

Parhaat ympäristökäytännöt (BEP) luonnonkivituotannossa

Ilona Romu (toim.)

YMPÄRISTÖN-
SUOJELU



Parhaat ympäristökäytännöt (BEP) luonnonkivituotannossa

Ilona Romu (toim.)



Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment

SUOMEN YMPÄRISTÖ 5 | 2014
Ympäristöministeriö

Taitto: Pirjo Lehtovaara

Kansikuvat:

Luonnonkivilouhimon jälkikäyttöä asuinalueena Ruotsissa. Kuva: Olavi Selonen

Porauslaitteisto ja siihen kuuluva pölynkeräin. Kuva: Maria Palin

Graniittilouhimo toiminnassa. Kuva: Maria Palin

Julkaisu on saatavana myös internetistä: www.ym.fi/julkaisut

Juvenes Print, 2014

ISBN 978-952-11-4372-4 (nid.)

ISBN 978-952-11-4373-1 (PDF)

ISSN 1238-7312 (pain.)

ISSN 1796-1637 (verkkojulk.)

ESIPUHE

Tämän selvityksen tavoitteena on luoda pohja toimintatapojen yhtenäistämiseksi luonnonkivitoiminnassa, lisätä alan ympäristötietoisuutta ja saada parhaat käytännöt laajempaan käyttöön. Työn kohderyhmänä ovat pääasiallisesti luonnonkiviteollisuuden yritykset ja lupa- ja valvontaviranomaiset. Kohderyhmiä ovat myös rakennuttajat, rakennusalan yritykset ja suunnittelijat, jotka käyttävät luonnonkiveä toiminnassaan. Kohderyhmänä ovat myös louhintapaikkakuntien asukkaat.

Työ on tehty asiantuntijatyönä, jonka toteuttajina ovat olleet Geologian tutkimuskeskus (GTK), Geoneuvo, Finnish Consulting Group (FCG), Promethor Oy ja Bionova Oy. Luvun 5 kirjoittamisesta ja tutkimustuloksista vastasi Jani Kankare (Promethor Oy), luvun 6 Marjo Sairanen (FCG), luvun 7 Aimo Vuento (Geoneuvo) sekä luvun 14 Panu Pasanen, Anastasia Sipari ja Tytti Bruce (Bionova Oy). Muista luvuista vastasivat GTK:n asiantuntijat.

Haastatteluissa arvokasta käytännön tietoa antoivat seuraavat viranomaisten ja yritysten edustajat: Haminan kaupunki, Lappeenrannan seudun ympäristötoimi, Granicon Oy, JK-louhinta Oy, LT Granit Oy, Palin Granit Oy, Tampereen Kovakivi Oy, TG Granit Oy ja Tulikivi Oyj.

Työtä ovat rahoittaneet Euroopan aluekehitysrahasto, Kaakkois-Suomen ELY-keskus, K. H. Renlundin säätiö, Geologian tutkimuskeskus, Suomen Ympäristökeskus (SYKE) ja Kiviteollisuusliitto ry.

Työtä on ohjannut ohjausryhmä, johon kuuluivat seuraavat henkilöt:

Heikki Palin (Pj.), Palin Granit Oy
Olavi Selonen (Vpj), Palin Granit Oy
Kaj Forsius, Suomen Ympäristökeskus
Risto Pietilä, Geologian tutkimuskeskus
Antti Puhalainen, Kaakkois-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus (ELY)
Ilkka Räsänen, Lappeenrannan kaupunki
Jukka Timperi, Kaakkois-Suomen elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus (ELY)
Pekka Jauhiainen, Kiviteollisuusliitto ry

Käsikirjoituksen asiatarkastajina toimivat Petteri Ahonen ja Pirjo Kuula. Arvokkaita kommentteja käsikirjoituksen eri vaiheissa antoivat Arto Hyvönen, Teemu Karlsson, Päivi Kauppila, Seppo Leinonen, Hannu Luodes, Miikka Paalijärvi, Heikki Pirinen ja Marja-Liisa Räisänen. Valokuvista kiitämme Jari Kankareta, Seppo Leinosta, Maria Palinia, Sara Piutusta, Marjo Sairasta, Olavi Selosta, Jukka Timperiä, Aimo Vuentoa, Ikikivi Oy:ta, Kivitaide Oy:ta, Palin Granit Oy:ta, Tulikivi Oyj:ta ja Ylämaan graniitti Oy:ta. Taitosta huolehti ammattitaidolla Pirjo Lehtovaara. Haluan kiittää projektin ohjausryhmän lisäksi kaikkia niitä henkilöitä ja organisaatioita, jotka osallistuivat projektin suunnitteluun, toteutukseen, raportointiin ja seurantaan.

Ilona Romu
Geologian tutkimuskeskus

SISÄLLYS

I Johdanto	7
1.1 Työn toteutus ja rajaus	8
2 Luonnonkivet ja niiden tuotanto	9
2.1 Luonnonkiven laatuvaatimukset.....	9
2.2 Luonnonkiviteollisuus	12
2.3 Luonnonkivilouhimo ja sen elinkaari	13
3 Lainsäädännöstä	15
3.1 Luonnonkiven etsintä	15
3.2 Luonnonkiven louhinta	15
3.3 Kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelma	17
4 Luonnonkiven louhinta ja jalostus Suomessa	19
4.1 Graniitin louhinta ja jatkojalostus	19
4.2 Vuolukiven louhinta ja jalostus.....	21
4.3 Liuskeen ja marmorin louhinta ja jalostus.....	23
4.4 Lohkopintaisten tuotteiden valmistus	23
4.5 Timanttivaijerisahaus.....	24
5 Ympäristömelu luonnonkivituotannossa	26
5.1 Äänen peruskäsitteitä	26
5.1.1 Ääni ja melu.....	26
5.1.2 Äänitehotaso, äänenpainetaso, taajuus ja keskiäänitaso	26
5.2 Äänen leviäminen ympäristössä	27
5.3 Melutason raja-arvot	27
5.3.1 Valtioneuvoston asetus 800/2010.....	27
5.3.2 Toiminta-aikakorjaus.....	28
5.4 Luonnonkivituotannon melulähteet.....	28
5.4.1 Porayksikkö	29
5.4.2 Pyöräkuormaaja.....	30
5.4.3 Maansiirtoauto.....	32
5.4.4 Sivukiven kaato.....	33
5.4.5 Muut melulähteet	33
5.5 Ympäristömelun arviointi.....	34
5.5.1 Laskennallinen mallinnus	34
5.5.2 Ympäristömelun mittaus.....	35
5.6 Ympäristömelu luonnonkivilouhimon ympäristössä	36
5.6.1 Mittaustuloksia louhimoiden ympäristössä.....	36
5.6.2 Äänen impulssimaisuus ja kapeakaistaisuus	38
5.6.3 Äänilähteen sijaintikorkeuden ja louhintarintauksen vaikutus äänen leviämiseen	38
5.6.4 Maavallien ja muiden esteiden vaikutus äänen leviämiseen	40

5.7	Äänitasojen hallinta luonnonkivituotannossa	42
5.7.1	Äänipäästöjen vähentäminen ja hallinta.....	42
5.7.2	Toiminnan suunnittelu	42
5.7.3	Meluesteet.....	43
6	Pölypäästöt luonnonkivituotannossa	44
6.1	Pölypäästö.....	44
6.2	Pölyn leviäminen	44
6.3	Hiukkasia koskeva lainsäädäntö	45
6.4	Luonnonkivituotannon pölylähteet.....	47
6.4.1	Poraus	47
6.4.2	Kiilaus	48
6.4.3	Sahaus	49
6.4.4	Kuljetukset.....	49
6.4.5	Tuotantoalue.....	50
6.4.6	Räjähdykset	50
6.5	Pölypäästöjen arviointi.....	50
6.5.1	Pölypäästöjen mittaus.....	50
6.5.2	Pölypäästöjen mallinnus	51
6.6	Pölypäästöt luonnonkivilouhimoiden ympäristössä	52
6.6.1	Louhintarintauksen vaikutus pölyn leviämiseen	54
6.7	Pölypäästöjen hallinta luonnonkivituotannossa	59
7	Tärinä luonnonkivituotannossa	61
7.1	Louhintatärinä luonnonkivituotannossa.....	61
7.2	Tärinän leviäminen	62
7.3	Louhintatärinää koskevat ohjeavot	63
7.4	Tärinälähteet luonnonkivituotannossa.....	65
7.4.1	Räjähdykset kiinteästä kalliosta	65
7.4.2	Raskas ajoneuvoliikenne	65
7.5	Tärinävaikutusten mittaaminen ja arviointi	66
7.5.1	Tärinämittaukset	66
7.5.2	Tärinän suuruuden arviointi.....	67
7.5.3	Tärinävaikutusten arviointi	67
7.5.4	Tärinävaikutusten arvioinnin alue	69
7.6	Tärinävaikutusten hallinta	71
7.6.1	Ympäristön rakenteiden katselmukset	71
7.6.2	Tärinämittausten hyödyntäminen.....	73
7.6.3	Vastuu tärinävaurioista	73
7.6.4	Tärinän vähentäminen	73
8	Pinta- ja pohjavesivaikutukset luonnonkivituotannossa	74
8.1	Vaikutukset pintavesiin	75
8.2	Vaikutukset pohjavesiin	76

8.3 Pinta- ja pohjavesivaikutusten mittaaminen ja arviointi	77
8.4 Pinta- ja pohjavesivaikutusten hallinta	78
9 Luonnonkivituotannon jätteet ja sivukivet	80
9.1 Sivukivi.....	80
9.2 Sivukiviin liittyvä lainsäädäntö.....	81
9.3 Sivukiven ympäristökelpoisuus.....	81
9.4 Sivukiven hyötykäyttö.....	81
9.4.1 Hyötykäytön haasteet	84
10 Säteily	85
10.1 Mitä radioaktiivisuus on.....	85
10.2 Säteilyyliin liittyvä valvonta ja sääntely.....	85
10.3 Suomalaisten luonnonkivien säteilyominaisuudet	87
10.4 Säteilyvaikutusten arviointi	87
11 Luontoarvot	89
11.1 Lainsäädännöstä	89
11.2 YVA-lain mukainen menettely	91
11.3 Luontoselvitykset	91
11.4 Luonnonkiven louhinnan ja luontoarvojen yhteensovittaminen	91
12 Luonnonkivilouhimon maisemointi (jälkihoito)	93
12.1 Maisemointitoimet	93
13 Luonnonkivilouhimon jälkikäyttö	96
14 Elinkaariarvointi	97
15 Tarkkailu ja raportointi	99
16 Parhaat ympäristökäytännöt luonnonkiven louhinnassa	100
16.1 Louhimotoiminnan suunnittelu	101
16.2 Parhaat käytännöt tuotannon aikana.....	101
16.3 Parhaat käytännöt louhimoalueen jälkihoidossa.....	103
KIRJALLISUUS.....	104
LYHENTEET JA TERMIT.....	109
LIITTEET.....	113
KUVAILULEHTI	131
PRESENTATIONSBLAD	132
DOCUMENTATION PAGE.....	133

1 Johdanto

Suomalainen kaivannaisteollisuus koostuu kaivosalasta, kiviainesalasta ja luonnonkivialasta. Luonnonkiven louhinnalla, kivirakentamisella ja vuolukivisten uunien valmistamisella on Suomessa pitkät perinteet. Jo 1800-luvulla suomalaista graniittia käytettiin huomattavia määriä Pietarin rakentamiseen. Vuonna 1886 perustettiin ensimmäinen moderni kiviyritys. Nykyisin Suomessa louhitaan lähinnä graniittia ja vuolukiveä. Suomi onkin 15 suurimman maan joukossa luonnonkiven tuottajana ja luonnonkiveä viedään noin 40 maahan. Luonnonkivitoimialalla toimii noin 200 pientä ja keskisuurta yritystä.

Kiviteollisessa merkityksessä luonnonkivellä tarkoitetaan luonnossa syntyneitä kivimateriaalia, jota louhitaan ja muotoillaan määrämittäisiin käytettäväksi rakentamiseen sekä tulisijojen ja monumenttien valmistamiseen. Luonnonkivestä voidaan valmistaa pitkäikäisiä ja kestäviä tuotteita, jotka nostavat käyttökohteittensa arvoa. Luonnonkiven käyttö on ympäristöllisesti kestävä, sillä kivenlouhinnan ympäristövaikutukset ovat vähäisiä suhteessa kiven pitkään käyttöikänsä.

Luonnonkiven louhinnan ympäristövaikutuksia voidaan hallita käyttämällä paras mahdollista tekniikkaa sekä toimimalla parhaiden mahdollisten toimintamallien mukaan louhimon avaamisesta aina sulkemiseen asti. Ympäristön kannalta parhaita käytäntöjä (BEP – Best Environmental Practice) noudattamalla voidaan saavuttaa lainsäädännön edellyttämät ympäristötavoitteet ja ne voivat toimia yleisemminkin yritystoiminnan pohjana.

Luonnonkiviteollisuuden parhaat ympäristökäytännöt (LBEP) -selvitys vastaa sekä toiminnanharjoittajien että viranomaisten tarpeeseen yhtenäisestä luonnonkiven louhinnan tietopohjasta. Tällä hetkellä viranomaisilta puuttuu Metallimalmikaivos-toiminnan parhaat ympäristökäytännöt (Kauppila ym. 2011) ja Ympäristöasioiden hallinta kiviainestuotannossa (Laurila & Hakala 2010) - selvityksiä vastaava luonnonkivialan julkaisu, johon tukeutua luonnonkiven hyödyntämisen eri vaiheissa. Esimerkiksi annettaessa määräyksiä ympäristöntarkkailusta, tulee toiminnan laatu tuntea tarkoin, jotta tarkkailutoimenpiteiden valinta ja niiden mitoitus osataan tehdä oikein. Lisäksi myös muun muassa sivukiviä koskevat erot on tunnistettava annettaessa niitä koskevia määräyksiä.

Luonnonkivituotteet ovat rakennustuotteita ja niitä koskee rakennustuoteasetus (Euroopan Parlamentin ja Neuvoston Asetus (EU) N:o 305/2011), joka tuli voimaan 1.7.2013. Sen myötä rakennustuotteiden ympäristöllisen suorituskyvyn arviointi ja sen ilmoittaminen tulisi tehdä ympäristötuoteselostuksella (ns. EPD, Environmental Product Declaration), jos sellainen on olemassa. Luonnonkivituotteiden, kuten kaikkien rakennustuotteiden osalta painotetaan tulevaisuudessa yhä enemmän luonnonvarojen kestävä käyttöä ja kierrätyskelpoisuutta. Luonnonkiviteollisuuden BEP-selvitys tukee myös näitä tavoitteita.

LBEP-hanke täydentää ja päivittää aiemmin toteutettua laajaa Luonnonkivituotannon elinkaaren aikaiset ympäristövaikutukset -tutkimusta (ns. LYKE-hanke) (Aatos

2003). Vaikka luonnonkivituotannon prosessit ovat pysyneet hyvin samankaltaisina vuoteen 2003 verrattuna, esimerkiksi lainsäädännössä ja ohjeistuksissa on tapahtunut muutoksia. Tästä huolimatta LYKE-hankkeen tulokset muodostavat edelleen tärkeän tietopohjan luonnonkivituotannon ympäristövaikutuksista pohjoismaisissa oloissa. LBEP-hankkeessa on pyritty kehittämään työkaluja ja vahvistamaan olemassa olevaa osaamista, joiden kautta parhaiden ympäristökäytäntöjen sekä ympäristövalvonnan työkalujen yhtenäinen käyttö lisääntyy. Toiminnan sijoittamista ja suunnittelua ohjaavat vahvasti paitsi työsuojelliset ja turvallisuusseikat sekä tuotantoon soveltuvien kallioalueiden sijainti, myös ympäristöolot, maankäyttö ja kaavoitus. Toivomme, että hanke edistää myös luonnonkivituotannon toimintaedellytysten huomioimista valtakunnallisessa maankäytön suunnittelussa. Julkaisu laajentaa luonnonkivituotannon ympäristökäytäntöjen tietopohjaa, mutta sen tarkoitus ei ole toimia sitovana ohjeena.

1.1

Työn toteutus ja rajaus

LBEP-hankkeen tarkoituksena on kuvata luonnonkivituotannon parhaat ympäristökäytännöt ja niiden taustat toimialan yhtenäisen ympäristöarvioinnin kehittämiseksi sekä tuoda esiin luonnonkivituotannon erityispiirteitä verrattuna muihin kaivannaisteollisuuden sektoreihin. Työssä käsitellään luonnonkiven ottotoiminnan prosessit ja niiden ympäristövaikutukset sekä niiden pohjalta muodostuneet parhaat ympäristökäytännöt.

Työn kohderyhmänä ovat pääasiallisesti luonnonkiviteollisuuden yritykset ja lupa- ja valvontaviranomaiset. Kohderyhmiä ovat myös rakennuttajat, rakennusalan yritykset ja luonnonkiveä toiminnassaan käyttävät suunnittelijat. Kohderyhmänä ovat myös louhintapaikkakuntien asukkaat.

Tarkentuneet ympäristölainsäädännön asetukset (kuten VnA 800/2010 eli ns. Muraus-asetus, VnA 190/2013) ovat edellyttäneet luonnonkivialan toimijoilta aktiivista otetta ympäristökäytäntöjen käyttöön otossa ja kehityksessä. Nyt tehty selvitystyö luo lähtökohdat toimintatapojen yhtenäistämiseksi, lisää alan ympäristötietoisuutta ja saattaa parhaat käytännöt laajempaan käyttöön. Hankkeen tuloksena julkaistaan Suomen ympäristö -sarjassa dokumentti, jossa esitetään synteesi parhaista ympäristökäytännöistä.

Työ toteutettiin asiantuntijatyönä vuonna 2003 julkaistua Luonnonkivituotannon elinkaaren aikaiset ympäristövaikutukset -selvitystä (Aatos 2003) päivittäen ja siinä esitettyjä lisäselvitystarpeita hyödyntäen. Kilpailutetuista ympäristövaikutustutkimuksista vastasivat luonnonkivialan erikoisosaamista omaavat konsulttiyritykset ja niissä hyödynnettiin mm. viimeisten yhdentoista vuoden aikana erilaisilta luonnonkivilouhimoilta kertynyttä mittausaineistoa. Työn muista osioista vastasivat GTK:n asiantuntijat.

Asiantuntijatyön lisäksi haastateltiin luonnonkivialan yritysten edustajia, erityisesti tuotantopäälliköitä, sekä viranomaisia pyrkimyksenä kartoittaa olemassa olevia käytäntöjä ja niiden käyttöönottoa (Liite 1).

Työ on rajattu koskemaan luonnonkiven louhintaa (graniitti, vuolukivi, liuske ja marmori). Työssä käsitellään luonnonkivilouhimon elinkaaren vaiheista louhimon toiminta, maisemointi ja jälkikäyttö. Lisäksi tarkastellaan säteilyä, louhintapaikan luonnonarvoja sekä luonnonkivituotteiden elinkaarta. Työstä on rajattu pois työsuojelliset seikat ja räjäytystyöhön liittyvät asiat.

2 Luonnonkivet ja niiden tuotanto

Kiviteollisessa mielessä luonnonkivellä tarkoitetaan rakentamiseen käytettävää kiveä, joka louhitaan luonnon kalliosta suurina kappaleina ja sen jälkeen jatkojalostetaan mekaanisesti, mm. sahaamalla ja kiillottamalla lopputuotteiksi. Teollisuudessa luonnonkivestä käytetään myös nimeä tarvekivi ja rakennuskivi. Luonnonkivi tarkoittaa luonnon geologisissa prosesseissa syntynyttä kiveä erotuksena ihmisen valmistamista kivenkaltaisista tekokivituotteista kuten betonista. Luonnonkiven käyttökohteita ovat rakentaminen, hautakivet ja muistomerkit sekä erilaiset pientuotteet. Rakennuskivet ovat tärkein tuoteryhmä sisältäen mm. luonnonkiviset lattia- ja seinälaatat, keittiö- ja kylpyhuonetasot, tulisijat sekä puisto- ja maisemarakentamisessa käytettävät laatat ja levyt. Esimerkkejä tuotteista on liitteessä 5.

On tärkeää huomata, että luonnonkivialan kaupallinen kivien luokittelu ja nimitykset eroavat geologisesta kivilajijaottelusta, jota käytetään esimerkiksi ympäristövaikutusten arvioinnissa. Kaupalliset luonnonkivet jaetaan erilaisiin kivityyppeihin: graniitit, liuskeet, marmorit, hiekkakivet, kalkkikivet ja vuolukivet (Selonen 2010). Suomen tärkeimmät luonnonkiviteollisuuden kivityypit ovat graniitit, vuolukivet, liuskeet ja marmorit (Taulukko 1). Kukin kivityyppi jaetaan edelleen kivilaatuihin, joilla on kaupalliset nimet kuten esim. Balmoral Red (graniitti) tai Tulikivi Classic (vuolukivi).

Taulukko 1. Kiviteollisuuden kivityypit ja geologiset kivilajit Selosta (2010) mukaellen.

Kivityyppi	Kivilaji	Kivilaatu
Graniitti	Graniitti, granodioriitti, dioriitti, gabro, anortosiitti, syeniitti, diabaasi, migmatiitti, gneissi	Balmoral Red (Graniitti)
Liuske	Kvartsiitti, kiilleliuske, fylliitti, amfiboliitti	Orivesi Slate (Fylliitti)
Marmori	Marmori, kalkkikivi, dolomiitti, travertiini	Lappia Green (Marmori)
Hiekkakivi	Kalkkikivi, hiekkakivi	Suomessa ei tuotantoa
Vuolukivi	Vuolukivi, serpentiniitti	Tulikivi Classic (Vuolukivi)
Kalkkikivi	Kalkkikivi, dolomiitti, travertiini	Suomessa ei tuotantoa

2.1

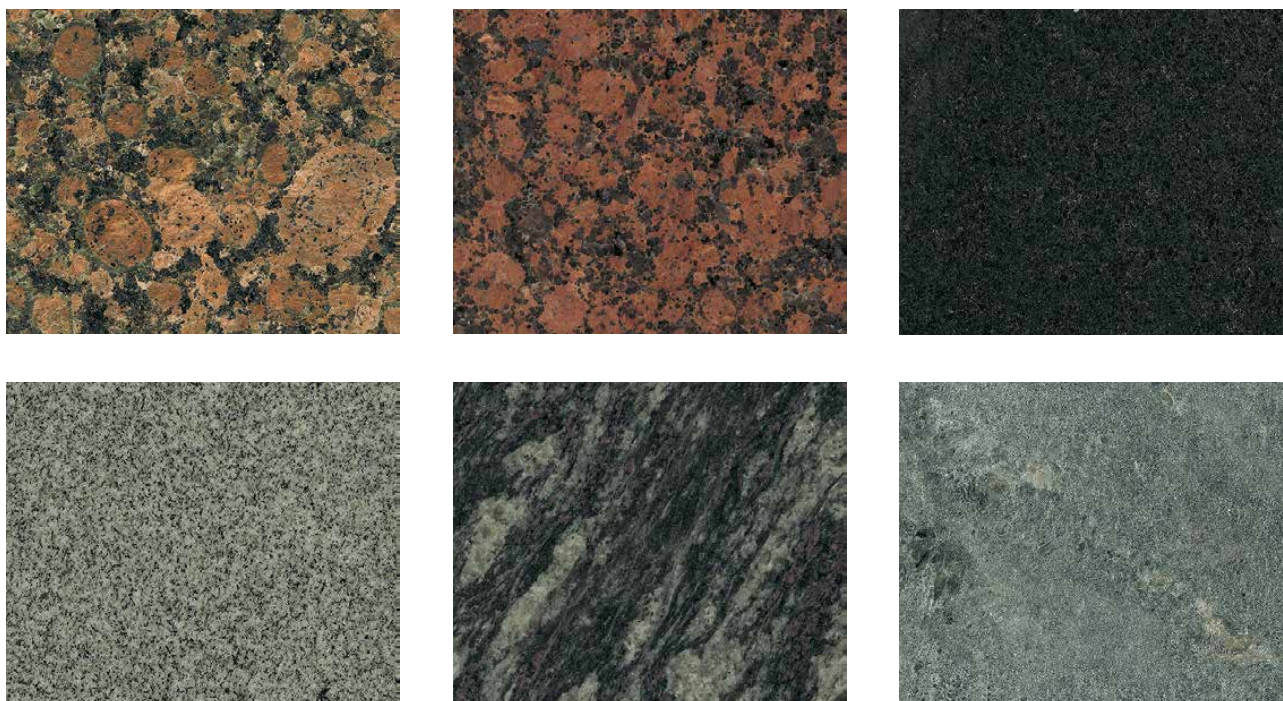
Luonnonkiven laatuvaatimukset

Kaupallisilla luonnonkivillä on tarkat laatuvaatimukset, jotka ovat erilaisia verrattuna muiden kaivannaisteollisuuden tuotteiden kriteereihin (Taulukko 2). Luonnonkiviesiintymän tärkeimmät arvioitavat soveltuvuus-kriteerit ovat kiven ulkonäkö ja esiintymän eheys eli kallioperän rakoilu (Selonen ym. 2000, Luodes ym. 2000, Härmä ym. 2001, Heldal & Arvanitides 2003, Bradley ym. 2004, Luodes 2008).

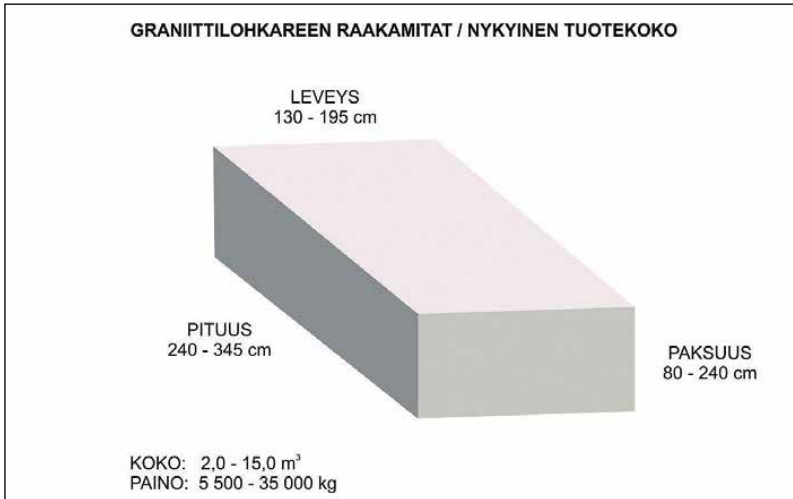
Taulukko 2. Luonnonkiven laatuvaatimukset jaotellaan geologisiin, teknisiin, infrastruktuurisiin ja kaupallisiin tekijöihin. Selosta ja muita (2000) ja Luodesta (2008) mukaellen.

<p>Geologiset vaatimukset</p> <ul style="list-style-type: none"> - kiven väri ja ulkonäkö (tasavärinen/monivärinen) - kallioperän eheys (lohkarekoko 2–15 m³) - esiintymän koko - kivilajin mineralogia
<p>Tekniset vaatimukset</p> <ul style="list-style-type: none"> - fysikaaliset ominaisuudet (esim. tiheys, taivutusmurtolujuus) - mekaaniset ominaisuudet (esim. lujuus- ja muodonmuutosominaisuudet) - tuotantotekniset (louhinta/jalostus)
<p>Infrastruktuuriset vaatimukset</p> <ul style="list-style-type: none"> - lainsäädäntö (MAL, YSL) - esiintymän sijainti suhteessa ympäristöön (melu, pöly, värinä, vedet) - liikenneyhteydet - työvoiman saanti
<p>Kaupalliset vaatimukset</p> <ul style="list-style-type: none"> - kiinnostava ulkonäkö ja väri - hinta ja kivimuoti - tuotevalikoima - markkina- ja kilpailutilanne

Tasavärisissä kivissä ulkonäön tulee olla mahdollisimman homogeeninen eikä väripoikkeamia juurikaan sallita. Toisaalta monivärisissä kirjavissa kivissä pyritään sopivaan värien ja kuvioiden elävään vaihteluun (Kuva 1). Esiintymässä tulee lisäksi olla harva ja säännöllinen rakoilu, joka mahdollistaa tarvittavan lohkarekoon (2–15 m³) saannin (Kuva 2).



Kuva 1. Suomessa tuotettujen kivilaatujen yleisimpiä värejä (kaupallinen nimi suluissa). Ruskea graniitti (Baltic Brown), punainen graniitti (Carmen Red), musta graniitti (Korpi Black), harmaa graniitti (Kuru Grey), monivärinen migmatiitti (Amadeus) ja harmaa vuolukivi (Tulikivi Classic). Kuvat: www.finstone.fi.



Kuva 2. Graniittilohkareen (kiviblokin) raakamitat Luodesta (2010b) mukaellen. Lohkareelle on olemassa ei-harmonisoitu EN-tuotestandardi ”Raakalohkareet” SFS-EN 1467.

Kaupallisena tuotteena tulee luonnonkiven olla myös myytävissä. Myytävyyteen vaikuttavat ensisijaisesti kiven ulkonäkö, tekniset ominaisuudet ja hinta. Kivialalla on myös muotivärejä, joiden lisäksi tavataan alueellisia ja kansallisia mieltymyksiä eri väreihin ja kivityyppeihin. Luonnonkiven tulee kestää siihen kohdistuvat rasitukset erilaisissa käyttökohteissa (Luodes 2010a). Kiven fysikaaliset ja mekaaniset ominaisuudet (Taulukko 2) määräävät sen kestävyuden. Rakentamisessa käytettävälle luonnonkivelle asetettuja vaatimuksia ohjataan eurooppalaisilla EN -standardeilla, jotka laatii Euroopan Standardisointijärjestö (CEN) teknisissä komiteoissa yhteistyössä julkisten toimijoiden, yritysten, kuluttajien ja tutkimuslaitosten kanssa (Luodes 2010a). Standardeihin kuuluvat määrittely-, testaus- ja tuotestandardit sekä harmonisoidut tuotestandardit, jotka toimivat luonnonkivituotteiden CE -merkinnän pohjana (Taulukko 3).

Taulukko 3. Keskeiset luonnonkiven eurooppalaiset (CEN) tekniset komiteat ja niissä valmistuneet luonnonkivituotteiden harmonisoidut tuotestandardit (www.finstone.fi).

Tekninen komitea	Harmonisoidut standardit
TC 246 ”Luonnonkivet”	SFS-EN 12057:2005 Luonnonkivi. Lopputuotteet, ohutlaatat. Vaatimukset SFS-EN 12058:2005 Luonnonkivi. Lopputuotteet, lattia- ja porraslaatat. Vaatimukset BS-EN 1469:2004 Luonnonkivituotteet. Verhoukseen tarkoitetut luonnonkivilaatat. Vaatimukset
TC 178 ” Laatoitus- ja reuna- kivelementit”	SFS-EN 1341:2013 Ulkotilojen luonnonkivipäällystelaatat. Vaatimukset ja testausmenetelmät SFS-EN 1342:2013 Ulkotilojen noppa- ja nupukivet. Vaatimukset ja testausmenetelmät SFS-EN 1343:2013 Ulkotilojen reunakivet. Vaatimukset ja testausmenetelmät
TC 125 ”Muuratut kivirakenteet”	BS-EN 771-6:2011 Muurauskappaleiden spesifikaatiot. Osa 6: Luonnonkivimuurauskappaleet
TC 128 ”Epäyhtenäiset pinnoitustuotteet”	SFS-EN 12326-1:2004 Liuskekivi- ja kivituuotteet epäjatkuviin katteisiin ja verhouksiin. Osa 1: Tuotestandardi

Lisäksi EN-standardeja täydentämään on Suomessa laadittu uusi kansallinen soveltamisstandardi SFS7017, joka edellyttää 56 syklin jäädytys-sulatustestien tekemistä luonnonkivipäällystelaatoille, noppa- ja nupukiville sekä reunakiville jäänpoisto-

suolojen avulla (1 paino- % NaCl) standardin EN 12371 mukaisesti silloin kun suolarasitus on mahdollinen, ja ilman suolaa, kun käyttökohteessa ei esiinny suola-rasitusta. Vaatimus koskee niin kotimaisia kuin tuontikiviäkin. Tämä tarkoittaa sitä, että kaikkien suomalaisten päällystekivitoimittajien on testattava luonnonkivensä 56 syklin jäädytys-sulatustestillä vuoden 2016 loppuun mennessä.

2.2

Luonnonkiviteollisuus

Suomen luonnonkiviteollisuutta luonnehtii graniitin louhinta sekä vuolukivituotteiden valmistus. Luonnonkiven tuottajana Suomi on 15 suurimman maan joukossa ja graniitin viejänä 10 johtavan maan joukossa. Vuolukivituotteissa Suomi on maailmanmarkkinajohtaja. Luonnonkivitoimialalla on n. 200 aktiivisesti toimivaa yritystä, joista suurin osa on pieniä perheyrityksiä. Toimiala työllistää suoraan n. 1500 henkilöä. Kivitoimiala voidaan jakaa luonnonkiven louhintaan ja kivituotteiden valmistukseen. Päätuotteina ovat kiviblokit, rakennus- ja sisustuskivet, ympäristökivet, tulisijat sekä hautakivet ja muistomerkit. Tuotteista on esimerkkejä Liitteessä 5.

Luonnonkiviteollisuus on hyvin pk-yritysvaltainen toimiala ja toimipaikkoja oli 312 vuonna 2012. Louhinta työllisti 266 henkilöä ja lopputuotteiden valmistus 1210 henkilöä. Luonnonkiveä louhittiin vuonna 2012 yhteensä 3,2 miljoonaa tonnia. Tästä määrästä välittömästi jatkojalostukseen siirtyi yli puoli miljoonaa tonnia (Pokki ym. 2014, TEM 2011). Vertailuarvona Suomen metallimalmikaivosten louhintamäärä vuonna 2012 oli 36.8 miljoonaa tonnia (TEM 2013) ja kiviainesten tuotanto n. 88 miljoonaa tonnia (kalliomurskeiden osuus kiviainesten tuotannosta oli noin 54 miljoonaa tonnia) (Pokki ym. 2014).

Luonnonkivilouhimoilta vuonna 2012 suoraan hyötykäyttöön siirretystä kivistä graniittisten kivien ja liuskeiden osuus oli 79 % ja vuolukiven osuus 21 %.

Liitteessä 2 esitetään luonnonkiven louhinta-alueet Suomessa, luonnonkiven tuotantomäärät vuosina 1999–2013 sekä viennin ja tuonnin arvo vuosina 2000–2012. Tärkeimmät graniittisen luonnonkiven louhinta-alueet sijaitsevat Lounais-Suomen ja Kaakkois-Suomen rapakivialueilla sekä Keski-Suomessa. Suomen tunnetuimmat vuolukiviesiintymät puolestaan ovat Pohjois-Karjalassa ja Kainuussa. Pohjois-Karjalan tärkein vuolukivialue on Juuan Nunnanlahti. Kainuun louhinta-alueet sijaitsevat Suomussalmella ja Kuhmossa.

Luonnonkiven viennin määrä oli vuonna 2013 yhteensä lähes 400 000 tonnia. Vienti oli arvoltaan hieman yli 73 miljoonaa euroa vuonna 2013. Viennin arvosta 63 % muodostui kiviblokkien viennistä ja 37 % lähinnä valmiiden vuolukivituotteiden viennistä.

Graniitin viennin selvästi tärkein kohdema on Kiina. Muita merkittäviä maita ovat mm. Italia, Puola ja Venäjä. Vuolukivituotteiden keskeisiä vientimaita ovat mm. Saksa, Ranska, Ruotsi ja Belgia. Luonnonkiveä viedään Suomesta n. 40 maahan. Luonnonkiven tuonnin määrä oli vuonna 2013 noin 53 000 tonnia ja tuonnin arvo noin 14 miljoonaa euroa. Tuontimaista Kiina on selvästi merkittävin. Kiinasta Suomeen tuodaan mm. katukiviä. Vähäisemmässä määrin tuontia on myös mm. Italiasta, Portugalista, Ruotsista ja Intiasta.

Luonnonkivialan liikevaihto on vuosien ajan ollut 200 ja 250 miljoonan euron välillä. Vuonna 2012 liikevaihto oli 230 miljoonaa euroa, josta 61 miljoonaa muodostui louhinnasta ja 169 miljoonaa kivituotteiden valmistuksesta. Luonnonkiviteollisuus on kansantalouden kannalta positiivinen toimiala, sillä Suomi on luonnonkivituotteiden nettoviejä. Luonnonkiviteollisuuden yritykset sijaitsevat usein kasvukeskusten ulkopuolella ja kiviteollisuudella onkin merkittävää aluetaloudellista merkitystä erityisesti Kaakkois- ja Itä-Suomessa.

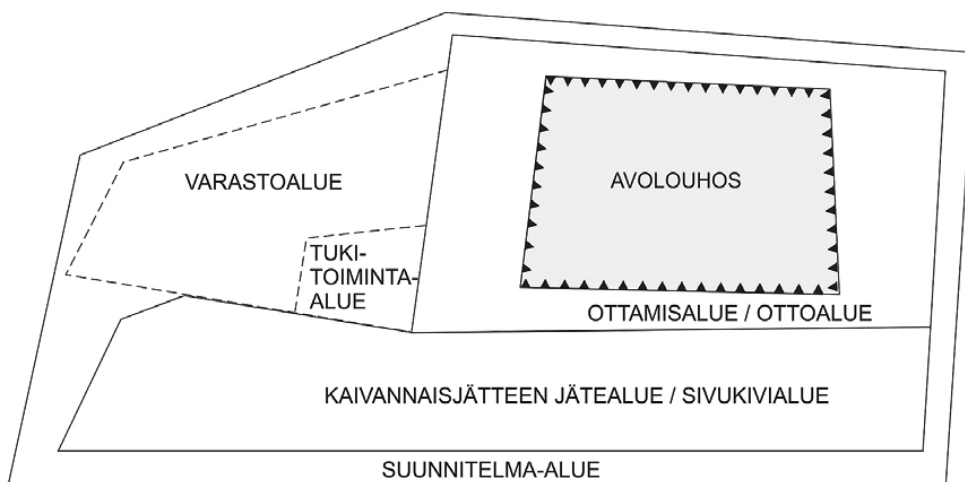
Luonnonkivilouhimo ja sen elinkaari

Luonnonkiven louhinta on pitkäjänteistä yritystoimintaa ja louhimon elinikä vaihtelee kymmenistä vuosista jopa sataan vuoteen. Tähän vaikuttavat paitsi esiintymän koko myös, mm. usein melko pienet vuosittaiset louhintamäärät sekä lopputuotteen kysynnän vaihtelu; yksittäisellä louhimolla voi olla pitkiäkin aikoja, jolloin louhintaa ei ole tai sen on määrältään suunniteltua vähäisempää. Luonnonkiven louhintaan vaadittavat maa-ainesluvut ovat yleensä kerrallaan voimassa 10–20 vuotta lupamääräysten mukaisesti. Vuolukiven ja marmorin louhintaan vaaditaan kaivoslupa, joka on toistaiseksi voimassa, niin kauan kuin toimintaa on. Ympäristöluvut myönnetään yleensä toistaiseksi (OH 3 2007) tai ne voivat olla määräaikaisia (yleisimmin 5–10 vuotta).

Luonnonkiven ottopaikkaa kutsutaan louhimoksi, kun taas kalliokiviaineksen ottopaikkaa louhokseksi ja metallisten malmien ja teollisuusmineraalien ottopaikkaa kaivokseksi.

Kuvassa 3 on esimerkki luonnonkivilouhimosta ja sen sisältämistä alueista, joiden nimityksiä käytetään mm. lupahakemusten yhteydessä. Suunnitelma-alue on yleensä myös alue, jolle ympäristölupa haetaan (ympäristölupa-alue). Se sisältää tukitoiminta-alueen, ottamisalueen ja suojavyöhykkeet. Tukitoiminta-alueella tarkoitetaan aluetta, jossa säilytetään, huolletaan ja tankataan kuljetuskalustoa sekä käsitellään ja varastoidaan polttonesteitä, öljyä ja kemikaaleja ja harjoitetaan jätehuoltotoimintoja (VnA 800/2010).

