragon Mining Oy 2018)



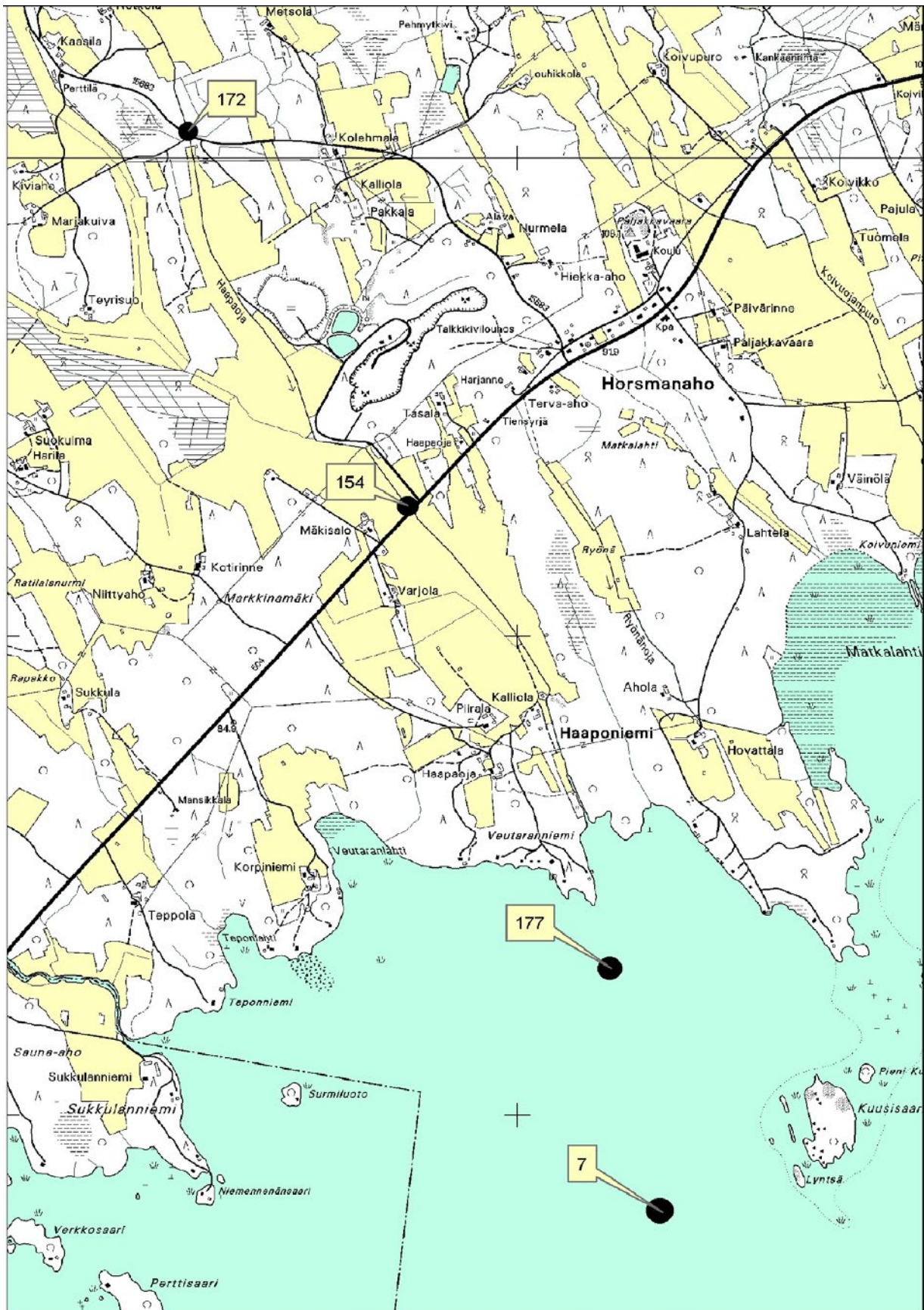
Liite 2.13 Vuonoksen rikastamon vesistötarkkailupaikat

(Pöyry Finland Oy 2014)



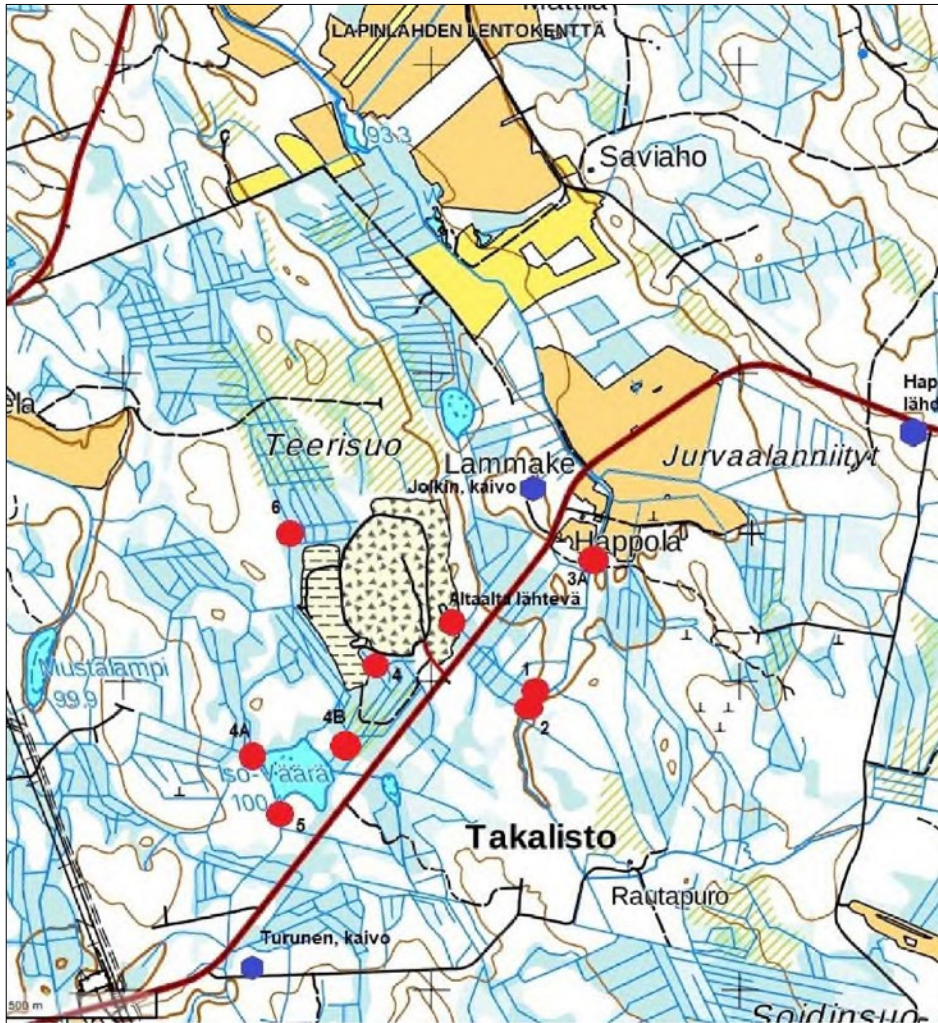
Liite 2.14 Horsmanahon ja Pehmytkiven kaivosten vesistötarkkailupaikat

(Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy 2008)



Liite 2.15 Joutsenenlammen kaivoksen vesistötarkkailupaikat

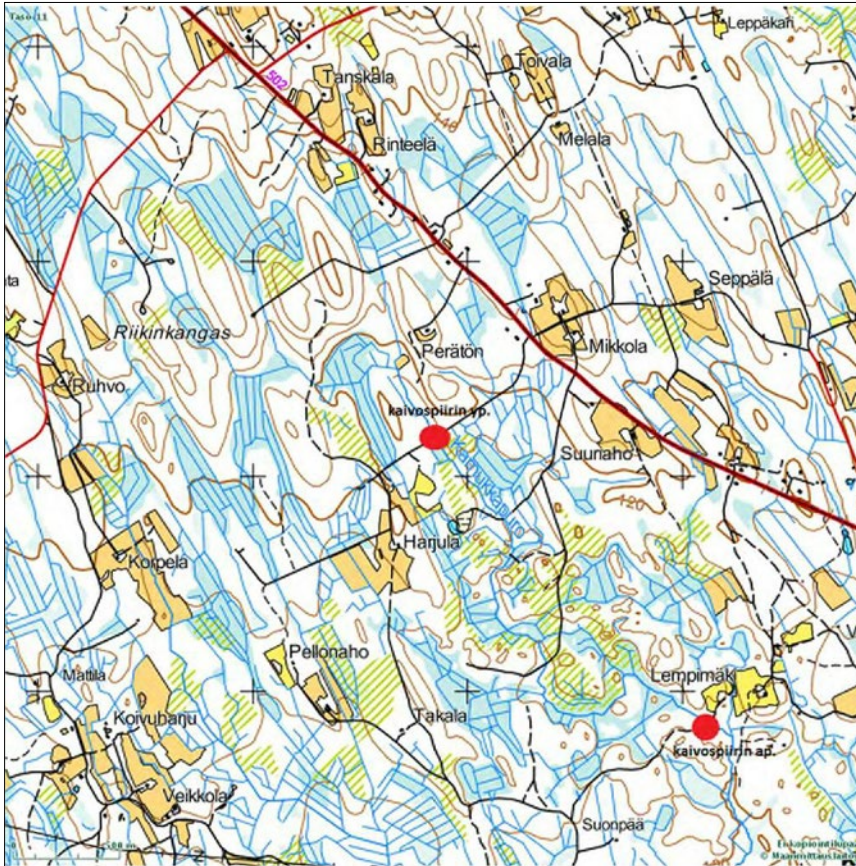
(Savo-Karjalan Ympäristötutkimus Oy 2021a)

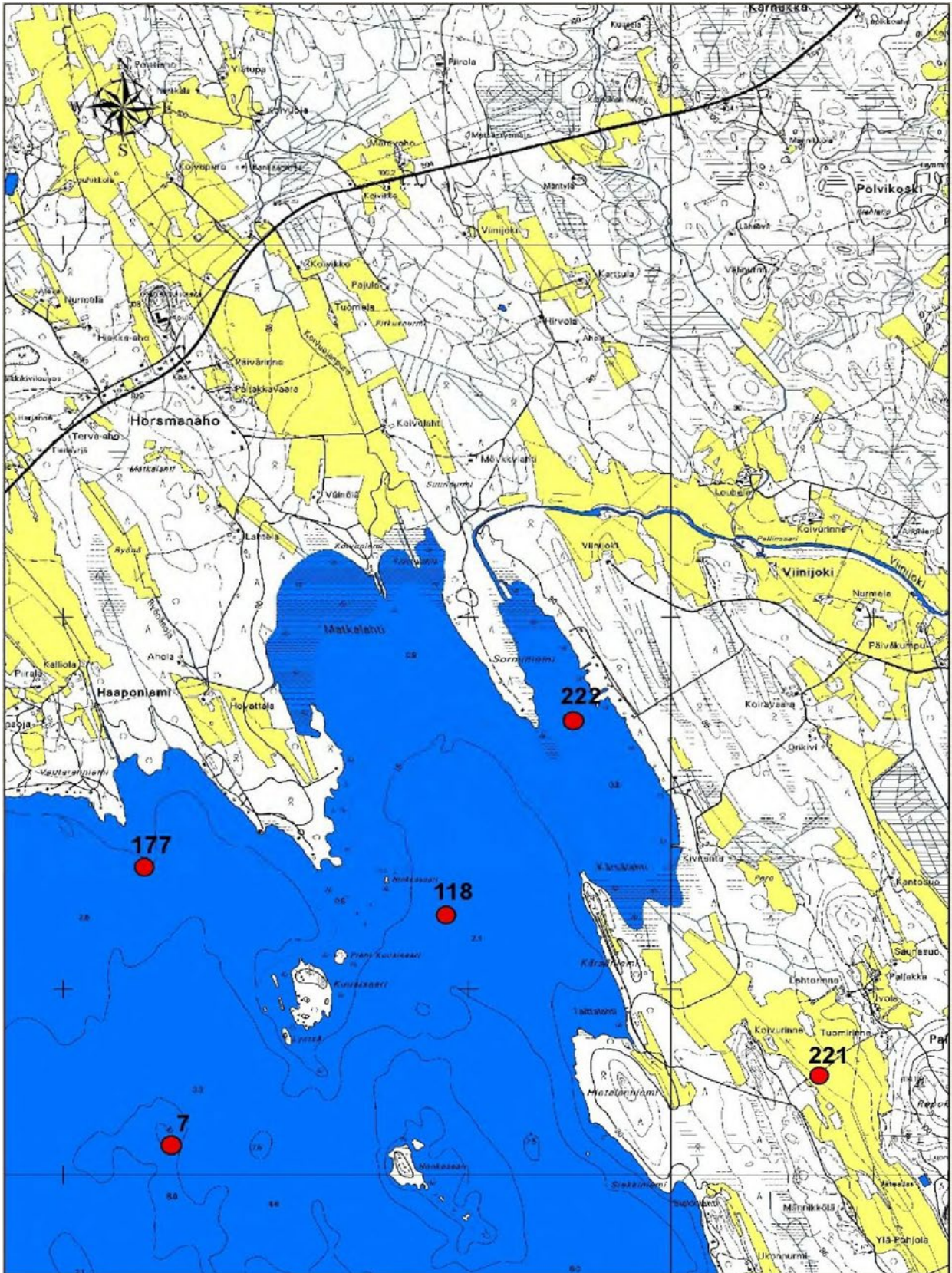


Liite 2.16 Karnukan kaivoksen vesistötkkailupaikat

(Savo-Karjalan ympäristötutkimus Oy 2015)

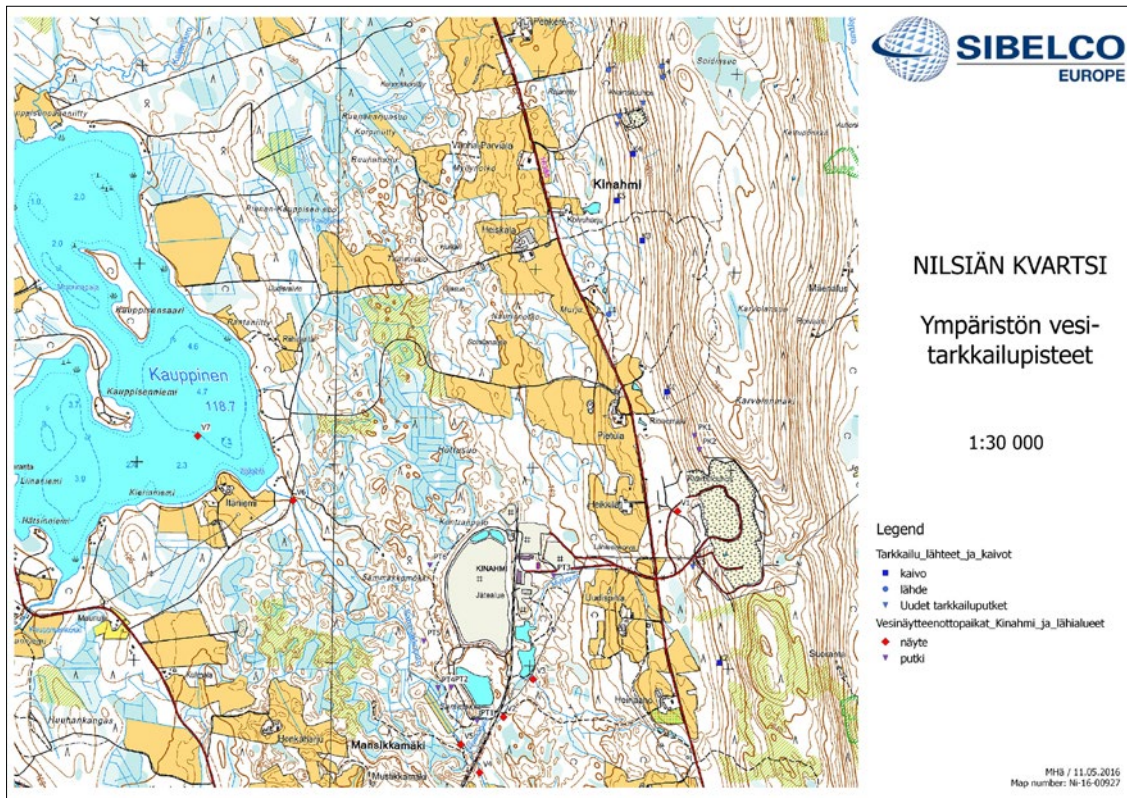
Sivu 1/2





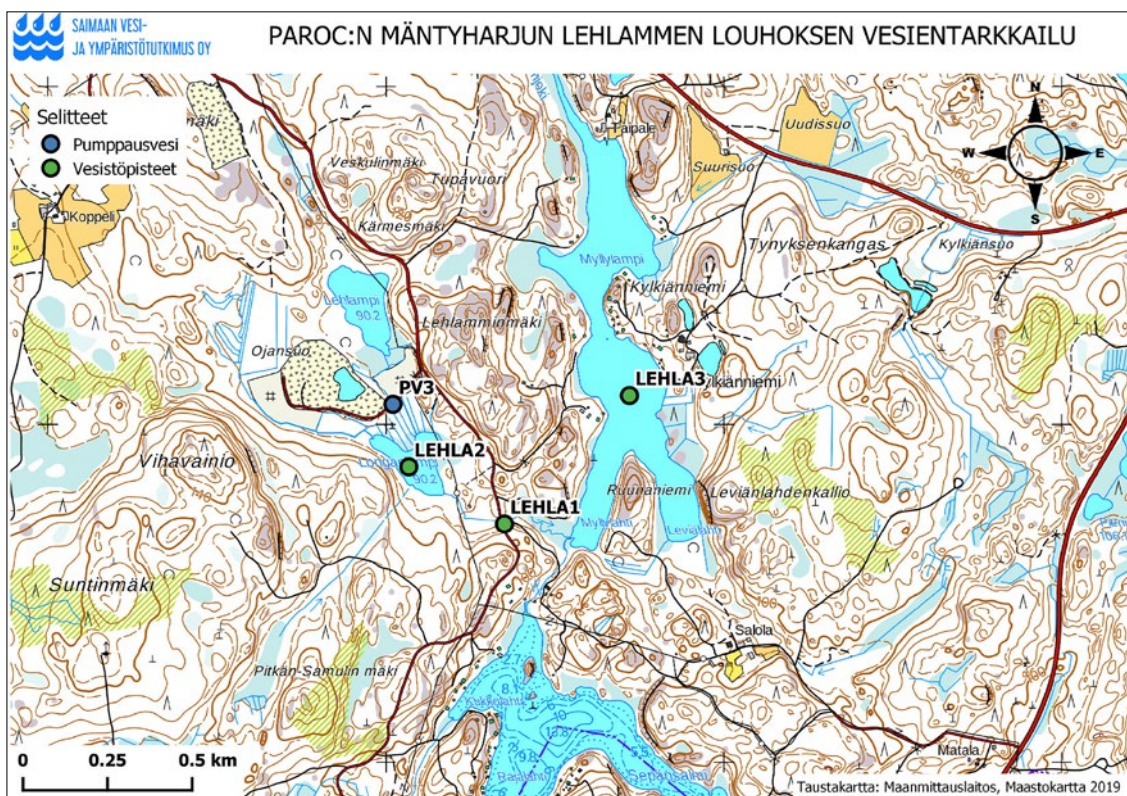
Liite 2.17 Kinahmin kaivoksen vesistötarkkailupaikat

(Sibelco Nordic Oy Ab 2016)



Liite 2.18 Lehlammen kaivoksen vesistötarkkailupaikat

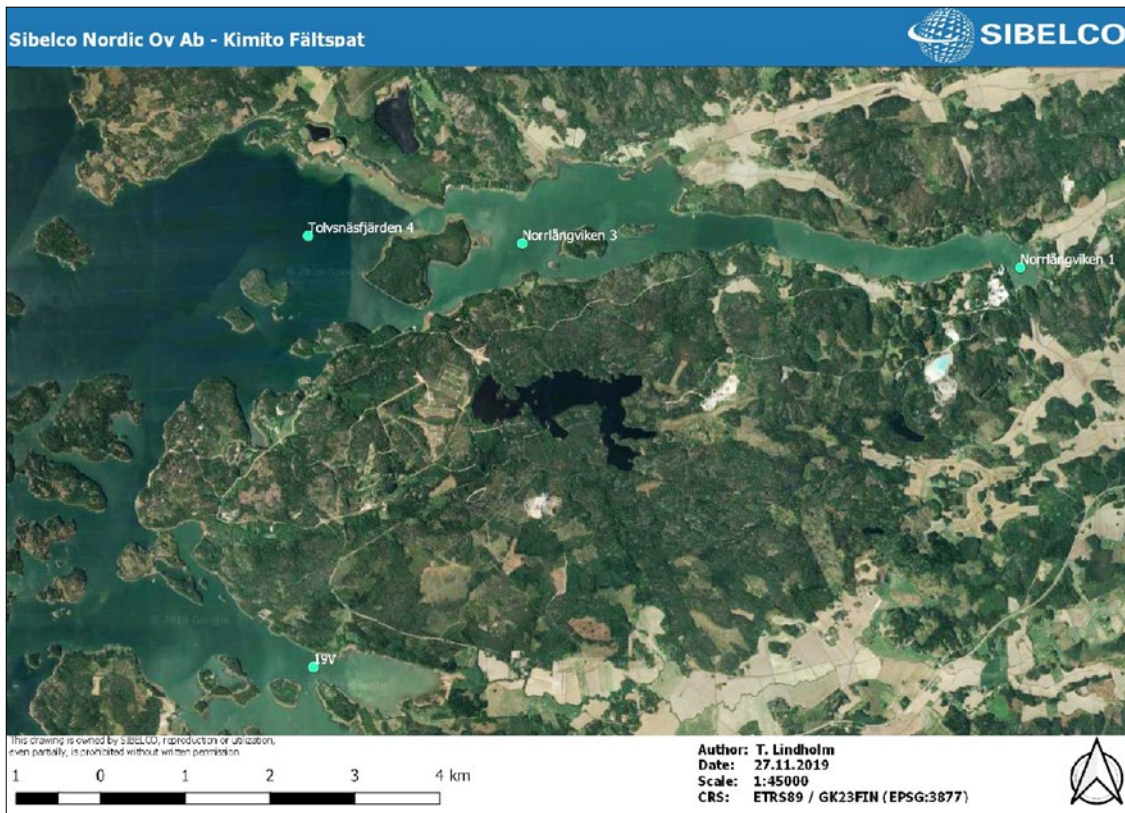
(Saimaan vesi- ja ympäristötutkimus Oy 2021)



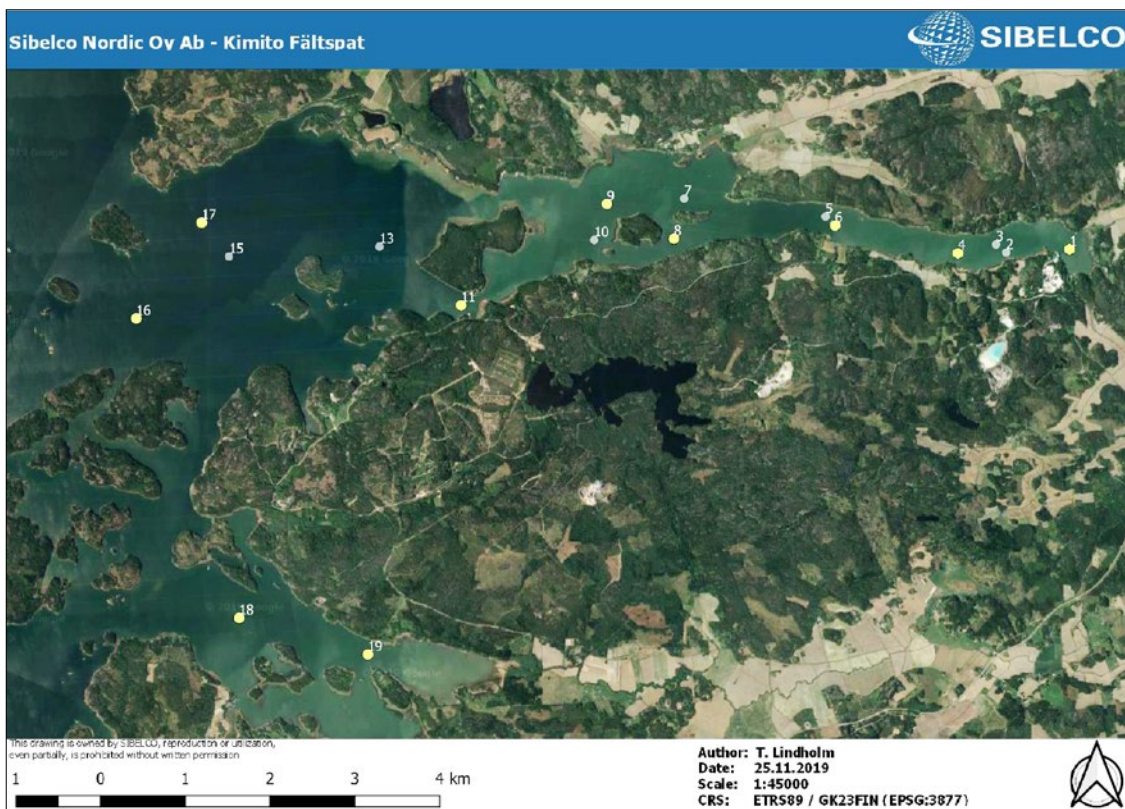
Liite 2.19 Lemnästräskin, Kirkkomäen ja Ala-Auliksen kaivosten vesistötarkkailupaikat

(Sibelco Nordic Oy Ab 2019)

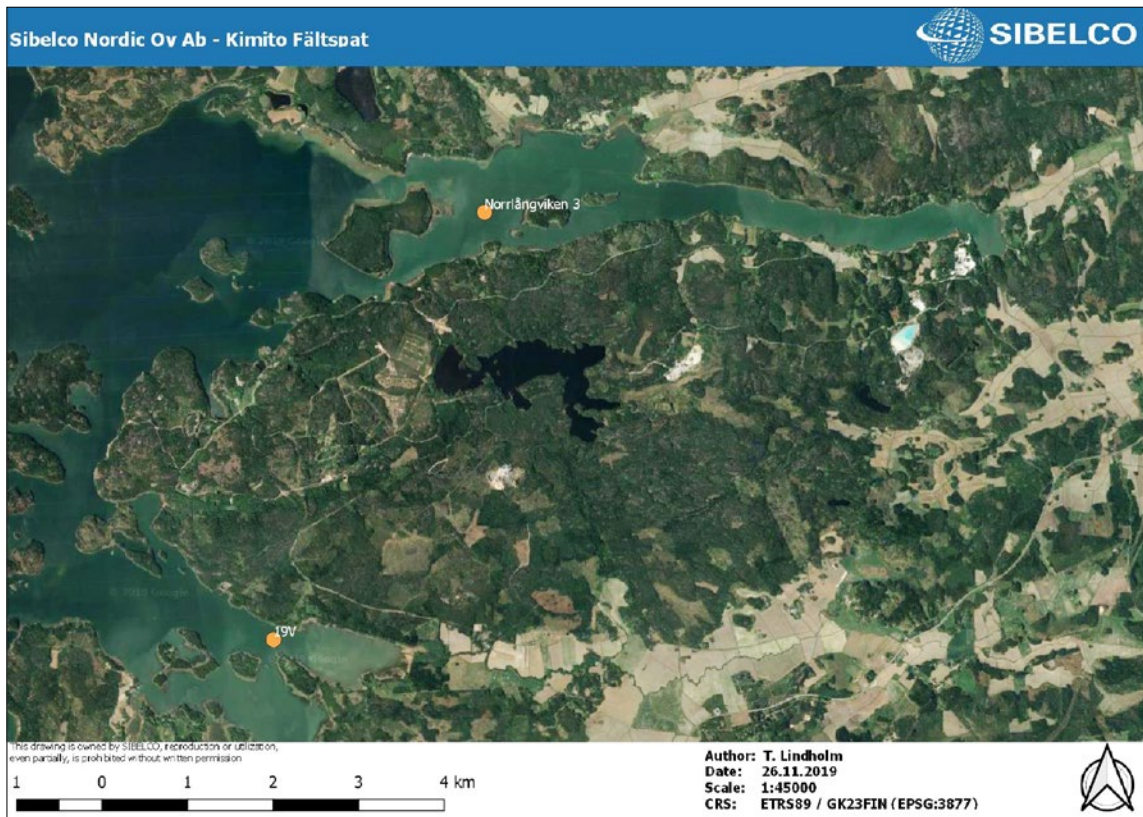
Sivu 1/2



Meriveden laadun tarkkailupaikat.