Luonnonkivituotantoa edeltää etsintätyö ja tarvittaessa tätä täydentävä inventointitutkimus (esim. Luodes ym. 2000, Härmä ym. 2001, Selonen ym. 2014). Etsintä- ja inventointitutkimuksien oleellinen osa on maastossa tehtävä kenttätyö. Tämänhetkinen tieto Suomen luonnonkivivaroista perustuu GTK:n toteuttamiin alueellisiin ja valtakunnallisiin tutkimuksiin (esim. Härmä ym. 2006a ja b, Luodes 2008). Näitä tutkimuksia ovat GTK:n lisäksi rahoittaneet mm. alueelliset toimijat, kuten kunnat ja maakuntaliitot, sekä Euroopan Unionin rahastot. Kohteelliset inventointitutkimukset täydentävät etsintätutkimusta. Tarkempaa tietoa esiintymän laadusta ja määrästä saadaan esiintymän yli kaivetuista tutkimusurista ja maatutkaprofiileista, timantti-



Kuva 3. Kaavakuva luonnonkivilouhimosta ja sen erilaisista toiminnallisista alueista OH 3 (2007) mukaellen. Avolouhos syntyy toiminnan edetessä kun kiveä louhitaan kiintokalliosta ja kuljetetaan pois.

kairauksella ja koelouhinnalla. Kohteen ympäristölliset edellytykset louhintatoimintaan pyritään selvittämään jo etsintätutkimuksissa hyödyntämällä olemassa olevaa ympäristötietoa, muun muassa Ympäristöhallinnon ylläpitämän OIVA-ympäristö- ja paikkatietopalvelun tietoja. Tuotantopotentiaalisille esiintymille tehdään paikallisten ympäristöviranomaisten kanssa katselmukset maa-aineslain mukaisen toiminnan edellytysten arvioimiseksi. Tutkimusraporteissa esitetään mm. kohteiden sijainti, laajuus ja arvio käyttökelpoisuudesta. Etsintätutkimusraportteja on saavilla GTK:sta. Etsintätutkimusten tuloksia voidaan hyödyntää esim. kaavoituksessa (vrt. Luku 11.4) ja lupaprosesseissa.

Louhimon suunnitteluvaihe nivoutuu yhteen lupaprosessin kanssa. Suunnittelussa huomioidaan kiviesiintymän louhintaominaisuuksien sekä turvallisuuden ja toiminnan käytännön rajoitusten lisäksi vallitseva ympäristölainsäädäntö. Pääosaa ympäristövaikutuksista voidaan säädellä rakennusteknisin keinoin, mm. louhimon ja sen toimintojen sijoittelulla sekä tarvittaessa ottosuunnilla. Louhintasuunnitelmien muokattavuus on tärkeää, sillä tarkkaa tietoa tuotantokelpoisen kiven sijoittumisesta, ottosuunnista ja soveltuvista louhintatekniikoista saadaan vasta louhinnan edetessä ja lisäksi louhinnan jaksoittaisuus vaihtelee kysynnän mukaan. Suunnittelu onkin louhimoilla jatkuva prosessi, jota tehdään koko tuotannon ajan.

Tyypillisesti toiminnan edetessä luonnonkivilouhimolle syntyy avolouhos, jonka seinämät toimivat melu- ja pölyesteinä. Louhinnan ja jalostuksen tekniikat riippuvat louhittavasta kivityypistä sekä lopputuotteiden laadusta (ks. Luku 4).

Kun luonnonkiven otto louhimolla loppuu, alue siistitään ja maisemoidaan. Louhimon maisemoinnista (jälkihoidosta) esitetään suunnitelma jo lupien hakuvaiheessa ja siitä määrätään lupamääräyksissä (ks. Luku 12). Jälkihoito mahdollistaa tapauskohtaisesti maanomistajalle myös muun jälkikäytön, esimerkiksi vesialtaan virkistyskäytön (ks. Luku 13). Paras jälkikäyttötapa puolestaan riippuu kyseisen louhimon ominaisuuksista ja sijainnista ja tarkoituksenmukaisin ratkaisu saattaa löytyä vasta louhimon elinkaaren myöhäisemmässä vaiheessa.

Luonnonkivituotanto

- Kiviteollisessa mielessä luonnonkivellä tarkoitetaan rakentamiseen käytettävää kiveä, joka louhitaan luonnon kallioista suurina kappaleina ja sen jälkeen jatkojalostetaan mekaanisesti, mm. sahaamalla ja kiillottamalla lopputuotteiksi
- Luonnonkiven käyttökohteita ovat rakentaminen, hautakivet ja muistomerkit sekä erilaiset pientuotteet. Luonnonkiviesiintymän tärkeimmät arvioitavat soveltuvuus-kriteerit ovat kiven ulkonäkö ja esiintymän eheys sekä kiven myytävyyys
- Suomen tärkeimmät kivityypit ovat graniitti ja vuolukivi. Graniitteja louhitaan pääasiassa Lounais-Suomen ja Kaakkois-Suomen rapakivialueilla, kun taas vuolukiviä Pohjois-Karjalassa ja Kainuussa
- Luonnonkiven ottopaikkaa kutsutaan louhimoksi. Louhimo sisältää tukitoiminta-alueen, ottamisalueen, varastoalueen, sivukivialueen ja suojavao-ohyökkeet. Louhimon elinkaaren vaiheet ovat etsintä, toiminta, maisemointi ja jälkikäyttö

3 Lainsäädännöstä

Keskeisimmät luonnonkiven louhintaa säätelevät lait ovat maa-ainelaki (MAL 555/1981), kaivoslaki (KaivosL 621/2011) ja ympäristönsuojelulaki (YSL 527/2014). Ympäristöministeriön julkaisussa Maa-ainelain toimivuuden arviointi (Rintala & Lonka 2013) on yksityiskohtaisesti käsitelty mm. lain keskeinen sisältö, sen suhde muuhun lainsäädäntöön ja toimintaperiaatteet maa-ainelain mukaisia lupia myönnettäessä. Ympäristönsuojelulaki ja -asetus ovat juuri muuttuneet ja uusi laki (YSL 527/2014) tuli voimaan 1.9.2014 ja asetus (YSA 713/2014) 10.9.2014. Luonnonkiven kaupalliseen louhintaan tarvitaan maa-ainesten ottolupa. Ympäristölupa tarvitaan kivenlouhimolle, jossa kiviainesta käsitellään vähintään 50 päivää (YSL 527/2014 Liite 1). Hallituksen esityksessä ympäristönsuojelulain ja eräiden muiden lakien muuttamisesta (Luonnos 19.5.2014) maa-ainelakia (MAL 555/1981) muutettaisiin siten, että maa-ainestenottolupa voitaisiin käsitellä yhdessä ympäristöluvan kanssa silloin, kun viimeksi mainittu haettavalle toiminnolle edellytetään. Tämän muutoksen aikataulua ei ole vielä julkistettu.

3.1

Luonnonkiven etsintä

Luonnonkivituotannossa esiintymän hyödyntämiskelpoisuuden arviointi voi edellyttää esimerkiksi kalliopinnan paljastamista ja tutkimusurien kaivamista, koelouhintaa sekä timanttikairausta. Näiden toimenpiteiden suorittamisesta sovitaan maanomistajan kanssa kirjallisesti. Kaivoslain (KaivosL 621/2011) mukaan marmorin, vuolukiven ja jalokiven etsintään ja tarkempaan tutkimukseen on haettava malminetsintälupa Turvallisuus- ja kemikaalivirastolta (Tukes). Kiven laatua kallion pinnalta voi tarkastella silmämääräisesti jokamiehenoikeuden turvin.

3.2

Luonnonkiven louhinta

Luonnonkiven louhintaa säätelevät maa-ainelaki (MAL 555/1981), maa-ainesasetus (MAA 926/2005) ja kaivoslaki (KaivosL 621/2011). Maa-ainelaki koskee graniitin ja liuskeen (ks. Taulukko 1) louhintaa pois kuljetettavaksi taikka paikalla varastoitavaksi tai jalostettavaksi. Suunnitelma maa-ainesten ottamisesta esitetään ottosuunnitelmasa. Kaivoslaki koskee luonnonkivistä marmorin ja vuolukiveä (KaivosL 621/2011). Korukivenä käytetyn spektroliitin louhinta on voinut tapahtua 1.1.1994 lähtien vain maanomistajan luvalla eli spektroliittiesiintymää ei voi enää varata kaivoslain nojalla (Tukes 28.10.2013).

Maa-ainesten ottamishankkeissa maa-aineslain lisäksi on noudatettava, mitä muualla laissa säädetään. Keskeisimmät maa-ainesten ottamiseen liittyvät lait ovat ympäristönsuojelulaki (YSL 527/2014), asetus kivenlouhimojen, muun kivenlouhinnan ja kivenmurskaamojen ympäristönsuojelusta (VnA 800/2010 ns. Muraus-asetus), asetus kaivannaisjätteistä (VnA 190/2013), vesilaki (VL 587/2011), maankäyttö- ja rakennuslaki (MRL 132/1999), luonnonsuojelulaki (LSL 1096/1996), laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä (YVAL 468/1994) ja jätelaki (JL 646/2011). Maa-ainesten ottamiseen voivat vaikuttaa myös metsälain (1093/1996), lain vesienhoidon järjestämisestä (1299/2004), maantielain (503/2005), ratalain (110/2007) ja muinaismuistolain (295/1963) säännökset (OH 1 2009). Poikkeustilanteissa maa-ainestenottaminen saattaa edellyttää ympäristölupaa naapurussuhdeperusteella (YSL 27 §).

Ympäristönsuojelulaki edellyttää, että pilaantumisen vaaraa aiheuttavalle toiminnalle on haettava ympäristölupa. Hakemukseen on liitettävä lupaharkinnan kannalta tarpeellinen selvitys toiminnasta, sen vaikutuksista, asianosaisista ja muista merkityksellisistä asioista. Hakemuksen laatijalla on oltava riittävä asiantuntemus (YSL 39§). Lisäksi toiminnanharjoittajan on oltava selvillä toimintansa ympäristövaikutuksista, ympäristöriskeistä ja niiden hallinnasta sekä haitallisten vaikutusten vähentämismahdollisuuksista (YSL 6 §). Viranomaisen on myönnettävä toiminnalle ympäristölupa, jos toiminta täyttää ympäristönsuojelulain ja jätelain sekä niiden nojalla annettujen asetusten vaatimukset. Ympäristönsuojelulaissa säädetään niistä tapauksista, jolloin lupaa ei voida myöntää. Ensisijaisesti toiminta pyritään aina saamaan lupamääräyksin sellaiseksi, että se voidaan sallia. Vasta silloin, jos lupamääräyksiinkin toimintaa ei saada lainsäädännön vaatimuksia vastaaviksi, voidaan päätyä lupahakemuksen hylkäämiseen (YSL 48 §). Maa-aineksia voidaan ottaa ilman ympäristölupaa esimerkiksi kotitarvekäyttöön. Maa-aineslain säätelemän ottotoiminnan käynnistämiseksi tarvitaan maa-ainestenottolupa (MAL 555/1981, MAA 926/2005), jonka myöntää kunnan viranomainen ja yleensä ympäristölupa (YSL 527/2014), jonka myöntää ympäristönsuojeluasetuksessa määrätty lupaviranomainen (YSA 713/2014). Myös louhimolla tehtävään sivukiven murskaukseen tulee olla ympäristölupa, mikäli toiminta-aika on yhteensä vähintään 50 päivää (YSL 527/2014 Liite 1). Vuolukiven ja marmorin louhinta kuuluu kaivoslain alaisuuteen. Siihen vaaditaan Tukesin myöntämä kaivoslupa ja yllä mainittu ympäristölupa. Pääsääntöisesti vanhan kaivoslain aikana vireille tulleet asiat käsitellään vanhan kaivoslain (503/1965) mukaisesti.

Valtioneuvoston asetuksessa kivenlouhimojen, muun kivenlouhinnan ja kivenmurskaamojen ympäristönsuojelusta (VnA 800/2010) on mm. asetettu aikarajat melua aiheuttaville työvaiheille silloin, kun etäisyys häiriintyviin kohteisiin on pienempi kuin 500 metriä. Pääsääntöisesti toimintaa voi olla arkipäivisin klo 6 ja 22 välisenä aikana, mutta tietyille työvaiheille on asetuksessa ilmoitettu erilliset aikarajat, kuten räjäytyksille arkipäivisin klo 8 ja 18 välisenä aikana. Toiminnan sijoittamisesta määrätään, että melua tai pölyä aiheuttavan toiminnon vähimmäisetäisyys asumiseen tai loma-asumiseen käytettävään rakennukseen tai sen välittömässä läheisyydessä sijaitsevaan oleskeluun tarkoitettuun piha-alueeseen tai muuhun häiriölle alttiiseen kohteeseen on 300 m ja erityisen alttiiseen kohteeseen kuten sairaalaan, päiväkotiin, hoito- tai oppilaitokseen 400 m.

Maa-aineslain mukaisella luvalla ja ympäristöluvalla ei ole toistaiseksi ollut (31.10.2014 mennessä) keskinäistä edellytyssuhdetta. Luvat ovat olleet rinnakkaisia ja niiden käsittelyjärjestys toisistaan riippumaton. Maa-ainesten ottamislupa ei ole ollut ympäristöluvun myöntämisen edellytyksenä tai päinvastoin. Päätösten tulee kuitenkin olla mahdollisuuksien mukaan yhteen sovitettut siten, että lupien lupamääräykset eivät ole keskenään ristiriitaisia (OH 1 2009).

Lisäksi maa-ainesten ottamishankkeisiin voimassa olevan YVA-lain ja -asetuksen (YVAL 468/1994, VnA 713/2006) mukaan sovelletaan YVA menettelyä kaivualueen

pinta-alan ollessa vähintään 25 ha tai otettavan aineksen määrän ollessa vähintään 200 000 m³/a tai ELY-keskusten päätöksellä yksittäistapauksissa hankkeisiin, joilla on todennäköisesti merkittäviä haitallisia ympäristövaikutuksia (VnA 713/2006).

Mikäli ottamisalueelle suunnitellaan rakennuksia, noudatetaan maankäyttö- ja rakennuslain määräyksiä (MRL 132/1999). Räjähdysaineiden käsittelyn turvallisuusvaatimukset on määritelty Valtioneuvoston asetuksessa räjäytys- ja louhintatyön turvallisuudesta (644/2011) ja panostajalaissa (219/2000). Räjähdeasetus (473/1993) määrittää Turvallisuus- ja kemikaaliviraston (Tukes) valvomaan räjähteiden varastointia ja säilytystä sekä räjäytyksiä. Maa-aineslain mukaiset räjäytysten valvonnat kuuluvat työsuojelumielessä työsuojeluhallinnolle ja työsuojelupiirien päälliköille (Aatos 2003).

Ympäristöhallinnon ohjeessa Opas maa-ainesten ottamisen sääntelyä ja järjestämistä varten (OH 1/ 2009) esitetään kattavat tiedot mm. maa-aineslaista, ottamisen suunnittelusta ja toteutuksesta ml. ottamissuunnitelman sisältö, lupamenettelystä sekä valvonnasta ja ottamisalueiden jälkihoidosta. Asetus kaivannaisjätteistä (VnA 190/2013) sekä louhinnan etäisyyksiin ja aikoihin vaikuttava asetus kivenlouhimojen, muun kivenlouhinnan ja kivenmurskaamojen ympäristönsuojelusta (VnA 800/2010) ovat astuneet voimaan ohjeen 1 (2009) julkaisemisen jälkeen. Maa-aineslain toimivuutta ja siihen liittyviä seikkoja on käsitelty ympäristöministeriön julkaisussa "Maa-aineslain toimivuuden arviointi" (Rintala & Lonka 2013).

3.3

Kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelma

Maa-ainesten ottamistoiminnalle, niin myös louhimon toiminnalle, laaditaan kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelma (VnA 190/2013). VnA kaivannaisjätteistä 379/2008 on kumottu asetuksella 190/2013 (siirtymäsäädökset koskien ennen 13.6.2008 käytöstä poistettuja jätealueita sekä jätealuetta koskevaa vakuutta 1.5.2014 alkaen 190/2013 18 §).

Kaivannaisjäteasetuksessa (190/2013) määritellään mm. pysyvä jäte sekä muut kaivannaisjätteen jätehuoltoon liittyvät käsitteet kuten kaivannaisjätteen jätealue. Kaivannaisjätteen luokittelua pysyväksi käsitellään julkaisussa Suomen ympäristö 21 (Luodes ym. 2011). Kaivannaisjätteen ominaisuuksien määrittely ja niitä koskevien tietojen kerääminen tehdään kaivannaisjäteasetuksen liitteen 3 mukaisesti ja se sisällytetään toimintaa koskevaan kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelmaan. Määrittely voidaan tehdä ennen kaivannaistoiminnan aloittamista, tuotannon aikana tai jo sijoitetulle jätteelle (Luodes ym. 2011). Julkaisussa esitetään kansallinen luettelo pysyviksi katsotuista kivilajeista sekä toimintamalli, mikäli pysyvän eli inertin luettelon kivissä esiintyy silmännähtäviä sulfideja eli kiisumineraaleja. Kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelman piiriin kuuluvat luonnonkivituotannon sivukivet, joita käsitellään tarkemmin luvussa 9.

Lainsäädäntö luonnonkiven louhinnassa

Graniitin ja liuskeen louhinnassa noudatetaan maa-ainelakia (MAL 555/1981)
Vuolukiven ja marmorin louhinnassa noudatetaan kaivoslakia (KaivosL 621/2011)
Luonnonkiven louhinnassa noudatetaan myös ympäristönsuojelulakia (YSL 527/2014) ja luonnonsuojelulakia (LSL 1096/1996)

Luonnonkiven louhintaa ohjaavat tärkeimmät asetukset:

- MAA 926/2005 Maa-aines asetus
- VnA 800/2010 Asetus kivenlouhimojen, muun kivenlouhinnan ja kivenmurskaamojen ympäristönsuojelusta
- VnA 190/2013 Asetus kaivannaisjätteistä
- VnA 713/2014 Asetus ympäristönsuojelusta

Maa-ainesten otto- ja ympäristölupahakemuslomakkeita on saatavilla mm. suomi.fi-verkkopalvelusta.

4 Luonnonkiven louhinta ja jalostus Suomessa

Luonnonkiven louhintaa ja jalostusta säädellään Suomessa monin tavoin (ks. Luku 3). Louhimoiden sijaintiin ja toiminta-aikoihin vaikuttavat maa-ainesten ottoon liittyvät lait ja asetukset sekä vuolukiven ja marmorin louhinnassa kaivoslaki. Toiminta-ajoista määrätään lupamääräyksissä edellä mainittujen lakien ja asetusten mukaisesti. Joissain tapauksissa lupamääräyksissä on myös rajoitettu vuodenaikainen toiminta lomakauden ulkopuolelle. Asutuksen läheisyydessä toimintaa ohjaavat ympäristömääräykset ovat yleensä tiukempia kuin syrjäisillä seuduilla (OH 1 2009), joilla etäisyydet häiriintyviin kohteisiin ovat yleensä suurempia. Kivenlouhimoilla voidaan louhintaa ja murskausta tehdä vain osan vuodesta ja vuorokaudesta ja vaihtelua esiintyy myös kysynnän mukaan. Kotimaista luonnonkiveä jatkojalostetaan sekä Suomessa että ulkomailla. Kotimaan jatkojalostuksessa suurimpia tuoteryhmiä ovat vuolukivituotteet ja hautakivet.

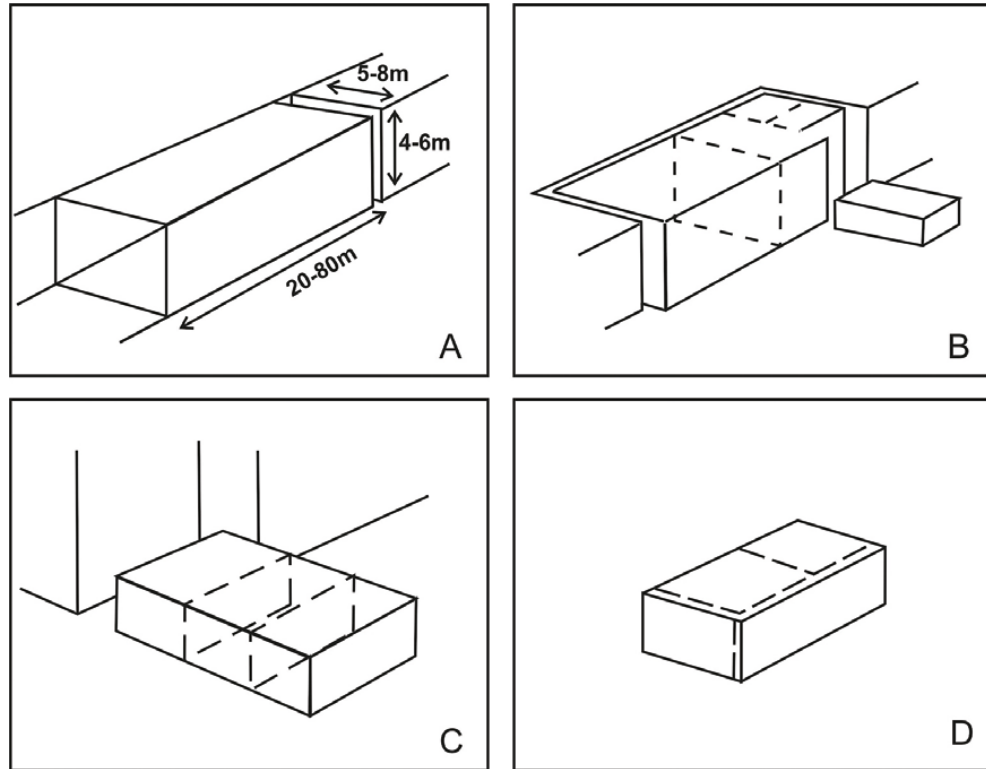
Myyntituotteeksi louhittavan luonnonkiven on oltava hyvin ehjää, eikä kiven laatua haluta huonontaa vaurioittamalla tai rikkomalla sitä eri työvaiheissa. Kivi irrotetaan ja lohkotaan kalliosta hitailla räjähteillä, räjähtävällä tulilangalla ja kiilaamalla, vuolukiven tuotannossa ketjusahoilla. Käytetyn räjähdysaineen määrä on louhittua kiintokuutiota kohti vähäinen, ja pieni etenkin verrattuna malmin- tai kiviaineslouhintaan. Louhinta- ja jalostusmenetelmät ovat mekaanisia ja räjähdysaineet ainoita louhinnassa käytettäviä kemikaaleja. Tuotannon sivukiviä hyödynnettäessä louhimoilla voidaan tehdä myös murskausta esimerkiksi (mobiililla) murskauslaitoksella. Tällöin käytössä voi olla myös hydraulinen iskuvasara.

4.1

Graniitin louhinta ja jatkojalostus

Suomessa louhittavat graniitit ovat geologisesti erivärisiä graniitteja, granodioriitteja, tonaliitteja, monzoniitteja ja syeniittejä sekä mustia gabroja ja dioriitteja. Puolipinnallisista diabaaseista käytetään kiviteollisuudessa myös nimitystä graniitti, samoin kuin monivärisistä multicolor-tyyppisistä gneisseistä ja migmatiiteistakin (Luku 2, Taulukko 1). Erilaisten graniittien louhintaprosessi on pääpiirteissään samanlainen kuin alla kuvattu.

Graniitinlouhinnan päävaiheet ovat kamin irrotus (Kuva 4 a), kamin paloittelu (Kuva 4 b), kaatolohkareen paloittelu (Kuva 4 c) ja puolivalmiin lohokareen viimeistely (Kuva 4 d) (Mesimäki 1999, Selonen 2003, Heldal & Arvanitides 2003, Selonen & Heldal 2003, Alaspää 2005, Tahvanainen 2012, Vuolio & Halonen 2012). Louhinta aloitetaan irrottamalla kalliosta suuri (100–4000 m³) yhtenäinen kivenlohkare, kami (Kuva 5). Kamin päädyt avataan railonporauksella, joka tehdään tela-alustaisilla hydraulisilla vaunuporakoneilla, toisinaan voidaan käyttää hyväksi luonnon rakosuuntia. Kamin taakse porataan 4–6 m syvä selkälinja ja kamin alle 6–8 m syvä vaakalinja



Kuva 4. Graniitin louhinnan päävaiheet: Kamin irrotus (a), kamin paloittelu (b), kaatolohkareen paloittelu (c) ja puolivalmiin lohkareen viimeistely (d). Mesimäkeä (1999) ja Vuoliota ja Halosta (2012) mukaellen.

hydraulisilla poralaitteilla. Reikäväli selkälinjassa on 15–40 cm ja vaakalinjassa 20–50 cm. Poralaitteet ovat yleensä metsäkone- tai kaivinkonealustaisia (Luku 5.4.1 Kuva 12). Pysty- ja vaakareivät panostetaan K- tai KK-putkipanoksilla ja räjähtävällä tulilangalla. Ominaispanostus on suuruusluokkaa 40–200 g/m³. Ominaispanostuksen määrä riippuu kiven laadusta, kallion rakenteesta, lohkeavuudesta, lohkeamissuunnasta ja reikäläpimitästä (Vuolio & Halonen 2012). Panostuksen jälkeen kami räjäytetään irti (ns. irrotusräjäytys).



Kuva 5. Tyypillistä graniitinlouhintaa. Kami on irrotettu, paloitteluporaus on käynnissä ja kaatolohkare on kaadettu maahan. Kuva: Maria Palin.

Louhinnan toisessa vaiheessa kami paloitellaan kaatolohkareiksi (lohkarekoko esim. 30 m³) (Kuva 4 b). Porauksessa käytetään hydraulisia poralaitteita. Kaatolohkareet kiilataan tai räjäytetään ja kaadetaan maahan. Nykyään käytetään traktorialustaisia hydraulisia kiilalaitteita (Luku 6.4.2 Kuva 24). Kolmannessa vaiheessa kaatolohkareet paloitellaan pienemmiksi lohkareiksi (esim. 8–15 m³) hydraulisin laittein.

Louhinnan viimeisessä vaiheessa puolivalmis lohkare viimeistellään lopulliseksi määrämittäiseksi ja -muotoiseksi kivilohkarevalmisteeksi (kiviblokiksi) eli louhimon tuotteeksi. Tämän jälkeen kivet mitataan ja numeroidaan eli laatuluokitellaan, ja siirretään varastoalueelle (Kuva 6) kookkaalla 50 tn pyöräkuormaajalla (Luku 5.4.1 Kuva 14). Kiviblokin ominaisuuksille on olemassa ei-harmonisoitu EN-standardi (SFS-EN 1467:en).

Graniitin jatkojalostuksen päävaiheet ovat louhimolla valmistetun kiviblokin sahaus levyiksi, levyjen pintakäsittely, levyjen leikkaus laatoiksi ja laattojen viimeistely. Kiviblokki sahataan levyiksi, joiden paksuus on 10–150 mm. Sahauksessa käytetään automaattisia teräshiekkaraamisahoja, timanttipyörösahoja tai timanttivaijerisahoja. Levyjen pinnan ulkonäkö viimeistellään mekaanisella pintakäsittelyllä. Pintakäsittelyvaihtoehtoja ovat hionta, kiillotus, poltto, ristipäähakkkaus, lohkonta, hiekkapuhallus, kuulapuhallus ja timanttiharjaus. Levyjen leikkaus määrämittäisiksi laatoiksi tapahtuu puolestaan pienillä timanttipyörösahoilla. Levyjen viimeistelyyn kuuluvat mm. reunojen pintakäsittelyt ja kiinnityksissä tarvittavien reikien ja urien työstöt. Tämän jälkeen valmiit levyt pakataan.

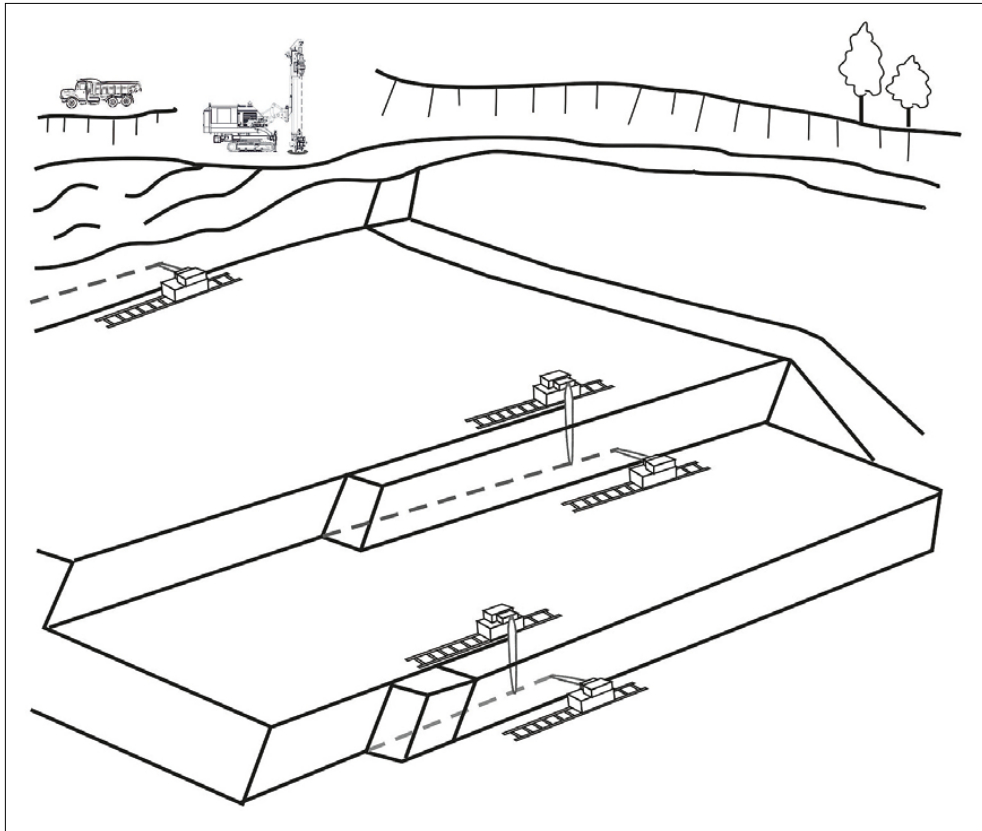


Kuva 6. Graniittilouhimon tuote on määrämuotoinen ja -mittainen, laatuluokiteltu kiviblokki. Kiviblokit varastoidaan omalle varastoalueelleen louhimolla (etualalla). Taustalla sivukiviä. Kuva: Olavi Selonen.

4.2

Vuolukiven louhinta ja jalostus

Vuolukivi on ominaisuuksiltaan pehmeämpää ja sitkeämpää kuin graniitti. Sen louhinnassa käytetään kovametallipaloilla varustettuja ketjusahoja (Mesimäki 1999, 2001, Selonen & Heldal 2003). Alue valmistellaan louhintaa varten poistamalla pintamaat ja sahaamalla tai räjäyttämällä pois esiintymän päällimmäisin, rapautunut kivi ja valmistamalla louhinta-alalle tasainen pinta. Vuolukiveä ympäröivä muu kiviaines (tässä: sivukivi) irrotetaan poraus-räjäytysmenetelmällä. Vuolukiven louhinta tapahtuu avolouhintana (Kuva 7).



Kuva 7. Vuolukiven ketjusahausta louhimossa Vauhkosta (2000) mukaellen.

Ketjusahauksessa kallioon leikataan sekä pysty- että vaakasuoraan sahan terän levyiset raot koko louhimon leveydeltä. Kiviletkan korkeus ja leveys on 1.8–2.3 x 1.85 metriä. Keskimääräinen sahausnopeus on 15 m²/h (4.8–7.2 m/h). Sahausta tapahtuu 6–9 m pitkien kiskojen päältä. Kiskot kiinnitetään kallioon ja terä syötetään kiven sisään. Tällöin saha voidaan kytkeä sahaamaan automaattiohjauksella kiskojen pituuden ja pysähtymään kiskojen päässä. Sen jälkeen saha nostetaan ylös, kiskot irrotetaan kallioista ja siirretään pituutensa verran eteenpäin. Kiskot kiinnitetään kallioon ja sahaus jatkuu. Lohkareet irrotetaan letkasta kivihaarukoilla varustetulla n. 50 tn pyöräkuormaajalla ja kuljetetaan jalostettavaksi kuorma-autoilla. Suurlohkareen paino on noin 10–30 tn. Suurlohkareet paloittellaan hallissa sijaitseville sahauslinjoille sopiviksi 5–15 tn lohkariksi. Läjitettyä kiviainesta (sivukivi, tuotantoon kelpaamaton vuolukivi, sahausjauho) läjitetään läjitysalueelle (kaivannaisjätteen jätealueelle) tai avolouhosten täytöksi.

Vuolukiven jalostuksen työvaiheet ovat kivilohkareiden sahaus, lankkujen paloittelu, tuotteiden pintakäsittely ja jälkikäsittely. Lohkareet sahataan aihioiksi automaattisilla timanttipyörösahoilla. Aihiot puolestaan sahataan lankuiksi automaattisilla moniteräpyörösahoilla. Lankut paloittellaan määrämittäisiksi kappaleiksi timanttiteräisillä katkaisusahoilla. Kappaleet hiotaan ja kalibroidaan. Jälkikäsittelyssä tuotteisiin tehdään erilaisia ponttauksia ja urituksia. Tämän jälkeen valmiit tuotteet pakataan.

Liuskeen ja marmorin louhinta ja jalostus

Liuskekivien tunnusmerkki on niiden taipumus lohjeta laatoiksi. Liuskekiveä louhitaan Suomessa kaivinkoneella, joka voi olla varustettu hydraulisella iskuvasaralla (Selonen & Heldal 2003). Uudenaikaisimmilla louhimoilla liuskelevyaihiot sahataan kalliosta irti timanttivaijerisahalla (Luku 4.5). Irrotetut aihiot lohkotaan liuskelevyiksi käsityönä talttaa ja vasaraa käyttäen, yleensä louhimon läheisyydessä olevalla tuotantopaikalla (Kuva 8). Graniittia pehmeämpää marmoria louhitaan Pohjoismaissa pääasiassa timanttivaijerisahalla irrottamalla (Selonen & Heldal 2003). Marmorin jatkojalostus muistuttaa graniitin jalostusta (Luku 4.1).



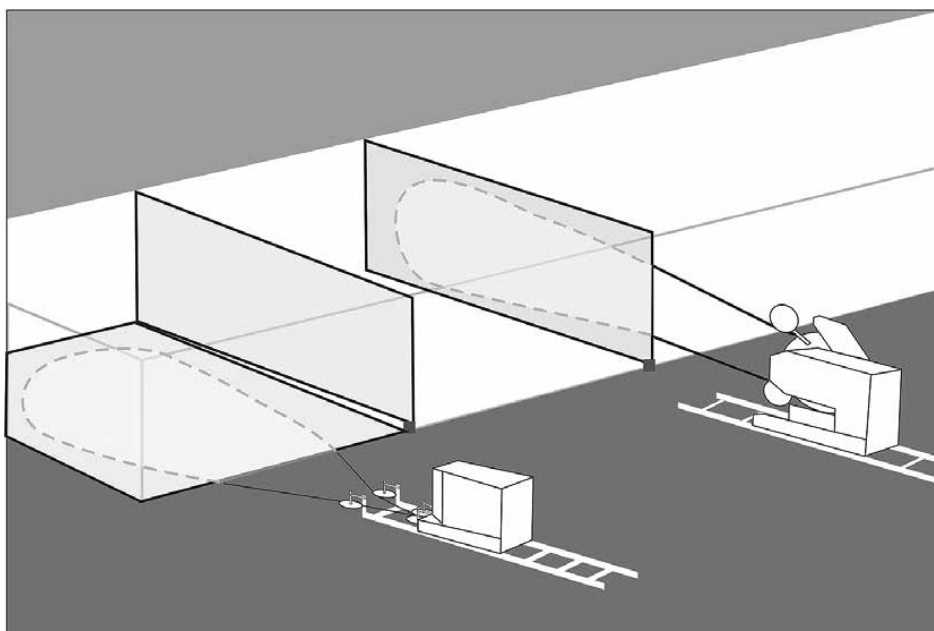
Kuva 8. Liuskekivillä on taipumus lohjeta laatoiksi. Liuskekivilaattoja valmistetaan käsityönä lohkomalla. Kuva: Seppo Leinonen.

Lohkopintaisten tuotteiden valmistus

Lohkopintaisia tuotteita voidaan valmistaa kaikista kivityypeistä, mutta ne ovat tärkeitä etenkin liuskeen tuotannossa (Mesimäki 2001). Niiden valmistuksessa käytetään käsityömenetelmiä ja hydraulisia lohkontalaitteita eli giljotiineja. Giljotiini on laite, jossa hydrauliyksiköllä saadaan aikaan puristusvoima, jolla terien väliin sijoitettu raaka-aine lohkaistaan. Giljotiineista voidaan myös koota tuotantolinjan siten, että ensimmäinen laite lohko aihioita ja loput valmistavat tuotteita, esim. nupu- ja noppakiviä. Käsien lohkontonnassa työmenetelminä ovat mm. paineilmaporaus, kiilaus ja meislaus.

Timanttivaijerisahaus

Timanttivaijerisahausta (Kuva 9) voidaan käyttää osana louhintaa (kamin irrotus-louhinta sekä jatkopaloittelu) tai jatkojalostusta kaikille kivityypeille, mutta pääosin sitä käytetään pehmeämmille kiville kuten marmorille ja liuskeelle (Ärmänen 1995, Mesimäki 1999, Selonen & Heldal 2003, Vuolio & Halonen 2012). Sahauskaluston pääosat ovat saha, vaijeri ja porauslaite. Timanttivaijerisahassa kiveä kuluttavina osina toimivat vaijerin ympärille pujotetut timanttipäällysteiset kovametallisegmenit. Haluttuun sahaustasoon kalliossa porataan kaksi (kolme) toisensa kohtaavaa reikää, joiden kautta sahausvaijeri pujotetaan. Vaijerin ja kiven kontaktiin järjestetään vesihuuhtelu ($1 - 10 \text{ m}^3/\text{vrk}$), jolla jäädytetään vaijeria ja poistetaan syntynyt kivi-jauhe. Sahaus tapahtuu ajamalla sahaa kiskoilla pois päin leikkauksesta (Kuva 9b). Vaijerisahaamisen käyttöä Suomen olosuhteissa rajoittavat jäätymisongelmat talvella, sekä etenkin rapakivigraniittialueilla yleiset kalliojännitykset, jotka voivat jopa estää vaijerisahaamisen kokonaan tietyillä esiintymillä tai esiintymän osa-alueilla (Mesimäki 1999, Vuolio & Halonen 2012).



Kuva 9. Timanttivaijerisahaamisen periaate Marini Quarries Group 'ia (2014) mukaellen (a). Graniitin vaijerisahausta louhimolla. Kuva Jani Kankare (b).



Luonnonkiven louhinta Suomessa

- Graniitinlouhinnan päävaiheet ovat kamin irrotus kalliosta ja kamin paloittelu räjäytys – poraus -menetelmällä sekä määrämittaisten kiviblokkien valmistus hydraulisilla kiilauslaitteilla
- Vuolukiven louhinnassa käytetään ketjusahoja ja kivihaarukalla varustettua pyöräkuormaajaa
- Liuskeiden louhinnassa käytetään kaivinkonetta, joka voi olla varustettu hydraulisella iskuvasaralla
- Marmoria louhitaan pääasiassa timanttivaijerisahalla irrottamalla
- Luonnonkiven louhinnassa käytetyn räjähdysaineen määrä on louhittua kiintokuitia kohti vähäinen ja pieni verrattuna malmi- tai kiviaineslouhintaan
- Louhinta- ja jalostusmenetelmät ovat mekaanisia ja räjähdysaineet ainoita louhinnassa käytettäviä kemikaaleja

5 Ympäristömelu luonnonkivituotannossa

5.1

Äänen peruskäsitteitä

5.1.1

Ääni ja melu

Ääni on mekaanista aaltoliikettä, joka etenee väliaineessa. Väliaineena voi olla esimerkiksi kaasu tai kiinteä aine. Ilmassa ääni on ilmahiukkasten värähtelyä, joka aiheuttaa ilmanpaineen vaihtelua. Ihminen havaitsee paineen muutokset kuuloaistin välityksellä äänenä. Paineen vaihtelua vallitsevan ilmanpaineen suhteen kutsutaan äänenpaineeksi. Vaihtelu on erittäin pientä ilmanpaineeseen verrattuna.

Melulla tarkoitetaan ääntä, jonka ihminen kokee epämiellyttävänä tai häiritsevänä tai joka on hänen terveydelleen tai muulle hyvinvoinnilleen haitallista. Riittävän voimakas tai ominaispiirteiltään huomiota herättävä ääni voidaan kokea meluna. Kokemus on henkilökohtainen; toisen mielestä esimerkiksi ulkoilmakonsertin ääni on melua ja toisen mielestä nautittavaa ääntä. Ympäristömelua syntyy useista eri lähteistä, kuten liikenteestä, teollisuudesta, rakennustyömaista ja ulkoilmatapahtumista.