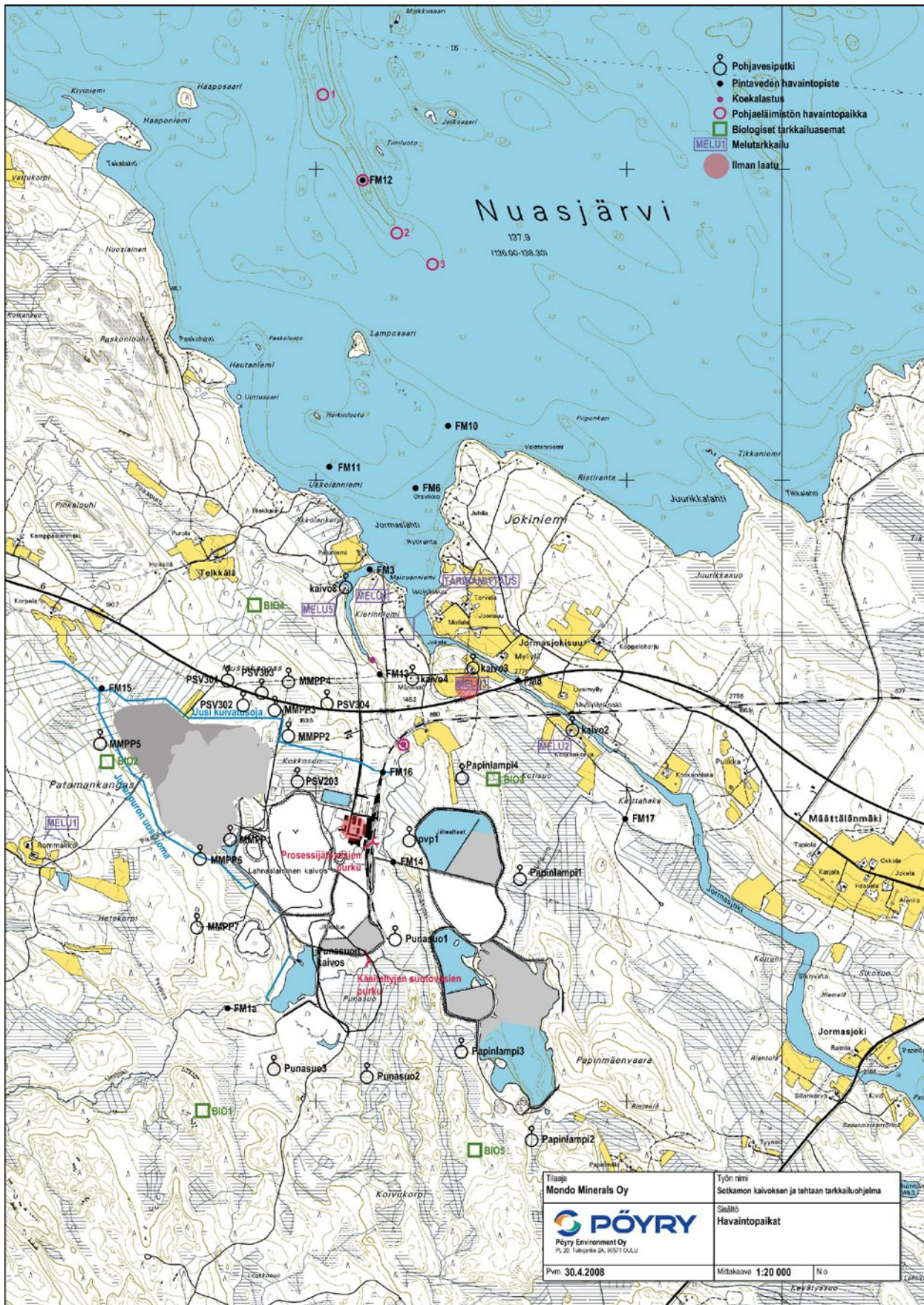
Pohjaeläinten seuranta- ja tutkimuspaikat, keltaisella tulosten perusteella karsitut pohjaeläintutkimusasemat, harmaalla vanhat asemat.



Kasviplanktonitutkimusasemat.

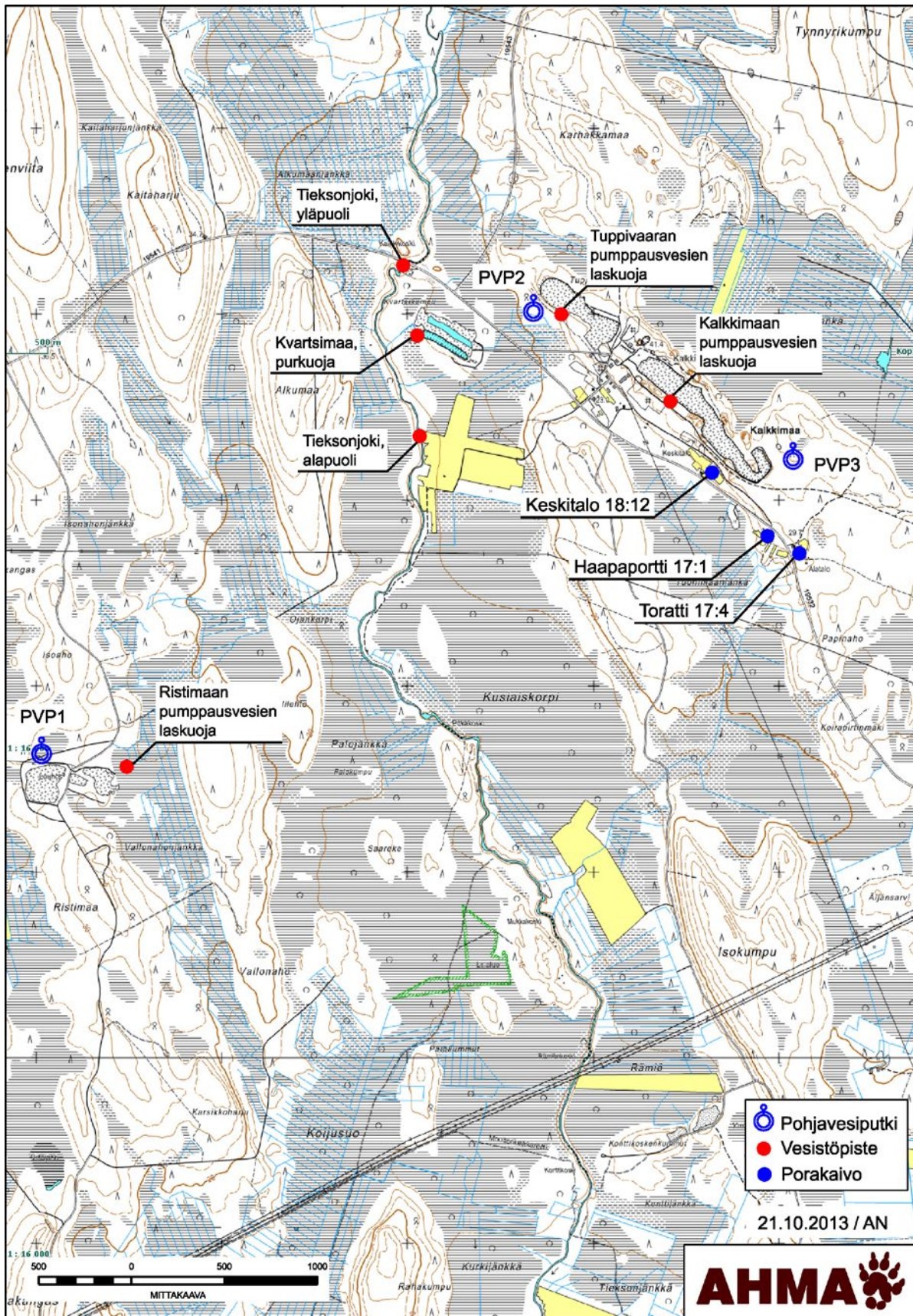
Liite 2.20 Punasuon kaivoksen vesistötarkkailupaikat

(Pöyry Environment Oy 2008)



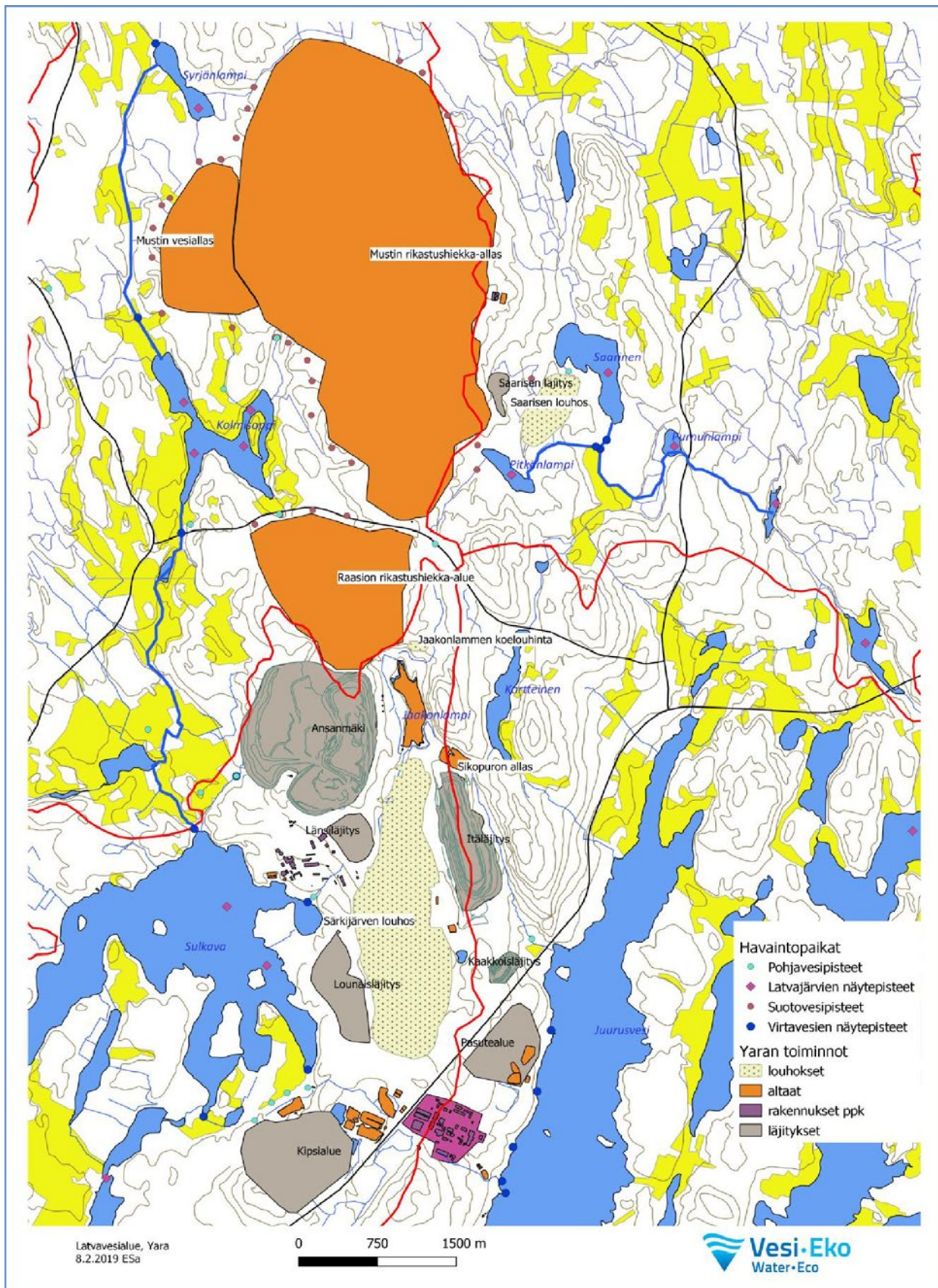
Liite 2.21 Ristimaan, Kalkkimaan ja Tuppivaaran kaivosten vesistötarkkailupaikat

(SMA Mineral Oy 2013)



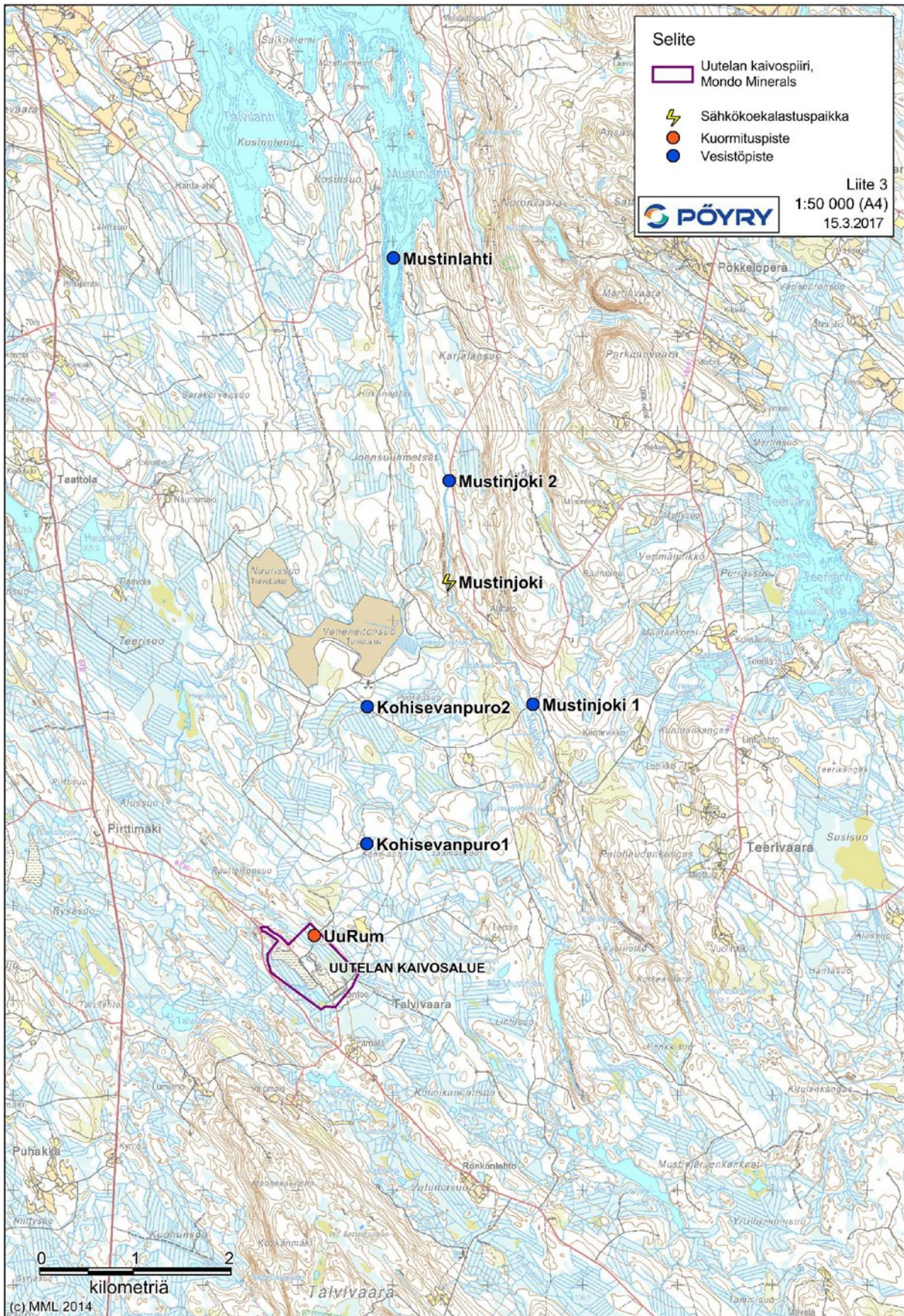
Liite 2.22 Siilinjärven kaivoksen vesistötarkkailupaikat

(Yara Suomi Oy 2019)



Liite 2.23 Uutelan kaivoksen vesistötarkkailupaikat

(AFRY Finland Oy 2019)



Liite 2.24 Ybbernäsin kaivoksen vesistötarkkailupaikat

(Lounais-Suomen vesi- ja ympäristötutkimus Oy 2018)

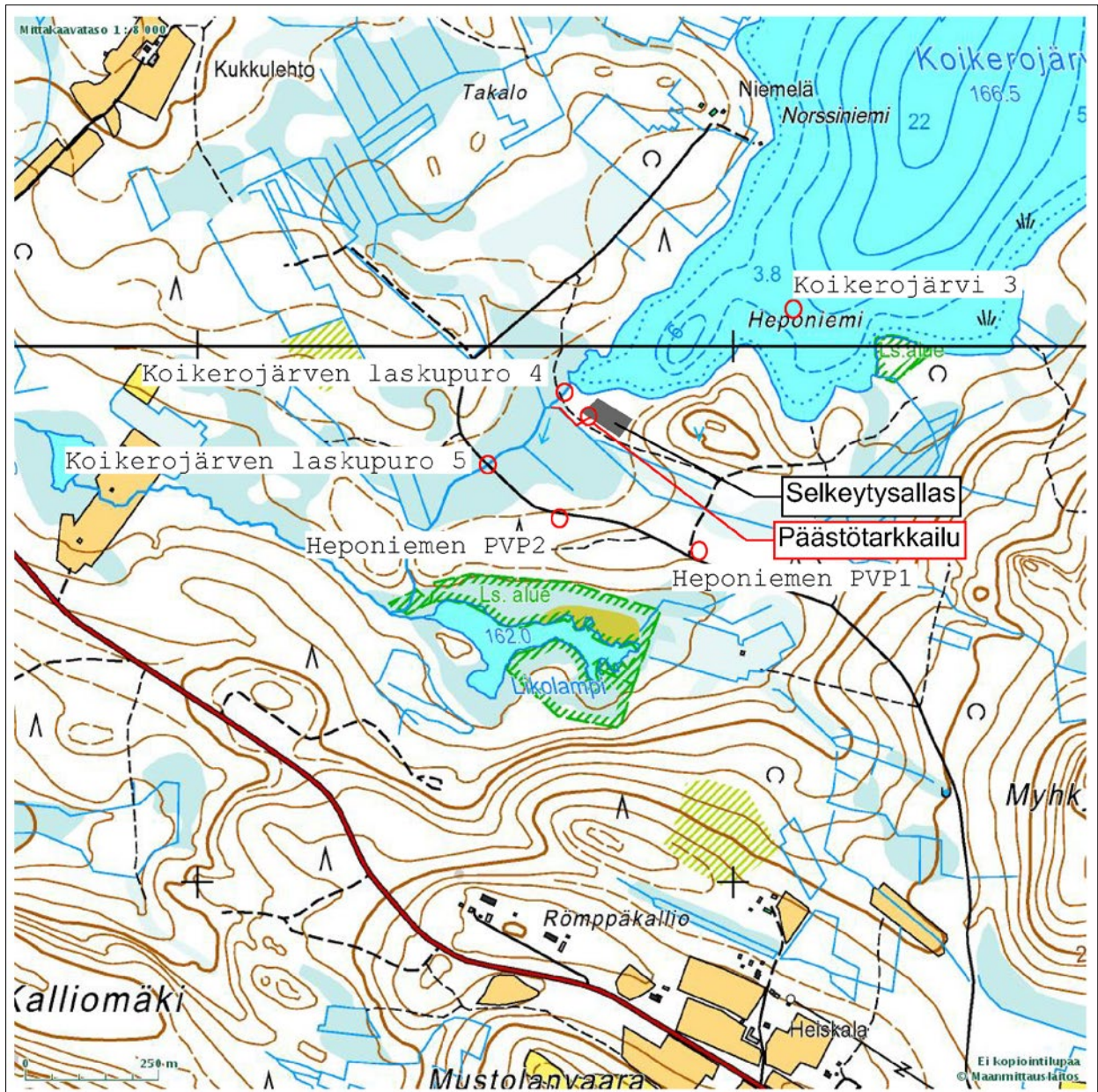


Paroc Oy Ab:n Ybbersnäsin louhoksen vesientarkkailun havaintopaikat

- ⊖ Kaivot
- Pohjavesiputket
- Ojat
- Louhosvedet

Liite 2.25 Heponiemen kaivoksen vesistötarkkailupaikat

(Ramboll Finland Oy 2014)



Liite 2.26 Hyypiämäen kaivoksen vesistö tarkkailupaikat

(Envimetria Oy 2016)



Envimetria Oy

16018111
LIITE 1

Hyypiämäen vesientarkkailupisteet

Määrjärven piste (koordinaatit 6681356, 307059 ETRS TM35FIN) ei näy kuvassa

KIINTEISTÖTIEDOPALVELU

Hyypiämäen tarkkailupisteet



Tulosteen keskipisteen koordinaatit (ETRS-TM35FIN): N: 6683092, E: 305142

Karttatuloste ei ole mittatarkka. Kiinteistörajat ja -tunnukset päivitetään toistaiseksi vain kerran viikossa.

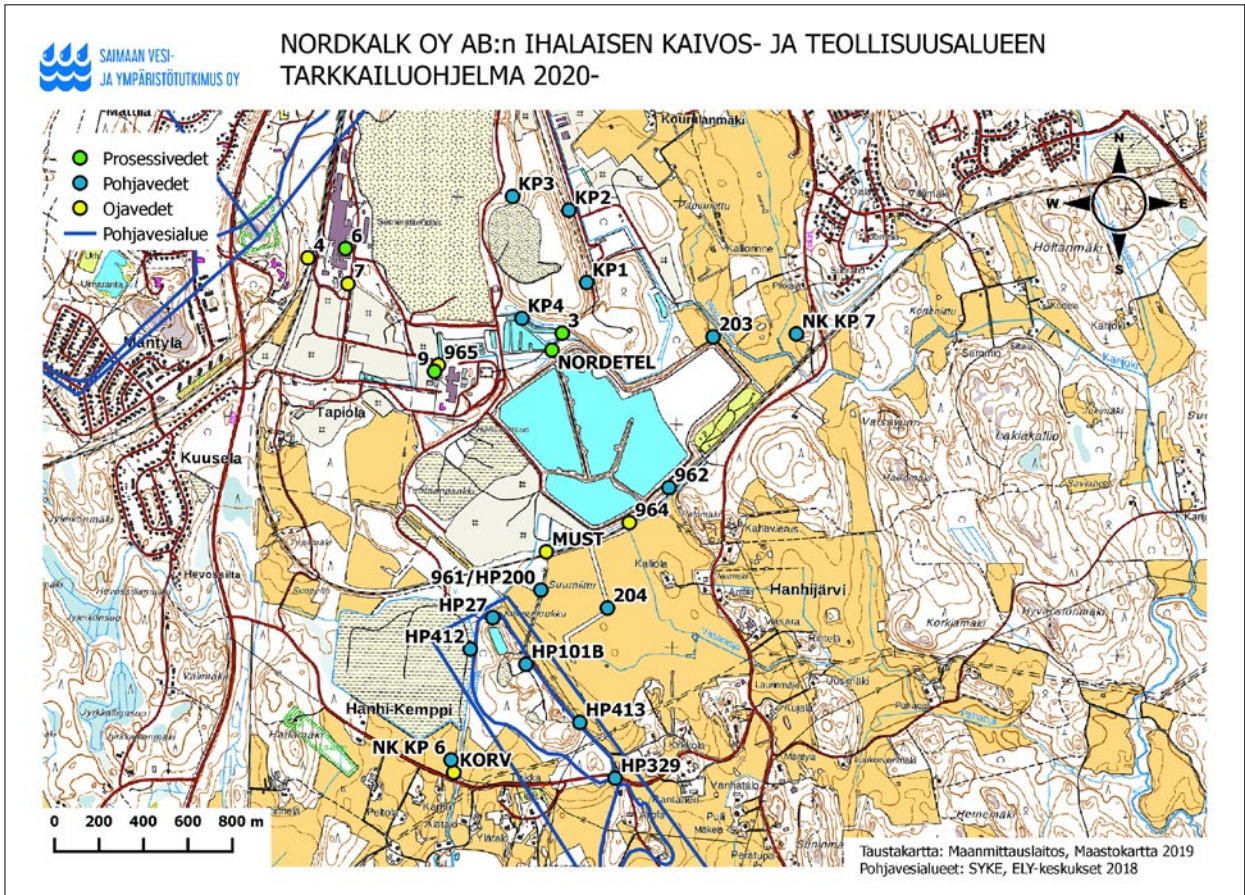
Rekisteripalvelujen kautta kartalle haetut palstat ja määräalat ovat ajantasaiset.

Tulostettu Kiinteistö tietopalvelusta 01.02.2016.

- Kaivo
- Pintavesi
- Pohjavesiputki
- Sedimentti

Liite 2.27 Ihalaisen kaivoksen vesistötarkkailupaikat

(Saimaan vesi ja ympäristötutkimus Oy 2019)



Liite 2.28 Kalkkisillan kaivoksen vesistötarkkailupaikat

(Varsinais-Suomen ELY-keskus 2017)