5.1.2

Äänitehotaso, äänenpainetaso, taajuus ja keskiäänitaso

Ympäristömelussa emissiolla tarkoitetaan äänilähteen äänipäästöä ja immissiolla tarkastelupisteen äänitason. Normaalisti ympäristömelulähteiden äänipäästö eli emissio ilmoitetaan äänitehotasona L_w . Tarkastelupisteen äänitaso eli immissio ilmoitetaan tavallisesti äänenpainetasona L_p . Äänitehotason ja äänenpainetason yksikkö on desibeli [dB].

Ihmisen normaali kuuloaistimuksen taajuusalue on 20–20 000 Hz. Ihmisen kuulon herkkyys eri taajuuksien äänille on erilainen: korva on hyvin epäherkkä pienien taajuuksien äänille ja epäherkkä suurien taajuuksien äänille. Herkimmillään korva on taajuusalueella 2 000–5 000 Hz.

Ympäristömelu voi olla taajuusalueeltaan laajakaistaista tai kapeakaistaista tai näiden yhdistelmä. Laajakaistaisessa melussa ei ole erottuvaa komponenttia. Kapeakaistaisessa melussa jonkin taajuuskaistan äänenpainetaso on selvästi suurempi viereisiin taajuuskaistoihin nähden. Tämä on kuultavissa erottuvana komponenttina muusta äänestä.

Voimakkuudeltaan tasaista melua voidaan arvioida yksittäisten hetkellisten arvojen perusteella. Pitkäaikaisen vaihtelevan melun voimakkuuden ilmoittamiseen ja vaikutusten arviointiin käytetään keskiäänitasona L_{eq} . Keskiäänitason on useissa tutkimuksissa todettu olevan paras tapa arvioida vaihtelevan melun haittoja ja se on tässä tarkoituksessa käytössä Suomen lisäksi useissa muissa maissa. Keskiäänitasolle käytettäviä muita nimityksiä ovat ekvivalentti A-äänitaso ja ekvivalenttitaso.

Valtioneuvoston päätöksessä 993/1992 esitetyt melutason ohjearvot on annettu keskiäänitasoina.

5.2

Äänen leviäminen ympäristössä

Äänilähteen ympäristöönsä aiheuttamaan äänikenttään ja siten ympäristön äänitasoon vaikuttavat äänilähteen ominaisuuksien lisäksi ympäristön olosuhteet. Äänilähteen ominaisuuksia ovat ääniteho eli äänisäteilyn määrä ja säteilyn suuntaavuus. Äänen eteneminen noudattaa yleisiä aalto-opin lakeja. Ääni heijastuu pinnoista, siroaa pienten kappaleiden vaikutuksesta, taipuu esteiden taakse, taittuu väliaineen ominaisuuksien muuttuessa ja absorboituu erityisesti huokosiin materiaaleihin.

Äänen leviämiseen vaikuttavia tekijöitä – etäisyysvaimennus, ilman absorptiovaimennus, maavaimennus, kasvillisuusvaimennus, esteiden vaimennus ja sääolosuhteiden vaikutus – on tarkasteltu liitteessä 3.

5.3

Melutason raja-arvot

5.3.1

Valtioneuvoston asetus 800/2010

Valtioneuvoston päätöksessä 993/1992 on annettu melutason ohjearvot ulkoalueille (Taulukko 4) (VnP 993/1992). Valtioneuvoston asetuksessa 800/2010 päätöksen ohjearvot muutettiin raja-arvoiksi (VnA 800/2010). Valtioneuvoston päätöstä 993/1992 sovelletaan meluhaittojen ehkäisemiseksi ja ympäristön viihtyisyyden turvaamiseksi maankäytön, liikenteen ja rakentamisen suunnittelussa sekä rakentamisen lupamennettelyssä. Päätöstä ei sovelleta teollisuus-, katu- ja liikennealueilla eikä melusuoja-alueiksi tarkoitetuilla alueilla. Päätöksessä 993/1992 on maininta, että jos melu on luonteeltaan iskumaista tai kapeakaistaista, mittaus- tai laskentatulokseen lisätään 5 dB ennen sen vertaamista edellä mainittuihin arvoihin.

Taulukko 4. Ulkoalueiden keskiäänitason raja-arvot luonnonkivituotannon ympäristömelulle (VnP 800/2010).

Alueen käyttötarkoitus	Keskiäänitaso LA _{eq}	
	Kl _o 7–22	Kl _o 22–7
Asumiseen käytettävät alueet, virkistysalueet taajamissa ja taajamien välittömässä läheisyydessä, hoitolaitoksia palvelevat alueet	55 dB(A) ¹	50 dB(A) ^{1,2}
Oppilaitoksia palvelevat alueet	55 dB(A)	-
Loma-asumiseen käytettävät alueet, leirintäalueet, taajamien ulkopuolella olevat virkistysalueet ja luonnonsuojelualueet	45 dB(A)	40 dB(A) ³

¹ Loma-asumiseen käytettävillä alueilla taajamassa voidaan soveltaa näitä ohjearvoja.

² Uusilla alueilla yöohjearvo on 45 dB(A).

³ Yöohjearvoa ei sovelleta sellaisilla luonnonsuojelualueilla, joita ei yleisesti käytetä oleskeluun tai luonnon havainnointiin yöllä.

Ulkoalueille sovellettavat raja-arvot on annettu taulukon 4 mukaisesti keskiäänitasoina. Ulkoalueiden hetkelliselle enimmäisäänitasolle ei ole annettu ohje- tai raja-arvoa.

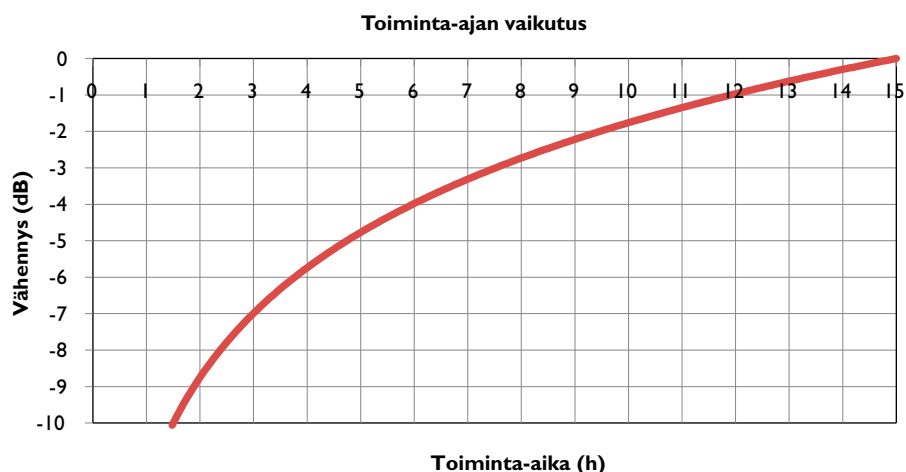
Valtioneuvoston päätöksessä 993/1992 on esitetty myös ohjearvot sisätilojen keskiäänitasolle tilojen käyttötarkoituksen mukaisesti jaoteltuna. Ohjearvo asuinhuoneen päiväajan keskiäänitasolle on 35 dB(A). Asuinrakennusten julkisivun ääneneristävyyden seurauksena sisä-äänitaso täyttää normaalisti vaatimuksen 35 dB(A), kun ulkoalueiden raja-arvo 55 dB(A) rakennuksen piha-alueella ei ylitä.

5.3.2

Toiminta-aikakorjaus

Mikäli tarkastelun kohteena olevan melun aiheuttajan toiminta-aika on lyhyempi kuin 15 h päivällä tai 9 h yöllä, tehdään toiminnan aiheuttamaan äänitasoon toiminta-ajan mukainen korjaus ennen mittaus- tai laskentatuloksen vertaamista raja-arvoihin. Toiminta-ajasta aiheutuva korjaus tehdään päiväajan keskiäänitasoon. Jos toimintaa on 15 h päivällä klo 7–22 välisenä aikana (eli koko ajan) verrataan tulosta suoraan raja-arvoihin. Jos melua tuottavaa toimintaa on 8 h, tulee tuloksesta vähentää 2,7 dB. Vastaavasti muiden toiminta-aikojen aiheuttama korjaus voidaan lukea kuvasta 10. Toiminta-aikakorjauksesta johtuen toiminnan aikainen keskiäänitaso voi olla hieman raja-arvoa suurempi, kunhan päiväaikaan sisältyy riittävästi myös raja-arvoa pienempää äänitasoa.

Usein laskennallisissa mallinuksissa toiminta-aikakorjaus tehdään valmiiksi melukarttoihin huomioimalla lähtöarvoissa melulähteiden todelliset työajat.



Kuva 10. Toiminta-ajan mukainen korjaus mittaus- tai laskentatulokseen ennen sen vertaamista päivä-ajan keskiäänitasona annettuun raja-arvoon.

5.4

Luonnonkivituotannon melulähteet

Luonnonkivituotannon merkittävimpiä ympäristömelulähteitä ovat poraus, maansiirtoautot, pyöräkuormaajat ja räjäytys sekä sivukiven kaato sivukivialueelle (Kuva 11). Melulähteistä räjäytys ja sivukiven kaato ovat tyypiltään lyhytkestoisia ja vain ajoittain toistuvia. Muut melulähteet ovat ”jatkuvasti” toiminnassa olevia.

Taulukossa 5 on esitetty luonnonkivituotannon melulähteiden keskimääräiset melupäästöt. Arvot perustuvat vuonna 2014 tehtyihin mittauksiin (Kankare 2014).



Kuva 11. Suuri graniittilouhimo, jossa porayksiköt ja työkonet ovat toiminnassa. Louhinta etenee penkereittäin. Varovaisesta räjäytystekniikasta johtuen louhimon pystyseinämat ovat pysyviä. Kuva: Jani Kankare.

Taulukko 5. Melulähteiden A-taajuuspainotetut kokonaisäänitehotasot

Melulähde	Äänitehotaso L_{WA} (dB(A))	Melutyyppi
Porayksikkö	122	Tasainen
Pyöräkuormaaja	105–110	Tasainen
Maansiirtoauto	105	Tasainen
Kiilaaminen	110–115	Tasainen
Sahaaminen	100–105	Tasainen
Räjäytys	Äänialtistustasona $L_{AE} = 161$	Impulssimainen
Sivukiven kaato	Äänialtistustasona $L_{AE} = 135$	Impulssimainen

5.4.1

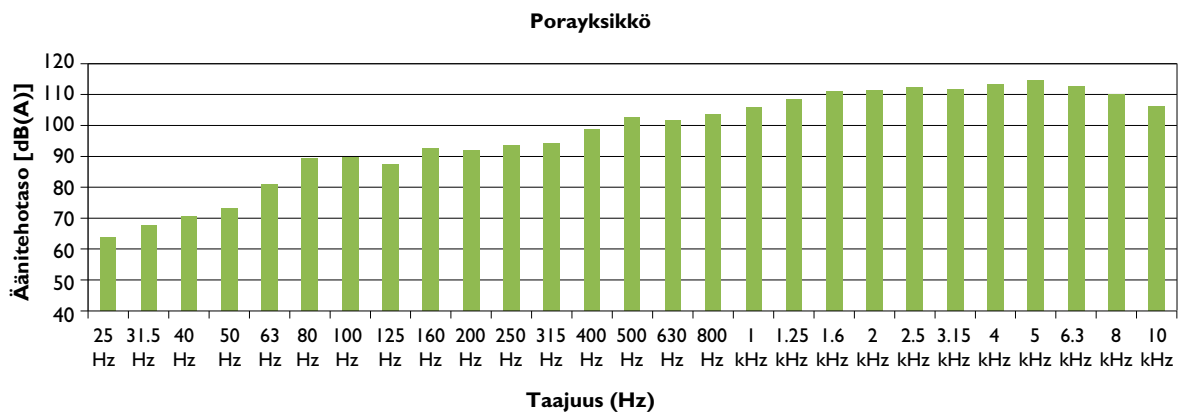
Porayksikkö

Osa luonnonkivilouhimoilla käytettävistä porayksiköistä on rakennettu metsätyökonealustalle ja osa on kaivinkonealustaisia (Kuva 12). Työkone tuottaa vain varsinaiseen poraukseen tarvittavan energian ja voiman, ja se voi näin ollen olla myös esimerkiksi traktori tai kuorma-auto. Porayksikköjä käytetään kamin irrotusräjäytystä varten tehtävien pysty- ja vaakareikien poraamiseen, kamin irtoamista helpottavaan päädyn avaamiseen ja paloitteluporaamiseen. Melupäästön kannalta eri poraustöissä ei ole merkittävää eroa (ympäristöön leviävän äänen määrässä voi kuitenkin olla merkittävää eroa johtuen porayksikön sijaintipaikasta). Porayksikössä osamelulähteitä ovat itse poraus (poranterän ja kiviaineksen välinen kontakti), työkoneneen moottori ja kompressori sekä pölynpoistoyksikkö.

Mitatuille porayksiköille määritettiin keskimääräinen äänitehotaso terssikaistoitain (Kankare 2014) (Kuva 13). Äänitehotaso on esitetty A-taajuuspainotettuna eli kuten melupäästö lähietäisyydellä kuullaan. Äänitehotaso on suurimmillaan yli 1 000 Hz:n taajuuksilla. Tämä osa äänestä on lähes kokonaan peräisin itse porauksesta.



Kuva 12. Metsätyökonealustainen (a) ja kaivinkonealustainen (b) porayksikkö. Kuvat: Jani Kankare.



Kuva 13. Porayksikön A-taajuuspainotettu äänitehotaso terssikaistoittain. Porayksikön kokonaisäänitehotaso on LWA = 122 dB(A) (Kankare 2014).

Korkeasta taajuudesta johtuen varsinaisen porausäänen vaimentuminen on nopeaa etäisyyden kasvaessa. Työkoneen moottorista ja kompressorista aiheutuva ääni on pienitaajuisempaa painottuen selvästi alle 1 000 Hz:n taajuuksille. Terssikaistoilla $f = 80$ ja 100 Hz on havaittavissa pientä melupäästön kohoumaa, joka on peräisin juuri työkoneen moottorista ja kompressorista. Pölynpoistoyksikön merkitys äänilähteenä on melko vähäinen silloin, kun laitteisto on hyvässä toimintakunnossa. Huoltamaton pölynpoistoyksikkö voi aiheuttaa kapeakaistaista ulisevaa melua.

5.4.2

Pyöräkuormaaja

Pyöräkuormaajia käytetään louhimolla muun muassa paloitetujen lohkareiden siirtämiseen, kuljetusrekka-autojen lastaamiseen ja sivukivien kuljettamiseen sivukivi-alueille (Kuva 14). Pyöräkuormaajan melupäästöstä merkittävä osa tulee moottorista. Kivien käsittely aiheuttaa erilaisia kolahduksia, mutta näiden merkitys ympäristön kannalta on usein lähes merkityksetön kolahduksien vähyyden takia ja myös siksi, että suuri osa niistä tapahtuu louhimon alemmilla tasoilla, joista äänen leviäminen ympäristöön on vähäisempää kuin ylätasoilta. Myös peruuttamisesta varoittavalla äänimerkillä voi olla merkitystä kokonaismelupäästöön riippuen peruutuksien määrästä ja varoitusäänimerkin voimakkuudesta.

Laitetekniikan ja työkoneiden äänenvaimennuksen kehittymisen myötä pyöräkuormaajien melupäästö on selvästi vähentynyt viimeisen kahdenkymmenen vuoden

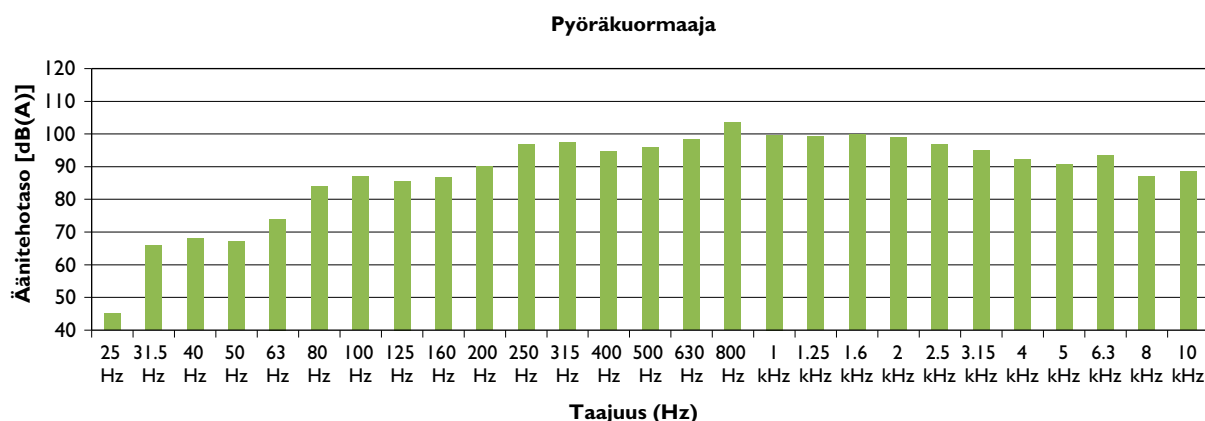
aikana. Vielä noin viisitoista vuotta sitten pyöräkuormaajien äänitehotaso oli noin 115 dB(A), kun se nykyään on 105–110 dB(A). Melupäästö on siis pienentynyt jopa kymmenen desibeliä.

Pyöräkuormaajien melupäästön hallinta perustuu työkoneen normaalin huollon lisäksi äänenvaimentimien kunnan tarkkailuun. Pakokaasujen poistokanavan äänenvaimentimen toimivuutta tulee tarkastella kuulohavaintojen perusteella ja moottorikotelon ja muiden vastaavien suojiin vaimennusmateriaalien kuntoa silmä määräisesti. Kun äänenvaimentimet pidetään kunnossa pysyy melupäästö uutta laitetta vastaavalla tasolla.

Tutkituille pyöräkuormaajille määritettiin keskimääräinen äänitehotaso terssikaistoittain (Kankare 2014) (Kuva 15). Äänitehotaso on esitetty A-taajuuspainotettuna eli kuten melupäästö lähietäisyydellä kuullaan. Äänitehotaso on jakaantunut tasaisesti eri taajuuksilla ja voimakkaasti erottuvia komponentteja melupäästössä ei ole havaittavissa. Pyöräkuormaajien peruutusvaroitussääni on erottuva ääni, jonka taajuus on noin 1 000 Hz. Varoitussignaalin voimakkuus tulisikin säätää siten, että voimakkuus on riittävä työturvallisuuden kannalta, mutta se ei ole tarpeettoman suuri aiheuttaen ympäristössä kuultavissa olevaa melua. Varoitussignaalin kapeakaistaisuudesta ja taajuudesta johtuen varoitussääni voi olla kuultavissa esimerkiksi 500 metrin etäisyydellä louhimosta, vaikka sen äänitaso jää selvästi tarkkailupisteen muuta äänitasoa pienemmäksi. Toisin sanoen varoitussäänimerkki voi olla ympäristössä selvästi kuultavissa, vaikka sillä ei ole vaikutusta ympäristön äänitasoihin.



Kuva 14. Pyöräkuormaaja. Kuva: Jani Kankare.



Kuva 15. Pyöräkuormaajan A-taajuuspainotettu äänitehotaso terssikaistoittain. Pyöräkuormaajan kokonaisäänitehotaso on LWA = 110 dB(A) (Kankare 2014).

5.4.3

Maansiirtoauto

Maansiirtoautoja käytetään louhimolla muun muassa sivukivien kuljettamiseen sivukivialueille (Kuva 16). Maansiirtoauton melupäästö tulee käytännössä kokonaisuudessaan moottorista. Toinen äänilähde maansiirtoautoissa on peruuttamisen varoitusäänimerkki.

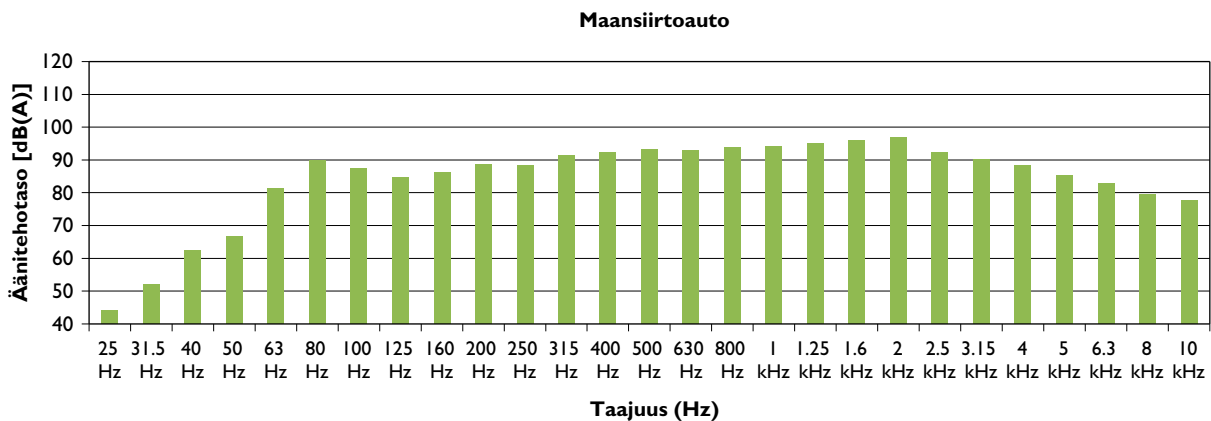
Maansiirtoautojen melupäästö on selvästi vähentynyt laitetekniikan ja työkoneiden äänenvaimennuksen kehittymisen myötä. Vielä noin viisitoista vuotta sitten maansiirtoajoneuvojen äänitehotaso oli tyypillisesti 110–115 dB(A), kun se nykyään on noin 105 dB(A).

Maansiirtoajoneuvojen melupäästön hallinta perustuu pyöräkuormaajien kaltaisesti työkoneen normaalin huollon lisäksi äänenvaimentimien kunnon tarkkailuun. Kun moottorikoteloinnit, äänenvaimentimet ja muut melupäästöön vaikuttavat osat pidetään kunnossa, pysyy melupäästö uutta laitetta vastaavalla tasolla.

Maansiirtoauton äänitehotaso on jakaantunut tasaisesti eri taajuuskaistoille ja näin ollen melupäästössä ei ole havaittavissa kapeakaistaisuutta (Kuva 17).



Kuva 16. Maansiirtoauto. Kuva: Jani Kankare.



Kuva 17. Maansiirtoauton A-taajuuspainotettu äänitehotaso terssikaistoittain. Maansiirtoauton kokonaisäänitehotaso on LWA = 105 dB(A) (Kankare 2014).

5.4.4

Sivukiven kaato

Yhden sivukivikaadon melupäästö äänialtistustasona ilmoitettuna on keskimäärin $L_{AE} = 135$ dB(A). Altistustasosta saadaan laskettua tiettyä kaatomäärää vastaava äänitehotaso päiväjän tarkastelujaksolle kaavalla:

$$L_{WA} = 135 + 10 \times \lg \left(\frac{\text{kaatojen määrä}}{54000} \right)$$

Esimerkiksi kymmenen kaadon äänitehotaso on 98 dB(A).

Kaatojen äänitehotaso ja siten vaikutus ympäristön kokonaisäänitasoon on pieni suhteessa muihin melulähteisiin.

5.4.5

Muut melulähteet

Muita luonnonkivilouhimon melulähteitä ovat kiilaus, räjäytykset, sahaaminen ja tieliikenne.

Kiilausta käytetään kivilohkareiden pienentämiseen haluttuun kokoon. Kiilaamisessa kiveen porataan rivi reikiä, joihin joko 1) isketään kiilat tai 2) asetetaan kiilat, jotka levitetään paineilmaa tai hydraulista painetta käyttäen. Kiilat aiheuttavat kiveen jännityksen ja lopulta lohkaisevat sen. Kiilauksen melupäästö eli äänitehotaso on noin 110–115 dB(A) eli merkittävästi porausta pienempi. Kiilauksen merkitys ympäristön melutasoihin on pienemmästä melupäästöstä johtuen usein merkityksetön.

Räjäytyksiä käytetään kamin irrottamiseen kiintokalliosta ja erilaisiin rikkoräjäytyksiin, kuten sivukiveksi päätyvän kivilohkareiden pienentämiseen. Räjäytyksen aiheuttama äänitaso voi olla hetkellisesti suuri, mutta sen kesto on normaalisti vain noin 1–3 sekuntia. Kamin irrotuksen keskimääräisen äänitehotason altistustasona ilmoitettuna mitattiin olevan 161 dB(A). Pienempien rikkoräjäytyksien ja muiden mahdollisten räjäytysten melupäästö on tätä pienempi. Räjäytysmelua ei normaalisti huomioida ympäristön melutasojen arvioinnissa.

Vuolukiven louhinnassa (Luku 4.2) käytetään ketjusahausta. Kallioon sahataan pysty- ja vaakasuoraan sahan terän levyiset raot. Kiviletkan korkeus ja leveys on noin 2 x 2 metriä. Lohkareet irrotetaan letkasta kivihaarukoilla varustetulla pyöräkuormaajalla. Ketjusahaamisen melupäästö on pieni, äänitehotasoltaan 100–105 dB(A).

Vaijerisahaamista (Luku 4.5) voidaan käyttää sekä kamin irrotuksessa että kamin pienentämisessä haluttuun lohkarokokoon. Sahaamisen melupäästö on hyvin pieni, sillä sen äänitehotaso on noin 100 dB(A). Kamin irrottaminen kiintokalliosta sahaamalla korvaa irrotusräjäytyksen, mutta sahaaminen edellyttää kuitenkin alkureikien poraamista, joiden avulla vaijeri saadaan kallion sisään sahausta varten.

Tieliikenne louhimoille jakaantuu kahteen osaan: 1) työntekijöiden henkilöauto-liikenteeseen ja 2) tuotelohkareiden kuljetukseen rekka-autoilla. Pienillä louhimoilla tuotekuljetuksia on keskimäärin korkeintaan muutama auto työpäivässä ja suurilla louhimoilla noin 10 autokäyntiä työpäivässä. Näin ollen liikenteen vaikutus ympäristön äänitasoihin on normaalisti merkityksettömän pieni erityisesti silloin, kun louhimo sijaitsee vilkkaasti liikennöidyn tien läheisyydessä. Tieliikenteen merkitys voi olla suurempi, jos liikenne kulkee muutoin vähäisesti liikennöidyllä tiellä, jonka läheisyydessä sijaitsee asuinrakennuksia. Tällöinkin keskiäänitaso jää normaalisti selvästi ohjearvotasoa pienemmäksi, mutta ohiajojen aikainen hetkellinen äänitaso voidaan kokea häiritsevänä. Ohjearvoa ohiajon aikaiselle enimmäistasolle ei kuitenkaan ole.

Ympäristömelu luonnonkivenlouhinnassa

- Melulla tarkoitetaan ääntä, jonka ihminen kokee epämiellyttävänä tai häiritsevänä tai joka on hänen terveydelleen tai muulle hyvinvoinnilleen haitallista
- Äänen leviämiseen vaikuttavat louhimon ympäristö (maaston muodot, esteet, maanpinnan kovuus, kasvillisuus) sekä sääolosuhteet
- Luonnonkivilouhimon melulähteitä voivat olla poralaitteet, pyöräkuormaajat, maansiirtoautot, sivukiven kaato, kiilaus, räjäytykset, sahaaminen ja tieliikenne
- Laitetekniikan ja työkoneiden äänenvaimennuksen kehittyminen on selvästi vähentänyt louhintatyössä käytettyjen laitteiden melupäästöjä viimeisten 20 vuoden aikana

5.5

Ympäristömelun arviointi

Luonnonkivituotannon aiheuttama ympäristömelu voidaan arvioida laskennallisella mallinnuksella ja/tai tekemällä melumittauksia melulle altistuvissa kohteissa. Luotettavimpaan lopputulokseen päästään selvittämällä melutasot molemmilla tavoilla ja vertaamalla tuloksia keskenään ja tekemällä vertailun perusteella tarvittaessa lisätutkimuksia. Usein myös uuden toiminnan aiheuttama melutaso arvioidaan ensin mallintamalla, ja toiminnan käynnistyttyä melutasot varmistetaan melumittauksilla.

5.5.1

Laskennallinen mallinnus

Melutason laskennallista mallinnusta käytetään suunnitteilla olevan toiminnan aiheuttaman melutason arvioimiseksi, kun melumittauksia ei vielä voi tehdä. Lisäksi mallinnusta käytetään usein jo toimivan louhimon laajennuksen tai meluntorjuntatoimenpiteiden suunnittelemiseen ja niiden toimivuuden arviointiin. Laskennallinen mallinnus on erittäin kustannustehokas tapa arvioida erilaisten torjuntatoimenpiteiden vaikutuksia ennen varsinaisten toimenpiteiden tekemistä. Laskennallisella mallinnuksella voidaan myös etukäteen varmistaa, että suunnitellut toimenpiteet ovat toimivia ja riittävän tehokkaita. Näin vältytään turhilta investoinneilta, jotka eivät kuitenkaan johtaisi haluttuun lopputulokseen.

Melutasojen laskennallinen mallinnus edellyttää tietoa äänilähteistä (lukumäärät ja toiminta-ajat) ja näiden melupäästöistä. Myös toimintaan liittyvä liikenne tulee huomioida selvityksen laadinnassa. Melumallinnus laaditaan nykyisin tyypillisesti tätä varten tehdyllä kaupallisella ohjelmalla. Laskentamallit ovat luonteeltaan ääriarvomalleja ja mallintavat äänen leviämistä optimaalisissa olosuhteissa. Laskentaohjelmaan tehdään louhimosta ja sen ympäristöstä mahdollisimman totuudenmukainen kolmiulotteinen malli, joka sisältää mm. korkeuserot ja rakennukset. Tämän lisäksi ohjelmaan syötetään tiedot melun leviämiseen vaikuttavista tekijöistä, mm. maanpinnan akustisista ominaisuuksista. Akustisesti kovalla pinnalla (vesi, paljaat kallioalueet, asfalttikentät) ääni leviää pidemmälle kuin akustisesti pehmeällä maanpinnalla (metsät, pellot, nurmialueet).

Laskentamalliin syötetään tiedot myös olemassa olevista maavalleista tai suunnitelluista valleista sekä melulähteiden sijainnit eri tarkastelutilanteissa. Lopputuloksena saadaan melukartta, josta voidaan lukea melualueiden leviäminen eri tarkastelusuuntiin.

Laskennallista mallinnusta voidaan käyttää toiminnan eri vaiheiden aiheuttaman melun arviointiin. Tarkasteltavia vaiheita voivat olla esimerkiksi toiminnan alku-, väli- ja loppuvaihe. Luonnollisesti useiden välivaiheiden tarkastelu on mahdollista ja suositeltavaakin suuren louhimon ja pitkäkestoisen toiminnan ollessa kysymyksessä.

5.5.2

Ympäristömelun mittaus

Ympäristömelumittauksia käytetään toiminnan aiheuttaman melutason tarkkailussa (Kuva 18). Ympäristöministeriö on vuonna 1995 julkaissut yleisohjeen ympäristömelun mittaamisesta (Ympäristöministeriö 1995). Ohjeen tarkoituksena on varmistaa mittaustulosten vertailukelpoisuus ja luotettavuus. Mittausohjeessa mittausoaloja koskeviksi vaatimuksiksi on esitetty (ellei äänitasoa haluta jostakin syystä määrittää juuri tietyissä sääolosuhteissa): 1) ei sadetta, 2) tuulen nopeus on korkeintaan 5 m/s mitattuna vähintään 2 m:n korkeudella, 3) tuulen suunta on melulähteestä mittauspisteeseen päin suunnilleen sektorissa $\pm 45^\circ$, 4) taustamelun aiheuttama äänitasoindikaatio on vähintään 10 dB alle mitattavan äänitason ja 5) äänitasomittarin tarkkuusluokka on 2 tai parempi. Lisäksi mitattavan toiminnan tulee luonnollisesti vastata tilannetta, jonka äänitaso mittauksella halutaan selvittää.

Ympäristömelun mittauksissa ohjeen kaikki vaatimukset voidaan yleensä täyttää mittaajankohdan huolellisella valinnalla. Vaatimus taustamelun pienuudesta suhteessa tarkasteltavan toiminnan aiheuttamaan äänitasoon ei välttämättä kaikissa tilanteissa toteudu. Tällainen tilanne voi tulla kyseeseen esimerkiksi mittauspisteen sijaitessa kaukana tarkasteltavasta toiminnasta tai jos mittauspisteen läheisyydessä on jokin muu ääntä aiheuttava toiminta, kuten vilkasliikenteinen tie. Tällöin tuloksena voidaan usein vain esittää, että tarkasteltavan toiminnan aiheuttama äänitaso on alle tietyn arvon. Esitettävä tulos ja johtopäätös perustuvat tällöin mittauksen yhteydessä tehtyihin havaintoihin äänitason suuruudesta.



Kuva 18. Ympäristömelun mittaus lomarakennuksen pihalla. Kuva: Jani Kankare.

Ympäristössä suoritettavan mittauksen ajaksi on suositeltavaa jättää äänitasomittari louhimolle sopivalle etäisyydelle kaikista louhimon melulähteistä. Mittauspisteeseen ja louhimon välisen etäisyyden ollessa suuri on mahdollista, että mittauspisteellä louhimotoiminnasta ei kuulu mitään tai kuuluu erittäin vaimeasti. Louhimolle jätetyn äänitasomittarin äänitasokuvaajan perusteella voidaan varmistaa toiminnan olleen edustavasti käynnissä koko ympäristömelumittauksen ajan.

5.6

Ympäristömelu luonnonkivilouhimon ympäristössä

Ympäristömelu luonnonkivilouhimon ympäristössä on lopputulos louhimolla käytettävien melulähteiden yhteisvaikutuksesta. Louhimon aiheuttama ympäristömelu voidaan jakaa karkeasti kahteen osaan: tasaiseen jatkuvaan ääneen ja vain ajoittain kuuluviin ääniin. Jatkuvia melulähteitä ovat poraus, sahaus ja työkoneiden moottoriäänet. Ajoittain kuuluvia ääniä ovat räjäytykset ja niihin liittyvät varoäänet, työkoneiden peruuttamisen varoitusäänimerkki, sivukiven kaatoäänet ja kivien käsittelyssä syntyvät kolahdukset.

Louhimolla tehtävien räjäytysten määrä vaikuttaa räjäytysmelun merkittävyyteen ympäristön kokonaismelutilanteessa. Pienellä louhimolla räjäytysten määrä on usein niin pieni (esimerkiksi kamin irrotus noin kerran kuukaudessa), että räjäytyksien merkittävyys on melko vähäinen. Suurella louhimolla räjäytyksiä on useammin ja näin ollen myös niiden merkittävyys on suurempi. Kamin irrotusräjäytystä pienempien räjäytyksien aiheuttama äänitaso on noin 15–20 dB(A) pienempi kuin irrotusräjäytyksen.

Sivukiven kaatojen, varoitusäänien ja kolahduksien merkitys ympäristön keskiäänitasoon on usein hyvin pieni. Kyseiset melulähteet voivat kuitenkin olla hyvin kuultavissa louhimon ympäristössä. Työkoneiden peruuttamisesta ilmoittavan varoitusäänimerkin taajuus on sellainen, jota muista louhimon melulähteistä ei merkittävästi aiheudu. Myöskään luonnon, esimerkiksi tuulen aiheuttamat, taustäänet eivät mahdollista linnun laulua lukuun ottamatta sisällä äänimerkin taajuutta ja näin ollen varoitusääni erottuu muusta äänestä louhimon ympäristössä.

Yhden porayksikön aiheuttama äänitaso tasaisessa maastossa on 55 dB(A) noin 350 m etäisyydellä. Vastaavasti pyöräkuormaajan äänitaso on 55 dB(A) noin 100–150 m etäisyydellä ja maansiirtoajoneuvon noin 100 m etäisyydellä. Arviointi on tehty olettaen äänilähteen olevan kovan pinnan päällä, mutta muun ympäristön akustisesti pehmeää kuten metsää. Todellisuudessa ympäristön äänitaso on usean louhimolla toimivan äänilähteen summa. Lisäksi äänilähteiden sijainti suhteessa ympäristön korkeusasemaan ja todelliset toiminta-ajat ja työkoneiden liikkuminen louhimolla vaikuttavat melun leviämiseen tarkastelupisteisiin. Myös louhimon ympäristöllä, kuten maaston muodoilla, maanpinnan kovuudella ja kasvillisuudella, on vaikutusta äänen leviämiseen.

5.6.1

Mittaustuloksia louhimoiden ympäristössä

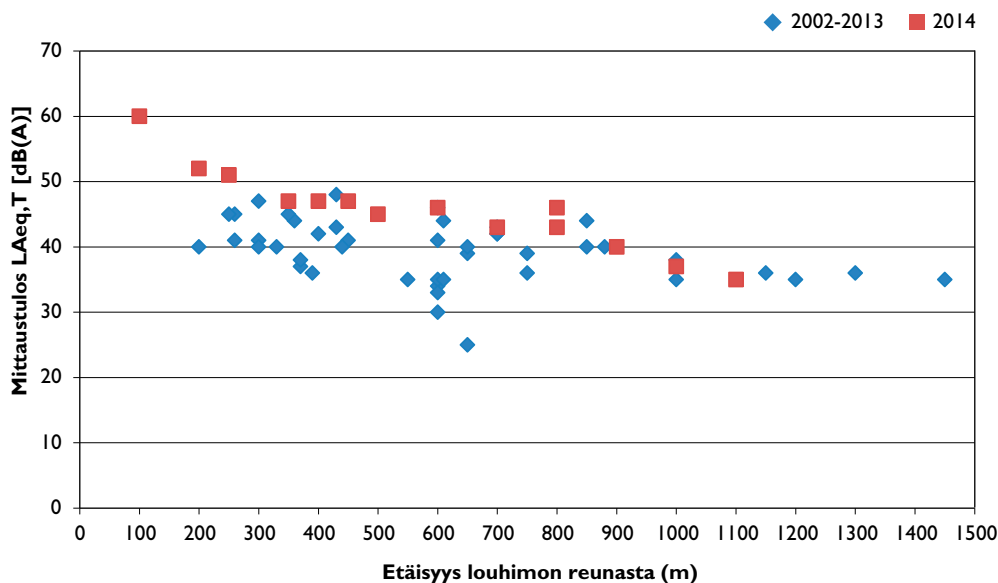
Seuraavassa on esitetty vuosien 2002–2014 aikana graniittilouhimoiden ympäristössä tehtyjen äänitasomittausten tuloksia (Kankare 2014). Tulokset sisältävät kolmenatoista eri ajankohtana, yhteensä yhdellätoista eri louhimolla tehdyt mittaukset. Tuloksina on esitetty mittausjakson aikainen keskiäänitaso eli tuloksia ei ole normalisoitu vastaamaan päiväajan keskiäänitasoa toiminta-aikojen mukaisesti. Tulokset eivät sisällä räjäytysten aiheuttamaa ääntä, vaan vastaavat louhimoiden jatkuvan toiminnan aiheuttamaa ympäristömelua.

Tulokset on jaettu kahteen osaan:

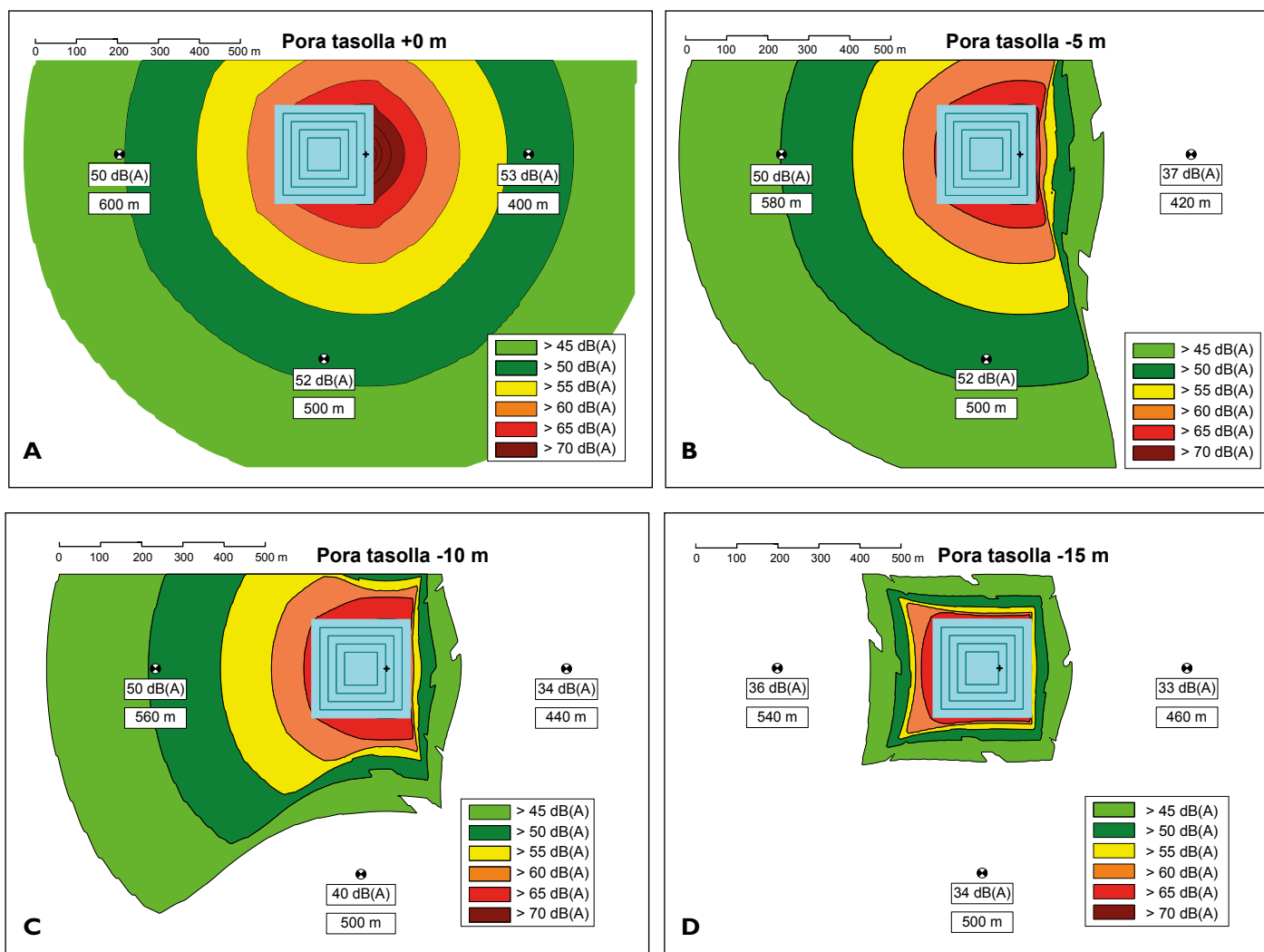
- 1) Vuosina 2002–2013 tehtiin äänitason tarkkailumittauksiin louhimoiden ympäristössä. Nämä mittaukset tehtiin louhimoiden ympäristölupavelvoitteiden mukaisesti. Mittauskohteina oli kattavasti monenlaisia louhimoita; pienistä muutaman porayksikön louhimoista aina suuriin usean porayksikön louhimoihin. Tuloksissa on esitetty kaikki sääolosuhteiden kannalta suotuisat havainnot (ks. Liite 3). Kaikki tulokset mitattiin asuin- tai lomarakennuksen läheisyydessä (Kuva 19).
- 2) Vuonna 2014 tutkimustarkoituksessa tehtyyn äänitasomittaukseen suuren louhimon ympäristössä. Louhimo edusti melua tuottavalta toiminnaltaan Suomen suurinta louhimoa. Mittaushetkellä käytettävän avolouhosalueen koko oli noin 200 x 300 m, ja siihen sisältyi viisi loushintatasoa. Ympäristömelumittausten aikana louhimolla oli työssä kymmenen porayksikköä, kiilakone, viisi pyöräkuormaajaa ja kaksi maansiirtoajoneuvoa. Porayksiköt sijaitsivat tasaisesti eri loushintatasoilla. Louhinta-alueen yhdellä sivulla sijaitsi korkea sivukivivalli. Äänitasot mitattiin suunnissa, joihin maavalleja ei oltu tehty.

Mittausjaksojen keskiäänitaso on kaikissa vuosien 2002–2013 mittauksissa ollut alle 50 dB(A). Myös vuoden 2014 mittauksessa äänitaso on alle 50 dB(A) lukuun ottamatta louhimon välittömässä läheisyydessä 100–250 m etäisyydellä olleita pisteitä. Vuonna 2014 tehtyjen mittausten tulokset olivat yhtä suuria tai suurempia kuin vuosien 2002–2013 vastaavilla etäisyyksillä mitatut arvot. Tässä on huomioitava, että vuoden 2014 mittaukset tehtiin melupäästöltään Suomen suurimmalla louhimolla. Pienemmillä louhimoilla äänilähteiden määrä on vähäisempi ja siten myös ympäristöön aiheutuva äänitaso normaalisti pienempi.

Suuri osa mittauksista on suoritettu etäisyydellä 200–700 m louhimosta (Kuva 19). Tällä etäisyysvälillä mittaustuloksissa on keskimäärin noin 10 dB ja suurimillaan jopa 20 dB ero eri mittauskohteiden tulosten välillä. Äänilähteiden sijainnilla on käytännössä merkittävä vaikutus ympäristöön leviävän äänitason suuruudessa. Verrattuna vuoden 2014 tutkimusmittauksen asetelmaan, jossa porayksiköt sijaitsivat tasaisesti kaikilla loushintatasoilla, myös maanpinnan tasalla (Kuva 20), porayksiköt usein todellisuudessa sijaitsivat maanpintaa alemmilla loushintatasoilla, jolloin äänen leviäminen ympäristöön on osittain tai jopa lähes kokonaan estynyt kallioseinämien (l. loushintausten) estevaikutuksesta johtuen (Kuva 21).



Kuva 19. Keskiäänitason mittaustuloksia eri etäisyyksillä louhimoista vuosina 2002–2014 (Kankare 2014).



Kuva 21. Yhden porayksikön äänitaso ympäristössä porattaessa tasoilla +0 (a), -5 (b), -10 (c) ja -15 (d). Ympäristö on tasolla +0. Rintausta toimii meluesteenä, ja melua vaimentava vaikutus suurenee porayksikön sijaintikorkeuden ja ympäristön maanpinnan välisen korkeuseron kasvaessa (Kankare 2014).

Laskennallisen mallinnuksen perusteella havaittiin, että porayksikön aiheuttama äänitaso maanpinnan tasolle asetetuissa tarkastelupisteissä 400–600 m etäisyydellä on 50–53 dB(A) (Kuva 21 a). Äänitaso pienenee arvosta 53 dB(A) arvoon 37 dB(A) poraustasojen puolella idässä jo viisi metriä maanpinnan alapuolelle siirryttäessä. Tällöin lähellä olevalla seinämällä (noin 15 m etäisyydellä) on jo merkittävä varjovaikutus. Länsi- ja eteläpuolen tarkastelupisteissä äänitaso ei muutu lainkaan johtuen louhimon länsireunan etäisyydestä, joka on niin suuri (180 m), ettei siitä aiheudu varjovaikutusta (Kuva 21 b). Porattaessa kymmenen metriä maanpinnan alapuolella (Kuva 21 c) äänitaso on pienentynyt idän puoleisen pisteen lisäksi eteläpuolen pisteessä, jossa äänitaso on pienentynyt arvosta 52 dB(A) arvoon 40 dB(A). Porattaessa viisitoista metriä maanpinnan alapuolella (Kuva 21 d) äänitaso on pienentynyt myös länsipuolen pisteessä. Äänitaso on tällöin jokaisessa tarkastelupisteessä 14–20 dB(A) pienempi kuin maanpinnalla porattaessa. Laskentatuloksen perusteella itäpuolella 140 m etäisyydelläkin olevan seinämän varjovaikutus on merkittävä, kun porayksikkö on 15 metriä maanpinnan alapuolella. Toisin sanoen porayksikön sijainnin syvyys (-15 m) suhteessa äänilähteen ja esteen väliseen etäisyyteen (140 m) on riittävä varjovaikutuksen saavuttamiseksi.

Laskentatulokset vastaavat äänitasoja yhdessä teoreettisessa tarkastelutilanteessa. Tulosten perusteella voidaan kuitenkin päätellä, että äänilähteiden sijaintikorkeudella (ts. äänilähdettä ympäröivällä louhintarintauksella), on suuri merkitys ympäristön äänitasoihin louhintarintauksen varjovaikutuksesta johtuen. Näin ollen louhimolta ympäristöön aiheutuva äänitaso voi olla merkittävän osan kokonaistoiminta-ajasta selvästi pienempi, kuin se suurimmillaan on toiminnan tapahtuessa maanpinnan tasolla.

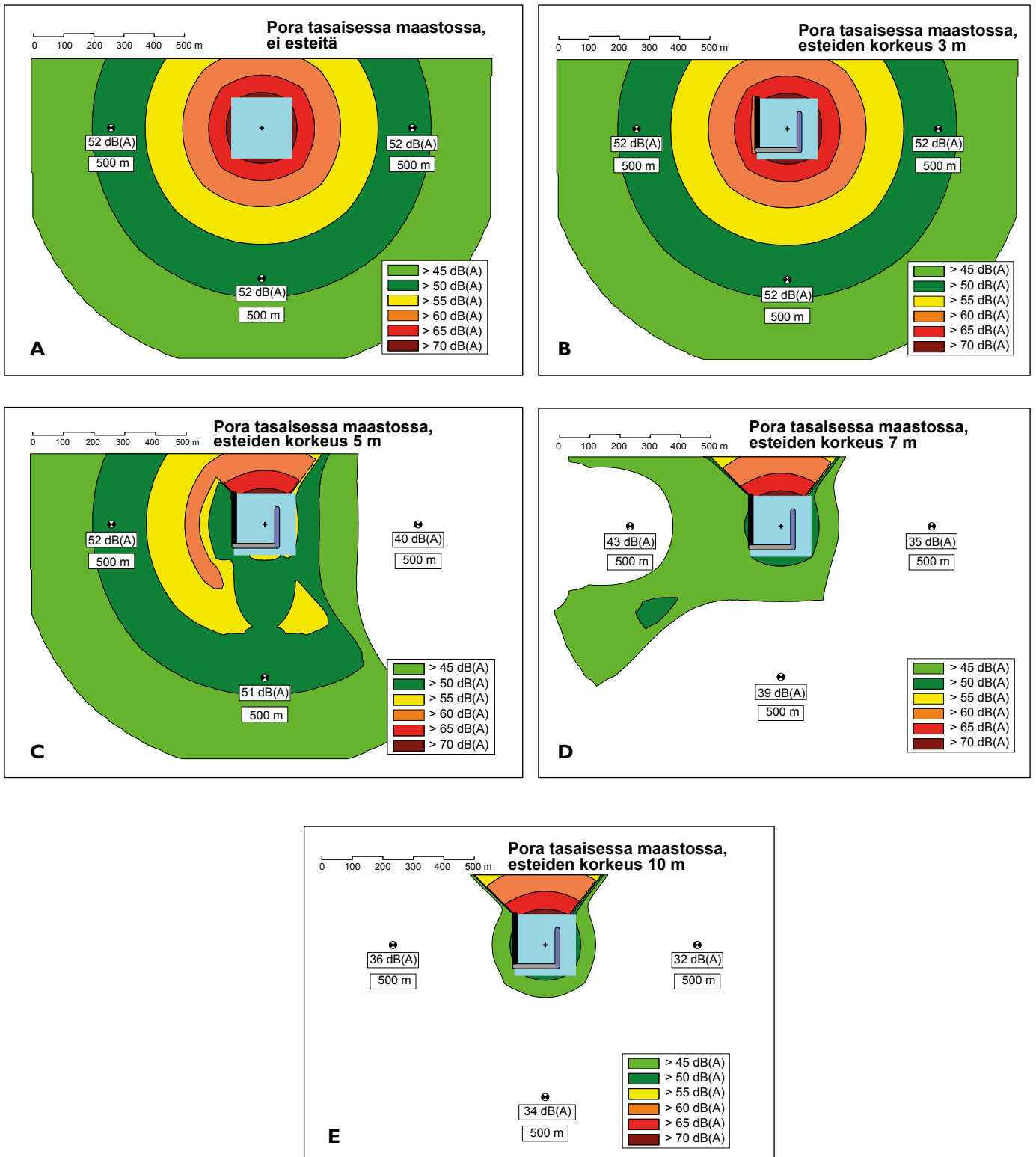
5.6.4

Maavallien ja muiden esteiden vaikutus äänen leviämiseen

Melusteillä voi olla merkittävä vaikutus äänilähteestä ympäristöön leviävän äänen suuruuteen. Eri etäisyyksillä sijaitsevien erikorkuisten esteiden vaikutusta melupäästöltään suurimman laitteen eli porayksikön aiheuttaman äänen leviämiseen tarkasteltiin laskennallisella mallinnuksella (Kankare 2014) (Kuva 22). Tarkastelu tehtiin yhdelle porayksikölle, jotta muutokset eri tilanteiden välillä olisivat mahdollisimman havainnollisia. Porayksikkö sijoitettiin 200 m x 200 m kokoisen louhimon keskelle siten, että sen etäisyys kolmeen tarkastelupisteeseen oli 500 m. Esteiden etäisyydet porayksikköön olivat länsipuolella 100 m, eteläpuolella 70 m ja itäpuolella 40 m. Pohjoispuolella ei ollut estettä. Laskennassa porayksikön akustinen keskipiste (äänilähde) oli 1,5 m korkeudella ja louhimoalue oli akustisesti kovaa ($G=0$) ja muu ympäristö akustisesti pehmeää ($G=1$). Äänitasot laskettiin kahden metrin korkeudelle maanpinnasta käyttäen yhteispohjoismaista teollisuusmelumallia (Kragh ym. 1982). Laskelmassa sääolosuhde oli äänen leviämislle suotuisa, kuten yhteispohjoismaisessa mallissa.

Laskennallisen mallinnuksen perusteella havaittiin, että porayksikön aiheuttama äänitaso maanpinnan tasolla, ilman esteitä, oli asetetuissa tarkastelupisteissä 500 m etäisyydellä 52 dB(A) (Kuva 22 a). Kolme metriä korkeilla esteillä (Kuva 22 b) ei havaittu olevan vaikutusta ympäristön melutasoihin, sillä esteiden korkeus suhteessa esteiden etäisyyteen äänilähteestä (40–100 m) on liian pieni (porayksikön välittömässä läheisyydessä kolme metriä korkea este olisi jo toimiva). Viisi metriä korkea este (Kuva 22 c) pienensi äänitason itäpuolen tarkastelupisteessä arvosta 52 dB(A) arvoon 40 dB(A). Idän puoleisen esteen etäisyys äänilähteestä oli 40 m. Länsi- ja eteläpuolella äänitasossa ei tapahtunut muutosta johtuen esteen ja äänilähteen suuremmista etäisyyksistä. Seitsemän metriä korkea este (Kuva 22 d) pienensi äänitasoa kaikissa tarkastelupisteissä merkittävästi vaimennuksen ollessa 9–17 dB(A). Esteen korkeus suhteessa esteen ja äänilähteen väliseen etäisyyteen on riittävä kaikissa tarkastelusuunnissa ääntä vaimentavan varjovaikutuksen syntymiseksi. Kymmenen metriä korkea este (Kuva 22 e) pienensi äänitasoa kaikissa tarkastelupisteissä hyvin merkittävästi vaimennuksen ollessa 16–20 dB(A). Esteen korkeus suhteessa esteen ja äänilähteen väliseen etäisyyteen on riittävä kaikissa tarkastelusuunnissa erittäin hyvän ääntä vaimentavan varjovaikutuksen syntymiseksi.

Mallinnuksella tarkasteltiin esteiden toimivuutta yhdessä teoreettisessa tarkastelutilanteessa. Tulosten perusteella voidaan kuitenkin päätellä, että esteillä (esim. maavalleilla), voidaan merkittävästi vaikuttaa äänen leviämiseen. Äänilähteen ja esteen välisen etäisyyden suhteen riittävän korkealla esteellä voidaan pienentää ympäristön äänitasoa useita desibelejä, parhaimmillaan jopa yli 20 dB.



Kuva 22. Yhden porayksikön äänitaso tasaisessa maastossa ilman esteitä (a), estekorkeudella 3 m (b), 5 m (c), 7 m (d) ja 10 m (e). Länsipuolella olevan esteen (musta) etäisyys porayksikköön on 100 m, eteläpuolella olevan esteen (harmaa) 70 m ja itäpuolella olevan esteen (violetti) 40 m. Pohjoispuolella ei ole estettä, minkä johdosta ääni pääsee leviämään kaikissa tarkastelutilanteissa pohjoissuuntaan esteettömästi (Kankare 2014).

Äänitasojen hallinta luonnonkivituotannossa

Meluntorjunta voidaan yleisesti jakaa kolmeen pääkohtaan: 1) äänen synnyn estäminen ja vähentäminen, 2) äänen leviämisen estäminen ja 3) altistuvan kohteen suojaaminen. Altistuvan kohteen suojaaminen ei yleensä tule kysymykseen suunniteltaessa teollisen toiminnan äänihaittojen hallintaa ja pienentämistä, sillä altistuva kohde on jo olemassa ja se on ulkopuolinen varsinaisesta toiminnasta. Näin ollen vaihtoehdoiksi jäävät äänen synnyn vähentäminen ja sen leviämisen estäminen. Parhaaseen lopputulokseen päästään yhdistämällä erilaisia torjuntakeinoja.

Äänipäästöjen vähentäminen ja hallinta

Äänipäästöjen vähentäminen on yleensä torjuntakeinoista ensisijainen ja tehokkain, sillä se vaikuttaa samanaikaisesti kaikkiin tarkastelupisteisiin ja on ainakin teoriassa pysyvä ominaisuus. Työkoneiden äänipäästöt ovat viime vuosikymmenien aikana pienentyneet ja tulevat tulevaisuudessakin vielä pienemmään. Uusien koneiden osalta voidaan todeta, että äänipäästöjen pienentyminen on ensisijaisesti riippuvainen laitevalmistajien tuotekehityksestä. Laitteiden kuluminen ja vanhentuminen voivat lisätä äänipäästöjä, joten erityisesti vanhempien koneiden osalta myös käyttäjällä on merkittävä rooli asiassa. Yksinkertainen äänipäästöjen torjuntakeino onkin ylläpitää laitteiden kuntoa säännöllisillä huolloilla. Tietyissä tilanteissa äänenvaimennusta voidaan jopa parantaa alkuperäisestä tilanteesta esimerkiksi lisäämällä äänenvaimennusta pakoputkistoon tai tekemällä lisäkotelointeja esimerkiksi porayksikön kompressoriin ja pölynpoistoyksikköön. Erilaisten tärinävaimentimien kunto työkohteissa on myös merkittävä tekijä. Vaimentimien kunnan heiketessä voi värähtelevän moottorin tai muiden vastaavien koneiden tärinä välittyä laitteen pintarakenteiden värähtelyksi, joka aiheuttaa ääntä. Työkoneiden peruutusvaroitusaänen voimakkuus tulee myös säätää siten, että voimakkuus on työturvallisuuden kannalta riittävä, mutta äänitaso ei ole tarpeettoman suuri aiheuttaen turhaan ympäristössä kuultavissa olevaa melua.

Toiminnan suunnittelu

Luonnonkivituotannossa louhinnan suunnittelulla voidaan vaikuttaa ympäristön äänitasoihin, sillä louhinnassa syntyvät kallioseinämät ovat hyviä äänen etenemistä estäviä rakenteita (ks. Luku 5.6.3). Seinämien varjovaikutuksen tehokkuus on kuitenkin riippuvainen aiemmin esitetyn mukaisesti seinämän korkeudesta ja sijainnista suhteessa melulähteisiin. Louhinta tulee teknisten mahdollisuuksien mukaan suunnitella siten, että louhintajärjestyksellä estetään äänen leviämistä mahdollisimman paljon kriittisimpään tarkastelusuuntaan.

Sivukivialueiden rakentamisessa ympäristömelu tulee huomioida siten, että kaatokorkeus (matka, jonka kivi vierii sivukivikasaa pitkin) on mahdollisimman pieni. Toisin sanoen sivukivialue tulee mahdollisuuksien mukaan tehdä lopulliseen leveyteensä heti alkuvaiheessa ja täyttää kerroksittain lopulliseen leveyteen. Tällöin sivukivien vierintä ja siitä aiheutuva ääni ovat vähäisiä.

Melusteet

Erilaiset melusteet ovat tehokas ja usein myös kustannustehokkain tapa meluntorjunnan järjestämiseksi luonnonkivituotannossa. Tietyissä tilanteissa melulähteisiin kohdistuneet toimenpiteet ja toisaalta luonnostaan syntyneet korkeuserot eivät ole riittäviä toimenpiteitä äänitasojen rajoittamiseksi ympäristössä. Tällaisissa tilanteissa äänen leviämistä ympäristöön tulee rajoittaa melusteilla.

Luonnonkivituotannossa syntyy sivukiveä, jota voidaan käyttää melusteiden rakentamisessa, mikäli sivukivelle ei ole muuta hyötykäyttöä. Myös alueelta kuorittavat pintamaat soveltuvat esteiden rakentamiseen. Ottamissuunnitelmaa laadittaessa sivukivialueet kannattaa huomioida melusterakenteina eli sijoittaa sivukivialueet mahdollisuuksien mukaan sille puolella louhimoa, jossa asutus on lähimmillään. Tällöin sivukivialue toimii varsinaisen käyttötarkoituksensa lisäksi melusteena.

Sivukivikasojen lisäksi louhimolle voidaan rakentaa esteitä, joiden ainoa tarkoitus on rajoittaa äänen leviämistä. Esteet voidaan rakentaa maa-aineksista tai käyttää erilaisia aitarakenteita. Käytännössä esteen korkeuden tulee usein olla vähintään viisi metriä, jolloin yleensä ainoa vaihtoehto on rakentaa este maa-aineksista. Sijoitettaessa este äänilähteen välittömään läheisyyteen, voi este mahdollisesti olla matalampikin. Esimerkiksi porayksikön välittömään läheisyyteen sijoitetun esteen tulisi olla korkeudeltaan kolmesta neljään metriä. Tämänkorkuinen este voidaan vielä tehdä aitarakenteena.

Ympäristömelu louhimoiden ympäristössä

- Louhimoympäristössä louhintarintauksella on merkittävä alentava vaikutus ympäristön äänitasoihin
- Äänilähteen ja esteen välisen etäisyyden suhteen riittävän korkealla esteellä voidaan pienentää ympäristön äänitasoa useita desibelejä, parhaimmillaan jopa yli 20 dB

Käytännön toimet ympäristömelun hallinnassa

- Laadukkaan ja äänipäästöjä vähentävän tekniikan käyttö (äänen- ja värinänvaimentimet, koteloinnit)
- Työkoneiden ja -välineiden huolto ja kunnossapito
- Työkoneiden peruutusvaroitusaäänen säätäminen työturvallisuuden puitteissa
- Melun huomioiminen louhimon rakenteiden suunnittelussa
- Kun sivukivialue tehdään mahdollisuuksien mukaan lopulliseen leveyteensä heti alkuvaiheessa ja täytetään kerroksittain lopulliseen leveyteen, sivukivien vierintä ja siitä aiheutuva ääni ovat vähäisiä
- Melusteiden rakentaminen tarvittaessa. Melusteiden rakentamisessa voidaan hyödyntää sivukiveä ja pintamaita, tai käyttää erilaisia aitarakenteita. Myös louhintarintaus toimii melusteena

6 Pölypäästöt luonnonkivituotannossa

6.1

Pölypäästö

ISO:n (International Organisation for Standardization) mukaan pöly on pieniä kiinteitä hiukkasia, yleensä halkaisijaltaan alle 75 µm, jotka laskeutuvat omalla painollaan, mutta voivat leijua ilmassa jonkin aikaa (Hinds 1999, Petavratzi ym. 2005, Bluvshstein ym. 2011). Hiukkaset luokitellaan pääsääntöisesti koon perusteella. Yleisimpiä luokitteluja ovat hiukkaset (PM; particulate matter ja SPM; suspended particulate matter) ja kokonaisleijuma (TSP; total suspended solids) sekä erilaiset hiukkasen kokoa kuvaavat merkintätavat. Näistä tyypillisimpiä ovat PM₁₀ ja PM_{2,5}. Hengitettävät hiukkaset (PM₁₀) ovat hiukkasia, joiden halkaisija on enintään 10 µm (Ilmanlaatuporttaali 2013a). Vastaavasti pienhiukkaset (PM_{2,5}) ovat hiukkasia, joiden halkaisija on enintään 2.5 µm (Ilmanlaatuporttaali 2013b). Hiukkasen halkaisijalla viitataan yleensä sen aerodynaamiseen halkaisijaan eli sellaisen pallomaisen hiukkasen halkaisijaan, jonka tiheys on 1 g/cm³, ja jonka painovoimaisen laskeuman nopeus on sama, kuin kyseessä olevan hiukkasen (Hinds 1999).

Luonnonkiven tuotannossa syntyy hiukkasia kaikissa tuotantovaiheissa. Merkittävimmät hiukkasia tuottavat tuotantomenetelmät ovat poraus ja sahaus. Lisäksi sääolosuhteista riippuen itse tuotantoalueesta ja siihen liittyvistä kuljetuksista voi aiheutua ajoittain runsastakin pölyämistä.

6.2

Pölyn leviäminen

Luonnonkiven tuotannossa syntyvien pölypäästöjen leviämiseen vaikuttavat merkittävästi sääolosuhteet ja ympäröivän maaston muodot. Lisäksi pölypäästön leviämiseen vaikuttaa pölypäästön suuruus ja kokojakauma.

Louhimotoiminnassa syntyvä pölypäästö koostuu pääasiassa karkeista hiukkasista ja pienhiukkaset ovat peräisin lähinnä toiminnassa käytettävistä työkoneista (Aatos 2003). Karkeajakoinen (yli 30 µm) pöly laskeutuu lähelle, alle 100 m etäisyydelle päästölähteestä. Partikkelit, joiden halkaisija on 10–30 µm, kulkeutuvat noin 200–500 m etäisyydelle päästölähteestä ja tätä pienemmät hiukkaset laskeutuvat hitaasti ja voivat kulkeutua vieläkin pidempiä matkoja (Office of the Deputy Prime Minister 2003).

Luonnonkivituotannon pölypäästön on arvioitu olevan TSP:lle noin 0,3 g/s (Chackraborty ym. 2002) ja PM₁₀:lle noin 0,2–0,5 g/s ja PM_{2,5}:lle noin 0,04–0,15 g/s (Aatos 2003).

Sääolosuhteista merkittävin yksittäinen pölypäästön leviämiseen vaikuttava tekijä on tuulen suunta ja voimakkuus. Pölypäästö leviää tuulen suunnassa sitä kauemmas, mitä voimakkaampi tuulenoisuus. Voimakas tuuli laimentaa pölypäästöä, jolloin sen pitoisuus on hyvin alhainen. Alhaisilla tuulenoisuuksilla raskasjakoinen luonnonkivituotannon pöly laskeutuu lähelle tuotantoaluetta. Ilmankosteudella ja sateella on

myös jonkin verran vaikutusta pölypäästöön ja sen leviämiseen. Kosteat olosuhteet vähentävät ympäristöön leviävän pölyn määrää (Esenkaya 2004).

Louhimo-olosuhteissa pölypäästölähteitä välittömästi ympäröivät maastonmuodot ovat tehdyistä louhinnoista johtuen jyrkkäpiirteisiä. Tämä vaikuttaa louhimoalueen ilmavirtauksiin lisäten niiden pyörteisyyttä vähentäen ilmavirtauksia louhimosta ympäristöön (Lowndes ym. 2008). Myös louhimon ympäristön maastonmuodoilla sekä ominaisuuksilla (kuten kasvillisuudella) on vaikutusta pölypäästön leviämiseen.

6.3

Hiukkasia koskeva lainsäädäntö

Lainsäädännössä hiukkaset eli pöly käsitetään joko primaarihiukkasina tai sekundaarihiukkasina. Primaarihiukkaset ovat tietyn ihmistoiminnan seurauksena syntyvää pölyä. Sekundaarihiukkaset ovat muodostuneet ilmakehässä kaasuista, kuten esimerkiksi rikkidioksidista (SO₂), typen oksideista (NO_x) ja ammoniakista (NH₃) (EUROPA 2013). Luonnonkiven tuotannossa syntyvä kivihiipöly koostuu primaarihiukkasista ja toiminnassa käytettävien työkoneiden päästöistä voi muodostua primaarihiukkasten lisäksi myös sekundaarihiukkasia.

Suomalaisen lainsäädännön ensimmäinen ilmansuojelulaki (67/1982) ja -asetus (716/1982) käsittelevät ilmanlaatua yleisesti ja asettivat laadullisesti kuvailtuja velvoitteita ilman pilaantumisen ja sen ehkäisemisen osalta. Ensimmäisissä ilman laatua koskevissa määrällisissä säädöksissä on hiukkasten osalta tarkasteltu kokonaisleijumaa (TSP), kun taas nykyinen lainsäädäntö säätelee karkeiden hiukkasten (PM₁₀; halkaisija 2,5–10 µm) ja pienhiukkasten (PM_{2,5}; halkaisija alle 2,5 µm) pitoisuuksia.

Ilmansuojelulain nojalla annettiin vuonna 1996 kaksi Valtioneuvoston päätöstä. Nämä olivat VnP ilmanlaadun ohjearvoista ja rikkilaskeuman tavoitearvosta (480/1996) sekä VnP ilmanlaadun raja-arvoista ja kynnyсарvoista (481/1996). Kokonaisleijuman (TSP) raja-arvot terveysthaittojen ehkäisemiseksi olivat vuosikeskiarvolle 150 µg/m³ ja vuorokausiarvojen 95. prosenttipisteelle 300 µg/m³ (481/1996). TSP:lle terveysthaittojen ehkäisemiseksi annetut ohjearvot olivat selvästi raja-arvoja alhaisemmat ja lisäksi ohjearvo oli annettu myös hengitettävälle hiukkasille (PM₁₀) (Taulukko 6; VnP 480/1996).

2000-luvulle tultaessa Valtioneuvoston asetuksessa ilmanlaadusta (711/2001) hiukkasten osalta säädeltiin hengitettäviä hiukkasia (PM₁₀). PM₁₀ raja-arvot olivat kalenterivuodelle 40 µg/m³ ja vuorokaudelle 50 µg/m³. Asetuksen siirtymäsäännökseen oli jätetty aikaisemman VnP 481/1996 mukaiset vuosikeskiarvo ja vuorokausiarvojen 95. prosenttipiste kokonaisleijumalle (TSP). Ilmanlaadun seurannalle annettiin aikaisempaa tarkempia ohjeita mm. mittausalueen ja mittausasemien sijoittamisesta. Lisäksi asetuksen liitteissä annettiin yksityiskohtaiset tiedot siitä, millaiset mittaukset katsotaan suuntaa antaviksi ja millaiset vaatimukset on asetettu varsinaisille, raja-arvoihin vertailukelpoisille mittaustuloksille.

Taulukko 6. Kokonaisleijuman ja hengitettävien hiukkasten ohjearvot (VnP 480/1996).

	Ohjearvo (20°C, 1 atm)	Tilastollinen määrittely
Hiukkaset, kokonaisleijuma (TSP)	120 µg/m ³	Vuoden vuorokausiarvojen 98. prosenttipiste
	50 µg/m ³	Vuosikeskiarvo
Hengitettävät hiukkaset (PM10)	70 µg/m ³	Kuukauden toiseksi suurin vuorokausiarvo

VnA ilmanlaadusta uudistettiin 10 vuotta myöhemmin (VnA 38/2011) ja samalla vanha asetus kumottiin. Asetuksessa hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) vuosi- ja vuorokausiraja-arvot pysyivät ennallaan ja lainsäädäntöön lisättiin pienhiukkasten (PM_{2,5}) vuosiraja-arvo 25 µg/m³ (Taulukko 7). Lisäksi hengitettäville hiukkasille ja pienhiukkasille on annettu ylempi ja alempi arviointikynnys (Taulukko 8). Sen sijaan kokonaisleijumalle (TSP) ei uudessa asetuksessa annettu raja-arvoa, joten sen osalta käytetään edelleen aikaisemman asetuksen mukaista ohjearvoa (Taulukko 6).

Taulukko 7. Hengitettävien hiukkasten (PM₁₀) ja pienhiukkasten (PM_{2,5}) raja-arvot (VnA 38/2011).

	Keskiarvon laskenta-aika ¹⁾	Raja-arvo ²⁾ µg/m ³	Sallittujen ylitysten määrä kalenterivuodessa (vertailujakso)
Hengitettävät hiukkaset (PM ₁₀)	24 h	50	35
	1 vuosi	40	-
Pienhiukkaset (PM _{2,5})	1 vuosi	25	-

1) Mittaustuloksia yhdistettäessä ja tilastollisia tunnuslukuja laskettaessa tulee noudattaa VnA 38/2011 liitteen 9 periaatteita.

2) Kaasumaisilla yhdisteillä tulokset ilmaistaan 293 K lämpötilassa ja 101,3 kPa paineessa. Lyijyn ja hiukkasten tulokset ilmoitetaan ulkoilman lämpötilassa ja paineessa.

Hengitettävien ja pienhiukkasten pitoisuuksille annetut ylempät ja alemmat arviointikynnykset (Taulukko 8) määrittävät tarvittavat ilmanlaadun arviointimenetelmät kunnallisessa ilmanlaadun seurannassa. Ylemmän arviointikynnyksen ylittävillä pitoisuuksilla seuranta-alueella ensisijainen ilmanlaadun seurantamuoto on jatkuva mittaus. Ylempää arviointikynnystä alemmilla pitoisuuksilla mittausten tarve on vähäisempi ja ilmanlaadun arvioinnissa voidaan käyttää jatkuvien mittausten ja mallinnusten tai suuntaa antavien mittausten yhdistelmää. Mittausten tulee edustaa sellaisia alueita ja vuodenaikoja, joilla pitoisuudet ovat tyypillisesti korkeimmillaan. Alemman arviointikynnyksen alittavilla pitoisuuksilla ilmanlaadun arvioimiseksi seuranta-alueella riittää mallintaminen tai muut menetelmät, kuten päästökartoitukset.

Taulukko 8. Ylemmät ja alemmat arviointikynnykset hengitettäville hiukkasille (PM₁₀) ja pienhiukkasille (PM_{2,5}) (VnA 38/2011).

	Terveyshaittojen ehkäiseminen (PM ₁₀)	Terveyshaittojen ehkäiseminen (PM _{2,5}) ¹⁾
Ylempi arviointikynnys	70 % 24 h raja-arvosta (35 µg/m ³ , saa ylittyä 35 krt/a) ja 70 % vuosiraja-arvosta (28 µg/m ³)	70 % vuosiraja-arvosta (17 µg/m ³)
Alempi arviointikynnys	50 % 24 h raja-arvosta (25 µg/m ³ , saa ylittyä 35 krt/a) ja 50 % vuosiraja-arvosta (20 µg/m ³)	50 % vuosiraja-arvosta (12 µg/m ³)

1) Arviointikynnyksiä ei sovelleta valittaessa mittausasemien sijoituspaikkoja pienhiukkasten altistumisen vähennystavoitteen arviointiin.

Ylemmän ja alemman arviointikynnyksen ylittyminen määritetään viiden edellisen vuoden pitoisuuksien perusteella. Arviointikynnys on ylittynyt, kun se on ylittynyt vähintään kolmena vuotena viidestä.

Seurantamenetelmille asetettujen laatuavoitteiden mukaan jatkuvien mittausten ajallisen kattavuuden tulee olla 100 % ja aineiston vähimmäismäärän 90 %. Suuntaa antavien mittausten ajallisen kattavuuden tulee olla 14 % eli satunnaisotantana yhtenä päivänä viikossa tai kahdeksan viikon mittaista jaksoa tasaisesti jaettuna koko vuoden ajalle ja aineiston vähimmäismäärän 90 %. Jatkuviissa mittauksissa sallittu epävarmuus on 25 % ja suuntaa antavissa 50 %. Hiukkasten mittauksiin voidaan kuitenkin käyttää myös satunnaismittauksia jatkuvien mittausten sijaan, jos epä-

varmuus, mukaan luettuna satunnaisotannan aiheuttama epävarmuus, täyttää 25 % laatutavoitteen, ja jos ajallinen kattavuus on suurempi, kuin suuntaa antavien mittausten laatutavoitteissa esitetty vähimmäiskattavuus. Mittaukset on jaettava tasaisesti vuoden ajalle tulosten vääristymisen välttämiseksi. Käytettäessä satunnaismittauksia arvioitaessa PM_{10} -pitoisuuden raja-arvon ylityksiä, tulee käyttää 90,4 prosenttipistettä (jonka arvo saa olla enintään $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ylityspäivien lukumäärän sijasta, sillä käytettävissä olevan aineiston kattavuus vaikuttaa ylityspäivien lukumäärään merkittävästi. Mittausaineiston vähimmäismäärä ja mittausten ajallista kattavuutta koskevat vaatimukset eivät sisällä laitteiden säännöllisestä kalibroinnista tai normaalista kunnossapidosta aiheutuvaa tietohukkaa.

Yhdistettäessä mittaustuloksia ja laskettaessa tunnuslukuja hiukkasten pitoisuuksille 24 h arvojen laskennassa validien mittaustulosten vähimmäismäärä on 75 % tuntikeskiarvoista eli vähintään 18 tuntikeskiarvoa. Vuosikeskiarvoa laskettaessa validien mittaustulosten vähimmäismäärä on 90 % tuntiarvoista tai (ellei saatavilla) vuorokausiarvoista vuodessa. Tämä 90 % vähimmäismäärävaatimus ei kuitenkaan sisällä tietohukkaa, joka aiheutuu laitteiden säännöllisestä kalibroinnista tai normaalista kunnossapidosta.

Hiukkasten osalta voidaan käyttää mitä tahansa mittaumenetelmää, mikä antaa yhteneviä tuloksia vertailumenetelmän antaminen tulosten kanssa. Hengitettävien hiukkasten näytteenoton ja analyysin vertailumenetelmä on EN 12341:1999 (Air Quality – Determination of the PM_{10} fraction of suspended particulate matter – Reference method and field test procedure to demonstrate reference equivalence of measurement methods). Pienhiukkasten näytteenoton ja analyysin vertailumenetelmä on EN 14907:2005 (Standard gravimetric measurement method for the determination of the $PM_{2,5}$ mass fraction of suspended particulate matter).

Voimassa olevassa lainsäädännössä ei ole annettu raja-, ohje- tai kynnyisarvoja pienhiukkasia $PM_{2,5}$ pienemmille hiukkasille. Pienhiukkasiin luetaan usein myös kokoluokan PM_1 hiukkaset. Pienhiukkasten aiheuttamien terveysvaikutusten vuoksi niille on lisäksi asetettu kansallisia altistumisen vähentämistavoitteita ja asetuksessa on määritetty myös entistä tarkemmasta ja laajemmasta ilmanlaadun seurannasta, mikä on lisännyt ilmanlaadun seuranta viranomaisasolla.

Edellä esitetyt mittauksia koskevat vaatimukset koskevat lainsäädännössä veloitettua ilmanlaadun seuranta. Yksittäisten yksityisten toimijoiden tarkkailumittauksille asetetaan ympäristöluvassa tarkemmat kriteerit lupaviranomaisen harkinnan mukaisesti. Lainsäädännössä esitettyjen suuntaa antavien mittausten vaatimuksia voidaan kuitenkin pitää luvanvaraisilta toiminnoilta edellytettävien selvillä olo- ja tarkkailumittausten enimmäistasona.

6.4

Luonnonkivituotannon pölylähteet

6.4.1

Poraus

Luonnonkiven tuotannossa porausta käytetään kamin irrotuksessa ja paloittelussa sekä kaatolohkareen paloittelussa ja kiviainehion viimeistelyssä. Poraus tuottaa pölyä koko porauksen ajan, kun porakruunu tunkeutuu kiviainekseen jauhaen sitä pieniksi murusiksi ja pölyhiukkasiksi. Porauksessa syntyvää pölyä kutsutaan porasoijaksi. Porasoijasta osa on niin hienojakoista, että se voi nousta ilmaan leijuvaksi pölyksi.

Nykyiset poralaitteet on varustettu pölyn talteenottolaitteistolla (Kuva 23 a). Ilman pölyn talteenottojärjestelmää toimivia vanhoja poralaitteita ei Suomessa ole

käytössä. Pääsääntöisesti luonnonkivituotannossa käytettävien poralaitteiden pölyn talteenottojärjestelmä on ”pölyimuri”, jonka suukappale on poraustangon ympärillä ja se painautuu porattavaan alustaan kiinni. Suukappaleeseen kiinnitettyyn letkuun muodostetaan alipaine, joka imee poraustangon ja porareiän välistä vapautuvan porasoijan.