Kalkkisillan kalkkikaivoksen havaintoasemat

- Toiminta-alue
- Havaintopaikka



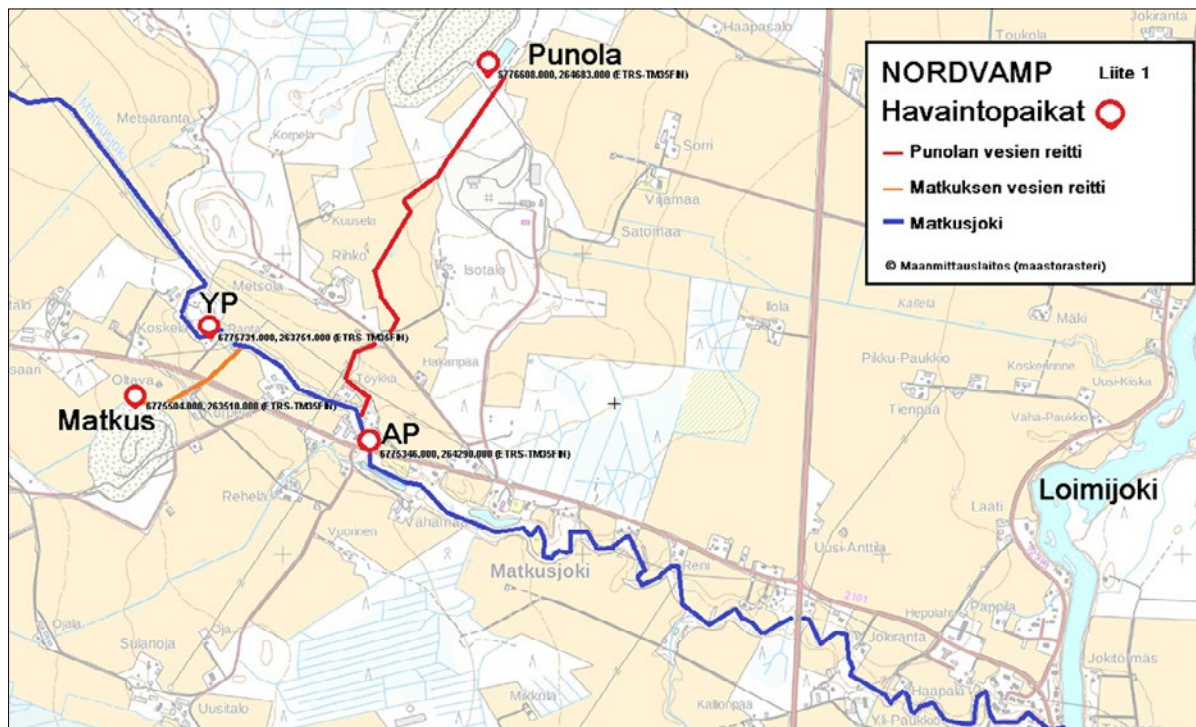
0 0,15 0,3 0,6 0,9 1,2
Kilometriä

Koordinaattijärjestelmä: EUREF FIN TM35FIN

© VARELY
© Maanmittauslaitos, peruskarttarasteri, 08/2016

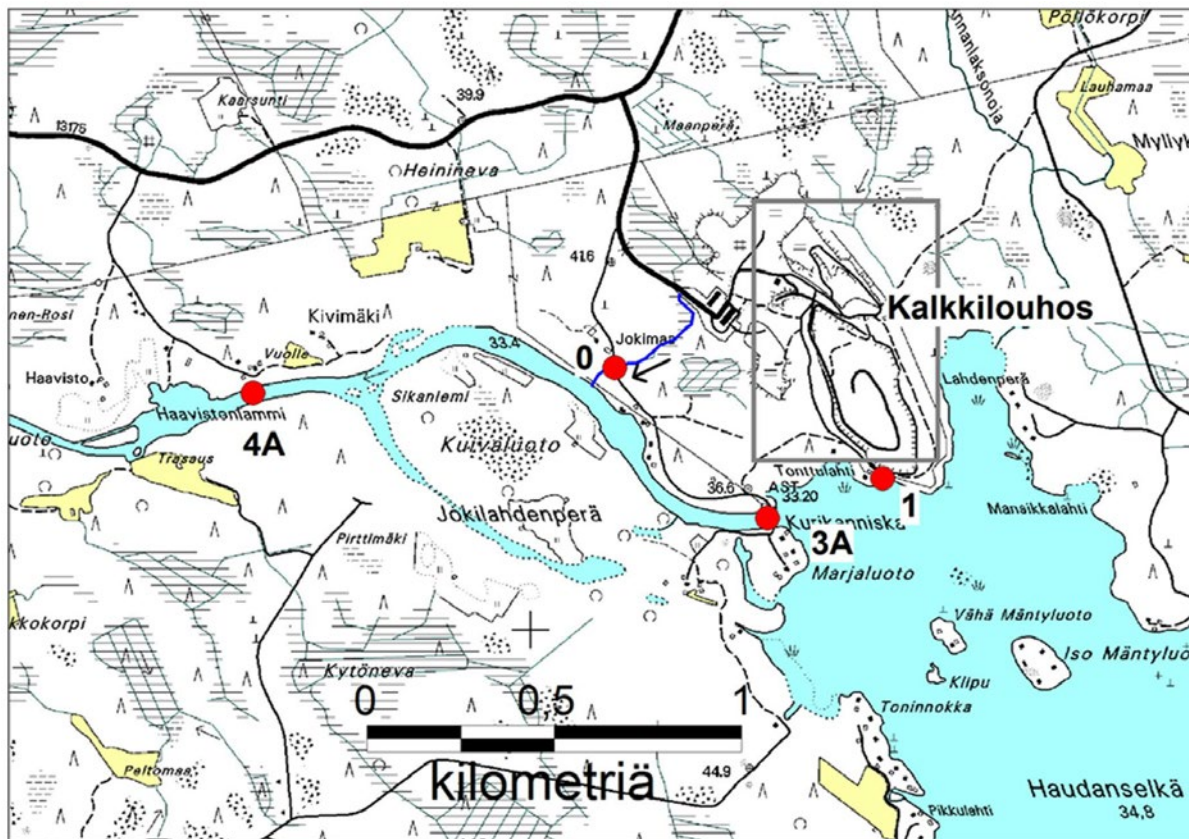
Liite 2.29 Matkusjoen ja Punolan kaivosten vesistötkkailupaikat

(KVYV Tutkimus Oy 2020b)



Liite 2.30 Otamo kaivoksen vesistötkkailupaikat

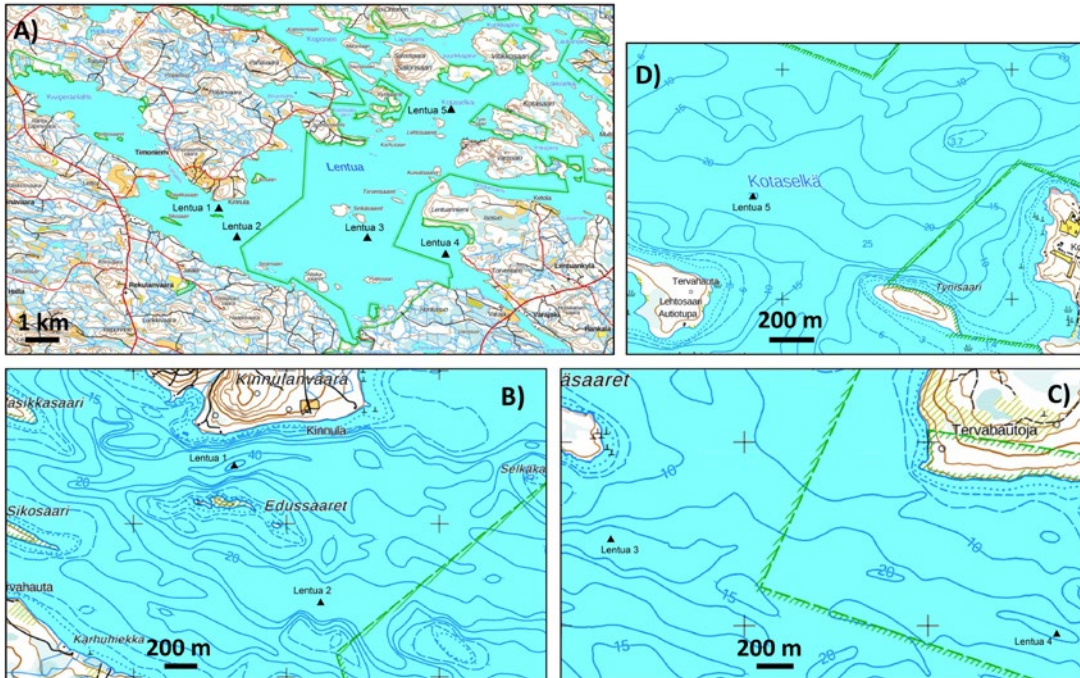
(KVYV Tutkimus Oy 2019)



Liite 3 Näytteenottopaikkojen sijainti, Lentua

Lentuan kaikkien vuoden 2020 näytteenottopaikkojen sijainti. B) Näytteenottopaikkojen 1 ja 2 sijainti. C) Näytteenottopaikkojen 3 ja 4 sijainti. D) Näytteenottopaikan 5 sijainti.

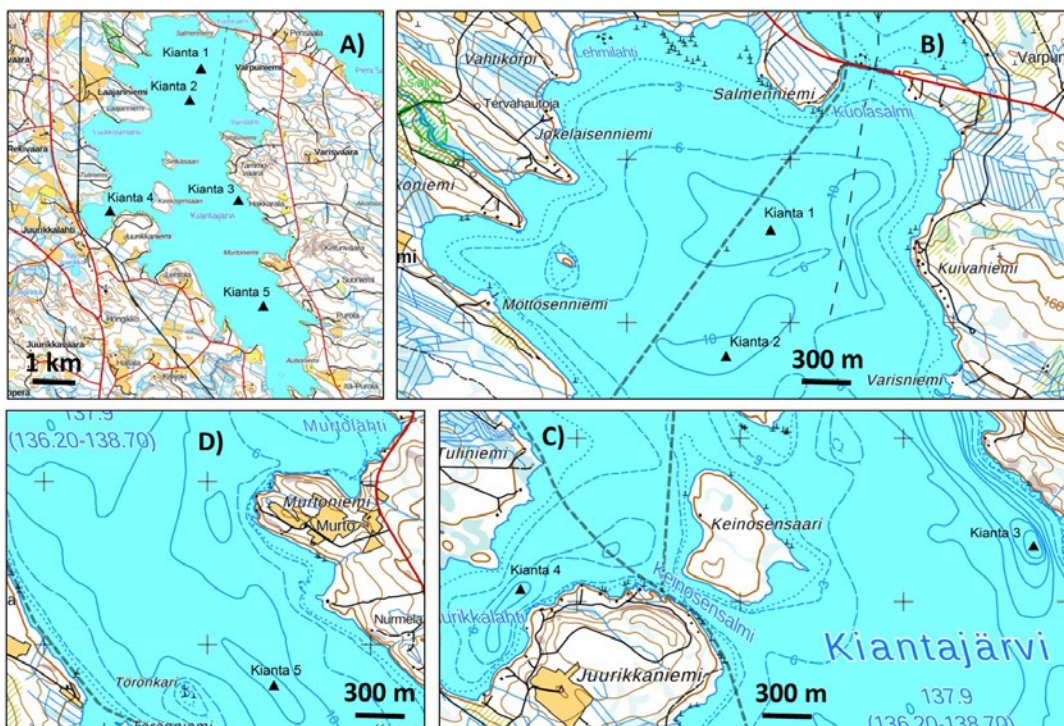
Näytteenottopaikan 5 sijainti. Näytteenottopaikkojen koordinaatit on ilmoitettu taulukossa karttojen alapuolella.



Liite 4 Näytteenottopaikkojen sijainti, Kiantajärvi

Kiantajärven kaikkien vuoden 2020 näytteenottopaikkojen sijainti. B) Näytteenottopaikkojen 1 ja 2 sijainti. C) Näytteenottopaikkojen 3 ja 4 sijainti. D) Näytteenottopaikan 5 sijainti.

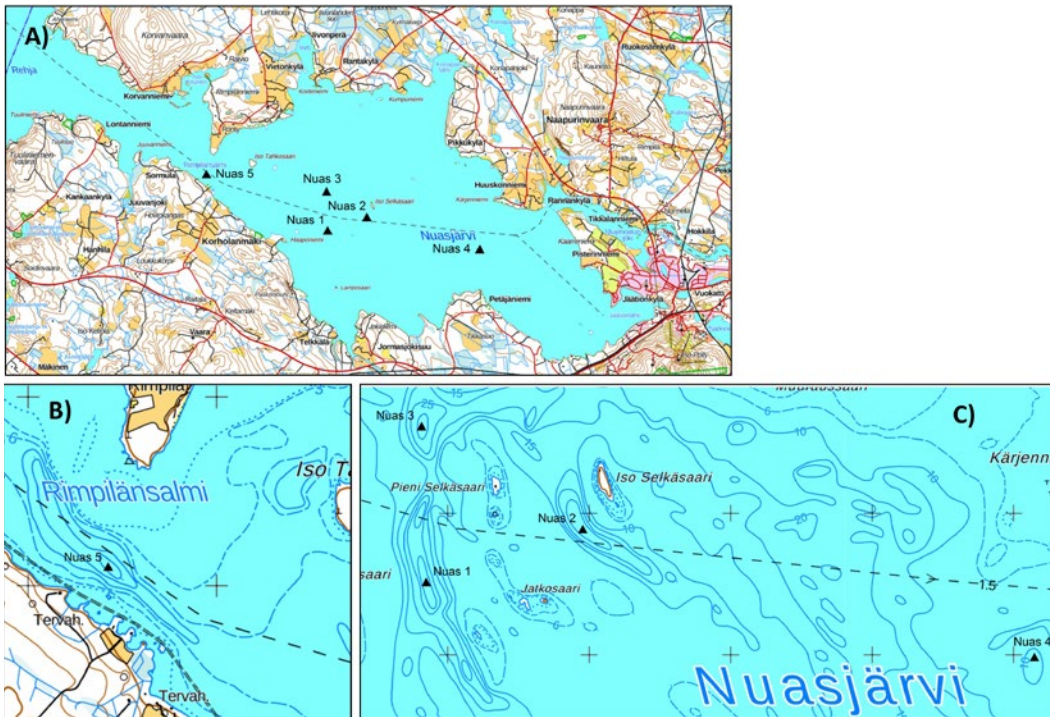
Näytteenottopaikan 5 sijainti. Näytteenottopaikkojen koordinaatit on ilmoitettu taulukossa karttojen alapuolella.