Pölyn talteenottojärjestelmän toimiessa normaalisti porauksesta aiheutuu pieni pölypölyhdys poran tunkeutuessa kiven pintakerrokseen ja toinen, kun poratanko vedetään pois porareiästä. Pölyntorjuntalaitteiston ollessa epäkunnossa tuottaa poraus jatkuvasti koko porauksen ajan runsaasti pölyä. Muodostuvan pölyn määrä voi paikoin olla niin suuri, että näkyvyys porausalueella on heikko. Pölyntorjuntalaitteiston toimiessa normaalisti porauksessa ei synny silminnähdä havaittavaa määrää pölyä (Kuva 23 b).

Porasoija kerääntyy porauslaitteistossa olevaan pölynkeräysyksikköön, josta se tyhjenetään louhimoalueella sopivaan paikkaan alueen reunalle kulkuväylien ulkopuolelle.

Porauksen pölyämistä on mahdollista torjua myös vesihuuhtelulla. Vesihuuhtelu on pääsääntöisesti käytössä maanalaisessa porauksessa.



Kuva 23. Pölynkeräysyksikkö poralaitteessa. Kuva: Maria Palin (a). Porausta pölynkeräimellä varustetulla poralaitteella. Toinen poratanko on juuri nostettu ylös porareiästä, toinen vielä poraa. Kuva: Marjo Sairanen (b).

6.4.2

Kiilaus

Kiilauksessa (Kuva 24) halkaistavaan kiveen porattuihin reikiin upotetaan hydrauliset kiilat, jotka laajenevat aiheuttaen kiveen paineen, joka lopulta halkaisee kiven. Halkeama etenee porareikien muodostamaa heikkousvyöhykettä pitkin. Kiilauksessa kiven haljetessa syntyy hyvin vähäinen pölypulsseja kiven halkeamissauman kohdalta. Kiilauksessa syntyvän pölyn määrä on vähäinen ja pölyntuottotapahtuma lyhytkestoinen. Kiilauksen pölypäästö on luonnonkivilouhimoiden pölyvaikutusten kokonaisuuden kannalta merkityksetön.



Kuva 24. Kiviainehion halkaisu kiilaamalla. Kiiloja asennetaan porareikiin. Kuva: Marjo Sairanen.

6.4.3

Sahaus

Sahaaminen on etupäässä pehmeiden kivilajien irrotuksessa käytettävä menetelmä. Suomessa sahaus on käytössä lähinnä vuolukiven tuotannossa sekä muiden luonnonkivien jatkojalostuksessa. Vuolukiven tuotannossa on yleisesti käytössä ketjusahaus (ks. Luku 4.2). Kovilla suomalaisilla luonnonkivillä voidaan käyttää timanttivaijerisahausta (ks. Luku 4.5). Vaijerisahauksessa pölyäminen on vähäistä, sillä vaijerille syötettävä jäähdytysvesi huuhtelee muodostuvan kivisoijan.

Pehmeiden kivilaatujen, kuten vuolukivi, tuotanto tapahtuu sahaamalla avolouhoksissa. Sen sijaan kivien jatkojalostus sahaamalla tehdään pääsääntöisesti katetuissa tiloissa (halleissa), jolloin niiden pölypäästöt eivät pääse leviämään ympäristöön.

6.4.4

Kuljetukset

Kansainvälisissä tutkimuksissa kuljetuksen osuutta pölypäästöihin pidetään merkittävänä. Joissain tutkimuksissa kuljetuksen on todettu olevan suurin pölypäästön aiheuttaja (esim. Reed 2003 ja Chang ym. 2010) sellaisissa kohteissa, joissa on kiviaineksen murskausta, joka on porausta selvästi suurempi pölyn tuottaja.

Kuljetuksen aiheuttama pölyleijuma on seurausta pääasiassa kuljetuskaluston (kuten pyöräkuormaaja tai kuorma-auto) ja sen renkaiden tuottamasta ilmapirrasta, liike-energiasta ja hankauksesta. Kuljetusten aiheuttama pölyäminen riippuu suuresti vallitsevista olosuhteista mm. tienpinnan laadusta, tiestön kosteudesta sekä ajonopeudesta. Kuljetusten aiheuttamaa pölyämistä torjutaan kastelulla ja suolauksella. Suolauksen lisäksi pölyä voidaan sitoa myös esimerkiksi öljypohjaisilla bitumiemulsioilla. Louhimoalueen ulkopuolella tiestöä voidaan tapauskohtaisesti myös pinnoittaa pölyämättömällä murskeella tai asfaltilla tähän soveltuvilla tieosuuksilla.

6.4.5

Tuotantoalue

Avonainen tuotantoalue aiheuttaa myös pölyleijumaa tuulen irrottaessa hiukkasia pinnoilta. Kulkuväylille levitetty kiviaineksen sekä kuljetuskaluston pyörien ja telojen alla jauhautunut hienoaines voi nousta ilmaan ilmavirtojen vaikutuksesta. Myös kallio-pinnalle sijoitetusta porasoijasta voi irrota pölyä ilmaan. Tuotantoalueen pölyämistä torjutaan kastelulla ja joskus myös suolauksella.

6.4.6

Räjäytykset

Räjäytykset aiheuttavat lyhytkestoisen pölypulssein. Luonnonkivilouhimoilla räjäytyksiä voi olla viikoittain (mm. kamin irrotus ja erilaiset paloitteluräjäytykset). Koska kivi pyritään irrottamaan mahdollisimman ehjänä, muodostuu räjäytyksessä pölyä lähinnä irrotettavan tai paloittelavan kiven saumasta. Myös kalliopinnalla oleva hienojakoinen kiviaines ja porasoija voivat mobilisoida ilmaan räjäytyksen vaikutuksesta. Ennen porausta ja räjäytystä kivi puhdistetaan esimerkiksi raapimalla irtonainen aines kiven päältä kauhalla. Tämä pienentää räjäytyksen pölyvaikutuksia. Suurimmissäkin räjäytyksissä (eli kamin irrotuksessa) käytettävän räjähdysaineen määrä on pieni. Räjäytyksen aiheuttama pöly jää pääsääntöisesti leijumaan louhimon alueelle räjäytyspaikan lähiympäristöön ja laimenee tuulen ja ilmavirtausten vaikutuksesta.

6.5

Pölypäästöjen arviointi

6.5.1

Pölypäästöjen mittaus

Pölypäästöjen mittaamisessa voidaan käyttää useita erilaisia menetelmiä. Tyypillisimpiä käytettyjä mittaamenetelmiä ovat erilaiset keräävät menetelmät, kuten suurtehokeräimet (TSP), laskeumakeräimet ja erilaisille kokojakeille erikoistuneet keräimet (mm. PM₁₀ ja PM_{2,5} keräimet) sekä työhygieenisissä mittauksissa käytettävät henkilökohtaiset keräimet. Keräinten mittausaika on yleensä suhteellisen pitkä vaihdellen tunnista 30 päivään.

Keräävien menetelmien rinnalla ovat yleistyneet optiset hiukkasmittauslaitteet (kuten nefelometri). Optisilla laitteilla on mahdollista havainnoida erikokoisia hiukkasia samanaikaisesti lyhyellä näytteenottovälillä. Tällöin mittauksista voidaan havaita pölypitoisuuden ajallinen vaihtelu.

Mittausmenetelmän valintaa oleellisempaa on valita mittauspaikka ja -ajankohta siten, että mittausulos edustaa mitattavaa kohdetta ja sen pölypäästöä. Paikalliset pölylähteet (kuten peltoalueet, tiet, puun pienpoltto, työkoneiden käyttö ym.) voivat olla mitattavaa päästölähdettä merkittävämmät. Mittausmenetelmät eivät pääsääntöisesti tuota tietoa pölyn koostumuksesta. Joissain tapauksissa suodattimista on mahdollista analysoida esimerkiksi alkuainepitoisuuksia tai orgaanisen ja epäorgaanisen pölyn määrää. Näistä voidaan olosuhteista riippuen tehdä johtopäätöksiä pölyn alkuperästä, mutta yleensä ympäröivän maaperän koostumus muistuttaa louhittavan kiven koostumusta, mikä vaikeuttaa tulosten tulkintaa. Mittausajankohdan tulee olla sellainen, että toiminta on normaalisti käynnissä ja sääolosuhteet ovat normaalit. Pitkällä näytteenotto-/mittausvälillä mittausajan tulee olla pidempi, kuin lyhyempää näytteenotto-/mittausväliä käytettäessä sen vuoksi, jotta saadaan pölyn leviämisen mittauspisteen suuntaan myös suotuisten olosuhteiden aikana mittauksia.

Pölypäästöjen mallinnus

Hajapölypäästöjen mallinnukseen on kehitetty useita eri mallinnusmenetelmiä (mm. Aermod, US EPA Fugitive Dust Model; FDM, System for Integrated modeling of Atmospheric composition; SILAM). Menetelmien toimivuutta on kritisoitu, mutta yleisesti ottaen mallinnusten tulokset hyväksytään vähintäänkin suuntaa antavina tietoina ja yleisesti ottaen niiden katsotaan antavan parhaiten tietoa lähialueen pölyaltistuksesta (ks. esim. Aatos 2003).

Pölyn mallinnus on nykyisillä mallinnusmenetelmillä haastavaa, sillä pölypäästö-tietoa on käytettävissä verrattain niukasti (US EPA 2004). Toiseksi sääaineisto ja sen oikeellisuus ovat mallinnuksen onnistumisen edellytys. Luotettavien ja mallinnettavaa kohdetta hyvin kuvaavien riittävän tarkkojen ja pitkäaikaisten säätietojen saaminen ei aina ole mahdollista. Sääolosuhteilla on merkittävä vaikutus pölyleijuman leviämiseen. Etenkin tuulen suunnalla ja nopeudella on suuri merkitys. Tuulen suuntaan vaikuttavat merkittävästi paikalliset olosuhteet.

Useat mallinnusohjelmat tuottavat luotettavaa arviointitietoa esimerkiksi teollisen toiminnan piippupäästöistä sekä liikenteen päästöistä laajoilla alueilla keskimäärin. Sen sijaan louhimon lähiympäristön mallinnuksessa suuri osa mallinnusohjelmista toimii suuntaa antavalla tarkkuudella. Mallinnusohjelmat eivät kykene ottamaan huomioon paikallisten ilmavirtauksia estävien rakenteiden (kuten korkeat rakennukset ja rintaukset) vaikutusta ilmavirtauksen kulkuun ja sitä kautta leijuman leviämiseen. Viimeaikaisissa tutkimuksissa on havaittu, että perinteiset mallinnusmenetelmät yliarvioivat louhimotoiminnan pölyn leviämistä (Lowndes ym. 2008). Todellisuudessa ilmavirtaus louhimossa on pyörteistä jyrkkien rintausten vuoksi, jolloin noin 30–60 % hiukkasista pidättyy jo louhimon alueelle (Silvester ym. 2009).

Luonnonkivituotannon pölypäästöjä on mallinnettu Suomessa sekä graniitti- (esim. Aatos 2003) että vuolukivilouhimolla (Aatos 2003, Linnunmaa Oy ja Suomen IP-tekniikka 2007) US EPA:n vuonna 1992 kehittämällä hajapölypäästömallilla (ns. FDM-malli; Fugitive Dust Model).

Edellä mainittujen selvitysten luonnonkivilouhimoiden mallinnuksen tulokset optimoitiin saatujen hiukkasmittaustulosten perusteella ja louhimoa tarkasteltiin pistelähteenä. Mallinnuksessa laskettiin hiukkaspitoisuuksia tuulen alapuolella eri etäisyyksillä. Mitatuista pitoisuuksista erotettiin taustapölypitoisuus. Tämän jälkeen mittaustuloksen perusteella laskettiin pölypäästö, jota käytettiin mallinnettaessa hiukkasten leviämistä eri etäisyyksille mittauksen aikaisissa olosuhteissa. Taustapölypitoisuudesta puhdistettujen mittaustulosten perusteella lasketuista päivittäisistä hajapölypäästöistä laskettiin keskiarvo ja maksimiarvo, joita käytettiin mallinnettaessa hiukkasten leviämistä eri tuulennopeuksilla ja ilmakehän stabiilisuusluokilla. Lähipisteistä mitattujen pitoisuuksien perusteella arvioitu päästö oli alhaisempi kuin kaukomittauspisteiden perusteella arvioitu päästö. Päästöt olivat keskimäärin lähi- ja kaukomittauspisteiden mittaustulosten perusteella hengitettävälle hiukkasille (PM_{10}) 213 mg/s ja 504 mg/s sekä pienhiukkasille ($PM_{2,5}$) 35 mg/s ja 153 mg/s. Mallinnustulokset laskettiin erikseen eri kuukausille (tammi-, touko-, kesä- ja lokakuu). Pitoisuuksissa havaittiin voimakasta vaihtelua ajankohdasta riippuen niiden ollessa selkeästi suurimpia tammikuussa. Yleisesti ottaen PM_{10} päästö ei ollut enää havaittavissa 1 km ja $PM_{2,5}$ 500 m etäisyydellä louhimosta (Aatos 2003).

Tuulennopeudella raportoitiin olevan mallinnustulosten perusteella merkittävä vaikutus päästön pitoisuuteen siten, että suuremmilla tuulen nopeuksilla päästöt ovat alhaisempia johtuen voimakkaammasta laimenemisestä (ilmamassan sekoittuminen), kuin pienillä tuulennopeuksilla. Mallinnus ei ota suuremmilla tuulen nopeuksilla huomioon sitä, että tällöin päästö on todennäköisesti suurempi johtuen tuulen pölyä

ilmaan nostavasta vaikutuksesta. Tämä osittain vähentää tuulen nopeuden kasvun päästöä laimentavaa vaikutusta (Aatos 2003).

Vuolukivilouhimolle tehdyssä mallinnuksessa pölyä arvioitiin syntyvän tasaisesti koko avolouhoksen alueella. Mallissa avolouhoksen reuna asetettiin "päästölähteeksi" ja pölypitoisuuden päästölähteen reunalla arvioitiin louhimolla tehtyjen mittausten perusteella olevan $230 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (Linnunmaa Oy ja Suomen IP-tekniikka Oy 2007). Mallinnustulokset eri etäisyyksillä sekä graniittilouhimolle että vuolukivilouhimolle on esitetty taulukossa 9.

Taulukko 9. Mallinnusten tulokset hengitettävälle hiukkasille (PM_{10}) ja pienhiukkasille ($\text{PM}_{2,5}$) suomalaisilla graniitti- ja vuolukivilouhimolla (Aatos 2003, Linnunmaa Oy ja Suomen IP-tekniikka 2007).

Etäisyys (m)	Vuolukivilouhimo	Graniittilouhimo	
	TSP ¹⁾ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM_{10} ²⁾ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	$\text{PM}_{2,5}$ ²⁾ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
50	14-140	-	-
100	-	43-166	7-25
200	4-35	13-48	2-7
500	1-12	2-9	0-1

- 1) Pitoisuudet vaihtelevat tuulen nopeuden mukaan ollen laimeampia suuremmilla tuulennopeuksilla. Ilmoitetut pitoisuudet tuulen nopeuksilla 1 – 10 m/s.
- 2) Pitoisuudet laskettu lähi- ja kaukomittauspisteiden mittaustulosten perusteella. Kaukomittauspisteiden mukaiset pitoisuudet ovat suuremmat. Pitoisuudet ovat mallinnuksen enimmäistulokset eli tammikuun mallinnustulokset.

Louhintatekniikan eroista huolimatta suomalaisilla luonnonkivilouhimoilla tehdyt mallinnukset ovat karkeasti arvioituna samaa suuruusluokkaa ja siten linjassa keskenään. Mallinnustulosten mukaan raja-arvot alittuvat hengitettävien hiukkasten osalta noin 200 m ja pienhiukkasten osalta noin 100 m etäisyydellä louhimosta (Taulukko 9).

6.6

Pölypäästöt luonnonkivilouhimoiden ympäristössä

Luonnonkivituotannon aiheuttamaa pölyämistä on tutkittu pääsääntöisesti sekä kansallisesti että kansainvälisesti yksittäisten louhimoiden osalta yksittäisinä hankkeina (esim. Aatos 2003, Piutunen 2013). Aatoksen (2003) tutkimusta voidaan pitää Suomen olosuhteisiin kattavana, sillä selvitys on kohdistunut tuotannoltaan suurimpaan suomalaiseen luonnonkivilouhimoon. Selvityksen tuloksia on voitu pitää luonnonkiven tuotannon aiheuttamien pölypitoisuuksien enimmäistasona suomalaisilla luonnonkivilouhimoilla.

Kansainvälisissä julkaisuissa raportoituja luonnonkivituotantoon tuotantomenetelmällisesti rinnastettavia tutkimuksia on tehty 1990 luvulta eteenpäin muutamia. Tätä aikaisempien tutkimustulosten ei voida katsoa olevan suoraan rinnasteisia nykyisiin tutkimuksiin johtuen sekä tuotanto- että mittalaitteiden kehityksestä. Tutkimustulosten mukaan porauksen tuottama pölymäärä vaihtelee sadoista mikrogrammoista kuutiossa ilmaa (Organisack & Page 2005) kymmeneen tuhansiin mikrogrammisiin kuutiossa ilmaa (Junttila ym. 1996, Organisack & Page 1995). Suurimmat pitoisuudet havaittiin varhaisimmissa mittauksissa, kun pölyntorjunta ei ollut käytössä (Organisack & Page 1995) sekä murskelouhoksella tehdyssä mittauksessa (Junttila ym. 1996). Pölyntorjunnalla oli mittaustulosten mukaan selkeästi pölypäästöä vähentävä vaikutus (Organisack & Page 1995, 2005). Mittaustuloksiin ja niiden eroihin ovat voineet vaikuttaa myös alueen muut pölylähteet sekä laitekannan kehittyminen.

Aatoksen (2003) mukaan hengitettävien hiukkasten (PM_{10}) pitoisuus pöylähteen luona (50 m etäisyydellä louhinnan painopisteestä) pitoisuus on myötätuuessa keskimäärin $77 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja ympäristössä (100 – 400 m etäisyydellä louhinnan painopisteestä) $31 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vastaavat pitoisuudet pienhiukkasille ($PM_{2,5}$) olivat $19 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vastatuuleen mitatut pitoisuudet olivat PM_{10} $17 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja $PM_{2,5}$ $8 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Vastatuuleen mitattujen pitoisuuksien voidaan katsoa edustavan alueen taustapitoisuutta. Tämän perusteella louhintatoiminta lisäsi ilman hiukkaspitoisuuksia pöylähteen luona ja ympäristössä noin $60 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ hengitettäville hiukkasille sekä $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pienhiukkasille.

Piutusen (2013) selvityksessä mitattiin pölyä luonnonkivilouhimon ympäristössä, noin 820 m etäisyydellä louhimosta heinä - syyskuussa noin 1,5 kk ajan. Mittaus tehtiin Grimm-hiukkasmassamonitorilla (Kuva 25 a), jolla mitattiin jakeiden PM_{10} , $PM_{2,5}$ ja PM_1 tuntikeskiarvoja. Mittaustulosten mukaan keskimääräiset pitoisuudet mittauspisteellä olivat PM_{10} $11 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja $PM_{2,5}$ $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Mittauspisteillä havaituista korkeista tuntikeskiarvoista noin kolmasosa esiintyi louhimon suunnasta puhaltavilla tuulilla louhimon ollessa toiminnassa ja kaksi kolmasosaa ajoittui louhimotoiminnan ulkopuolisiin ajankohtiin, kuten viikonloppuihin. Yksi korkeista tuntikeskiarvoista (PM_{10} pitoisuus $111 \mu\text{g}/\text{m}^3$) ajoittui louhimolla tehdyn räjäytyksen ajankohtaan, jolloin myös tuulensuunta oli louhimolta mittauspisteelle päin.

Useat tutkijat (mm. Reed 2003 ja Chang ym. 2010) ovat mittauksin todentaneet, että louhimoiden alueella liikennöinti ja tiestö aiheuttavat merkittävää pölyleijumaa. Tiestön ja sillä liikennöinnin aiheuttama pölypäästö on karkeasti arvioituna noin tuhansia mikrogrammoja kuutiometrissä ilmaa. Liikenteestä aiheutuvan pölyleijuman on todettu alenevan nopeasti etäisyyden kasvaessa. Reedin (2003) tutkimuksessa taustapitoisuus saavutettiin jo noin 30 m etäisyydellä mittauksen kohteena olleesta pinnoittamattomasta tiestä.



Kuva 25. Grimmhiukkasmassamonitori. Kuva: Sara Piutunen (a). Osiris-nefelometri, jolla mitataan partikkeleita optisesti. Kuva: Marjo Sairanen (b).

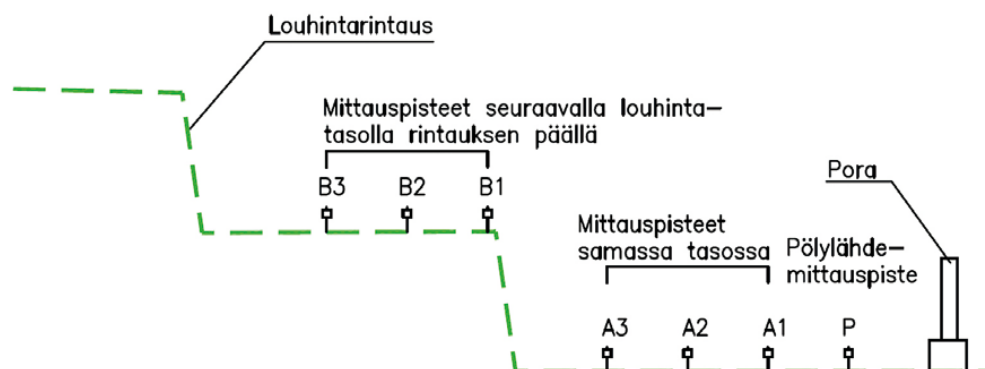
Louhintarintauksen vaikutus pölyn leviämiseen

Vuonna 2014 graniittilouhimolla tehtiin lyhytkestoisia (3x5 min, 5 s välein) optisia mittauksia nefelometrilla (Kuva 25 b) (Sairanen 2014). Nefelometri mittasi samanaikaisesti neljää eri hiukkaskokojakaamaa: TSP, PM₁₀, PM_{2,5} ja PM₁. Vastaavia lyhytkestoisia mittauksia ei ole louhimoilla aiemmin tehty. Tutkimuksen tavoitteena oli syventää tietoa pölyn leviämisestä ja pitoisuuden alenemisesta luonnonkivilouhimolla, jossa tyypillisesti on pölyn leviämiseen vaikuttava louhintarinta.

Optisia mittauksia tehtiin kahtena eri päivänä huhtikuussa (4. ja 14.4.14). Päivät valikoituivat siten, että sää oli poutainen ja tuulensuunta mittausten kannalta edustava (ts. mittalaitteiden sijoittaminen pöylähteistä myötätuulen suuntaan oli maasto-olosuhteet huomioon ottaen mahdollista). Mittausten aikana oli käynnissä normaali louhimotoiminta, mm. louhimolla suoritettiin kamin irrotusräjäytys sekä muita pienempiä räjäytyksiä, poraus ja kiilaus sekä kuljetus. Mittauksen kohteena ollut luonnonkivilouhimo edusti tuotantotavoiltaan ja -määrältään keskimääräistä suomalaista graniittilouhimoa ja sellaisten synnyttämiä pölypäästöjä.

Lyhytkestoiset mittaukset tehtiin myötätuulessa pölyn leviämisen suuntaan eri etäisyyksillä etäisyyksien ollessa lyhyitä (alle 100 m päästölähteestä). Mittauksia tehtiin sekä samassa tasossa porauksen kanssa että seuraavalla louhintatasolla rintauksen päällä. Toinen mittareista sijoitettiin mahdollisimman lähelle pöylähdettä (P) eli poraa ja sen sijainti säilyi samana mittausten ajan. Toinen mittareista sijoitettiin eri etäisyyksille pöylähteestä joko samassa tasossa (A) tai seuraavalla louhintatasolla rintauksen päällä (B) myötätuulen suunnassa. Mittareiden sijoittelussa huomioitiin louhimon olosuhteet, kuten esimerkiksi louhinnan etenemän aiheuttamat rajoitukset. Kuvassa 26 on esitetty kaavakuva mittausten mittaasetelmasta. Mittareita oli käytössä kaksi kappaletta ja toinen mittari sijaitsi mittauspisteessä P eli pöylähteen välittömässä läheisyydessä koko mittausten ajan, kun toista mittaria liikuteltiin eri mittauspisteissä mittaasetelmien A (samassa tasossa) ja B (mittaus seuraavalla louhintatasolla rintauksen päällä) välillä (Kuvat 27 ja 28).

Taustapitoisuus määritettiin pidemmän tuotantotauon (yli 30 min) aikana rintauksen päällä (Kuvan 28 mittari B) sijainneen mittarin mittaustuloksista. Tänä aikana mittarille ei kulkeutunut tuotannon aiheuttamia hiukkasia. Mittauksen aikana louhimon liikenne oli vähäistä ja se suuntautui louhimoalueella siten, että liikennöivät työmaatiet eivät sijainneet tuulen yläpuolella mittariin nähden, joten voidaan olettaa, että työkonoiden liikennöinnistä aiheutuneet päästöt taustamittauksen aikana



Kuva 26. Periaatekuva pölymittausten mittalaitteistojen sijoittumisesta, ei mittakaavassa Kuva: Marjo Sairanen.



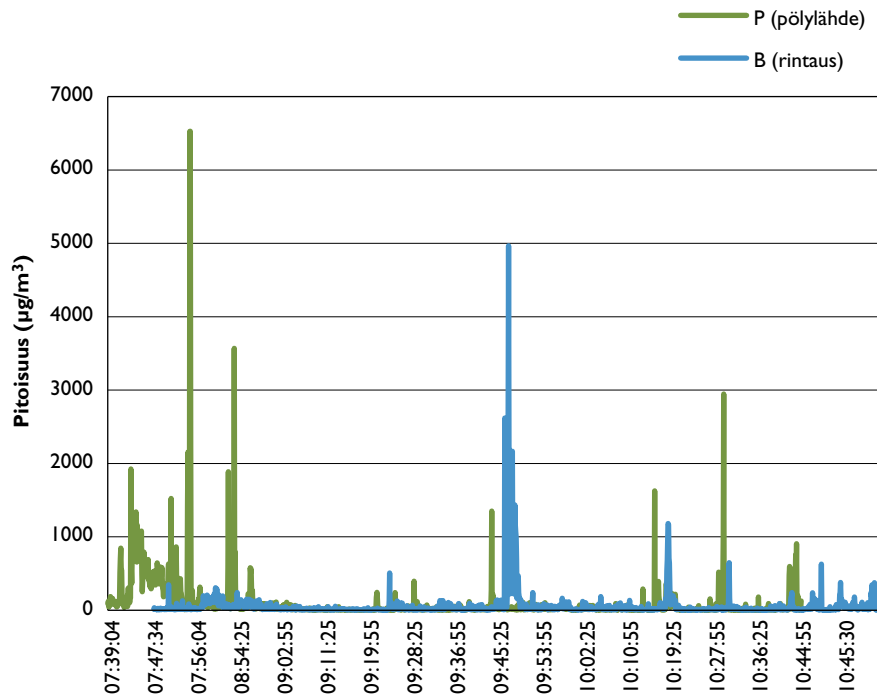
Kuva 27. Pölymittauslaitteistot poran kanssa samassa tasossa myötätuulessa eri etäisyyksillä. Kuva: Marjo Sairanen.



Kuva 28. Pölymittauslaitteistot pölylähteen (poran) läheisyydessä samalla tasolla (P) sekä seuraavalla louhintatasolla rintauksen päällä (B) myötätuulessa Kuva: Marjo Sairanen.

olivat vähäiset. Taustapitoisuus koostuu mm. liikenteen, teollisuuden, asutuksen sekä muiden mahdollisten paikallisten ja alueellisten toimijoiden hiukkaspäästöistä. Mittaustuloksia voidaan pitää luotettavana arviona taustapitoisuudelle, sillä mitaustuloksissa pölypitoisuus ja sen vaihtelu oli huomattavan alhainen verrattuna tuotannon aikaisiin mittauksiin. Taustapitoisuudet olivat TSP:lle $3,4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, PM_{10} :lle $2,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $\text{PM}_{2,5}$:lle $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja PM_1 :lle $0,3 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Mitatut pitoisuudet ovat muissa mittauksissa havaitulla maaseudun taustapitoisuuden tasolla (Hiukkastieto 2014).

Kuvassa 29 on esitetty lyhytkestoisten mittausten mitattujen kokonaisleijumapitoisuuksien vaihtelu yhden rintaustittauksen aikana. Mitatut TSP pitoisuudet olivat kaikissa mittauspisteissä pääsääntöisesti melko alhaisella tasolla ollen muutamista muutamiin kymmeniin mikrogrammoin kuutiometrissä. Välillä pölypitoisuudessa havaitaan yleistä tasoa huomattavasti korkeampia, lyhytkestoisia pitoisuushuippuja, jotka nostavat mitattujen pitoisuuksien keskiarvoja. Rintauksen päällä sijainneissa



Kuva 29. Mitatut (5 s välein keskiarvot) TSP pitoisuudet porauksen välittömässä läheisyydessä (P, pölylähte) sekä 25–60 m etäisyydellä pölylähteestä myötätuulussa rintauksen päällä (B) (Sairanen 2014).

mittarissa B erottuu klo 9.47 tehty räjäytys (Kuva 29). Tällöin räjäytys tehtiin porauksen sekä poran luona sijainneen mittalaitteen (P) ja seuraavalla lousintatasolla rintauksen reunalla sijaitsevan mittalaitteen (B) välissä tuulensuunnan ollessa mittarille B päin. Räjäytyksestä aiheutuneen pölypulssin kesto on noin kolme minuuttia ja sen nosti TSP-pitoisuutta noin $674 \mu\text{g}/\text{m}^3$, PM_{10} -pitoisuutta noin $426 \mu\text{g}/\text{m}^3$, $\text{PM}_{2.5}$ -pitoisuutta noin $27 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ja PM_1 -pitoisuutta noin $6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ verrattuna porauksen aikana mitattuihin pitoisuuksiin. Räjäytyksen vuoksi aiheutunut tauko porauksessa oli niin lyhyt (minuutteja), että hiukkaspitoisuus säilyi kohonneena, jolloin taustapitoisuutta parempi vertailuarvo räjäytyksen aiheuttamaan pölypitoisuuden nousuun on porauksen aikainen pitoisuuden keskiarvo.

Pölypitoisuus alenee nopeasti etäisyyden kasvaessa (Taulukko 10). Samassa tasossa tehtyjen mittausten tuloksista voidaan havaita, että pitoisuuden alenema on alussa nopeaa ja tasoittuu etäisyyden kasvaessa. Louhimotoiminta tuottaa etupäässä karkeita hiukkasia (TSP ja PM_{10}). Pienhiukkasia muodostuu mm. työssä käytettävien koneiden polttomooottoreissa. Pienhiukkaspitoisuuksien vaihtelu on samansuuntaista kuin karkeidenkin hiukkasten, mutta niiden pitoisuudet ovat pääsääntöisesti alhaiset, etenkin jakeen PM_1 osalta. Alhaisista PM_1 pitoisuuksista johtuen PM_1 tulosten mittausepävarmuus on suuri.

Rintaus estää ilmavirtauksia, jolloin hiukkaset jäävät leijumaan avolouhokseen ja vain osa hiukkasista nousee ylös seuraavalle lousintatasolle. Rintausmittauksissa pitoisuuden alenema on samassa tasossa tehtyjen mittausten tapaan nopeaa alussa (Taulukko 10). Rintauksen reunalla tehdyissä mittauksissa pitoisuus on kuitenkin selvästi korkeampi kuin mittauspisteissä etäämmällä rintauksen reunasta. Tämä viittaa siihen, että rintauksen yli nousevista hiukkasista osa jatkaa nousuaan ylemmäs ja vain osa kulkeutuu myötätuulen mukana rintauksen päälle seuraavalle lousintatasolle. Lisäksi tuulennopeudella havaittiin olevan merkittävä vaikutus pitoisuuksiin ja pitoisuudet olivat alhaisempia suuremmilla tuulennopeuksilla.

Taulukko 10. Hiukkaspitoisuuksien keskiarvot (Sairanen 2014).

Etäisyys (m)	Tunnus	Korkeus- asema ¹⁾	TSP ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM _{2,5} ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	PM ₁ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
Mittauspäivä 4.4.2014						
10	P	taso ²⁾	95	61	12,8	3,1
50	B1	rintaus	71	41	4,8	0,9
55	B2	rintaus	25	12	2,7	0,4
60 ³⁾	B3	rintaus	51	22	3,8	0,6
10	P	taso	219	174	34,0	7,2
15	A1	taso	79	66	22,4	3,9
20	A2	taso	61	52	20,9	2,7
25	A3	taso	54	44	17,0	2,3
Mittauspäivä 14.4.2014						
5	P	taso ²⁾	865	673	65,9	25,4
20	B1	rintaus	77	52	15,8	3,3
25	B2	rintaus	22	14	4,3	0,9
30	B3	rintaus	20	13	3,9	0,8
20	B1	rintausII ⁴⁾	13	9	3,5	0,7
25	B2	rintausII ⁴⁾	9	6	2,1	0,4

1) Taso tarkoittaa mittauksia samalla louhintatasolla poran kanssa. Rintaus tarkoittaa mittauksia seuraavalla louhintatasolla.

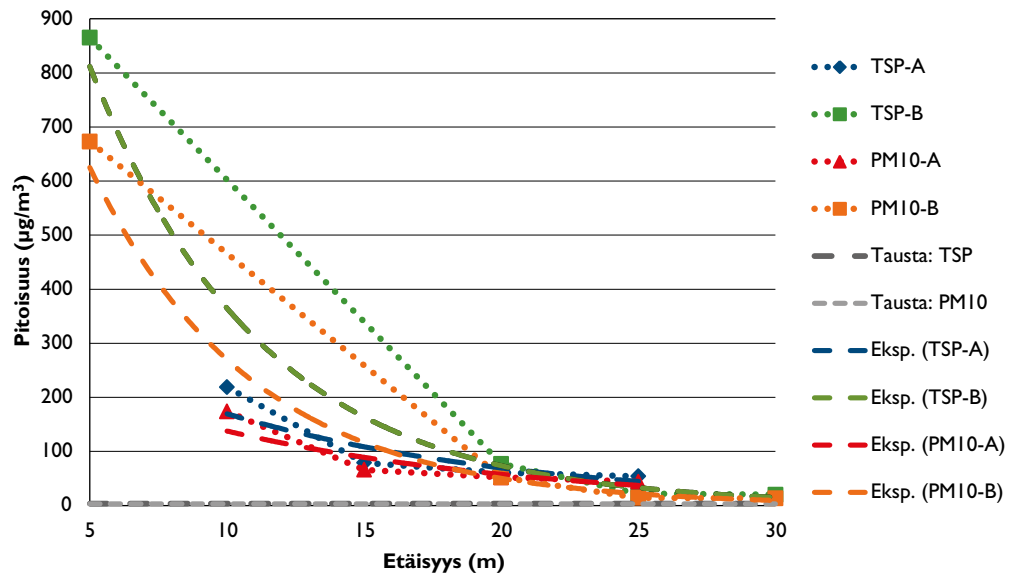
2) Mittauspiste sijaitsi poran välittömässä läheisyydessä samalla tasolla poran kanssa.

3) Mittauspiste sijaitsi seuraavan louhintatason rintauksen edessä, kallioseinän välittömässä läheisyydessä.

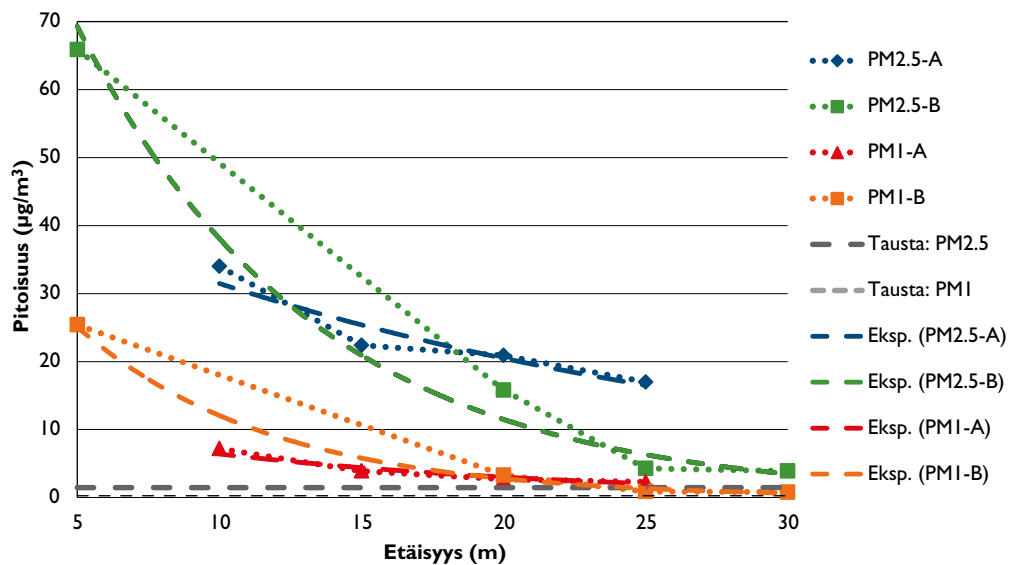
4) Tuulen suunta muuttui mittauksen aikana ja tuuli voimistui. Rintauksen päällä olevaa mittauspistettä siirrettiin eikä uudessa sijainnissa ollut mahdollisuutta liikkua edemmäs.

Seuraavissa kuvissa (30 ja 31) on esitetty eri hiukkaskokojakaumien pitoisuudet eri etäisyyksillä. Lähin mittauspiste (5 m ja 10 m) sijaitsi samassa tasossa lähellä porausta myötätuuleen. "Taso"-mittauspisteet sijaitsivat samassa tasossa, kuin poraus ja "rintaus"-mittauspisteet sijaitsivat seuraavalla louhintatasolla rintauksen päällä, noin 10 m porausta korkeammalla myötätuuleen.

Käyrien eksponenttifunktioiden perusteella eri hiukkaskokojakaumille voidaan määrittää taustapitoisuuden saavuttamiseen tarvittava etäisyys (Kuvat 30 ja 31). Pölylähteen kanssa samassa tasossa tehdyissä mittauksissa taustapitoisuus saavutettiin noin 54 m, 55 m, 81 m ja 53 m etäisyydellä TSP:lle, PM₁₀:lle, PM_{2,5}:lle ja PM₁:lle. Rintauksen päällä tehdyissä mittauksissa taustapitoisuus saavutettiin noin 39 m, 37 m, 37 m ja 36 m etäisyydellä TSP:lle, PM₁₀:lle, PM_{2,5}:lle ja PM₁:lle. Sairasen (2014) aiemmissa tutkimuksissa mitattiin luonnonkivilouhimoilla porauksen aiheuttamaa pölypäästöä eri tuulensuunnissa eri etäisyyksillä porauksen kanssa samalla tasolla. Näissä mittauksissa karkeiden hiukkasten (TSP ja PM₁₀) osalta taustapitoisuus saavutettiin noin 90 m etäisyydellä ja pienhiukkasten (PM_{2,5} ja PM₁) osalta noin 105 m etäisyydellä. Molemmat mittaukset oli tehty heikon tai kohtalaisen tuulen aikana, jolloin päästön laimeneminen oli vähäistä tai korkeintaan kohtalaista.



Kuva 30. Karkeiden hiukkasten (TSP ja PM10) pitoisuuksien keskiarvot mittauspisteillä A (taso) ja B (rintaus) mitattuna sekä taustapitoisuudet (tausta). Exp. on tulosten perusteella määritetty eksponenttifunktion kuvaaja (Sairanen 2014).



Kuva 31. Pienhiukkasten (PM2.5 ja PM1) pitoisuuksien keskiarvot mittauspisteillä A (taso) ja B (rintaus) mitattuna sekä taustapitoisuudet (tausta). Exp. on tulosten perusteella määritetty eksponenttifunktion kuvaaja (Sairanen 2014).

Pölypäästöt luonnonkiven louhinnassa

- Louhimotoiminnassa syntyvä pölypäästö koostuu pääasiassa karkeista hiukkasista ja pienhiukkaset ovat peräisin lähinnä toiminnassa käytettävistä työkoneista
- Luonnonkivilouhimon pölylähteitä voivat olla poralaitteet, kiilaus, sahaus, kuljetukset, räjäytykset, tuotantoalue ja tieliikenne
- Luonnonkiven tuotannossa syntyvien pölypäästöjen leviämiseen vaikuttavat sääolosuhteet (etenkin tuulen nopeus ja suunta), ympäröivän maaston muodot, pölypäästön suuruus ja sen kokojakauma
- Luonnonkivituotannon aiheuttamat pölypäästöt eivät aiheuta ympäristössä raja-arvoja ylittäviä pitoisuuksia nykyisillä louhinnan suojaetäisyyksillä

Pölypäästöjen hallinta luonnonkivituotannossa

Luonnonkivituotannon pienhiukkaspäästöt ovat alhaiset ja ne muodostuvat pääasiassa työkoneiden pakokaasupäästöjen hiukkasista. Karkeita hiukkasia (TSP ja PM_{10}) muodostuu mm. porauksessa. Porauksen pölypäästöt muodostuvat pääosin karkeista hiukkasista ja ne laskeutuvat heikolla ja kohtalaisella tuulella jo louhimoalueelle alle sadan metrin päähän päästölähteestä. Luonnonkivituotannon pölypäästöt voivat kulkeutua myös pidemmälle leviämisen kannalta suotuisissa sääolosuhteissa. Tällöin pitoisuudet jäävät kuitenkin alhaisiksi johtuen tuulen sekoittavasta ja laimentavasta vaikutuksesta.

Mittaustulokset ovat osin ristiriidassa mallinnustulosten kanssa, sillä mittausten mukaan karkeammilla hiukkasjakeilla (TSP ja PM_{10}) pitoisuuden alenema on mallinnusten mukaista nopeampaa. Sen sijaan pienhiukkasten mitatut pitoisuudet olivat samaa suuruusluokkaa luonnonkivilouhimoille tehtyjen mallinnusten mukaisten pienhiukkaspitoisuuksien kanssa.

Porauksessa käytettävä pölyn imeminen säiliöön (pölynkeräin) on varsin tehokas pölyntorjuntamenetelmä. Itse porauksen aiheuttama pölyäminen on vähäistä ja rajoittuu porauksen aloitus- ja lopetusajankohtiin, jolloin poraus aiheuttaa pienen pölypulsin. Nykyisen pölyntorjunnan porauksen aikana syntyvän pölyn torjumiseksi voidaan katsoa olevan riittävää.

Porauksessa syntyvä porauspöly tyhjenetään pölynkeräyslaitteiston säiliön tultua täyteen louhitun alueen reunalle kulkuväylien ulkopuolelle. Porauspölykasoista irtoaa tuulen mukana ilmaan pölyä. Lisäksi erilainen liikkuminen porauspölyn peittämällä alueella nostaa ilmapirran mukaan runsaasti pölyä. Myös pölykasojen siirtely aiheuttaa niiden pölisemistä. Tämän vuoksi porauspölyn sijoituspaikkoihin tulee kiinnittää huomiota, eikä pölynkeräyssäiliöitä tule tyhjentää esimerkiksi liikenneväylille tai niiden välittömään läheisyyteen.

Räjähdyksistä voi aiheutua hetkellisesti suuriakin pölypäästöjä. Räjähdyksen aiheuttamaan pölypäästöön vaikuttaa räjäytettävän kallion päälle ja sen välittömään läheisyyteen sijoittuneen hienoaineksen määrä, joka voi räjähtäksen aiheuttaman ilmanpaineaallon vaikutuksesta nousta ilmaan.

Yleisin pölyhaittojen rajoittamisessa käytetty menetelmä on kastelu. Se on helppo ja kustannustehokas menetelmä. Lisäksi sen ympäristövaikutukset ovat vähäiset. Kastelun heikkous on sen lyhytkestoinen teho. Kastelun tehokkuuteen vaikuttaa käytetty menetelmä. Kastelussa vesipisarat tulisi saada rikottua yhtä pieniksi kuin sidottavat pölyhiukkaset, jotta kastelun teho olisi hyvä. Vesipisaroiden ollessa suuria, vie ilmapirtaus pienen pölyhiukkasen lähellä vesipisaran pintaa ohi pisarasta. Tämän vuoksi erilaiset sumutus- ja korkeapainesumutusmenetelmät ovat pölyntorjunnan kannalta tehokkaimmat.

Tiestön suolaus on tehokas ja toimiva pölyntorjuntakeino. Se parantaa työskentelyolosuhteita ja vähentää ympäristöön leviävän pölyn määrää etenkin kuivina aikoina. Pinta- ja pohjavesiolosuhteet tulisi kuitenkin huomioida tapauskohtaisesti.

Ajonopeudet vaikuttavat merkittävästi louhimon sisäiseen pölyleijumaan. Suuret ajonopeudet aiheuttavat suuremmat ilmapirtaukset, joiden mukana voi ilmaan nousta vastaavasti suurempi määrä pölyä. Alentamalla ajonopeuksia sekä välttämällä turhaa ajoa voidaan alueella liikennöinnistä aiheutuvaa pölypäästöä pienentää merkittävästi.

Louhimon alueesta aiheutuva pölyleijuma koostuu porauspölystä sekä alueen tiestön ja muiden pintojen hienojakoisesta kiviaineksesta, joka ilmapirtojen vaikutuksesta nousee tuulen vietäväksi. Louhimoalueen päästöjä voidaan torjua kastelemalla ja suolaamalla louhimon aluetta. Jos louhimolla on pitkään käyttämättä olevia alueita, maisemoituvat ne luonnostaan ja sitovat pölyä. Tarvittaessa tätä maisemointiproses-

sia voidaan edistää kohteissa, joissa pölyäminen on lähiympäristön kannalta kriittinen tekijä, esim. sairaaloiden ja koulujen ympäristössä.

Luonnonkivituotannon aiheuttamat pölypäästöt eivät aiheuta ympäristössä raja-arvoja ylittäviä pitoisuuksia nykyisillä louhinnan suojaetäisyyksillä. Pidemmän kuivan jakson jälkeen tulee kuitenkin huolehtia pölyntorjunnasta esimerkiksi kastelemalla.

Käytännön toimet pölypäästöjen hallinnassa

- Laadukkaan ja pölypäästöjä vähentävän tekniikan käyttö (pölyn talteenotto-laitteistot)
- Työkoneiden ja -välineiden huolto ja kunnossapito
- Porauspölyn sijoituspaikkoihin tulee kiinnittää huomiota, eikä pölynkeräyssäiliöitä tule tyhjentää esimerkiksi liikenneväylille tai niiden välittömään läheisyyteen
- Pölyvien alueiden kastelu
- Kastelussa tehokkaimpia keinoja ovat erilaiset sumutus- tai korkeapainesumutusmenetelmät.
- Pölypäästöjen huomioiminen louhimon rakenteiden suunnittelussa
- Räjätettävien kalliopintojen ja kamien puhdistaminen pölystä
- Tuotantoalueelle liikennöinnistä aiheutuvaa pölypäästöä voidaan pienentää merkittävästi alentamalla ajonopeuksia sekä välttämällä turhaa ajoa
- Louhimoalueen ulkopuolella tiestöä voidaan tapauskohtaisesti pinnoittaa pölyämättömällä murskeella tai asfaltilla tähän soveltuvilla tieosuuksilla

7 Tärinä luonnonkivituotannossa

Tärinäällä tarkoitetaan kimmoista aaltoliikettä, joka syntyy väliaineeseen, kun siihen kohdistuu muuttuva eli dynaaminen kuormitus. Aaltoliike muodostuu väliaineen hiukkasten pienestä, yleensä millimetrin osien suuruisesta liikkeestä tasapainoase-man ympärillä. Tämä liike välittyy eteenpäin väliaineessa nopeudella, joka on riippuvainen väliaineen fysikaalisista ominaisuuksista. Ihminen havaitsee tärinän taa-juudesta riippuen heilahdusnopeuden n. 1 mm/s yläpuolella. Suuremmilla arvoilla tärinä voi tulla häiritseväksi tai vaurioita rakenteisiin aiheuttavaksi.

Maa- ja kalliorakentamisessa tärinää leviää ympäristöön lähinnä kallion räjäy-tyksistä. Paalutus, syvätiivistys ja maan tiivistäminen täryllä aiheuttavat tärinää lähietäisyydellä. Aivan lähietäisyydellä tärinä voi olla havaittavissa raskaiden ajoneu-vojen ajaessa ohi. Reikien iskuporauksessa syntyvä tärinä aiheuttaa rakenteissa ns. runkoääntä. Viimeksi mainitulla ilmiöllä on merkitystä vain maanalaisen louhinnan yhteydessä asutuskeskuksissa.

Rakenteisiin syntyvän tärinän aiheuttamien vaurioiden välttämiseksi on voimassa Suomen rakennusinsinöörien liiton ohje julkaisussa Rakentamisen tärinät (Hakulinen & Vuento 2010). Ajankohtaista tietoa ajoneuvoliikenteen aiheuttaman tärinän osalta on esitetty Liikenneviraston verkkosivuilla (Liikennevirasto 2014).

Tieliikenteen aiheuttamaa tärinää käsittelevä ohjeistus sisältyy VTT:n julkaisuun Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta (Talja 2004).

7.1

Louhintatärinä luonnonkivituotannossa

Louhintatärinän voimakkuutta kuvaamaan käytetään tavallisimmin heilahdusno- peuden huippuarvoa v [mm/s]. Se riippuu räjäytyksessä tärinäksi muuttuvan ener- gian suuruudesta ja geometrisesta vaimennuksesta sekä materiaalivaimennuksesta räjäytyskohdan ja tarkastelupisteen välillä. Luonnonkivituotannossa louhimon ympäristöön leviää tärinää vain kiintokallion räjäytyksissä, joita ovat ns. kamin irro- tusräjäytykset (ks. Luku 4.1) ja tuotantoon soveltumattomien kohtien räjäyttämisen pois kuljetettavaksi.

Tärinän suuruus ympäristössä kama irrotettaessa riippuu seuraavista tekijöistä: Kamin irrotuksen räjähdysainemäärä, räjäytyspaikan etäisyys tarkasteltavaan kohtee- seen sekä kallion ja maaperän laatu räjäytyspaikan ja tarkasteltavan kohteen välillä.

Tärinän heilahdusnopeus v on suoraan verrannollinen räjähdysainemäärään Q ja kääntäen verrannollinen etäisyyteen R yhtälön (1) esittämällä tavalla.

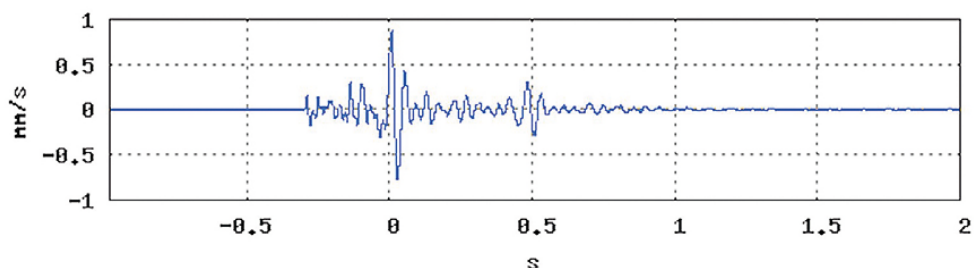
$$v = k * \frac{Q^m}{R^n} \quad (1)$$

Yhtälössä k , m ja n ovat olosuhteista ja räjäytystavasta riippuvia kertoimia. Mallinnettaessa räjäytystärinää oletetaan yleensä, että värinä on ns. skaalatuun etäisyyden potenssifunktio. Etäisyys skaalataan siinä jakamalla joko momentaanisen räjähdysainemäärän neliöjuurella tai kuutiojuurella, edellinen on tavallisempi tapa, yhtälö (2).

$$v = k * \left(\frac{R}{\sqrt{Q_e}} \right)^m \quad (2)$$

Yhtälössä R [m] on etäisyys räjäytys- ja tarkastelupisteen välillä ja k sekä m ovat kertoimia. Q_e [kg] on momentaaninen räjähdysainemäärä. Louhintatärinän voimakkuutta arvioitaessa käytetään "iskuenergiaa" kuvaamaan momentaanista räjähdysainemäärää. Momentaaninen räjähdysainemäärä on se räjähdysainemäärä räjäytyksessä, joka räjähtää niin samanaikaisesti, että siitä syntyvä värinäarvo on suurin räjäytyskentässä räjähtävien panosten aiheuttamista värinähuipuista (Kuva 32). Täyslogaritmisella asteikolla heilahdusnopeus skaalatuun etäisyyden funktiona on tällöin suora.

Kamin irrotuksessa tehokkaana räjähdysainemääränä käytetään reikiin panostettua räjähdysainemäärää ja räjähdysainemäärä lasketaan käyttäen kunkin räjähteen suhteellisella voimakkuudella kerrottua painoa. Esimerkiksi yleisesti käytetylle Forcit Oy:n K-putkipanokselle kerroin on valmistajan ilmoituksen mukaan 0,4 (Forcit Oy 2014). Räjäytyspaikan ja mittauskohteen välistä etäisyyttä arvioitaessa vaakaetäisyys kartalta mitattuna on riittävä. Kallion ja maaperän laatu vaikuttavat värinän etenemiseen: värinä vaimenee paljon voimakkaammin kallion ollessa rikkonaista kuin kiinteää. Tämän sekä maalajien vaikutusta voi vain karkeasti arvioida, ellei värinämittaustuloksia ole käytettävissä.

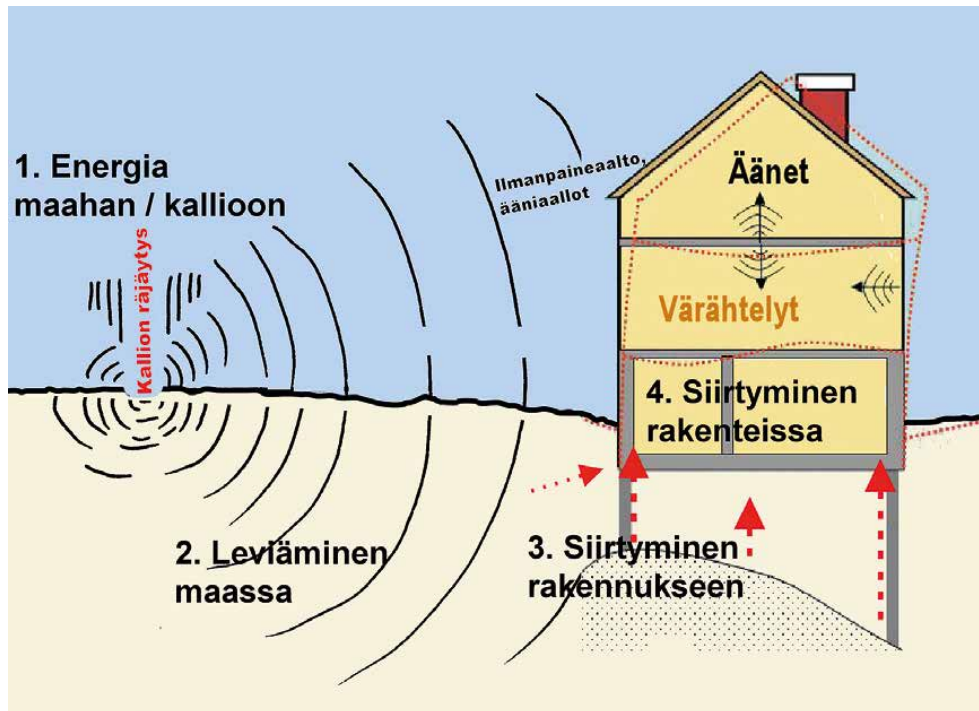


Kuva 32. Rekisteröinti kamin räjäytyksen värinämittauksesta (Vuento 2014).

7.2

Tärinän leviäminen

Tärinä leviää eri tavoin johtuen kuormituksen eli herätteen erilaisista ominaisuuksista, eroista leviämisreiteissä, maa- ja kallioperän erilaisista ominaisuuksista sekä sen kohteen ominaisuuksista, missä värinää tarkastellaan (Kuva 33). Ympäristöön leviävää värinää on tarkasteltu teoreettisesti rakentamisen ohjejulkaisussa Rakentamisen värinät (Hakulinen & Vuento 2010).



Kuva 33. Tärinän leviäminen räjäytyksestä. Kuva: Aimo Vuonto

7.3

Louhintätärinää koskevat ohjearvot

Louhintätärinälle voimassa olevat ohjearvot Suomessa on esitetty rakennusalan ohjejulkaisussa Rakentamisen tärinät, jossa on esitetty alempana oleva lyhennelmä (Hakulinen & Vuonto 2010). Ohjearvot perustuvat siihen, etteivät rakennukset todennäköisesti vaurioidu, kun tärinä on ohjearvojen alapuolella.

Tärinän heilahdusnopeuden v (mm/s) suurin ohjearvo saadaan yhtälöstä 3.

$$v = F_k \cdot v_1 \quad (3)$$

F_k rakennustapakerroin (Taulukko 11)

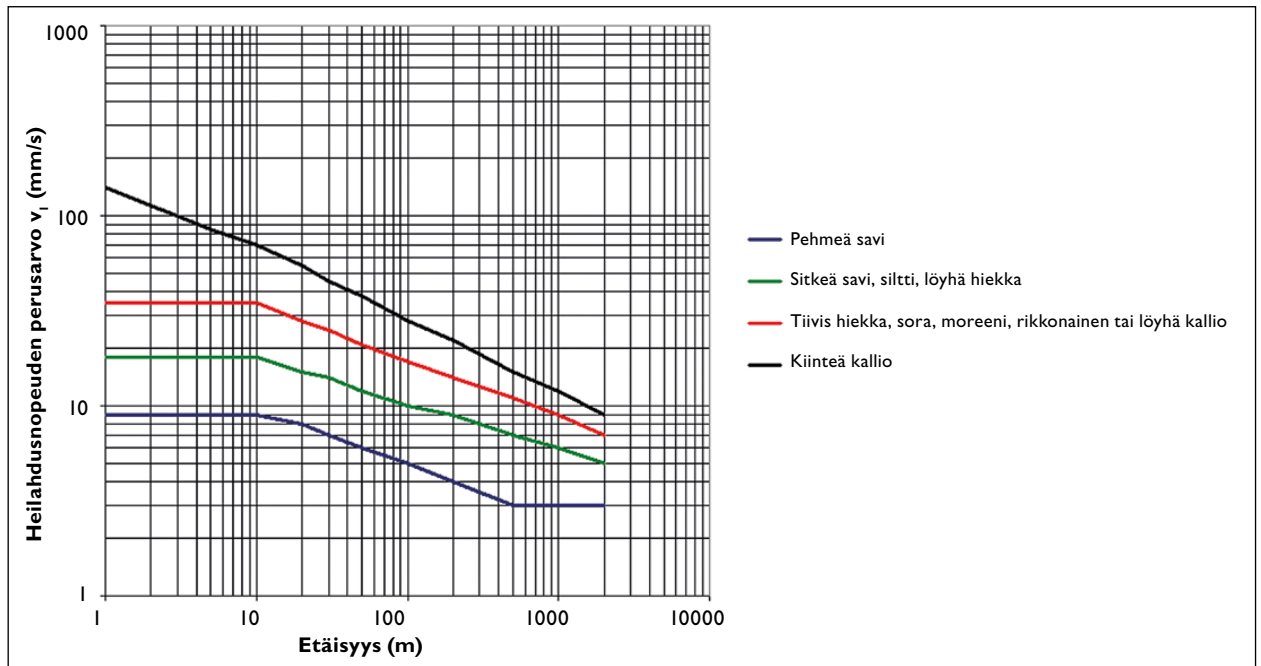
v_1 louhintätärinän heilahdusnopeuden ohjearvon perusarvo (mm/s) (Taulukko 12, Kuva 34).

Taulukko 11. Rakennustapakertoimet tärinän ohjearvojen määrittämiseksi perustuksissa. Taulukossa esitetyistä rakenteista poikkeavien, kuten esim. huonossa kunnossa olevien rakenteiden, tärinänkestävyys on arvioitava tapauskohtaisesti. Hyväkuntoiselle tukipaaluilla perustetulle rakennukselle voidaan taulukon II arvoja korottaa 20 %. Taulukossa esitetyllä kelpoisuudella tarkoitetaan vastaavan pohja-, kalliorakenne- tai rakennesuunnittelijan tai tärinäasiantuntijan kelpoisuutta (ks. 7.5.3.) (Hakulinen & Vuento 2010).

Rakenneluokka (hyväkuntoinen rakenne)	Rakennustapakerroin F_k , (kelpoisuus a-luokka)	Rakennustapakerroin F_k , (kelpoisuus aa-luokka)
1. Raskaat teräsbetoni- ja teräsrakenteet, kuten sillat ja laiturit	1,75	2,00
2. Teräsbetoniset, teräksiset ja puurakenteiset teollisuus- ja varastorakennukset, ruiskubetonoidut kalliotilat, yleensä staattisesti määräytyt rakenteet, joissa ei asuta tai työskennellä	1,25	1,50
3. Pilariperustuksille rakennetut elementtirakenteiset teräs-betonirakenteet, teräs- ja puurakenteiset toimisto- ja asuinrakennukset, muut puu- ja teräsrakennukset, johdot ja maakaapelit	1,00	1,20
4. Massiiviseinäiset tiili-, kevytsoraharkko- ja teräsbetonirunkoiset teollisuus-, toimisto- ja asuinrakennukset, lasiseinäiset teräsrunkoiset sekä tiiliverhotut puurunkoiset rakennukset, ruiskubetonimattomat kalliotilat	0,85	1,00
5. Rakennukset, joissa on kevytbetoni- tai kalkkikiieka-tiilirakenteita, tai muuta vaurioherkkää materiaalia, tärinä- ja värähtelyherkät vanhat rakennukset, kuten kirkot tai korkeita holveja käsittävät rakenteet	0,55	0,65

Taulukko 12. Louhintätärinän heilahdusnopeuden perusarvo v_i (mm/s) etäisyyden suhteen erilaisille maa- ja kalliopohjille perustetuille rakennuksille. Taulukon ylimmässä vaakasarakkeessa on esitetty rakennuksen perustusten alapinnassa oleva maa- tai kalliopohja. Kun sora tai moreeni on löyhää, arvioidaan kerroin v_i sarakkeen 3 perusteella (Hakulinen & Vuento 2010).

1	2	3	4	5
Etäisyys (m)	Pehmeä savi, leikkauslujuus < 25 kN/m ²	Sitkeä savi, siltti, löyhä hiekka	Tiivis hiekka, sora, moreeni, rikkonainen tai löyhä kallio	Kiinteä kallio
1	9	18	35	140
5	9	18	35	85
10	9	18	35	70
20	8	15	28	55
30	7	14	25	45
50	6	12	21	38
100	5	10	17	28
200	4	9	14	22
500	3	7	11	15
1000	3	6	9	12
2000	3	5	7	9



Kuva 34. Louhintätärinän heilahdusnopeuden perusarvo v_1 (mm/s) etäisyyden suhteen erilaisille maa- ja kallioperille perustetuille rakennuksille. Kun sora tai moreeni ovat löyhiä, arvioidaan kerroin v_1 löyhän hiekan perusteella. Kuva Hakulisen & Vuennon (2010) mukaan.

7.4

Tärinälähteet luonnonkivituotannossa

7.4.1

Räjähdykset kiinteästä kalliosta

Tärinää leviää ympäristöön luonnonkivituotannon louhimoiden räjäytyksissä (Kuva 33). Ainoastaan irrotukset kiinteästä kalliosta ovat tällöin merkityksellisiä. Näitä ovat kamien irrotukset sekä tuotantoon soveltumattomien kohtien räjäyttäminen pois kuljetettavaksi. Kamien paloitteluräjäytyksistä sekä lohkareiden halkaisuista, muotoilusta ja rikkomisesta ympäristöön leviävä tärinä ei ole havaittavissa louhimoalueen ulkopuolella, koska räjäytettävät osat ovat jo irti kiintokalliosta.

Kamin irrotuksessa käytetään putkipanoksia, jotka sytytetään reikiin asennetulla räjähtävällä tulilangalla. Yksittäiset reikäpanokset taas sytytetään maan pinnalla selkälankana kulkevalla räjähtävällä tulilangalla. Kamin reikiin panostettu räjähdysaine räjähtää kokonaisuudessaan alle 10 ms:n kuluessa (Kuva 32). Siitä syystä laskelmien tärinälähteenä käytetään irrotuksessa panostettua kokonaisräjähdysainemäärää.

Kaikista räjäytyksistä syntyy ilmanpaineaalto, joka eroaa melusta siinä, että se on taajuudeltaan kuuloalueen alapuolella. Ilmanpaineaalto voi rikkoa ikkunoita aivan lähietäisyydellä louhimoalueella, mutta nykyisillä suojaetäisyyksillä louhimoalueen ympäristön rakennuksissa voi syntyä ainoastaan ikkunaruutujen liikettä, ei rikkoutumista (Vuolio & Halonen 2012).

7.4.2

Raskas ajoneuvoliikenne

Luonnonkivilouhimoiden ajoneuvoliikenne voi aiheuttaa häiritsevää tärinää vain tapauksissa, joissa raskas ajoneuvoliikenne ohittaa asutusta aivan lähietäisyydeltä. Tällöin tien laadulla on merkitystä, sillä raskaiden ajoneuvojen ajaessa epätasaisella

tiellä voi syntyä tärinää. Tällöin tärinä voi olla kohtuuttoman häiritsevää pehmeälle maaperälle perustetuissa pientaloissa. Tärinää voidaan em. tapauksissa vähentää korjaamalla tien epätasaisuuksia tai asettamalla tieosuudelle nopeusrajoitus.

7.5

Tärinävaikutusten mittaaminen ja arviointi

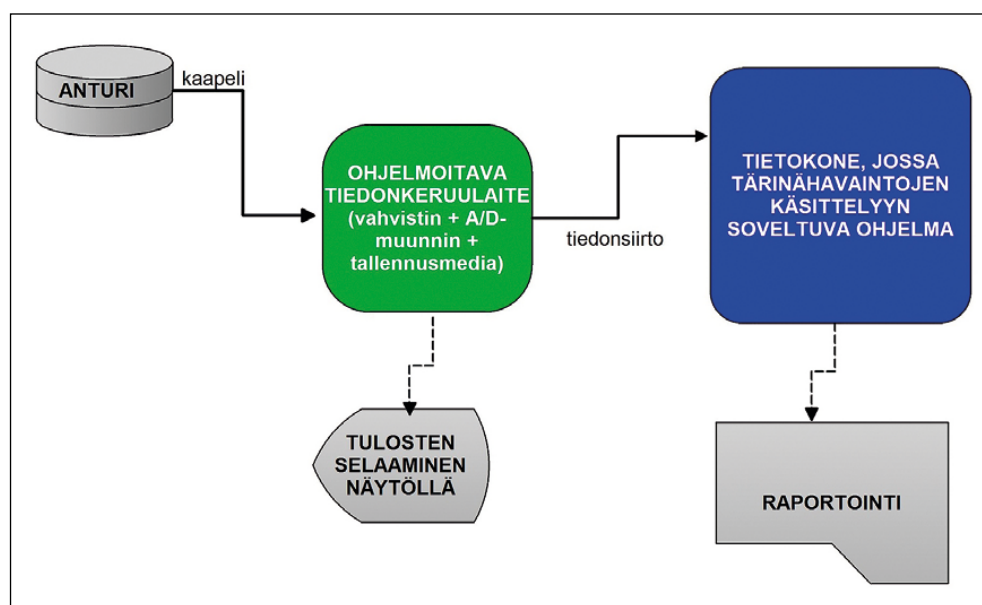
7.5.1

Tärinämittaukset

Tärinämittauksia tehdään sen tarkistamiseksi, että louhimon ympäristössä olevien kohteiden suurimpia tärinän ohjearvoja ei ylitetä. Joskus mittauksia voidaan tehdä myös lohkareiden maantiekuljetusten aiheuttamasta tärinästä. Räjähdytstärinän ja liikennetärinän mittausta tehdään kumpikin omia ohjeistuksiaan noudattaen. Myös ohjearvot ovat erilaisia. Mittaustuloksista voi myös arvioida tärinän suuruutta etäisyyden ja räjähdyksen koon muuttuessa.

Tärinämittauslaitteiston tulee täyttää rakennusalan ohjeen (Hakulinen & Vuento 2010) mukaiset vaatimukset. Kuvassa 35 on esitetty mittausjärjestely ja kuvassa 36 esimerkki ohjeen mukaisesta tärinämittauslaitteistosta. Tärinämittauksia tekevällä tai laitteita vuokraavalla tulee olla toimintajärjestelmässään dokumentoituna, miten mittaustulosten luotettavuus varmistetaan. Dokumentoidun ohjeen sisältö riippuu laitteistosta. Ohjeen mukaisten kalibrointien ja tarkistusten tekemisestä pidetään kirjaa.

Tavallisesti tärinämittaus tehdään rakennuksen perustuksesta mahdollisimman alhaalta (Kuva 36). Vertailukelpoisten tulosten saamiseksi on tärkeää kiinnittää anturi oikein. Anturin on oltava tukevasti kiinni pultattu ja sen suoruus on varmistettava, koska tavallisimmin käytetyt geofonianturit antavat virheellisen arvon ollessaan vinossa. Useimmissa laitteissa oleva toiminnan testausjärjestelmä ilmoittaa mm. laite- ja kaapelivioista.



Kuva 35. Tärinämittauksen mittausjärjestely (Vuento 2014).

Räjähätyksistä syntyvää tärinää mitataan tavallisesti taajuusalueella 5–300 Hz sillä tavalla, että mittaustuloksista saadaan vertailukelpoinen tulos kohteille, joille on esitetty tärinän ohjearvo. Ellei muuten päätetä, mittausta tehdään kolmikomponenttimittauksena. Mittaustulokset arkistoidaan yhdessä räjäytyssuunnitelmapöytäkirjojen ja katselmusasiakirjojen kanssa, jolloin voidaan tehdä mahdolliset selvitykset myöhemmin.



Kuva 36. Mittauslaitteisto asennettuna mittaamaan tärinää rakennuksen perustuksesta.
Kuva: Jani Kankare

7.5.2

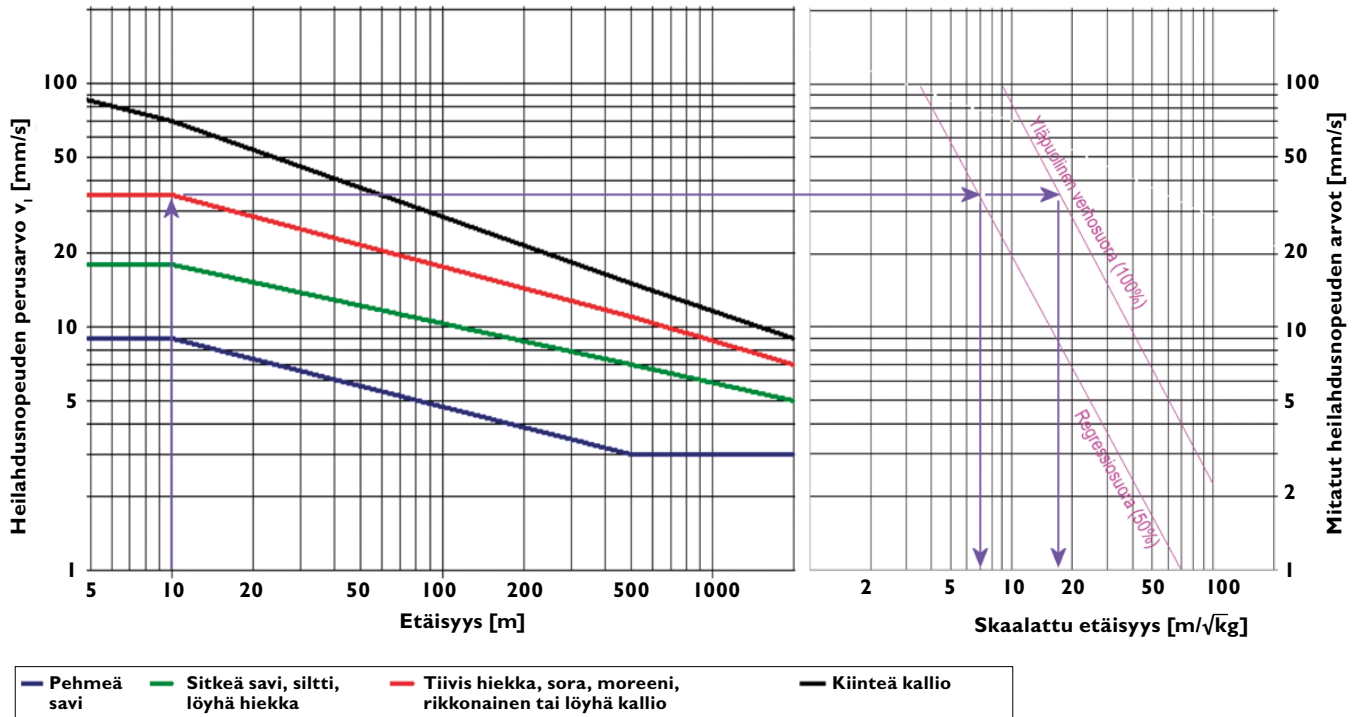
Tärinän suuruuden arviointi

Tärinän voimakkuutta voidaan arvioida aikaisemmin suoritettujen tärinämittausten avulla soveltamalla kaavaa 2 (Luku 7.1). Ennuste tietyn kokoisen räjäytyksen synnyttämälle tärinälle saadaan määrittämällä skaalattua etäisyyttä vastaava heilahdusnopeuden arvo kuvan 37 mukaan. Kuvassa on käytetty täyslogaritmiasteikkoa, jolloin riippuvuus on havainnollisempi. Vähintään kymmeniä mittaushavaintoja sisältävän aineiston avulla voi myös arvioida tärinän voimakkuuden todennäköisyyttä (luotettavuustaso). Koska paikalliset olosuhteet vaihtelevat (Kuva 38), saadaan tarkin tulos juuri kyseisen kohteen tärinämittauksia hyödyntämällä.

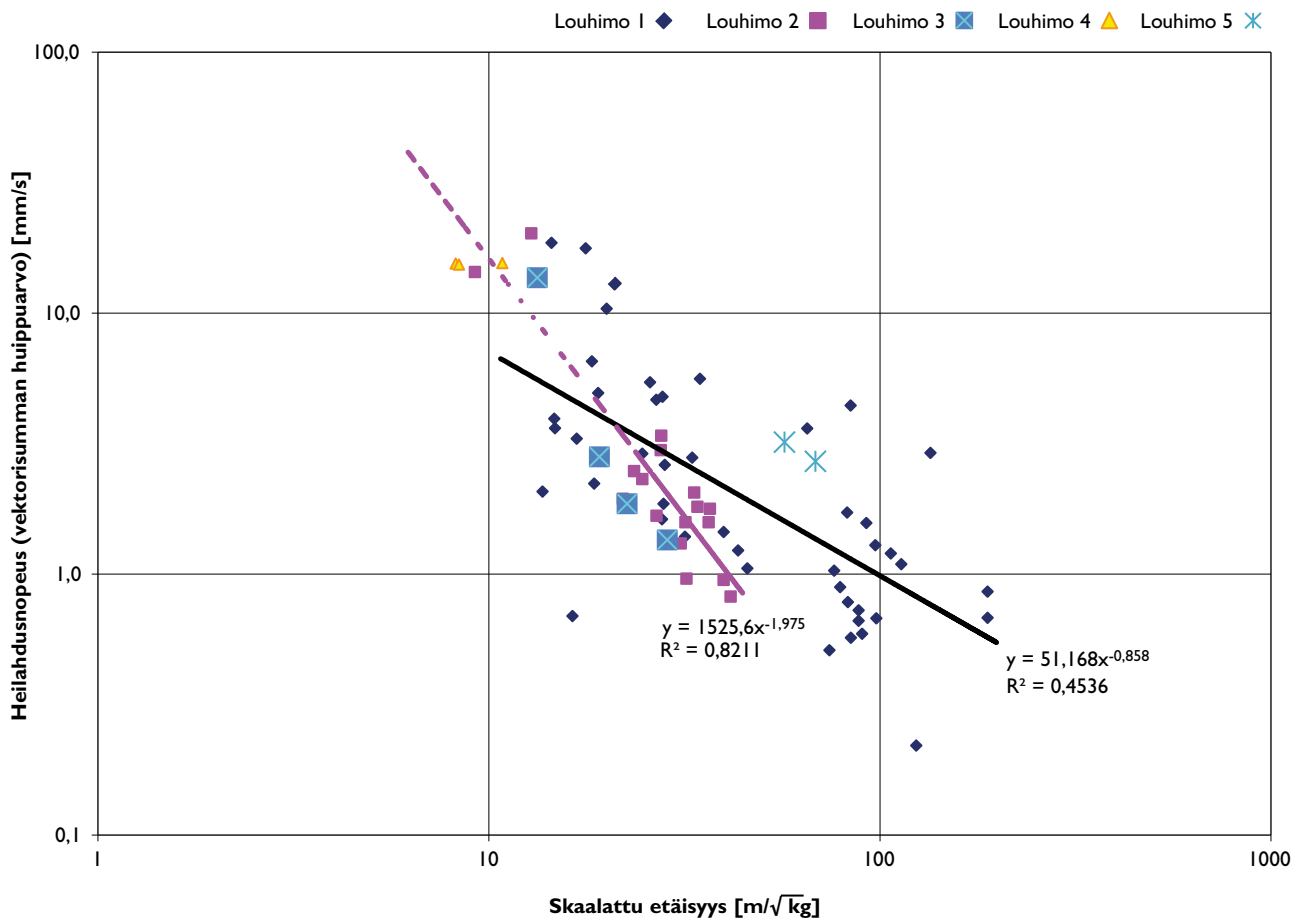
7.5.3

Tärinävaikutusten arviointi

Tärinävaikutusten arviointi on yleensä osa louhimon suunnittelua. Erillistä tärinävaikutusten arviointia ei tarvita, jos toiminta on pienimuotoista tai lähimmät naapurit ovat kaukana. Tarpeellisuuden määrittämisessä voidaan käyttää apuna luvun 7.5.4 kuvaa 39. Ympäristövaikutuksia kuvattaessa riittää tällöin maininta, että tärinällä ei ole vaikutusta ympäristön rakenteisiin tai toimintoihin.



Kuva 37. Tärinän voimakkuuden ennusteen tekeminen graafisesti aikaisempien mittaustulosten perusteella. Kuvassa skaalattun etäisyyden arvolla n. 17 olisi tärinän voimakkuus korkeintaan 35 mm/s (Vuento 2014).



Kuva 38. Kooste luonnonkivilouhimoiden räjäytyksistä mitatuista tärinämittaustuloksista. Kuva osoittaa, että vaihtelu eri louhimoiden välillä on suurta. Samallakin louhimolla mittaustulokset vaihtelevat, koska mittauspisteet ovat eri suunnissa räjäytyksistä ja mittauskohdan ominaisuudet vaikuttavat tuloksiin (Vuento 2014).

Tärinävaikutusten arvioinnissa voidaan esittää, miten menetellään, kun mitattu tärinä ylittää ohjearvon tai sitä alemmaksi asetetun hälytysrajan. Louhimotoiminnan ympäristöön aiheuttaman tärinän vaikutusten arviointia varten luokitellaan hankkeet vaativuusluokkiin 1-3 (Hakulinen & Vuento 2010). Vaativuusluokitus on esitetty taulukossa 13. Louhimotoiminnassa vaativuusluokka on tämän mukaan 1 tai joskus 2, koska etäisyydet asutukseen ovat käytännössä suuria.

Taulukko 13. Tärinään liittyvien tehtävien yleispiirteinen vaativuusluokitus Hakulisen & Vuennon (2010) mukaan.

	A Lyhytaikainen tärinävaikutuksen kesto, pienet suoritemäärät	B Tavanomainen tärinävaikutuksen kesto, keskimääräi- set suoritemäärät	C Pitkä tärinä- vaikutuksen kesto, suuret suoritemää- rät
Tärinän vaikutusalueella ei ole tärinästä häiriintyviä erityisiä luonnonarvoja tai ihmisiä tai vaurioituvia rakenteita tai rakennuksia	1	1	2
Kohde on asutulla alueella, tavanomaisia rakennuksia tai rakenteita	2	2	3
Lähellä on tärinäherkkiä rakenteita ja erityistä varovaisuutta edellyttäviä kohteita	3	3	3

On huomattava, että joskus tärinävaikutusten arviointi tehdään jälkikäteen, kun selvitetään mahdollisesti syntyneitä tärinävaurioita. Tällöin asiantuntijalla on aina oltava aa-luokan pätevyys. Pätevyydet myöntää Fise Oy.