Liite 5 Näytteenotto- ja sijaintipaikkojen sijainti, Nuasjärvi

Nuasjärven kaikkien vuoden 2020 näytteenotto- ja sijaintipaikkojen sijainti. B) Näytteenotto- ja sijaintipaikan 5 sijainti. C) Näytteenotto- ja sijaintipaikkojen 1, 2, 3 ja 4 sijainti. Näyt-

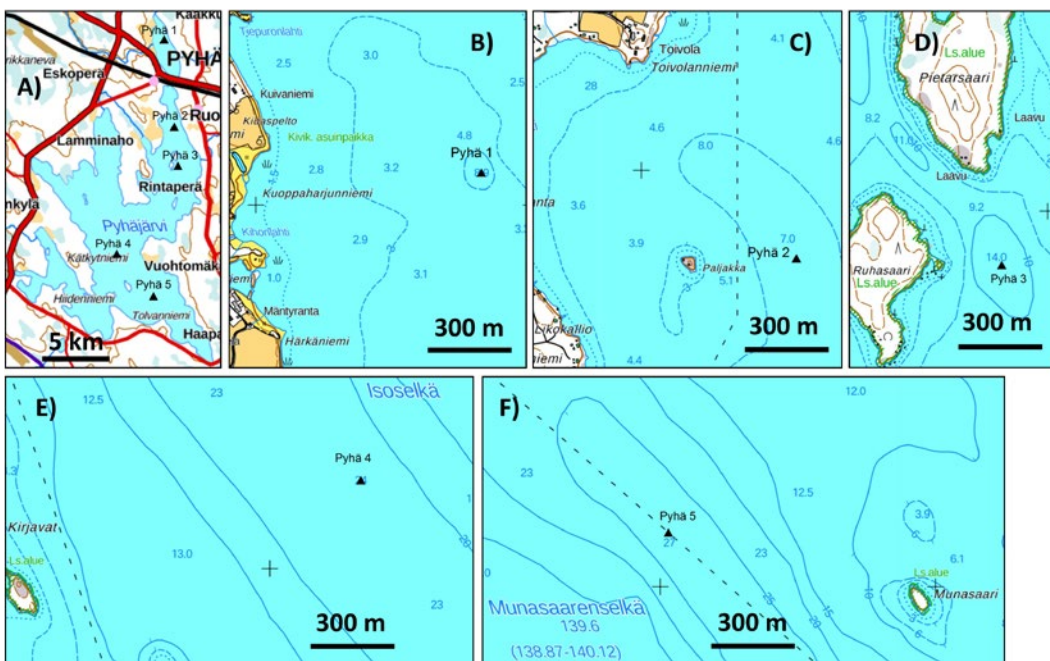
teenotto- ja sijaintipaikkojen koordinaatit on ilmoitettu taulukossa karttojen alapuolella.



Liite 6 Näytteenotto- ja sijaintipaikkojen sijainti, Pyhäjärvi

Pyhäjärven kaikkien vuoden 2020 näytteenotto- ja sijaintipaikkojen sijainti. B) Näytteenotto- ja sijaintipaikan 1 sijainti. C) Näytteenotto- ja sijaintipaikan 2 sijainti. D) Näytteenotto- ja sijaintipaikan 3 sijainti. E) Näytteenotto- ja sijaintipaikan 4 sijainti. F)

Näytteenotto- ja sijaintipaikan F sijainti. Näytteenotto- ja sijaintipaikkojen koordinaatit on ilmoitettu taulukossa karttojen alapuolella



Liite 7 Näytteenottoapaikkojen sijainti, Koirus ja Konnevesi

A) Koiruksen kaikkien vuoden 2020 näytteenottoapaikkojen sijainti. B) Näytteenottoapaikkojen 1, 2 ja 3 sijainti Koiruksen Oravilahdella ja Arkkuselällä. C) Näytteenottoapaikan 4 sijainti Konnusvedellä. D)

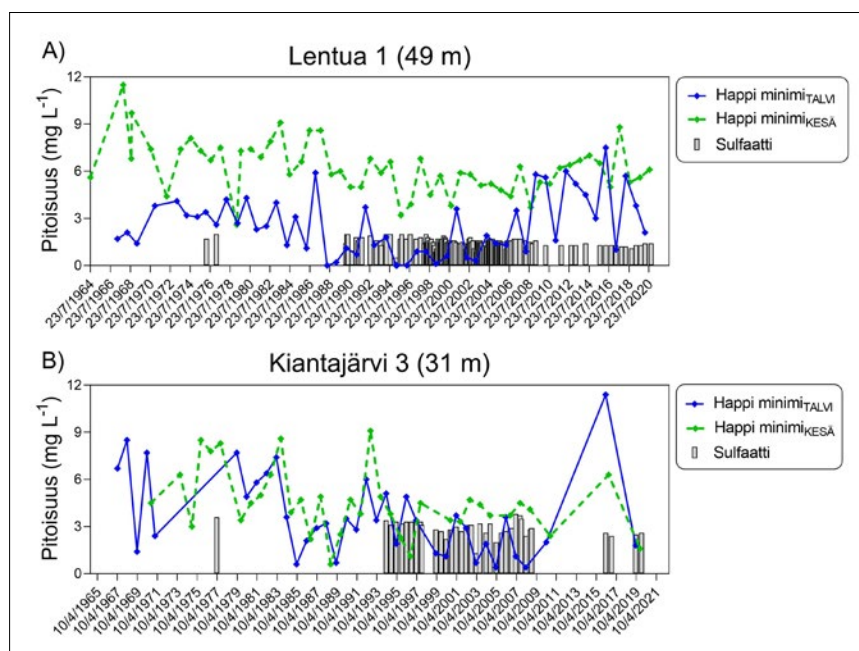
Näytteenottoapaikan 5 sijainti. Näytteenottoapaikkojen koordinaatit on ilmoitettu taulukossa karttojen alapuolella.



Liite 8 Alusveden sulfiittipitoisuudet ja happiminimit, Lentua ja Kiantajärvi

Alusveden sulfiittipitoisuudet sekä happiminimit talvi- (tammi-huhtikuu) ja kesäkerrostuneisuuskausien (kesä-syyskuu) aikana A) Lentuan ja B) Kian-

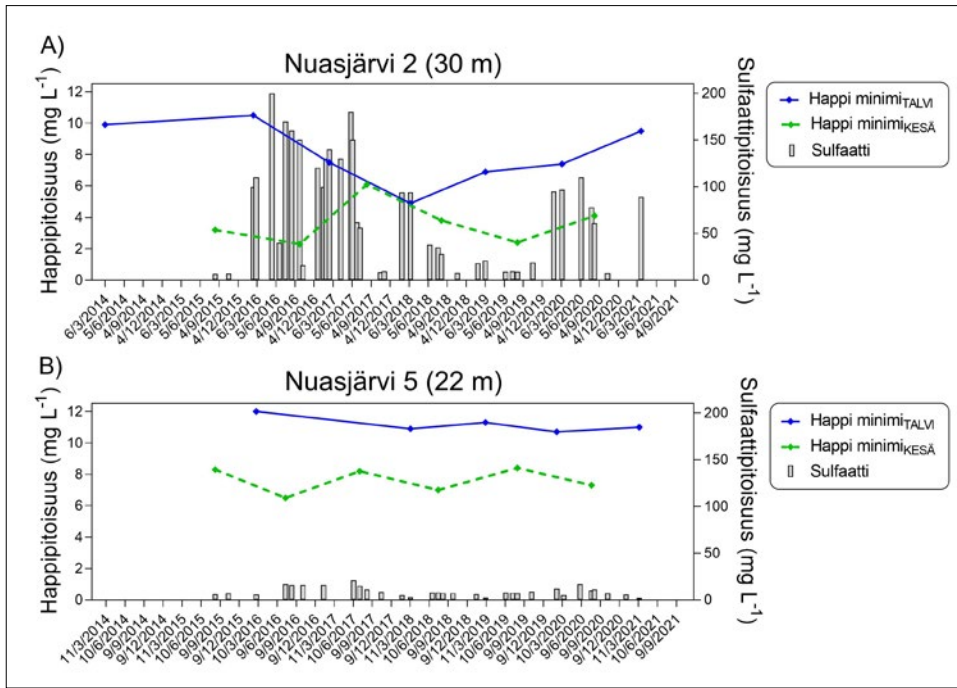
tajärven pitkään seuratuissa syvänteissä 1960-luvulta alkaen.



Liite 9 Alusveden sulfiittipitoisuudet ja happiminimit, Nuasjärvi

Alusveden sulfaattipitoisuudet sekä happiminimit talvi- (tammi-huhtikuu) ja kesäkerrostuneisuuskausien (kesä-syyskuu) aikana purukuputken läheisyydessä sijaitsevalla näytepisteellä A) Nuasjärvi 2 ja

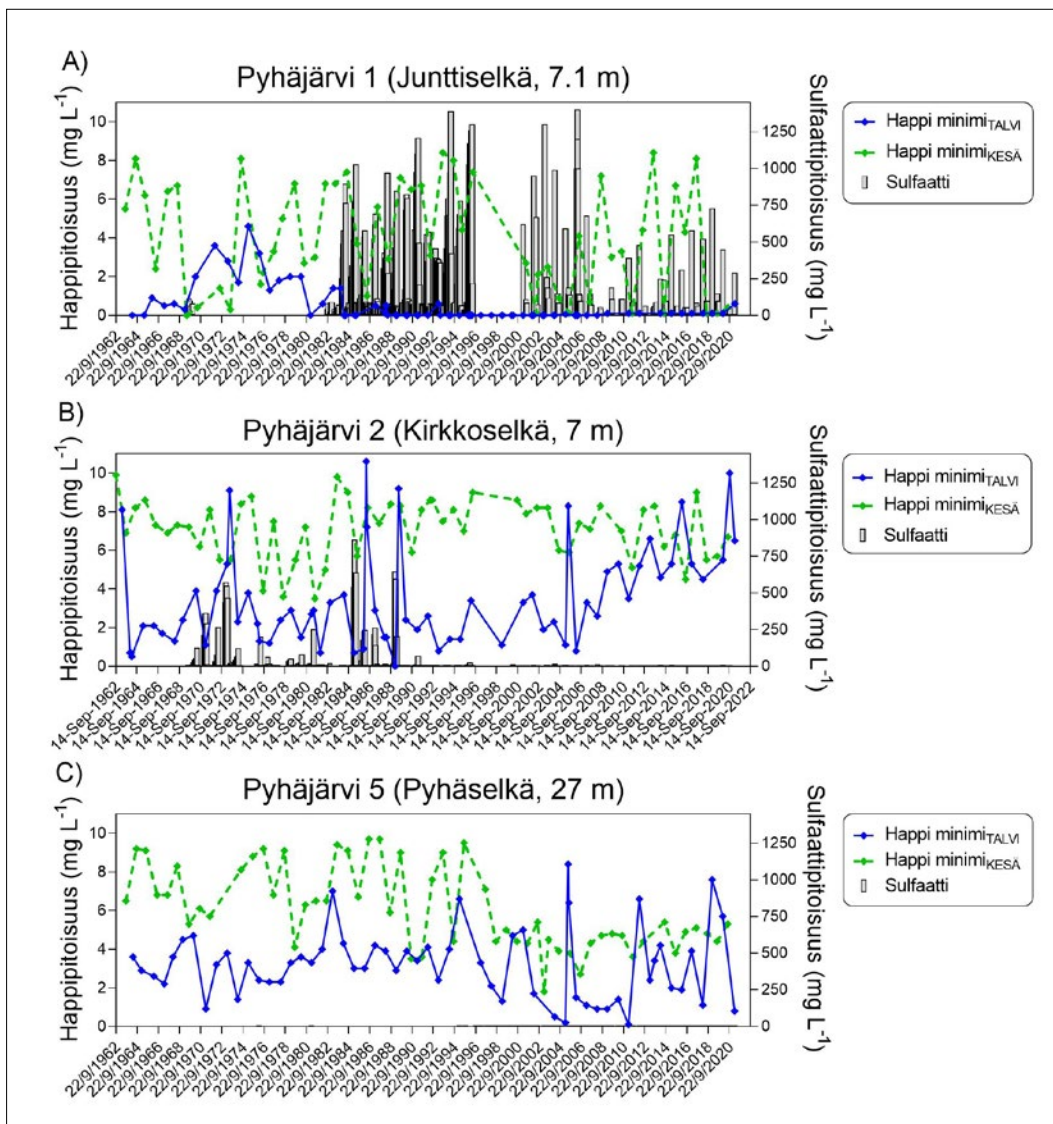
B) kauempana noin 6 kilometriä länteen Kajaanin suuntaan Rimpilänsalmessa sijaitsevalla näytepisteellä Nuasjärvi 5.



Liite 10 Alusveden sulfiittipitoisuudet ja happiminimit, Pyhäjärvi

Alusveden sulfiittipitoisuudet sekä happiminimit talvi- (tammi-huhtikuu) ja kesäkerrostuneisuuskausien (kesä-syyskuu) aikana Pyhäjärven A) Junttise-

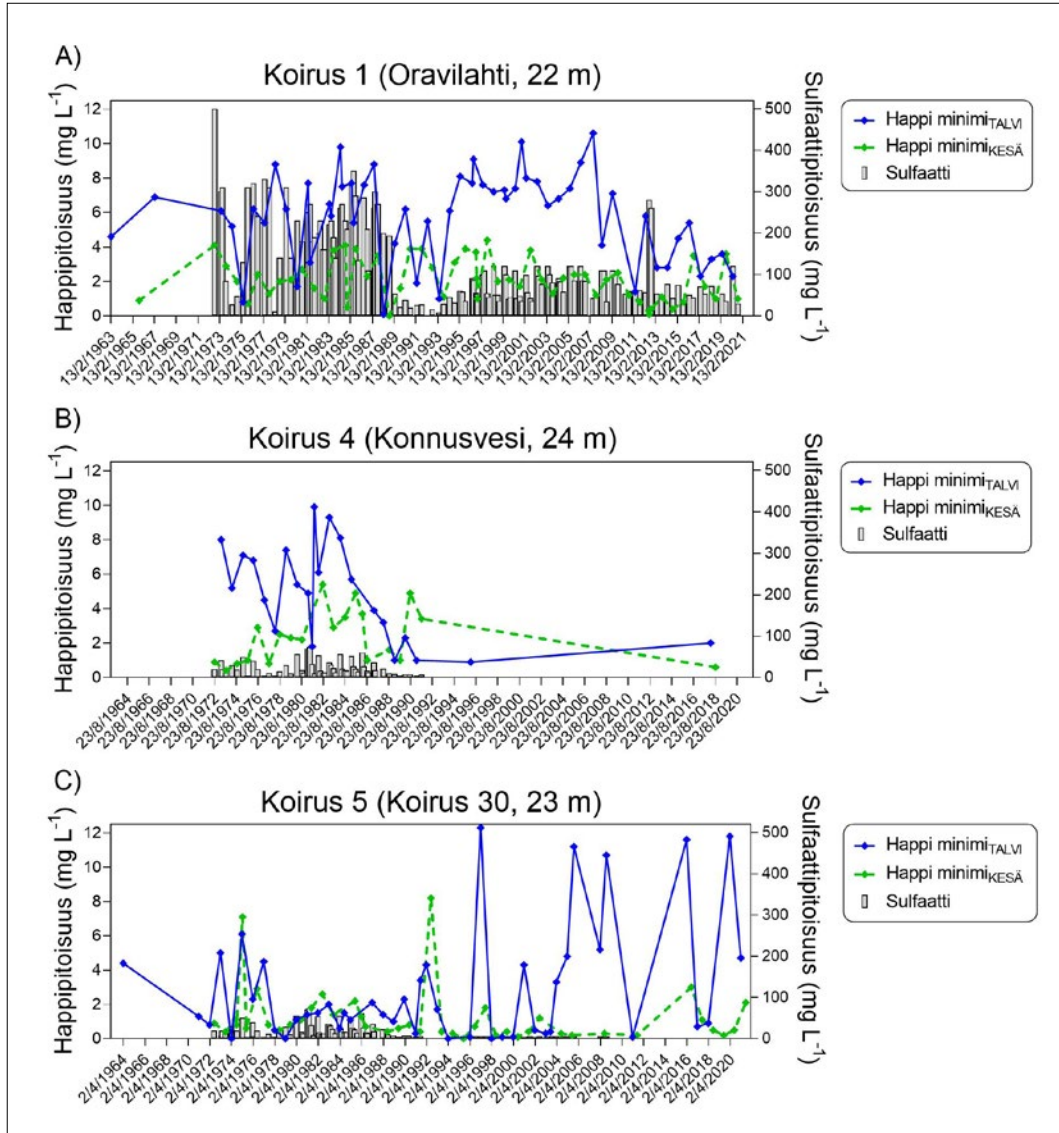
län, B) Kirkkoselän ja C) Pyhäselän näytepisteillä 1960-luvulta alkaen.