Tärinävaikutusten arviointi on oma kokonaisuutensa, jonka tarkoituksena on antaa hankkeen toteutukseen riittävät tiedot työn suorittamiseksi niin, että tärinästä aiheutuvien vahinkojen mahdollisuus otetaan huomioon. Tärinävaikutusten arvioinnissa esitetään myös ne toimenpiteet, jotka ovat tarpeen louhimotoiminnassa syntyvän tärinän johdosta. Tärinävaikutusten arviointi voi olla osa hankkeen ympäristövaikutusten arviointia.

Tärinävaikutusten arvioinnin sisältö riippuu hankkeesta. Louhimotoiminnan pitkäaikaisuuden takia tärinävaikutusten arviointi on tarpeen tehdä jonkin verran laajempina kuin vaativuusluokassa 1 yleensä. Kun tärinävaikutusten arviointi tehdään, arvioinnin tulee laatia asiantuntija, jolla on vastaavan vaativuusluokan suunnittelijan tai tärinäasiantuntijan kelpoisuus. Tärinävaikutuksen arvioinnin sisältö ja tehtävät vaativuusluokassa 1 Hakulisen & Vuennon (2010) mukaan ovat:

- Tärinälähteiden ja niiden luonteen määrittäminen
- Tärinävaikutusten arvioinnin alueen määrittäminen
- Tehdä selvitys tarkastelualueella olevista tärinästä vaurioituvista kohteista ja sellaisista toiminnoista, joissa tärinän vaikutus on otettava huomioon
- Valita määrittämisperusteet tärinän suurimmalle ohjearvolle olemassa olevia ohjearvoja käyttäen
- Tehdä esitys tärinän mittaamisesta ja tärinävaikutusten tarkkailusta
- Määrittää katselmuusalue ja tarvittaessa katselmusten suoritustapa

7.5.4

Tärinävaikutusten arvioinnin alue

Tärinävaikutusten arvioinnin alue määritellään räjäytysten suuruudesta riippuvan tärinän voimakkuuden sekä ympäristön tärinäherkkyyden perusteella. Tärinän voi-

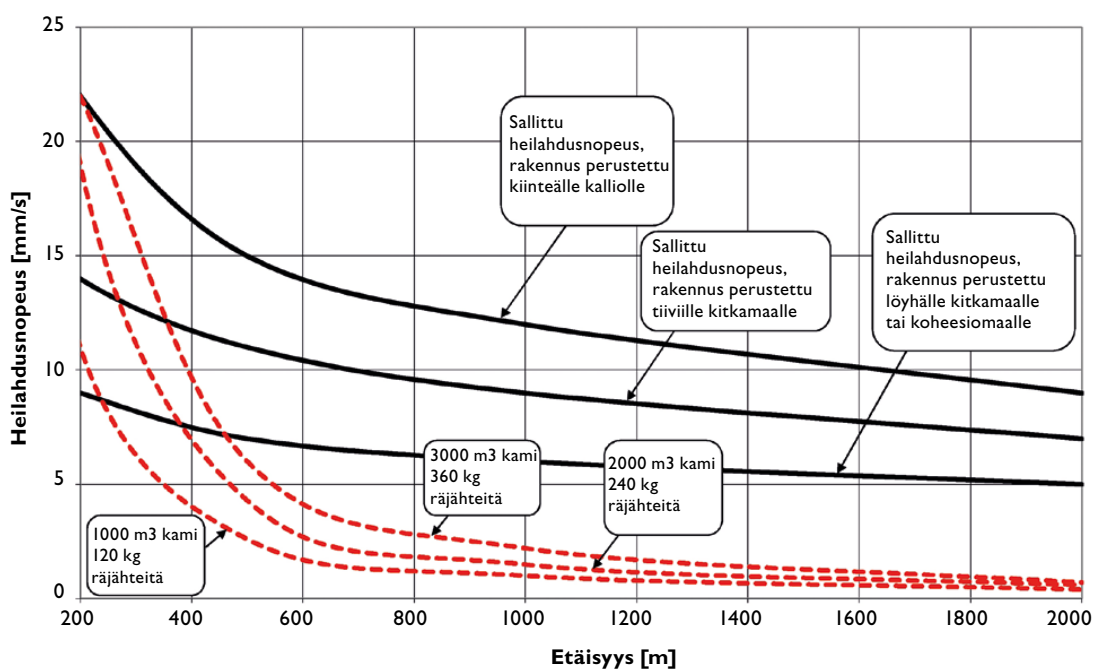
makkuus samoilla etäisyyksillä työkohteesta voi olla erilaista, koska maa- ja kallioperä vaikuttavat värinän vaimenemiseen.

Tärinävaikutusten arvioinnin alueen säteeksi esitetään rakennusalan ohjeessa taulukon 14 mukaisia etäisyyksiä.

Taulukko 14. Perusteet värinävaikutusten arvioinnin aluerajaukseksi louhintatöissä Hakulisen & Vuennon (2010) mukaan.

Syntyvän värinän luonne	Vaativuusluokka 1	Vaativuusluokka 2	Vaativuusluokka 3
Tärinä voi olla havaittavissa vielä n. 100 m etäisyydellä, louhinta asutuskeskuksessa tai kunnallistekniikkaan liittyvä louhinta	Lähimmät kohteet eri suunnissa, ei kuitenkaan yli 50 m etäisyydellä	Alue 50 –100 m etäisyydellä	Alue 50–100 m etäisyydellä sekä 100–200 m etäisyydellä erityisen värinäherkät kohteet
Tärinä voi olla havaittavissa jopa kilometrien päässä, massalouhinta	Lähimmät kohteet eri suunnissa	Suurimpien värjäytyskenttien värjähdysainemäärästä riippuva alue	Suurimpien värjäytyskenttien värjähdysainemäärästä riippuva alue, kauempaa myös erityisen värinäherkät kohteet erillisen selvityksen mukaan

Samanaikaisesti värjähtävä värjähdysainemäärä luonnonkivilouhimoilla on suurimmillaan samaa luokkaa kuin suurten tieleikkausten louhinnassa samalla hidasteajalla värjähtävä värjähdysainemäärä. Vaativuusluokka on yleensä 1. Tämän perusteella värinävaikutusten arvioinnin alueeksi otettaisiin yleensä lähimmät kohteet eri suunnissa. Tarkasteltaessa vuosina 1998 –2013 suoritettuja värinämittauksia (Vuento 2014) havaitaan, että ainoastaan yhdellä erittäin suurella louhimolla värinä on ollut yli 500 metrin etäisyydellä suurempi kuin 1...2 mm/s. Tämän perusteella värinävaikutusten arvioinnin säde on normaalisti enintään 500 metriä. Jos tarkastellaan erikokoisten kammien irrotusvärjäytyksiä ja otetaan huomioon rakennusten perustamistapa (Kuva 39), arviointialueen määrittämiseksi voidaan käyttää kuvaa 39 siten, että laskennallinen



Kuva 39. Tärinän ohjearvot normaalirakenteisille rakennuksille ja suurimmat värinäarvot erikokoisten kammien värjäytyksille, molemmat etäisyyden funktiona Aatoksen (2003) mukaan.

suurin tärinä olisi n. puolet ohjearvosta. Tällöin arviointialueen säde enintään 1000 m³ kamikoolla olisi 300 metriä, kun rakennukset on perustettu tiiviille moreenille, mikä on yleinen tilanne Suomessa.

Tietoa tärinän suuruuden arvioimisesta on luvussa 7.5.2. Tätä tietoa voi käyttää hyväksi myös päätettäessä kuinka laaja tärinävaikutusten arvioinnin alue tulisi olla. Tärinän eteneminen riippuu merkittävästi paikallisista olosuhteista. Tarkempi kuva tärinän suuruudesta ympäristössä voidaan saada tekemällä ennakkokokeita. Arviointialueen rajaamisessa on otettava huomioon myös melun ja ilmanpaineaallon vaikutus.

7.6

Tärinävaikutusten hallinta

7.6.1

Ympäristön rakenteiden katselmukset

Kaikkiin rakenteisiin syntyy niiden elinaikana vaurioita luonnollisen elämisen ja normaalin käytön seurauksena. Jos rakennustyöstä aiheutuu vaurio, tulee vaurio korvata. Tärinää aiheuttaviin rakennustöihin tulee sisällyttää ympäristön rakenteiden katselmukset siinä laajuudessa, että ennen rakentamista olemassa olevat vauriot ovat tiedossa ja rakennustyön päättymisen jälkeen syntyvät vauriot voidaan erottaa rakennusaikana syntyneistä. Tärinävaikutusten arvioinnissa määritellään alue, jolla katselmukset järjestetään. Välittömästi ennen työn aloittamista on tarkistettava, onko tärinävaikutusten arvioinnin jälkeen tapahtunut sellaisia muutoksia, että aluerajausta on muutettava. Mahdollisten työstä johtuvien vahinkojen määrittämiseksi tarkastukset tehdään välittömästi ennen työn aloittamista, tarvittaessa työn aikana sekä välittömästi työn päätyttyä.

Katselmuksella tarkoitetaan toimitusta, jossa asianosaiset tarkastavat ja kirjaaavat olemassa olevat rakenteiden vauriot. Katselmuksen järjestämistä tai kiinteistön suostumusta katselmukseen ei voi lakimääräisesti velvoittaa. Usein katselmukset on kuitenkin sisällytetty urakkasopimukseen tai vakuutusopimukseen. Katselmuksen tekemisestä vastaa tärinäasiantuntija.

Rakennusten ja rakenteiden katselmuksesta tulee laatia ennakoita suunnitelma, jossa esitetään tarkastettavat kohteet ja työtapat. Katselmuksen yhteydessä tulee tarkistaa, että tärinävaikutusten arvioinnissa esitetyt tärinäherkkien laitteiden ja toimintojen luettelo ja kuvaus pitää paikkansa. Katselmuksen tekijänä tulee pyrkiä käyttämään samaa henkilöä eri vaiheissa, myös ennako- ja jälkikatselmuksessa.

Katselmus tehdään sellaisella menetelmällä ja tarkkuudella, että vahinkovastuu on mahdollista määritellä. Katselmus tulee aina tehdä ammattitaitoisesti ja huolellisesti. Tavallisesti katselmus antaa yleiskuvan, eikä kaikkia halkeamia voi erottaa yleisesti käytetyn tarkasteluetaisyysyden 1,5 metriä päästä. Yleensä betonirakenteet mitoitetaan niin, että halkeamat pysyisivät alle 0,3 mm:n suuruisina. Näin pieniä halkeamia ei voi havaita tavanomaisin katselmusmenetelmin ja -tavoin. Tarvittaessa on käytettävä tarkempia menetelmiä.

Vastuuhenkilönä katselmuksessa on vaativuusluokassa 2 vähintään a-luokan tärinäasiantuntija ja 3. vaativuusluokassa vähintään aa-luokan tärinäasiantuntija (ks. Luku 7.5.3). Katselmus tulee järjestää sillä tavalla, että kiinteistön omistajalla tai edustajalla sekä rakennustyön toteuttajalla on mahdollisuus osallistua tarkastukseen.

Taulukko 15. Katselmuspöytäkirjojen sisältövaatimukset ja havaintojen esittäminen Hakulisen & Vuennon (2010) mukaan.

Katselmustoimitusten pöytäkirjan vähimmäissisältö	Tärkeät havainnot jotka tulee dokumentoida pöytäkirjassa	Havaintojen esittäminen pöytäkirjassa
Katselmuksen tarkoitus	Ei huomautettavaa, jotain edessä, tilaan ei päässyt	Valokuvat
Kohde	Yleiskuvat	
Ajankohta	Sanalliset kuvaukset sääoloista ym. asioista jotka vaikuttavat tulokseen	Käsivaraiset piirrokset, pohjana voi olla rakennuspiirustus tai tarkastusta varten laadittu lomake
Osallistujat ja roolit	Tavanomaisesta poikkeavien rakenteiden, vaurioiden yms. kuvaus	Video kohteesta sisältäen esim. selostuksen ja lähi- ja yleiskuvia
Tulos ja tarvittaessa viittaukset liitteisiin	Arvio suoritettujen katselmuksen tarkkuudesta	

Katselmuksiakirjat koostuvat katselmustoimitusten pöytäkirjoista sekä tehtyjen havaintojen dokumenteista. Taulukossa 15 on esitetty katselmuspöytäkirjojen sisältövaatimukset. Havainnot dokumentoidaan esimerkiksi piirroksin, joihin kuvataan käsivaraisesti esim. rakojen ja halkeamien symbolinen tai likimääräinen sijainti ja pituus, valokuvain, joita voidaan tarkastuksen jälkeen käsitellä siten, että esim. nuolilla ja tekstillä osoitetaan havainto ja tieto kuvan sijainnista (Kuva 40) tai videoimalla kohteen katselmuksen. Piirros pohja voi olla rakennuspiirustus tai tarkastusta varten laadittu lomake; kuvaukseen liitetään riittävästi merkintöjä ja selityksiä, esim. halkeaman avauman suuruus. Videoimalla kohteen katselmuksen voidaan selostaa havaintoa ja ottaa lähi- ja yleiskuvia. Dokumentointitavasta riippumatta tehtyjen havaintojen tulee käydä selvästi ilmi.

Dokumenteista tulee käydä ilmi, miten niitä on jälkikäsitelty. Dokumentteja tulee säilyttää sillä tavalla, että asiattomat eivät pääse niihin käsiksi. Jos mahdollista, tulee kaikille osallisille jakaa kopiot dokumenteista. Kaikissa tapauksissa on tiedotettava, missä dokumentit ovat tarkistettavissa. Käytetyt lyhenteet on esitettävä katselmuksiakirjoissa.



Kuva 40. Esimerkki vaurion dokumentoinnista valokuvalla. Kuva: Aimo Vuento.

7.6.2

Tärinämittausten hyödyntäminen

Luonnonkivilouhimoiden lähimmät naapurit sijaitsevat yleensä niin kaukana, ettei tärinämittauksia luonnonkivialalla tehdä kaikista räjäytyksistä, vaan tarvittaessa. Tärinämittaukset liittyvät tavallisesti sen tarkistamiseen, onko tärinän suuruus voinut olla ohjearvojen yläpuolella tai lähellä. Mittaustuloksia myös verrataan aikaisempiin havaintoihin. Tällöin on tärkeää tehdä mittaukset erityisen huolellisesti ja dokumentoida tulokset sekä räjäytystiedot. Mittaustuloksia arvioitaessa tulee ottaa kantaa ainakin seuraaviin seikkoihin: Onko räjäytys riittävän suuri verrattuna muihin louhimolla tapahtuviin räjäytyksiin, että mittaustulosta voidaan pitää suurimpia esiintyviä tärinäarvoja edustavana, onko mittaustulos ennakoitavissa olevaa suuruusluokkaa, onko mittaustapahtumassa jotain muuta poikkeuksellista, miten mittaustulos suhteutuu ohjearvoon ja mitä johtopäätöksiä tästä voidaan tehdä sekä olivatko mittaustulos tai olosuhteet sellaisia, että lisämittauksia tarvitaan.

7.6.3

Vastuu tärinävaurioista

Tärinävahingoissa ulkopuolisen vastuu määräytyy ympäristövahinkolain mukaan ankaran vastuun mukaisesti. Tällöin korvausvastuu syntyy, vaikka työssä olisi menetytty huolellisesti ja ohjeiden mukaan. Korvausvastuun kannalta on tärkeää selvittää, onko vaurio tapahtunut työn aikana ja onko tärinä todennäköisesti ollut niin suuri, että vaurio on voinut syntyä. Todennäköisyydellä tarkoitetaan vähintään 50 %:n todennäköisyyttä. Kun vahinkovastuuta selvitetään jälkikäteen eikä tärinämittausta ole tehty, voidaan todennäköisyyden arvioinnissa käyttää riittävän laajoja tutkimuksia mittaushavainnoista, esim. Raimo Vuolion väitöskirjan materiaalia (Vuolio 1990).

7.6.4

Tärinän vähentäminen

Tärinän suuruutta voidaan vähentää pienentämällä samanaikaisesti räjähtävää räjähdysainemäärää tai kasvattamalla matkaa, jonka aaltoliike kulkee. Kun kamin irrotuksessa käytetään räjähtävää tulilankaa, on kamikoon pienentäminen ainoa keino pienentää samanaikaisesti räjähtävää räjähdysainemäärää. On huomattava, että ominaispanostuksen pienentäminen voi johtaa puutteelliseen irtoamiseen ja tärinän huomattavaankin kasvuun. Räjäytyskohdan ja varottavan kohteen välissä oleva syvä avolouhos tai rikkonainen kallio pienentää tärinää. Tämän voi ottaa tarvittaessa huomioon suunnittelemalla louhimon aloituksen ja etenemisen sopivalla tavalla.

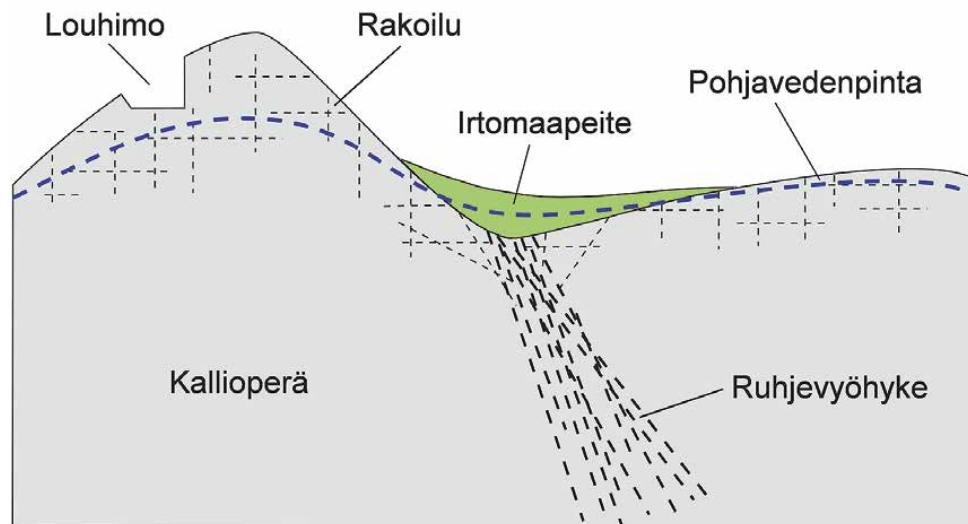
Tärinä luonnonkiven louhinnassa

- Luonnonkivituotannossa louhimon ympäristöön leviää tärinää vain kiintokallion räjäytyksissä, joita ovat ns. kamin irrotusräjäytykset ja tuotantoon soveltumattomien kohtien räjäyttäminen pois kuljetettavaksi
- Luonnonkivilouhimoiden ajoneuvoliikenne voi aiheuttaa häiritsevää tärinää vain tapauksissa, joissa raskas ajoneuvoliikenne ohittaa asutusta aivan lähietäisyydeltä
- Tärinä leviää eri tavoin johtuen kuormituksen eli herätteen erilaisista ominaisuuksista, eroista leviämisreiteissä, maa- ja kallioperän erilaisista ominaisuuksista sekä sen kohteen ominaisuuksista, missä tärinää tarkastellaan
- Koska paikalliset olosuhteet vaihtelevat, saadaan tarkin tulos tärinän voimakkuudesta juuri kyseisen kohteen tärinämittauksia hyödyntämällä

8 Pinta- ja pohjavesivaikutukset luonnonkivituotannossa

Pintavesi on maahan imeytymätöntä vettä, jota esiintyy mm. ojissa, joissa ja järvissä. Sitä esiintyy myös pintavaluntana esimerkiksi rankkasateiden jälkeen. Maankamaran vettä kutsutaan vajo- ja pohjavedeksi, kun se on vyöhykkeessä, jossa maaperän huokokset tai kallioperän raot ovat osittain tai kokonaan veden kyllästämiä. Täysin vedellä kyllästyneiden huokosten tai rakojen yläpintaa kutsutaan pohjavedenpinnaksi. Pohjavedenpinta myötäilee yleensä loivapiirteisesti maanpinnan topografiaa (Kuva 41).

Suomen peruskallion kivilajit ovat valtaosin kovia ja käytännössä huokosettomia. Tämä tarkoittaa, että itse kallioperän kiviainekselta puuttuu hydraulinen johtavuus tai se on äärettömän pieni. Kalliopohjaveden määrään ja virtausnopeuteen vaikuttaa ratkaisevasti kallioperän rikkonaisuus. Ruhjeisen ja rakoilevan kallioperän alueilla pohjavettä voi varastoitua kallioperään huomattaviakin määriä. Kallioperässä esiintyvälle pohjavedelle on kuitenkin tyypillistä pieni varastotilavuus ja syvyysulottuvuus sekä pienialainen ja lyhytkestoinen hydrologinen kierto (OH1 2009). Luonnonkivilouhimot sijoittuvat eheille kallioalueille, joilla rakoilun ollessa vähäistä myös kalliopohjaveden määrä ja virtausnopeus ovat yleensä pieniä (esim. Aatos 2003).



Kuva 41. Kaavamainen esitys pohjaveden pinnankorkeuden vaihtelusta eheillä ja ruhjeisilla kallioalueilla Suomessa (Kuva: Miikka Paalijärvi).

Pinta- ja pohjaveden määrään, liikkeeseen ja kemialliseen koostumukseen vaikuttavat geologiset, hydrologiset ja hydrogeologiset sekä ilmastolliset ja mm. topografiaeroista aiheutuvat (esim. maanpinnan vietto) tekijät. Pinta- ja pohjavesien luonnollinen tila, kuten esimerkiksi veden virtaus painovoimagradientin mukai-

sesti, pohjavedenpinnan korkeus ja pohjaveden kemiallinen koostumus, on aina tapauskohtainen. Suomen ns. arseeniprovinssien alueilla kallioperän, maaperän ja pohjaveden luontaiset arseenipitoisuudet voivat olla paikallisesti suurempia kuin arseeniprovinssien ulkopuolisilla alueilla. Arseenialueiden toimijoilla on käytössä opas mm. pinta- ja pohjavesivaikutusten ehkäisemiseksi (esim. Lehtinen ym. 2014).

Luonnonkivituotantoon soveltuviissa kivilajeissa esiintyy yleensä hyvin niukasti malmimineraaleja tai sulfideja, jolloin louhimisesta ei myöskään aiheudu merkittävää kemiallista kuormitusta ympäristölle. Suomessa suurten graniitti- ja vuolukivilouhimoiden vaikutusta pinta- ja pohjavesiin selvitettiin Aatoksen (2003) tutkimuksessa, joka on laajuudeltaan ainutlaatuinen pohjoismaissa. Aatoksen (2003) mukaan luonnonkivilouhimoihin kerääntyy ensisijaisesti sade- ja sulamisvesiä. Vettä voi kulkeutua louhimoon myös pintavaluntana, mutta kuitenkin yleensä vähäisemmässä määrin. Varsinkin keväällä ja syksyllä runsaiden sateiden yhteydessä tai lumien sulaessa vesiä liikkuu maaperän pintaosissa, mutta myös kallioperän rakosysteemeissä vajovetenä. Pääosa maankamaran vajovedestä päättyy yleensä pohjavedeksi, mutta vajovesiä voi purkautua myös maanpinnalle tai louhimoalueille sopivissa maastokohdissa. Kevät- tai syystulva-aikaan maa- ja kallioperästä luonnonkivilouhimoilta purkautuvien vesien määrät ovat yleensä vähäisiä. On kuitenkin huomioitava, että louhimoalueella lumen sulamisen ja rankkasateiden vaikutuksesta poistettavan veden määrä voi hetkellisesti kohota keskimääräiseen verrattuna.

Luonnonkivien tuotantoalueilla likaantumiseriskiä lisäävät ajoneuvoliikenne, työ- koneiden ja polttoainesäiliöiden mahdolliset vuodot sekä kulkuteiden ja toiminta-alueiden pölynsidontasuolaus (Jantunen 2012, Gustafsson ym. 2006). Louhinnan vaikutukset pohjaveteen ovat kuitenkin epätodennäköisiä kallioperän ollessa ehyttä ja heikosti vettä johtavaa. Tällöin myöskään louhimoalueen pintavesiä ei kulkeudu syvemmälle kallioperän pohjaveteen.

8.1

Vaikutukset pintavesiin

Ympäristöään ylempänä sijaitsevilla eheillä kallioalueilla maapeitteet ovat yleensä ohuita. Kun louhimoalueelta poistetaan pintamaa, muutetaan veden luonnollista kiertokulkua. Pintaveden hydrologiset olosuhteet muuttuvat, ja mm. pintavalunta voi paikallisesti kasvaa. Runsa sadanta ja lumen sulamisvesien määrä voi lisätä veden kiintoaineksen pitoisuutta ja siten veden sameutta. Sade- ja sulamisvesiin voi myös liueta ottamisalueelta esim. räjähdysaineista peräisin olevaa tyyppiä tai pintamaiden läjitysalueiden ravinteita. Sulfidimineraalipitoisiin sivukiviin voi myös liittyä happamien valumavesien muodostumisriskiä (Heikkinen ym. 2007) (ks. Luku 9). Ainakin osa pintavalunnasta sitoutuu kalliopainanteisiin, varastokasoihin ja louhimorakenteisiin (Jantunen 2012).

Luonnonkiven louhinnassa räjäytyksissä käytettävät putkipanokset sisältävät jonkin verran typpiyhdisteitä. Räjäytyksen typpipäästö muodostuu ilmaan vapautuvista typenoksideista ja räjähdysainejäämistä. Louhinnan typpipäästöjä tutkittiin VTT:n ja GTK:n MINIMAN-hankkeessa (esim. Karlsson 2014), jossa graniittilouhimon typpipäästöjä tarkkailtiin kahden vuoden ajan 2012–2014. Lysimetrikokeiden perusteella arvioitiin, että sivukiviin sitoutuvan typhen määrä olisi suuruusluokaltaan 0,1 mg/kg. Vastaavasti kromikaivoksella määräksi on arvioitu 20 mg/kg (Mattila ym. 2007). Graniittilouhimon kokonaistypen (tot-N) päästön kohteen lähellä olevaan järveen arvioitiin olevan noin 40–60 kg vuodessa. Sivukiviin sitoutunut typhen määrä edustaa ns. pahinta tapausta (worst case), koska todellisuudessa sivukivet ovat raekooltaan suurempia kuin tutkimustankkeihin sijoitetut pienet lohkat. Lisäksi louhintatavasta (Luku 4) johtuen kaikki sivukivilohkat eivät koskaan ole kosketuksissa

räjähdeaineisiin (arviolta 50/50). Tutkimuksen mukaan luonnonkivenlouhinnan räjähdeteräinen typpipäästö on pieni verrattuna maatalouden tai malmikaivostoinnin typpipäästöihin (Karlsson 2014). Tätä selittävät putkipanosten verrattain pieni typpipitoisuus, louhinnassa käytettävä vähäinen räjähdysaineen määrä kiviukuutiometriä kohden sekä kokonaislouhinnan pienemmät volyymit verrattuna kaivosteollisuuteen.

Arvioitaessa louhimotoiminnan vaikutuksia pintavesiin on huomioitava, että pintavesien suuralueellisen vaihtelun lisäksi Suomessa on vesistökohteita, joissa metallien luontaiset pitoisuudet ovat geologisista syistä suuria. Tällaisissa kohteissa voi olla perusteltua varata mahdollisuus kohdekohtaisen taustapitoisuusarvon määrittämiseen ja käyttämiseen (Verta ym. 2010). Luonnonkivilouhimoalueista vuolukiviesiintymien geologisessa ympäristössä koboltti-, kromi-, kupari-, lyijy-, mangaani-, nikkeli-, sinkki- ja arseenipitoisuudet voivat olla luontaisesti korkeampia verrattuna muihin alueisiin (Aatos 2003). Edellä mainituista nikkeli ja nikkelyhdisteet kuuluvat vesiympäristölle vaarallisten ja haitallisten aineiden luetteloon (VnA 1022/2006) ja niiden pitoisuuksien tarkkailusta on määrätty em. asetuksessa (Karvonen ym. 2012) silloin, kun ainetta voisi päästä tai huuhtoutua ympäristönsuojelulaissa (YSL 86/2000) tarkoitettuun vesistöön tai vesilaissa (VL 587/2011) tarkoitettuun uomaan ja altaaseen (pintavesi) (VnA 1022/2006, VnA 868/2010).

Vuolukiviesiintymiin ja niiden geologiseen ympäristöön liittyy nikkeli- ja kuparipitoisia mineraaleja, joista johtuen alueelliset nikkelin tausta-arvot ja louhimoveden nikkeli- ja kuparipitoisuudet voivat olla poikkeavia verrattuna muun tyyppisten kalliioalueiden ja louhimovesien tausta-arvoihin. Aatoksen (2003) mukaan suurenkaan vuolukivilouhimon pintavesien nikkeli- ja kuparipitoisuus ei kuitenkaan vuoden seurantajaksolla heijastunut purovesien koostumuksiin louhimon lähialueella. Tuotantovuolukivessä ja vuolukivijauhossa nikkeli esiintyy valtaosin niukkaliukoisissa silikaattimineraaleissa ja selvityksen vuolukivilouhimovesissä havaitut kohonneet nikkeli- ja kuparipitoisuudet jäljitettiin alueen moreeniin kaivettuun laskeutusaltaaseen. Moreeni on sekalajitteinen maalaji, jonka hienoaines edustaa alueellisen kallioperän koostumusta ja on pitkälle rapautunutta eli kemiallisesti muuttunutta. Maalajeille tyypillinen rapautuminen lisää pitkällä aikavälillä liukoisten aineiden määrää verrattuna kalliosta irrotettuihin lohkaraisiin ja niistä tuotannossa syntyvään vuolukivijauheeseen.

Vuolukiven tai muiden luonnonkivien tuotannossa ei tehdä kemiallista rikastusta. Louhittava kivi on kemiallisilta ominaisuuksiltaan pysyvää ja rapautumatonta. Tällöin ympäristöministeriön raportissa (Karvonen ym. 2012) kaivoksien kuormitusta ja tarkkailua koskevat toimet ovat ainakin osittain ylimitoitettuja luonnonkivilouhimoille.

8.2

Vaikutukset pohjavesiin

Luonnonkivilouhimot sijoittuvat topografiassa pääsääntöisesti maaston korkeimmille kohdille, joissa kallioperä on yleensä harvarakoista ja tervettä. Nämä eheät kalliolohkot rajautuvat usein kallioperän heikompiin vyöhykkeisiin, jotka ovat topografisesti tarkasteltuina laaksoja ja painanteita (Kuva 41). Kallioperän vähäisen rakoilun, maaperän ohutpeitteisyyden ja keskimäärin huonon vedenjohtavuuden takia louhimoalueita ei voida yleensä pitää varsinaisina irtomaa- ja kalliopohjaveden muodostumis- tai varastoalueina (Aatos 2003).

Aatoksen (2003) mukaan louhinnan vaikutus pohjaveden laatuun on vähäinen, koska louhimoalueiden pintavedet eivät pääse sekoittumaan kalliopohjaveteen louhimon kallioperän tiiveyden ja eheyden vuoksi. Tutkitut pohjavedet edustivat käytännössä luonnontilaisia vesiä. Pohjaveden koostumus heijastaakin alueen kallioperän ja maaperän ominaisuuksia: Esimerkiksi rapakivigraniittialueilla pohjaveden fluori-

dipitoisuudet ovat luonnostaan korkeita. Vuolukiven esiintymisympäristöissä maa- ja kallioperän luonnostaan keskimääräistä korkeammat koboltti-, kromi-, kupari-, lyijy-, mangaani-, nikkeli-, ja sinkkipitoisuudet heijastuivat tutkittujen pohjavesien koostumuksiin vain heikosti (Aatos 2003, Paalijärvi 2002).

Aatoksen (2003) mukaan luonnonkivilouhimoiden vaikutukset pohjaveden pinnankorkeuteen rajoittuivat tutkituilla louhimoalueilla alle 50 m etäisyydelle louhimoiden reunasta. Tausta-aineistona toimineen ruhje- ja rakoilukartoituksen perusteella vesi esiintyi luonnonkivilouhimoiden toiminta-alueilla pääasiassa pinta- ja vajovetenä kallion luonnollisissa rako- ja ruhjesysteemeissä.

Pinta- ja pohjavesi luonnonkivilouhimoilla

- Luonnonkivilouhimot sijoittuvat eheille kallioalueille, joilla rakoilun ollessa vähäistä myös kalliopohjaveden määrä ja virtausnopeus ovat yleensä pieniä
- Pinta- ja pohjavesien luonnollinen tila, kuten esimerkiksi veden virtaus painovoimagradientin mukaisesti, pohjavedenpinnan korkeus ja pohjaveden kemiallinen koostumus, ovat aina tapauskohtaisia
- Luonnonkivituotannon mahdollisia pinta- ja pohjavesivaikutuksia arvioitaessa on tunnettava louhittavan kiven ja sen ympäristön luonnonominaisuudet. Esimerkiksi pintavesien suuralueellisen vaihtelun lisäksi Suomessa on vesistökohteita, joissa metallien luontaiset pitoisuudet ovat geologisista syistä suuria
- Luonnonkivilouhimoiden vaikutukset pohjaveden pinnankorkeuteen rajoittuvat alle 50 m etäisyydelle louhimoiden reunasta
- Luonnonkivenlouhinnan räjähdeteräinen tyypipäästö on pieni verrattuna maatalouden tai malmikaivostoiminnan tyypipäästöihin

8.3

Pinta- ja pohjavesivaikutusten mittaaminen ja arviointi

Luonnonkiven louhinnan vesistö- ja pohjavesivaikutusten seurantamääräykset ovat tapauskohtaisia. Luotettava seuranta edellyttää aina paikallisten olosuhteiden ja louhittavien kivilajien tuntemusta sekä tietoa alueen luonnontilaisten pinta- ja pohjavesien ominaisuuksista. Pinta- ja pohjavesien kemiallinen koostumus heijastaa alueen kallioperän ja sitä kautta myös maaperän luonnollista koostumusta. Vesiympäristölle vaarallisten ja haitallisten aineiden osalta luonnonkivilouhimoista vuolukiveä voivat koskea nikkeli, kromi ja arseeni (VnA 342/2009). Nikkeli ja kromi esiintyvät kuitenkin useimmiten niukkaliukoisessa muodossa (Heikkinen ym. 2007), jolloin yhdisteiden pääsy vesiin kivenlouhinnan vuoksi on epätodennäköistä. Vuolukivesiintymät sijaitsevat kallioperän ns. vihreäliuskealueilla, jotka ominaisuuksiltaan ja kemialliselta koostumukseltaan eroavat merkittävästi mm. graniittisten luonnonkivien pääesiintymäalueista. Vuolukivilouhimoiden osalta mittaamisessa ja arvioinnissa voidaan soveltaa ympäristöministeriön ohjetta (Karvonen ym. 2012) mm. pintavesien kemiallisessa luokittelussa ja seurantaohjelmien rakentamisessa. Huomattavaa on kuitenkin, että em. julkaisussa esitetään metallikaivostoiminnalle, sisältäen kiven kemiallisen rikastamisen, soveltuvia käytäntöjä, jolloin toimenpiteet ovat osittain ylimitoitettuja luonnonkivituotannon geologinen ympäristö, prosessi ja riskit huomioiden.

Luonnonkivilouhimoiden pinta- ja kuivatusvesiä seurataan lupamääräysten mukaisesti esimerkiksi pinta- ja kuivatusvesien poistoputkesta sekä mahdollisista ojista ja niiden laskuvesistöistä. Seurannassa pintavesien laadun vertailuarvoina tulisi

käyttää alueellisia tausta-aineistoja, jotta louhimotoiminnan mahdollisia vaikutuksia voitaisiin luotettavasti arvioida. Esimerkiksi talousveden laatuvaatimusten soveltaminen pintavesien laadun tarkkailussa ei ole tarkoituksenmukaista.

Pohjavesien laadun ja pinnankorkeuden seuranta suoritetaan yleensä louhimon lähialueella (< 500 m) pohjaveden virtaussuunnassa tapauskohtaisesti kaivoista, lähteistä tai pohjavesiputkista. Pohjavedenpinnan tason seurannan tarvittava enimmäisetäisyys ottoalueen reunasta on noin 250 metriä (Aatos 2003). Huomionarvoista on, että louhimoalueen kalliopohjavesi ei yleensä ole suorassa hydrologisessa yhteydessä louhimoa ympäröiviin maaperämuodostumien pohjavesiin.

8.4

Pinta- ja pohjavesivaikutusten hallinta

Mahdollista kuivatusvesien pumppaustarvetta louhimosta voidaan vähentää toiminta-alueen ojituksilla, jolloin avolouhosta ympäröivältä alueelta ei kulkeudu ylimääräisiä sade- tai sulamisvesiä avolouhokseen. Poltto- ja voiteluaineiden sekä räjähdysaineiden määräysten mukainen, vastuullinen käyttö ja varastointi vähentävät näiden luontoon joutumisen riskiä. Nestemäisten polttoaineiden jakeluasemien, joiden polttoainesäiliöiden kokonaistilavuus on vähintään 10 m³, ympäristönsuojeluvaatimuksista on määrätty Valtioneuvoston asetuksessa 444/2010 (Kuva 42). Tätä asetusta sovelletaan myös, jos jakeluasema tai jakelupiste sijaitsee tärkeällä tai muulla vedenhankintakäyttöön soveltuvalla pohjavesialueella, ja sen toiminnasta voi aiheutua pohjaveden pilaantumisen vaaraa. Vuolukiven tuotannossa ketjusahoissa voidaan käyttää biohajoavia voiteluöljyjä.



Kuva 42. VnA 444/2010 mukainen nestemäisten polttoaineiden jakeluasema louhimon tukitoiminta-alueella. Kuva: Maria Palin.

Kallion louhinta-alueelle voi ottamisen edetessä valua ympäristöstä sade- ja sulamisvesiä, jotka tarvittaessa joudutaan pumppaamaan pois. Näiden louhimovesien käsittelystä määrätään erikseen ympäristöluvissa. Louhimovedet pumpataan tarvittaessa selkeytysaltaiden kautta ottamisalueen ympäristön ojiin tai imeytyskenttään (VnA 800/2010). Selkeytysaltaiden (Kuva 43) käytöllä vedestä saadaan poistettua veteen sekoittunut kiintoaines ja mahdollisia veteen liuenneita ravinteita. Koneiden pesu- ja huoltoalueen vedet pidetään aina erillään ympäristöön pumpattavista vesistä (OH 1 2009).



Kuva 43. Kaksiosainen selkeytysallas, jonka kautta kuivatusvedet johdetaan. Kuva: Sara Piutunen.

Käytännön toimet pinta- ja pohjavesivaikutusten hallinnassa

- Lupamääräysten mukainen pinta- ja kuivatusvesien käsittely ja seuranta
- Poltto- ja voiteluaineiden sekä räjähdysaineiden määräysten mukainen, vastuullinen käyttö ja varastointi
- Koneiden pesu- ja huoltoalueen vesien pito erillään ympäristöön pumpattavista vesistä

9 Luonnonkivituotannon jätteet ja sivukivet

Luonnonkivituotannossa syntyy jätteitä ja kaivannaisjätteitä. Jätteisiin kuuluvat mm. öljyjäte, yhdyskuntajäte ja metallijätteet (Aatos 2003). Kaivannaisjätteitä ovat puolestaan mm. sivukivet, selkeytysaltaiden lietteet ja pintamaat. Jättemäärä riippuu mm. louhimon koosta, tuotantokiven ominaisuuksista ja käytössä olevasta kalustosta (Taulukko 16). Jätteiden käsittelystä, varastoinnista, kierrätyksestä ja poiskuljetuksesta annetaan määräykset ympäristölupapäätöksessä.

Taulukko 16. Esimerkki keskimääräisen louhimon vuosittaisista jätelajeista, varastoinnista ja hävittämisestä.