Liite 11 Alusveden sulfiittipitoisuudet ja happiminimit, Koirus

Alusveden sulfiittipitoisuudet sekä happiminimit talvi- (tammi-huhtikuu) ja kesäkerrostuneisuuskausien (kesä-syyskuu) aikana A) Oravilahdella,

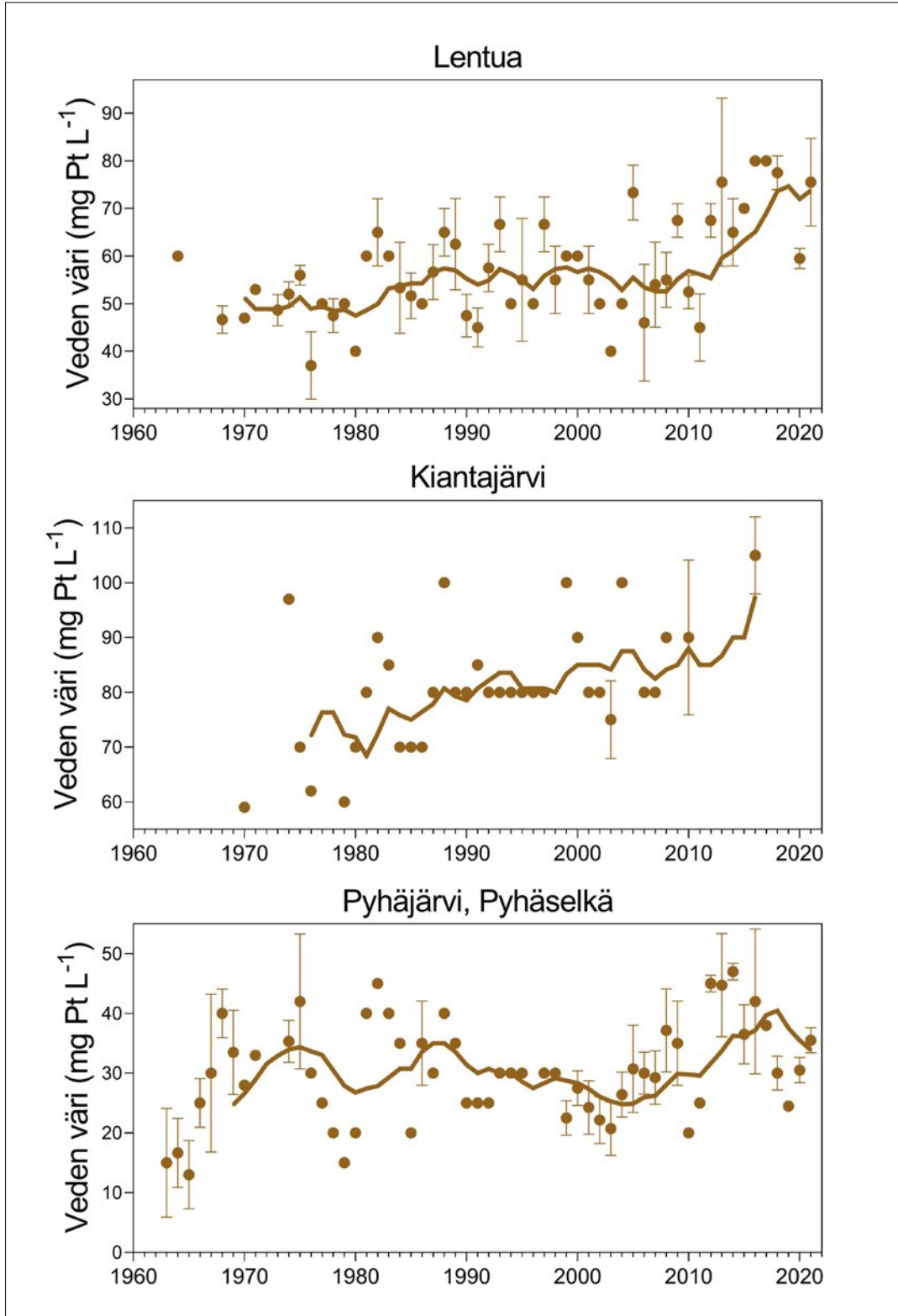
B) Konnusvedellä ja C) Koiruksen näytepisteillä 1960-luvulta alkaen.



Liite12 Veden väriarvojen ajallinen vaihtelu tutkimuskohteissa

Veden väriarvojen ajallinen vaihtelu Lentualla, Kiantajärvellä ja Pyhäjärven Pyhäselällä (keskiarvo

\pm keskihajonta) vuosina 1962-2021. Kuviin piirretty trendiviiva on 7 vuoden liukuva keskiarvo.



Liite 13 Tutkimuspaikkojen arvioitu PICM- ja PMA-tila

Hankkeen tutkimuspaikkojen arvioitu PICM- ja PMA-tila sekä näiden keskiarvoon perustuva pohjaeläintila vuoden 2020 näytteenotossa sekä samojen paikkojen vanhemmissa näytteenotoissa. Taulukon loppuun on koottu PICM-indeksiin ja PMA:n osalta niiden tapausten lukumäärät ja suhteelliset

osuudet (%), joissa molemmat luokittelumuuttujat antoivat saman tilaluokan (suluissa % kaikista tapauksista). Lisäksi on koottu alhaisemman ja paremman tilaluokan antavien tapausten lukumäärät ja suhteelliset osuudet.

Näytepaikka, syvyys (m) ja vuosi	PICM-tila	PMA-tila	Pohjaeläintila
Lentua 1, 48 m, 1990	Hyvä	Erinomainen	Hyvä
Lentua 1, 49 m, 1991	Hyvä	Hyvä	Hyvä
Lentua 1, 45 m, 2008	Erinomainen	Tyydyttävä	Hyvä
Lentua 1, 46 m, 2011	Erinomainen	Hyvä	Erinomainen
Lentua 1, 46 m, 2017	Hyvä	Erinomainen	Erinomainen
Lentua 1, 49 m, 2020	Tyydyttävä	Välttävä	Välttävä
Lentua 2, 36 m, 2020	Tyydyttävä	Välttävä	Välttävä
Lentua 3, 24 m, 2020	Hyvä	Välttävä	Tyydyttävä
Lentua 4, 22 m, 2020	Tyydyttävä	Tyydyttävä	Tyydyttävä
Lentua 5, 30 m, 2020	Tyydyttävä	Välttävä	Tyydyttävä
Kiantajärvi 1, 13 m, 2020	Erinomainen	Erinomainen	Erinomainen
Kiantajärvi 2, 11 m, 2020	Hyvä	Erinomainen	Erinomainen
Kiantajärvi 3, 28 m, 2016	Hyvä	Erinomainen	Hyvä
Kiantajärvi 3, 31 m, 2020	Välttävä	Erinomainen	Hyvä
Kiantajärvi 4, 13 m, 2020	Hyvä	Erinomainen	Erinomainen
Kiantajärvi 5, 16, m, 2020	Hyvä	Erinomainen	Erinomainen
Nuasjärvi 1, 28 m, 2009	Hyvä	Hyvä	Hyvä
Nuasjärvi 1, 31 m, 2013	Hyvä	Hyvä	Hyvä
Nuasjärvi 1, 30 m, 2016	Tyydyttävä	Erinomainen	Hyvä
Nuasjärvi 1, 33 m, 2019	Tyydyttävä	Erinomainen	Hyvä
Nuasjärvi 1, 29 m, 2020	Hyvä	Tyydyttävä	Tyydyttävä
Nuasjärvi 2, 30 m, 2015	Välttävä	Tyydyttävä	Välttävä
Nuasjärvi 2, 30 m, 2016	Tyydyttävä	Tyydyttävä	Tyydyttävä
Nuasjärvi 2, 29 m, 2019	Tyydyttävä	Hyvä	Hyvä
Nuasjärvi 2, 30 m, 2020	Tyydyttävä	Tyydyttävä	Tyydyttävä
Nuasjärvi 3, 32 m, 2020	Tyydyttävä	Hyvä	Hyvä
Nuasjärvi 4, 11 m, 2015	Erinomainen	Erinomainen	Erinomainen
Nuasjärvi 4, 11 m, 2016	Erinomainen	Hyvä	Erinomainen

Näytepaikka, syvyys (m) ja vuosi	PICM-tila	PMA-tila	Pohjaeläintila
Nuasjärvi 4, 10 m, 2018	Hyvä	Hyvä	Hyvä
Nuasjärvi 4, 12 m, 2020	Hyvä	Erinomainen	Erinomainen
Nuasjärvi 5, 23 m, 2015	Erinomainen	Erinomainen	Erinomainen
Nuasjärvi 5, 22 m, 2016	Erinomainen	Hyvä	Erinomainen
Nuasjärvi 5, 22 m, 2018	Hyvä	Hyvä	Hyvä
Nuasjärvi 5, 22 m, 2020	Erinomainen	Erinomainen	Erinomainen
Pyhäjärvi 1, 7 m, 2020	Hyvä	Välttävä	Tyydyttävä
Pyhäjärvi 2, 8 m, 2013	Hyvä	Tyydyttävä	Hyvä
Pyhäjärvi 2, 7 m, 2020	Hyvä	Tyydyttävä	Hyvä
Pyhäjärvi 3, 2020	Hyvä	Tyydyttävä	Tyydyttävä
Pyhäjärvi 4, 2020	Hyvä	Hyvä	Hyvä
Pyhäjärvi 5, 1989	Erinomainen	Erinomainen	Erinomainen
Pyhäjärvi 5, 1990	Erinomainen	Erinomainen	Erinomainen
Pyhäjärvi 5, 1991	Erinomainen	Erinomainen	Erinomainen
Pyhäjärvi 5, 1992	Erinomainen	Erinomainen	Erinomainen
Pyhäjärvi 5, 1993	Erinomainen	Erinomainen	Erinomainen
Pyhäjärvi 5, 1998	Erinomainen	Erinomainen	Erinomainen
Pyhäjärvi 5, 2008	Erinomainen	Erinomainen	Erinomainen
Pyhäjärvi 5, 2013	Erinomainen	Erinomainen	Erinomainen
Pyhäjärvi 5, 2016	Erinomainen	Erinomainen	Erinomainen
Pyhäjärvi 5, 2020	Hyvä	Erinomainen	Erinomainen
Koirus 1, 2020	Tyydyttävä	Hyvä	Tyydyttävä
Koirus 2, 2020	Tyydyttävä	Erinomainen	Hyvä
Koirus 3, 2020	Tyydyttävä	Hyvä	Hyvä
Koirus 4, 2020	Välttävä	Välttävä	Välttävä
Koirus 5, 1996	Tyydyttävä	Hyvä	Tyydyttävä
Koirus 5, 2008	Tyydyttävä	Erinomainen	Hyvä
Koirus 5, 2017	Tyydyttävä	Tyydyttävä	Tyydyttävä
Koirus 5, 2020	Tyydyttävä	Välttävä	Välttävä
Indeksi antaa saman tilaluokan	24 (42,1 %)	24 (42,1 %)	
Indeksi antaa huonomman tilaluokan	19 (33,3 %)	14 (24,6 %)	
Indeksi antaa paremman tilaluokan	14 (24,6 %)	19 (33,3 %)	

Julkaisusarjan nimi ja numero Raportteja 28/2022				
Vastuualue Ympäristö- ja luonnonvarat				
Tekijät Toimittaneet: Helena Vikstedt, Joni Kivipelto Osaraportti A: Auri Koi-vuhuha, Joni Kivipelto, Helena Vikstedt, Kimmo Virtanen Osaraportti B: Kimmo T. Tolonen, Jan Weckström, Tomi Luoto, Heikki Mykrä, Juha Riihimäki, Seppo Hellsten		Julkaisu-aika Huhtikuu 2022		
		Kustantaja Julkaisija Kainuun elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus		
		Hankkeen päärahoittaja Ympäristöministeriö		
Julkaisun nimi Velvoitetarkkailuja sekä syvänpohjaeläinmenetelmiä vertaileva hanke Osaraportti A: Kaivosten ja rikastamoiden velvoitetarkkailujen vertailu Osaraportti B: Syvänpohjaeläinmenetelmät kaivosperäisen kuormituksen kuvaajina				
<p>Tämä Kainuun elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksen (ELY), Suomen Ympäristökeskuksen (SYKE) ja Helsingin yliopiston (HY) yhteistyönä toteutettu velvoitetarkkailuja ja syvänpohjaeläinten seurantamenetelmiä vertaileva selvityshanke toteutettiin vuosien 2020 – 2022 aikana. Hankkeen tavoitteena oli kaivostoiminnalle vaikuttavien vesistöjen velvoitetarkkailujen vertaileminen sekä pohjaeläinmenetelmien arviointi ja kehittäminen. Hanke jakaantui kahteen osaan, josta ensimmäisessä osassa (osaraportti A) arvioitiin Kainuun ELY-keskuksen toimesta vesistöjen velvoitetarkkailuohjelmia. Toisessa osassa (osaraportti B) verrattiin Suomen ympäristökeskuksen ja Helsingin yliopiston toimesta kahden erilaisen syvänpohjaeläinmenetelmän soveltuvuutta ja eroavaisuuksia kaivosten alapuolisten vesistöjen ekologisessa tilan arvioinnissa. Hankkeen tarkoitus oli vastata kaivannaistoiminnan (kaivostoiminnan) tarkkailua koskeviin huoliin kokoamalla tietoa, tekemällä laaja tarkastelu olemassa olevasta tiedosta ja antamalla kehittämisehdotuksia.</p> <p>Osaraportin A selvityksessä tarkasteltiin 42 kaivosta ja kolmea rikastamoja, jotka toimivat Suomessa. Velvoitetarkkailu kuuluu olennaisesti luvanvaraisten toimintojen valvontaan. Selvityksessä keskityttiin keräämään tietoa vesistö tarkkailun sisältyvistä fysikaalis-kemiallisista ja biologisista tarkkailuista, niissä esitetyistä muuttujista ja tarkkailutiheydestä. Vesistö tarkkailutiedot on koottu lupapäätöksistä, tarkkailusuunnitelmista tai -ohjelmista sekä velvoitetarkkailun vuosiraportteista. Kohteiden ja vesistö tarkkailun osalta on kerätty tietoa sijainnista, alueen toiminnoista, malmin kivilajeista ja/tai kaivannaisjätteiden mineraaleista, pintavesityypeistä, vesistöistä ja niissä tarkkailtavista muuttujista, siltä osin kuin tietoa on ollut saatavissa. Lisäksi on tehty kysely aluehallintoviranomaisille ja elinkeino-, liikenne-, ja ympäristökeskusten kaivosvalvontaan osallistuville viranomaisille.</p> <p>Suomessa syvänteiden pohjaeläinyhteisöjä on käytetty laajasti järvien tilan seurannassa ja ihmisperäisen kuormituksen vaikutusten arvioinnissa. Osaraportissa B yhtenä tutkimuksen päätavoitteena oli verrata seurantakäytössä olevan Ekman-näytteenoton ja samalta paikalta otetun sedimentin surviaissääskijäänteitä kartoittavan paleolimnologisen menetelmän eroja ja kykyä tunnistaa kuormituksen vaikutuksia kaivoskuormitteisissa järvissä. Paleolimnologinen lähestymistapa on ainoa keino selvittää järviökosysteemin tila ja kehityshistoria ajalta ennen systemaattista seurantaa. Toisena selvityksen päätavoitteena oli tiedon tuottaminen syvänpohjaeläinyhteisöjen ja pohjaeläinmenetelmien soveltuvuudesta kaivoskuormitteisten vesistöjen velvoitetarkkailuihin ja yleisesti menetelmien merkityksestä järvien seurannassa.</p> <p>Hanke on tuottanut monipuolisesti tietoa kaivosvesiä vastaanottavien vesistöjen velvoitetarkkailun nykytilasta sekä erilaisten pohjaeläinmenetelmien soveltamis-potentiaalista velvoitetarkkailussa.</p>				
Asiasanat Kaivosvedet, vesistöt, velvoitetarkkailu, vesistönkuormitus, paleolimnologia, pohjaeläinmenetelmä, surviaissääsket				
ISBN (painettu)	ISBN (PDF) 978-952-398-024-2	ISSN-L	ISSN (painettu)	ISSN (verkkopainettu) 2242-2854
www www.doria.fi/ely-keskus		URN URN:ISBN:978-952-398-024-2	Kieli suomi	Sivumäärä 214
Julkaisun myynti/jakaja Julkaisu on Kansalliskirjaston ylläpitämässä julkaisuarkistossa Doria: doria.fi/ely-keskus				
Kustannuspaikka ja aika Kajaani 4.4.2022			Painotalo PunaMusta Oy	

Publikationsseriens namn och nummer Rapporter 28/2022				
Ansvarsområde Miljö och naturresurser				
Tekijät Redigerad av: Helena Vikstedt, Joni Kivipelto Delrapport A: Auri Koi-vuhuhta, Joni Kivipelto, Helena Vikstedt, Kimmo Virtanen Delrapport B: Kimmo T. Tolonen, Jan Weckström, Tomi Luoto, Heikki Mykrä, Juha Riihimäki, Seppo Hellsten		Julkaisuaika April 2022		
		Förläggare Utgivare Närings-, trafik- och miljöcentralen i Kajanaland		
		Projektets finansierare Miljöministeriet		
Julkaisun nimi Projekt som jämför obligatoriska kontroller samt metoder för uppföljning av bottenfauna Delrapport A: Jämförelse av obligatoriska kontroller av gruvor och anrikningsverk Delrapport B: Metoder för uppföljning av bottenfauna som skildrare av belastning som orsakas av gruvor				
<p>Detta utredningsprojekt, som jämför obligatoriska kontroller och metoder för uppföljning av bottenfauna, av Närings-, trafik- och miljöcentralen i Kajanaland (NTM), Finlands miljöcentral (SYKE) och Helsingfors universitet (HY) genomfördes under 2020–2022. Projektets syfte var att jämföra obligatoriska kontroller av vattendrag som påverkas av gruvdrift samt att bedöma och utveckla metoder för uppföljning av bottenfauna. Projektet delades upp i två delar, varav i den första (delrapport A) NTM i Kajanaland bedömde program för obligatoriska kontroller av vattendrag. I den andra delen (delrapport B) jämförde SYKE och HY lämpligheten av och skillnaderna mellan två olika metoder för uppföljning av bottenfauna vid bedömning av det ekologiska tillståndet för vattendrag under gruvor. Projektets syfte var att svara på den oro som gäller kontrollen av gruvdrift genom att samla in information, göra en omfattande kontroll av befintlig information och att ge utvecklingsförslag.</p> <p>I utredningen av delrapport A granskades 42 gruvor och tre anrikningsverk som är verksamma i Finland. Den obligatoriska kontrollen är en väsentlig del av övervakningen av tillståndspliktig verksamhet. I utredningen koncentrerar man sig på insamling av information om fysikalisk-kemiska och biologiska kontroller av vattendrag, variabler som anges i dem och kontrollernas täthet. Informationen om kontroller av vattendrag har samlats in från tillståndsbeslut, kontrollplaner eller -program samt årsrapporter för obligatorisk kontroll. När det gäller objekt och kontroll av vattendrag har man samlat in information om läget, områdets funktioner, bergarter med malm och/eller mineraler, typer av ytvatten, vattendrag och variabler som observeras i dem, för de delar som det finns information om. Dessutom har man gjort en enkät för regionalförvaltningsmyndigheter och närings-, trafik och miljöcentralernas myndigheter som deltar i kontroll av gruvor.</p> <p>I Finland har bottenfauna använts i stor utsträckning vid uppföljning av sjöarnas tillstånd och bedömning av konsekvenser som orsakas av människans belastning. I delrapport B är ett av undersökningens huvudmål att jämföra skillnaderna mellan Ekman-provtagning som används för uppföljning och en palaeolimnologisk metod som kartlägger kvarlevor från fjädermyggor i sediment som tagits från samma plats och förmågan att identifiera gruvbelastningens påverkan i sjöar. Det palaeolimnologiska tillvägagångssättet är det enda sättet att utreda sjöekosystemets tillstånd och utvecklingshistoria från tiden innan systematisk uppföljning. Utredningens andra huvudsyfte var att producera information om lämpligheten av bottenfauna och uppföljning av den för obligatoriska kontroller av vattendrag som belastas av gruvor och på allmän nivå om metodernas betydelse vid uppföljning av sjöar.</p> <p>Projektet har producerat mångsidig information om det nuvarande tillståndet av obligatoriska kontroller av vattendrag som tar emot gruvvatten samt om potentialen att tillämpa olika metoder för uppföljning av bottenfauna vid obligatoriska kontroller.</p>				
Ämnesord Gruvvatten, vattendrag, obligatorisk kontroll, belastning av vattendrag, palaeolimnologi, bottenfauna, fjädermyggor				
ISBN (tryckt)	ISBN (PDF) 978-952-398-024-2	ISSN-L	ISSN (tryckt)	ISSN (webbpublikation) 2242-2854
www www.doria.fi/ely-keskus	URN URN:ISBN:978-952-398-024-2		Språk Finska	Sidantal 214
Julkaisun myynti/jakaja Publikationen sparas i Nationalbibliotekets publikationsarkiv Doria: doria.fi/ely-keskus				
Utgivningsort och -tid Kajana 4.4.2022			Tryckeri PunaMusta Oy	

Publication series name and number Reports 28/2022				
Area of responsibility Environment and natural resources				
Tekijät Editors: Helena Vikstedt, Joni Kivipelto Sub report A: Auri Koi- vuhuhta, Joni Kivipelto, Helena Vikstedt, Kimmo Virtanen Sub report B: Kimmo T. Tolonen, Jan Weckström, Tomi Luoto, Heikki Mykrä, Juha Riihimäki, Seppo Hellsten		Julkaisu-aika April 2022		
		Publisher Centre for Economic Development, Transport and the Environment for Kainuu		
		Project financier Ministry of the Environment		
Julkaisun nimi Project comparing the required monitoring as well as benthic fauna methods Interim report A: Comparison of the required monitoring in mines and refineries Sub report B: Benthic fauna methods as descriptors of the environmental burden caused by mining				
<p>This study, which was conducted in cooperation between the Kainuu Centre for Economic Development, Transport and the Environment (ELY), the Finnish Environment Institute (SYKE) and the University of Helsinki (UHEL), aimed to compare the required monitoring of water bodies affected by mining activities and to evaluate and developed benthic fauna methods during 2020–2022. The project was divided into two parts, the first of which (sub report A) was carried out by ELY and assessed the required monitoring programmes of water bodies. The second part of the project (sub report B) was conducted by SYKE and UHEL and it compared the suitability and differences of the two different benthic fauna methods in the evaluation of the ecological state of water bodies located downstream from mines. The purpose of the project was to respond to the concerns regarding the monitoring of mining activities by gathering data, conducting a comprehensive review of the existing data and listing development proposals.</p> <p>Sub report A included a review section that examined 42 mines and three refineries operating in Finland. Required monitoring is an essential part of the supervision of activities subject to authorisation. The study focused on collecting data from the physico-chemical and biological observations included in the monitoring of water bodies, the variables presented in this data and the observation frequency. The water body monitoring data has been collected from permit decisions, monitoring plans or programmes as well as from annual reports on the required monitoring. As regards locations and water body monitoring, data was collected on location, mining activities in the area, ore rock types and/or mining waste minerals, surface water types, water bodies and the different variables monitored in them, to the extent that data was available. In addition, a survey was conducted among the regional authorities and other authorities participating in the supervision of the mining industry in the Centres for Economic Development, Transport and the Environment.</p> <p>In Finland, benthic fauna communities have been widely used in monitoring the state of lakes and in assessing the effects of the environmental burden caused by human activities. In sub report B, one of the main goals of the study was to compare the differences between the Ekman sampling used for monitoring purposes and the palaeolimnological method surveying the remains of Chironomidae in the sediment collected from the same location and the ability to identify the effects of the environmental burden on the lakes located near mines. The palaeolimnological approach is the only method for determining the state and development history of a lake ecosystem before systematic monitoring. Another main goal of the study was to produce information on the suitability of benthic communities and the monitoring methods of benthic fauna in the required monitoring of water bodies affected by mines and, in general, on the importance of these methods in lake monitoring.</p> <p>The project produced a wide range of information on the current status of the required monitoring of water bodies that receive mine water and on the application potential of various benthic fauna methods in the required monitoring.</p>				
Keywords Mine water, water bodies, required monitoring, environmental burden on water bodies, palaeolimnology, benthic fauna, Chironomidae				
ISBN (printed)	ISBN (PDF) 978-952-398-024-2	ISSN-L	ISSN (printed)	ISSN (online publication) 2242-2854
www www.doria.fi/ely-keskus	URN URN:ISBN:978-952-398-024-2	Language Finnish	Pages 214	
Julkaisun myynti/jakaja The publication is in the Doria publications archive maintained by the National Library: doria.fi/ely-keskus				
Publication place and date Kajaani 4.4.2022			Painotalo PunaMusta Oy	

RAPORTTEJA 28 | 2022

Velvoitetarkkailuja sekä syvänpohjaeläinmenetelmiä vertaileva hanke (Vepove)

Osaraportti A: Kaivosten ja rikastamoiden velvoitetarkkailun vertailu

Osaraportti B: Syvänpohjaeläinmenetelmät kaivosperäisen kuormituksen kuvaajina

Kainuun elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus

ISBN 978-952-398-024-2 (PDF)

ISSN 2242-2854 (verkkajulkaisu)

URN: ISBN:978-952-398-024-2

www.doria.fi/ely-keskus

Vipuvoimaa
EU:lta
2014–2020



Euroopan unioni
Euroopan sosiaalirahasto