Jätelaji	Varastointi louhimolla	Toimitetaan	Määrä
Kaatopaikkajäte	Keräysastia	Kaatopaikka	1500 kg
Öljyinen jäte	Tiivis ja suljettu keräysastia	Ongelmajätelaitos	200 kg
Käytetty voiteluöljy	Tiivis ja suljettu keräysastia	Ongelmajätelaitos	1200 kg
Hydrauliikkaletkut	Tiivis ja suljettu keräysastia	Ongelmajätelaitos	100 kg
Lyijyakut	Tiivis ja suljettu keräysastia	Ongelmajätelaitos	100 kg
Metalli (esim. porakanget)	Kerätään louhimolla	Hyötykäyttö	300 kpl
Laatikot (räjähdysaine)	Kerätään louhimolla	Poltetaan louhimolla	1000 kpl

9.1

Sivukivi

Luonnonkivituotannossa syntyy suoraan jatkojalostukseen kelpaamatonta kiveä eli ns. sivukiveä. Sen määrä on kivityypistä riippuen 70–95 % kokonaislouhinnasta. Sivukiveksi joutuu kivimateriaali, joka ei täytä luonnonkivituotteelle asetettuja korkeita laatuvaatimuksia (ks. Luku 2.1). Kallio saattaa olla liian rikkonaista, jolloin siitä ei saada tarpeeksi suuria tuotantolohkareita, tai se on väriltään liian epätasaista. Johtuen louhimon geologisesta ympäristöstä sivukivi voi joissain tapauksissa olla eri kivilajia, joka esiintyy samassa ympäristössä tuotantokiven kanssa, mutta joka täytyy louhia pois tuotannon jatkamiseksi. Metallikaivoksilla sivukivet ovat monesti useita eri kivilajeja, metallipitoisia ja ominaisuuksiltaan ei-inerttejä.

Sivukivi, jota ei ole jalostettu tai hyödynnetty louhimon rakenteissa, varastoidaan louhimon toiminta-alueelle, lupamääräysten mukaiselle kaivannaisjätteen jätealueelle (Luku 2.3 Kuva 3). Mikäli louhimolla esiintyy muita kuin inerttejä kivilajeja, niiden käsittelystä määrätään ympäristölupamääräyksissä kunkin kivilajin kemiallisten ja mineralogisten ominaisuuksien perusteella (mm. hapon tuotto) (Luodes ym. 2011, 2012).

Sivukiviin liittyvä lainsäädäntö

Materiaalin pitkäaikainen varastointi ennen mahdollista uudelleenkäyttöä on yleensä tulkittu siten, että materiaali on jätettä (Korhonen 2013). Kaivannaisjätteiden, mm. yli kolmeksi vuodeksi varastoitavan, irrotetun pintamaan ja sivukiven, käsittelystä säädetään kaivannaisjäteasetuksessa 190/2013 (siirtymäsäädökset koskien ennen 13.6.2008 käytöstä poistettuja jätealueita sekä jätealuetta koskevaa vakuutta 1.5.2014 alkaen 190/2013 18 §), jonka myötä sivukiven käsittelyn määräykset ovat tarkentuneet. Se korvaa aikaisemman kaivannaisjäteasetuksen (379/2008). Maa-ainesten ottamistoiminnalle, johon myös luonnonkiven louhinta kuuluu, laaditaan kaivannaisjätteen jätehuoltosuunnitelma (VnA 190/2013). Ks. Luku 3.3.

Kaivannaisjäteasetuksen lisäksi jätelaki (646/2011) koskettaa louhimoiden sivukiviä, sillä se antaa mahdollisuuden määritellä sivukivet ei-jätteeksi perustuen kriteereihin, jotka on esitetty EU:n direktiivissä 2008/98/EC liittyen ns. "end-of-waste" (EoW) menettelyyn jätteiden ottamiseksi hyötykäyttöön. Tämä määrittely voitaisiin tehdä esim. sellaisille jätteille kuin kiviainekset (esim. sivukivi), lasi, paperi, metalli ja tekstiili. Menettely voidaan tehdä Eurooppa-tasoisesti tai kansallisesti. Tällä hetkellä EoW-menettely on tehty EU:ssa esim. rautaromulle, kansallisesti menettelyä ei vielä ole tehty millekään jätelajille.

EoW-menettelyn mukaan jätteet lakkaavat olemasta jätteitä, kun ne ovat käyneet läpi hyödyntämistoimen, kierrätystoimet mukaan lukien ja ovat seuraavien edellytysten perusteella laadittujen arviointiperusteiden mukaiset: 1. ainetta tai esinettä käytetään yleisesti tiettyyn tarkoitukseen, 2. aineelle tai esineelle on olemassa markkinat tai kysyntää, 3. aine tai esine täyttää tiettyjen tarkoitusten mukaiset tekniset vaatimukset ja on tuotteisiin sovellettavien olemassa olevien säännösten ja standardien mukainen ja 4. aineen tai esineen käytöstä ei aiheudu haitallisia kokonaisvaikutuksia ympäristölle ja terveydelle. Kyseisen määritelmän perusteella sivutuotteen täytyy siis täyttää tarvittavat, standardoiduin testimenetelmin (EN -standardit) vahvistetut käyttötarkoituksen mukaiset kriteerit ja viranomaissäädökset.

Sivukiven ympäristökelpoisuus

Sivukivi on alkuperäistä rikottua luonnonkiveä ja muistuttaa ominaisuuksiltaan varsinaista tuotantokiveä (Luodes ym. 2012). Luonnonkivituotannon pääkivilajit ovat pääsääntöisesti kestäviä ja heikosti rapautuvia myös jauhetussa muodossa, eivätkä aiheuta ympäristölle vaaraa tai happamoitumista ja siihen liittyviä sivuvaikutuksia (Heikkinen ym. 2007, Luodes ym. 2012). Luonnonkivituotannossa käytetään kivilajeja, joissa on vähän ruostumista aiheuttavia malmimineraaleja, kuten rautasulfideja. Malmimineraalien vähäisyyden takia myös kivien arseeni- ja raskasmetallipitoisuudet ovat alhaisia (Heikkinen ym. 2007).

Sivukiven hyötykäyttö

Sivukivien hyötykäyttö edustaa kestävä kehityksen mukaista kierrättämistä, tuotannon optimointia, jätteiden synnyn vähentämistä ja ekotehokkuutta (Räisänen ym. 2007). Luonnonkivituotannon sivukiveä voidaan hyödyntää joko muuntamattomana tai mekaanisesti jalostettuna (esim. pilkkominen, välppäys, murskaus) sekä rikastettuna (esim. vaahdotus). Se on mekaanisilta ja fysikaalisilta ominaisuuksiltaan hyvin

samankaltainen varsinaisen tuotantokiven kanssa, mikä lisää sen käytettävyyttä (Luodes ym. 2012). Sivukiven käyttökohteina voivat olla esim. kiviaineskäyttö, ympäristörakentamisen kohteet, tien- ja radanrakentaminen, vesi- ja satamarakentaminen, patojen verhoilu, hiekoitus, betonin valmistus sekä teollisuusmineraalien raaka-aine (kvartsi, maasälpä, talkki) (Suunnittelukeskus 1993, GeoUnion 1996, Alviola 1998, Selonen & Ramsay 2002, Vuorinen 2002, Aatos 2003, Geologian tutkimuskeskus 2007, Räisänen ym. 2007, Hakulinen 2011) (Kuvat 44 ja 45). Sivukivet soveltuvat EN-standardin Suojakivet (SFS-EN 13383-1 + AC) mukaisesti mm. aallonmurtajiin. Sivukivilohkareiden ominaisuudet pysyvät muuttumattomina pitkänkin varastoinnin aikana, eikä varastokasoista aiheudu haittaa ihmiselle tai ympäristölle. Sivukiven hyötykäytön tarve lisääntyy jatkuvasti mm. harjusravarojen ehtyessä ja asutuksen levitessä ja näin ollen voitaisiin olettaa, että sivukivijalosteiden kannattava kuljetusetäisyys tulee pitenemään parantaen sivukiven kilpailukykyä markkinoilla.

Sivukiviä hyödynnetään myös louhimon elinkaaren aikana ottamisalueen teiden, varasto- ja lastausalueiden tekemiseen. Louhimoalueelta kuorittavaa pintamaata käytetään louhimon rakenteisiin ja sitä varastoidaan maisemointiin käytettäväksi.



Kuva 44. Sivukiven tyypillinen hyödyntämiskohde on kiviainestuotanto. Kiviainestuotteita käytetään mm. tien- ja radanrakentamisessa, teiden päällysteissä sekä betonin valmistuksessa. Kuva: Olavi Selonen (a).

Sivukivilohkareita voidaan käyttää sellaisenaan vesirakentamisessa, kuten aallonmurtajissa ja muissa satamarakenteissa. Aallonmurtajissa käytettäville kiville voidaan soveltaa standardia SFS-EN 13383-1 + AC. Kuvan aallonmurtajassa on käytetty sivukiviä useilta eri louhimoilta. Kuva: Palin Granit Oy (b).



Kuva 45. Erikokoiset ja -muotoiset sivukivet soveltuvat erityisen hyvin ympäristörakentamisen kohteisiin, esimerkiksi leikkikenttiin (Kupittaaanpuisto, Turku) (a) ja puistoihin (Sapokan vesipuisto, Kotka) (b). Kuvat: Olavi Selonen.

Hyötykäytön haasteet

Louhimot eivät yleensä sijaitse sivukiven käyttökohteiden lähellä, mistä johtuen kuljetuskustannuksilla on suuri vaikutus luonnonkivitoiminnan sivukivijalosteiden kokonaishintaan (Räisänen ym. 2007, Päivärinta 2011, Alexandrova 2014). Paikallisesti murskeilla on kuitenkin merkitystä ja markkinoita esimerkiksi salaoja-murskeina, metsäautoteiden perustamis- ja kunnossapitomateriaaleina sekä vähäliikenteisten teiden päällysteissä (Räisänen ym. 2007, Vuorinen 2002). Vuonna 2007 taloudellisenä kuljetusetäisyytenä em. murskeille pidettiin 30 kilometriä maantiekuljetuksena (Räisänen ym. 2007). Alexandrova (2014) selvitti sivukivijalosteiden kuljetusmahdollisuuksia ja niiden käytettävyyttä (maantie-, rautatie- tai vesikuljetus). Selvityksen mukaan maantiekuljetus soveltuu lähtökohtaisesti alle 50 km kuljetuksiin ja mahdollistaa kiven kuljetuksen louhimolta kohteeseen ilman välilastausta. Rautatiet ja vesikuljetus soveltuvat pitemmille matkoille ja suuremmille määriille, mutta niissä kuormaus kuljetusvälineeseen sekä siirto varsinaiseen käyttökohteeseen lisäävät kustannuksia. Rautatie- ja erityisesti vesikuljetuksella voitaisiin sivukiveä kuljettaa pitkiäkin matkoja, jos kyseiselle materiaalille löytyisi käyttökohde. Molemmat kuljetustavat myös toimisivat parhaiten, jos sivukiven käyttötarve olisi pitkäaikaista. Tällöin rahti saataisiin kannattavaksi pitkäaikaisilla sopimuksilla.

Jotta sivukiven hyötykäyttö tulisi taloudellisesti kannattavaksi myös syrjäisillä alueilla, tulisi sivukiven ja sivukivijalosteiden markkina- ja jakelukanavia kehittää, nostaa tuotteiden markkina-arvoa ja vähentää kuljetuskustannuksia (esim. Räisänen ym. 2007, Taulukko 13).

Luonnonkivenlouhinnan jätteet ja sivukivet

- Luonnonkivituotannossa syntyviin kuuluvat öljyjäte, yhdyskuntajäte ja metallijätteet. Kaivannaisjätteitä ovat puolestaan sivukivet, selkeytysaltaiden lietteet ja pintamaat
- Sivukivi on louhittua kiveä, jota ei pystytä suoraan hyödyntämään varsinaisessa luonnonkivituotannossa. Kallio saattaa olla liian rikkonaista, jolloin siitä ei saada tarpeeksi suuria tuotantolohkareita, tai se on väriltään liian vaihtelevaa
- Luonnonkivituotannon pääkivilajit ovat pääsääntöisesti kestäviä ja heikosti rapautuvia, eivätkä aiheuta ympäristölle vaaraa tai happamoitumista ja siihen liittyviä sivuvaikutuksia
- Sivukiven käyttökohteita ovat esim. kiviaineskäyttö, ympäristörakentamisen kohteet, tien- ja radanrakentaminen, vesi- ja satamarakentaminen, patojen verhoilu, hiekoitus, betonin valmistus sekä teollisuusmineraalien raaka-aine (kvartsi, maasälpä, talkki)
- Sivukiven käytön haasteena on louhimoiden sijainti kaukana käyttökohteista, mikä nostaa kiven kuljetuskustannuksia

10 Säteily

10.1

Mitä radioaktiivisuus on

Kaikki kivilajit sisältävät aina pieniä määriä luonnon radioaktiivisia alkuaineita, jotka tuottavat ionisoivaa säteilyä (Pöllänen 2003). Tärkeimmät näistä alkuaineista ovat luonnon uraanisarjan ja toriumsarjan radionuklidit sekä kalium-40 (Aatos 2003). Radioaktiivisista alkuaineista aiheutuvan säteilyn haitallista vaikutusta kuvataan suurella efektiivinen annos, jonka yksikkö on sievert (Sv).

Suomalainen saa vuodessa keskimäärin noin 3,2 millisievertin suuruisen efektiivisen annoksen eri säteilylähteistä, josta hengitysilmassa esiintyvän, uraanisarjaan kuuluvan, kaasumaisen radonin (Rn-222) osuus tästä on noin puolet. Noin kolmasosa annoksesta aiheutuu luonnon taustasäteilystä, johon lasketaan kuuluvaksi maankamarasta emittoituva gammasäteily, rakennusmateriaaleista peräisin oleva gammasäteily, avaruudesta tuleva kosminen säteily sekä syömisen ja juomisen mukana saadut luonnon radioaktiiviset alkuaineet. Loput annoksesta tulee muista ulkoisista lähteistä (Säteilyturvakeskus 2014a).

10.2

Säteilyyn liittyvä valvonta ja sääntely

EU:ssa radioaktiiviselta (ionisoivalta) säteilyltä suojautumista säännellään EU:n perusnormidirektiivillä BSS 13675/13 (Council of the European Union 2013), jonka viimeisin päivitetty versio hyväksyttiin Euroopan Unionin ministerineuvostossa 25.11.2013. Kunkin EU:n jäsenvaltion tulee sisällyttää kyseisen direktiivin ohjeistus omaan lainsäädäntöönsä neljän vuoden siirtymäajan puitteissa. Direktiivissä määritellään muun muassa yleiset säteilyltä suojautumisen periaatteet, työssä saatavan säteilyaltistuksen vuosittaiset annosrajat sekä viranomaisvalvontaa koskevat vaatimukset. BSS:n keskeisenä tavoitteena on vahvistaa yhdenmukaiset standardit ihmisten suojelemiseksi ionisoivalta säteilyltä koskien erityisesti luonnonsäteilyä sisältävien materiaalien kanssa toimivia työntekijöitä, sekä työntekijöitä, jotka altistuvat sisäilman radonille tai rakennusmateriaaleista tulevalle säteilylle. Suomessa Säteilyturvakeskus (STUK) vastaa direktiiviin liittyvästä ohjeistuksesta ja valvonnasta ja antaa säteilyn käytön ja muun säteilytoiminnan turvallisuutta koskevat yleiset ohjeet eli säteilyturvallisuusohjeet (ST-ohjeet). Säteilylle altistavan toiminnan turvallisuudesta vastaa kuitenkin lainsäädännön mukaisesti toiminnanharjoittaja, joka on myös velvollinen huolehtimaan ohjeiden mukaisen turvallisuustason ylläpitämisestä.

Muista luonnonsäteilyn lähteistä kuin radonista työntekijöille aiheutuvan säteilyaltistuksen toimenpidearvo on 1 millisievert (mSv) vuodessa. Jos toimenpidearvo ylittyy, niin työnantajan tulee järjestää tarpeelliset suojautumistoimet tai rajoittaa työaikaa. Myöskään alueen väestölle ei saa aiheutua yli yhden millisievertin vuosittaista efektiivistä säteilyannosta. Toimenpidearvo radonin pitoisuudelle hengitysil-

massa työpaikoilla, joilla työskennellään säännöllisesti (yli 600 tuntia vuodessa) on 400 Bq/m³. Tavanomaisen työpaikan hengitysilmän radonpitoisuus on mitattava, jos työpaikka sijaitsee sellaisella alueella, jossa aikaisemmin mitatuista radonpitoisuuden vuosikeskiarvoista vähintään 10 % ylittää toimenpidearvon 400 Bq/m (STUK OHJE ST 12.1). Lista kyseisistä alueista ja kunnista löytyy STUK:n verkkosivuilta (Säteilyturvakeskus 2014b).

Toimenpidearvon ylittymistä voidaan arvioida materiaalille mitattujen radioaktiivisten aineiden aktiivisuuspitoisuuksien avulla lasketulla aktiivisuusindeksillä. Se lasketaan Radiumin (Ra226), Toriumin (Th232) ja Kaliumin (K40) aktiivisuuspitoisuuksista STUK:n ohjeen ST 12.2. (STUK OHJE ST 12.2) mukaisesti (Taulukko 17). Aktiivisuusindeksin avulla arvioidaan rakennusmateriaalin soveltuvuutta rakentamisen eri käyttökohteisiin. Rakennusmateriaalille ei aseteta käyttörajoituksia radioaktiivisuuden vuoksi, mikäli aktiivisuusindeksin I_1 arvo on ≤ 1 . Talorakennustuotannossa, jossa materiaalia käytetään pinnoitteena (ohuet lattia- ja seinäpinnoitteet), ei tarvitse tehdä erillistä selvitystä, jos materiaalin laskettu aktiivisuusindeksin I_1 arvo on ≤ 6 .

Taulukko 17. Aktiivisuusindeksin laskentaperusteet. Aktiivisuuspitoisuudet (C) yksikössä Bq/kg. Lähde: ST 12.2.

Käyttökohte	Aktiivisuusindeksi I
Talonrakennustuotantoon käytettävät materiaalit	$I_1 = \frac{C_{Th232}}{200} + \frac{C_{Ra226}}{300} + \frac{C_{K40}}{3000}$
Katujen, teiden ja vastaavien rakentamiseen käytettävät materiaalit	$I_2 = \frac{C_{Th232}}{500} + \frac{C_{Ra226}}{700} + \frac{C_{K40}}{8000} + \frac{C_{Cs137}}{2000}$
Läjitettävät sekä maantäyttöön ja maiseमारakentamiseen käytettävät materiaalit	$I_3 = \frac{C_{Th232}}{1500} + \frac{C_{Ra226}}{2000} + \frac{C_{K40}}{20000} + \frac{C_{Cs137}}{5000}$
Tuhkan käsittely	$I_4 = \frac{C_{Th232}}{3000} + \frac{C_{Ra226}}{4000} + \frac{C_{K40}}{50000} + \frac{C_{Cs137}}{10000}$

Eri käyttökohteiden mukaisesta aktiivisuusindeksin laskemisesta on Euroopan komissio antanut oman luokittelunsa (European Commission 1999), jossa rakennusmateriaalit jaetaan kahteen pääluokkaan niiden käyttömäärän (massan) perusteella: 1) Suurissa määrissä käytetyt rakennusmateriaalit, ns. massatavara (kuten betoni) 2) Pinnoitemateriaalit ja muut rajoitetusti käytetyt materiaalit (kuten esim. luonnonkivi-laatat). Myös tässä jaottelussa aktiivisuusindeksi lasketaan kuten STUK:n ohjeen 12.2. kohdassa Talonrakennustuotantoon käytettävät materiaalit (Taulukko 17).

Euroopan komissio asettaa alle 1 mSv vuosittaisen säteilyaltistuksen raja-arvoksi massatavarakkeelle aktiivisuusindeksin $I \leq 1$ ja pinnoitemateriaalille aktiivisuusindeksin $I \leq 6$.

Päivitetyin BSS direktiivin 13675/13 artiklassa 75 on määritelty lista (direktiivin Liite XIII) luonnonmateriaaleista, joiden radioaktiivisten aineiden aktiivisuuspitoisuudet ja niistä lasketut aktiivisuusindeksit on esitettävä viranomaisille vaadittaessa. Kansalliset vastuutahot päättävät tarpeellisista ohjeista koskien kyseisten materiaalien käyttöä. Listalle kuuluvat mm. graniitit (kuten graniitti, syeniitti ja ortogneissi).

Suomalaisten luonnonkivien säteilyominaisuudet

Suomalaisten luonnonkivien säteilyominaisuuksia on tutkinut Aatos (2003). Tutkimuksessa selvitettiin 23 kotimaisen, kaupallisesti tärkeimmän luonnonkiven säteilyominaisuuksia gammaspektrometrisellä analyysillä. Mittaukset tehtiin STUK:ssa. Tämän lisäksi työaikaista efektiivistä annosta selvitettiin rapakivigraniittilouhimolla tehdyissä tutkimuksissa, joissa kiinnitettiin huomiota myös mahdollisiin altistusreitteihin, kuten hengitysilman radon (sisäinen annos), kivi-pölyn mukana hengitetty radioaktiiviset aineet (sisäinen annos) sekä suorasta gammasäteilystä saatu annos (ulkoisen annos). Aatoksen (2003) mukaan aktiivisuusindeksit vaihtelivat siten, että suurimmat arvot mitattiin graniittisilla kivillä ja pienimmät arvot vuolukivillä. Suomalaisten graniittisten kivien aktiivisuusindeksien mediaani oli sama kuin kansainvälisessä vertailussa saadut tulokset (UNSCEAR 2008). Aktiivisuusindeksi oli kaikilla suomalaisilla kivityypeillä ≤ 3 (Taulukko 18).

Rapakivigraniittilouhimolla tehdyissä radonmittauksissa todettiin, että radonpitoisuuden vuotuinen keskiarvo oli 21 Bq/m³, jolloin hengityksen kautta saaduksi vuotuiseksi efektiiviseksi annokseksi työaikana saatiin 0,13 mSv. Louhimoalueen hengitysilmassa ei havaittu olevan enempää radonia kuin lähialueella asuintalon pihassa mitatussa vertailunäytteessä (Aatos 2003).

Vuosittainen ulkoisesta gammasäteilystä louhimon työntekijöille aiheutuva efektiivinen annos on Aatoksen (2003) mittauksen mukaan 0,3–0,4 mSv, josta kalliosta aiheutuvan annoksen osuus on 0,17 mSv. Vastaavasti suomalaisille ulkoisesta taustasäteilystä aiheutuva annos, joka tulee maankamarasta ja rakennusmateriaaleista, on keskimäärin 0,45 mSv/v.

Taulukko 18. Aktiivisuusindeksien vaihtelu suomalaisissa luonnonkivissä Aatosta (2003) mukaellen. Gabro, granitoidit ja migmatiitti kuuluvat kiviteollisessa mielessä graniittisten kivien ryhmään (ks. Luku 2).

Kivilaji	⁴⁰ K [Bq/kg]	²²⁶ Ra [Bq/kg]	²³² Th [Bq/kg]	Aktiivisuusindeksi
Gabro	86	2	4	0.06
Gabro	400	21	19	0.30
Granitoidi	1070	10	50	0.64
Granitoidi	1410	57	79	1.06
Granitoidi	1590	170	380	3.00
Migmatiitti	650	20	22	0.39
Migmatiitti	860	25	68	0.71
Migmatiitti	1500	42	170	1.49
Serpentiniitti	50	2	4	0.04
Vuolukivi	50	2	2	0.03
Vuolukivi	50	17	2	0.08

Säteilyvaikutusten arviointi

Aatoksen (2003) mukaan luonnonsäteily aiheuttaa tutkitun graniittilouhimon työntekijöille vuosittain noin 0,4 mSv:n suuruisen efektiivisen annoksen, kun otetaan huomioon hengitysilman hiukkaset, hengitysilman radon sekä kallion aiheuttama gammasäteily. Tästä annoksesta noin 0,05 mSv tulee kosmisesta säteilystä, 0,17 mSv kalliosta emittoituvasta gammasäteilystä, 0,13 mSv radonista ja 0,07 mSv hengitysilman hiukkasista.

Edellä kuvatut työntekijöitä koskevan ohjeistuksen toimenpidearvot alittuvat, joten luonnonkivilouhimoita voidaan pitää työpaikkoina, joissa säteilyaltistuksen erillistä valvontaa ei tarvita (Aatos 2003). Kaikkien tutkittujen suomalaisten kivityyppien aktiivisuusindeksit alittivat STUK:n säteilyohjeessa 12.2 annetun ja Euroopan komission pinnoitemateriaaleille asettaman aktiivisuusindeksin raja-arvon 6 ja soveltuvat siten käytettäviksi tavanomaisina pinnoitemateriaaleina rakentamisessa (Aatos 2003).

Luonnonkivituotanto ja säteily

- Kaikki kivilajit sisältävät aina pieniä määriä luonnon radioaktiivisia alkuaineita, jotka tuottavat ionisoivaa säteilyä. Suomalainen saa vuodessa keskimäärin noin 3,2 millisievertin suuruisen efektiivisen annoksen eri säteilylähteistä, josta hengitysilmassa esiintyvän radonin (Rn-222) osuus on noin puolet
- Suomessa Säteilyturvakeskus (STUK) vastaa säteilyyn liittyvästä ohjeistuksesta ja valvonnasta. Säteilylle altistavan toiminnan turvallisuudesta vastaa lainsäädännön mukaisesti toiminnanharjoittaja, joka on myös velvollinen huolehtimaan ohjeiden mukaisen turvallisuustason ylläpitämisestä
- Kaikkien tutkittujen suomalaisten kivityyppien aktiivisuusindeksit alittivat STUK:n säteilyohjeessa 12.2. annetun ja Euroopan komission pinnoitemateriaaleille asettaman aktiivisuusindeksin raja-arvon 6 ja soveltuvat siten käytettäviksi tavanomaisina pinnoitemateriaaleina rakentamisessa

11 Luontoarvot

Luontoarvojen käsite on hyvinkin laaja näkökulmasta riippuen. Tässä luvussa luontoarvoja käsitellään ympäristö-, luonnonsuojelu-, maa-aines-, metsä- ja vesilain oikeudellisten perusteiden kautta. Kuitenkin myös oikeudellisesta näkökulmasta puhuttaessa voidaan käyttää laajaa tai suppeaa luontoarvojen määritelmää (Ekroos & Warsta 2012).

11.1

Lainsäädännöstä

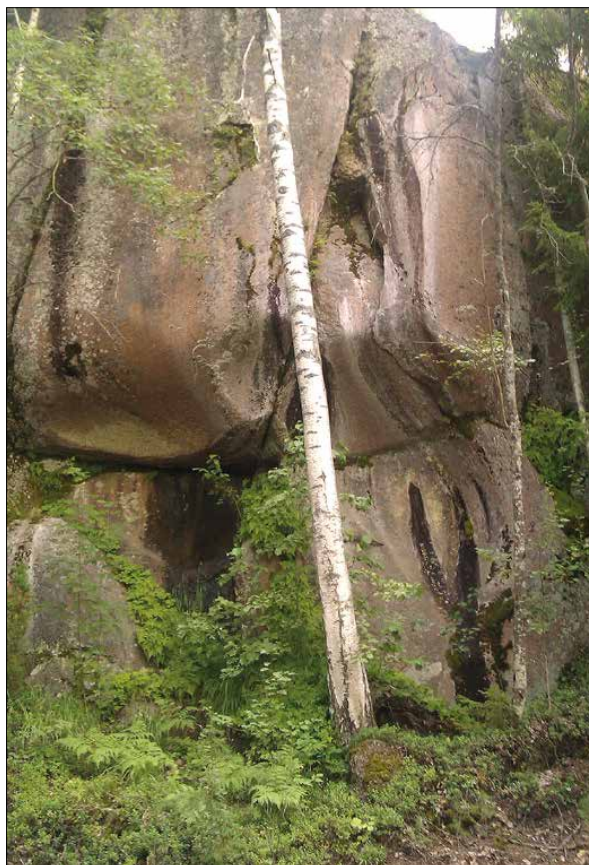
Ympäristönsuojelulain (YSL 527/2014) tavoitteena on mm. turvata terveellinen ja viihtyisä ympäristö sekä luonnontaloudellisesti kestävä ja monimuotoinen ympäristö; tehostaa ympäristöä pilaavan toiminnan vaikutusten arviointia ja huomioon ottamista kokonaisuutena; edistää luonnonvarojen kestäväää käyttöä; sekä torjua ilmastomuutosta ja tukea muuten kestäväää kehitystä. Luonnonarvoja voidaan YSL:n nojalla suojella silloin, kun ne vaarantuvat päästöjen vuoksi eli toiminnan vuoksi prosessista ulos virtaavasta vaikutuksesta (Ekroos & Warsta 2012).

Luonnonsuojelulain (LSL 1096/1996) tavoitteena on mm. luonnon monimuotoisuuden ylläpitäminen; luonnonkauneuden ja maisema-arvojen vaaliminen sekä luonnonvarojen ja luonnonympäristön kestävään käytön tukeminen. Luonnonsuojelujärjestelmässäkkin arvokkaalta luontokohteelta edellytetään erityisyyttä, erikoisuutta, edustavuutta, tyypillisyyttä, arvokkuutta, uhanalaisuutta, harvinaisuutta taikka jotakin muuta erityisyyttä (Ekroos & Warsta 2012). Nämä seikat edellyttävät tietoa ja arvottamista. Suomen luontotyyppien uhanalaisuus -julkaisu (Raunio ym. 2008) käsittelee arvottamisperusteita ja määrittelee luontotyyppjä yksityiskohtaisesti. Uhanalaista kalliolajistoa on käsitelty kattavasti teoksessa Suomen lajien uhanalaisuus – Punainen kirja 2010 (Rassi ym. 2010).

Luontotyyppien uhanalaisuuden arvioinnissa kallioluontotyypeillä on tarkoitettu avokalliota ja niihin liittyviä kalliialueita, joita peittää ohut maakerros. Kivikkoluontotyyppieihin kuuluvat kivikot ja lohkariekot, joissa kivet tai lohkarieet muodostavat tiiviitä, jokseenkin yhtenäisiä pintoja (Kontula ym. julkaisussa Raunio ym. 2008). Julkaisussa uhanalaisiksi kallio- ja kivikkoluontotyypeiksi määritellään tietyt kalkista ja serpentiinistä koostuvat kallio- ja kivikkoalueet. Erityisiä luontotyyppjä voi esiintyä myös keskiravinteisilla ja karuilla kalliialueilla paikallisesti, mutta näiden muodostumiseen vaikuttavat useat tekijät kuten topografia ja kalliialueeseen liittyvät valoisuus-, kosteus- ja kasvillisuusolot. Luonnonsuojelulain (1096/1996) 29§:ssä lueteltujen suojeltujen luontotyyppien joukossa ei ole varsinaisia kallioluontotyyppjä. Kalliikohteita voidaan suojella, mikäli niillä tavataan uhanalaista kasvillisuutta. Metsälain (1093/1996) 10 §:n monimuotoisuuden kannalta tärkeisiin elinympäristöihin kuuluu joitakin kallioluontotyyppjä, mm. tietynlaiset rotkot, kurut, jyrkänteet ja

jyrkänteiden välittömät alusmetsät. Laajoilla kallioalueilla voi esiintyä myös muita metsälain määrittelemiä tärkeitä elinympäristöjä. Lisäksi vesilain (587/2011) 2 luvun 11 § sisältää luettelon luontotyypeistä, joiden luonnontilaisuutta ei saa vaarantaa ilman ympäristölupaviraston lupaa. Suojeltuun luontotyyppiin kuuluvan alueen rajat määrätään ELY-keskuksen toimesta, joka antaa päätöksen tiedoksi alueen omistajille ja haltijoille (Ekroos & Warsta 2012).

Arvokkaiden geologisten muodostumien suojelussa keskeisenä toteutuskeinona on maa-aineslaki (MAL 555/1981). Kallioperän arvokohteet kartoitettiin Suomessa 1980- ja 1990-luvuilla. Geologisen monimuotoisuuden selvittämiseksi ja turvaamiseksi ympäristöhallinto on alan asiantuntijalaitosten kanssa inventoinut ja arvottanut geologisia muodostumia. Alueellisissa tutkimuksissa on selvitetty luonnon ja maisemasuojelun kannalta valtakunnallisesti, maakunnallisesti ja paikallisesti merkittävät kallioalueet. Arvokkaimmat kallioalueet on kuvattu ja niistä on laadittu karttara-jaukset. Tutkimusaineisto on julkaistu alueellisina raportteina. Tutkitut kallioalueet on jaettu arvoluokkiin (1–7) niiden merkittävyyden perusteella. Arvoluokkiin 1–4 kuuluvat sisältävät huomattavia, valtakunnallisesti tai maakunnallisesti merkittäviä luonnonarvoja. Arvoluokkaan 5 kuuluvat kohteet ovat paikallisesti merkittäviä luonnonarvoiltaan kohtalaisen arvokkaita kallioalueita (YMPARISTO.fi 2014a). Kallioalueilla, jotka soveltuvat hyödyntämiseen, voi esiintyä geologisesti ja geomorfologisesti arvokkaita ja säilyttämisen arvoisia ns. kallioperän pienkohteita. Kohteiden geologinen arvo perustuu niiden merkitykseen tutkimus- ja opetuskohteina sekä niiden arvoon luonnontieteen ja erikoisuuden kannalta. Esimerkkejä arvokkaista kallioperän pienkohteista ovat eri kivilajeja edustavat tyyppikohteet, harvinaiset kivilaji- ja mineraaliesiintymät sekä kalliopaljastumat, joilla on havainnollisesti esillä erilaisia kallioperän rakenteita tai eri kivilajien kontakteja (Kuva 46). Pienkohteita on tutkittu GTK:n toimesta ja tulokset on julkaistu ympäristöministeriön julkaisusarjassa Suomen ympäristö (esim. Kananoja 2005).



Kuva 46. Mannerjään sulamisvesi on kuluttanut graniittikallioon kaksi suurta vierekkäistä painannetta (Luumäki, Kännätvuori). Kuva: Jukka Timperi.

11.2

YVA-lain mukainen menettely

YVA-lain (468/1994) ja -asetuksen (713/2006) mukaista arviointimenettelyä sovelletaan kiviainesten ottoon, kun louhinta- tai kaivualueen pinta-ala on yli 25 ha tai otettava ainesmäärä on vähintään 200 000 kiintokuutiometriä vuodessa. Arviointimenettelyä voidaan soveltaa lisäksi yksittäistapauksessa ELY-keskuksen päätöksellä sellaiseen hankkeeseen, joka todennäköisesti aiheuttaa laadultaan ja laajuudeltaan, myös eri hankkeiden yhteisvaikutukset huomioon ottaen, hankeluettelon hankkeiden vaikutuksiin rinnastettavia merkittäviä haitallisia ympäristövaikutuksia. Vaikutusten merkittävyyttä harkittaessa otetaan huomioon hankkeen ominaisuudet ja sijainti sekä vaikutusten luonne.

11.3

Luontoselvitykset

Maa-aineslain mukaisen ottamissuunnitelman ja ympäristölupahakemuksen ohessa tulee yleensä esittää luontoselvitys. Luontoon kohdistuvat vaikutukset tulee selvittää siten, että saadaan riittävä kuva hankkeen vaikutuksista luonnon monimuotoisuuden hankealueen vaikutuspiirissä. Selvitystä laadittaessa tulee ottaa huomioon Natura 2000-verkostoon kuuluvat alueet, muut suojelukohteet ja keskeiset luontoarvot. Luontoselvityksissä tulee ottaa huomioon luonnonsuojelulain säädökset mm. lajien-suojeluun samoin kuin luontotyyppeihin liittyen. Luontodirektiivin (92/43/ETY) liitteen IV(a) lajien mahdollinen esiintyminen on syytä selvittää hankealueella ja sen vaikutusalueella. Selvityksistä tulee käydä ilmi luonnonsuojelulailla ja EU-säädöksillä suojeltujen lajien (LSA 14.2.1997/160, 92/43/ETY) ja luontotyyppien mahdollinen esiintyminen alueella. Lisäksi hankealueen mahdolliset metsälain (10§) tarkoittamat erityisen arvokkaat elinympäristöt ja vesilain (11§) mukaiset kohteet tulee selvittää.

11.4

Luonnonkiven louhinnan ja luontoarvojen yhteensovittaminen

Luonnonkivilouhimon vaikutukset elolliseen ja elottomaan ympäristöön ovat paikallisia. Ympäristönsuojelulain ja luonnonsuojelulain tavoitteena on kuitenkin ylläpitää hyväksyttävää kokonaistilaa. Tämän tavoitteen saavuttamiseksi voidaan yksittäisen kohteen lupaharkinnassa hyödyntää valtakunnallisiin alueidenkäyttötavoitteisiin ja alueellisiin maankäyttösuunnitelmiin perustuvia kaavoja, GTK:n luonnonkivien etsintätutkimusten tuloksia (vrt. Luku 2.3), maa-ainestenoton valtakunnallisia suojeluvuorokäytöksiä (esim. arvokkaat kallioalueet, pohjavesialueet ja pohjavesien suojelun ja kiviaineshuollon yhteensovittamisen ns. POSKI-selvitykset) sekä huomioida erilaiset suojelualueet tai maisema-alueet tai luonnonmuistomerkit ja niiden ominaisuudet (mm. Rintala & Lonka 2013).

Erillinen luontoselvitys tehdään kohdealueen luonnon lähtötilanteen, tai olemassa olevan toiminnan ollessa kysymyksessä, vallitsevan tilanteen, selvittämiseksi. Luonnonsuojelun ja yritystoiminnan tarpeiden yhteensovittaminen edellyttää valtakunnallisten, seudullisten ja alueellisten suunnittelujärjestelmien käyttöä ja kehittämistä (Kauppi 2013). Kaivosalan malmiesiintymien geologinen ympäristö ja sitä kautta myös luonnonympäristö ovat luonnonkiviesiintymiin verrattuna erilaisia. Esimerkiksi määritettäessä kohteelle tarvittavia alkuselvityksiä, nämä eroavaisuudet tulee tuntea.

Luontoarvot luonnonkiven louhinnassa

- Luonnonarvoja voidaan ympäristönsuojelulain (YSL 527/2014) nojalla suojella silloin, kun ne vaarantuvat päästöjen vuoksi eli toiminnan vuoksi prosessista ulos virtaavasta vaikutuksesta
- Luonnon monimuotoisuuden ylläpitäminen, luonnonkauneuden ja maisema-arvojen vaaliminen sekä luonnonvarojen ja luonnonympäristön kestävä käytön tukeminen kuuluvat luonnonsuojelulain (LSL 1096/1996) piiriin
- YVA-lain (468/1994) ja -asetuksen (713/2006) mukaista arviointimenettelyä sovelletaan kiviainesten ottoon, kun louhinta- tai kaivalueen pinta-ala on yli 25 ha tai otettava ainesmäärä on vähintään 200 000 kiintokuutiometriä vuodessa
- Maa-aineslain mukaisen ottamissuunnitelman ja ympäristölupahakemuksen ohessa tulee yleensä esittää luontoselvitys. Luontoon kohdistuvat vaikutukset tulee selvittää siten, että saadaan riittävä kuva hankkeen vaikutuksista luonnon monimuotoisuuden hankealueen vaikutuspiirissä

12 Luonnonkivilouhimon maisemointi (jälkihoito)

Luonnonkiven louhinnan loputtua louhimo maisemoidaan. Maa-aineslain mukaan toiminnanharjoittajan on asetettava kunnalle vakuus ennen toiminnan alkamista maisemoinnin suorittamiseksi. Maisemoinnin hyvät käytännöt ovat muotoutuneet hyväksytyjen toteutuksien, oikeustapausten ja viranomaisohjeiden kautta (OH 1 2009). Vuolukiven ja marmorin osalta kaivoslain (621/2011) 108 §:ssä määrätään vakuudesta kaivostoiminnan lopettamista varten ja 143 §:ssä alueen kunnostamisesta. Kaivostoiminnan harjoittajan on viimeistään kahden vuoden kuluttua kaivostoiminnan päättymisestä saatettava kaivosalue ja kaivoksen apualue yleisen turvallisuuden vaatimaan kuntoon, huolehdittava niiden kunnostamisesta, siistimisestä ja maisemoinnista sekä suoritettava kaivosluvassa ja kaivosturvallisuusluvassa määrätyt toimenpiteet (KaivosL 621/2011).

Maisemoinnin tavoitteena on saattaa alue turvalliseksi ja sopeuttaa se ympäröivään luontoon ja maisemaan sekä vähentää ottamistoiminnan haitallisia vaikutuksia ympäristöön (Kuva 47). Maisemoinnissa tulee louhimoiden erityispiirteet säilyttää ja edistää ottamisalueen jälkikäyttömahdollisuuksia. Myös sivukivien myöhemmän käytön tulee olla mahdollista. Luonnonkivilouhimon erityispiirteitä ovat pysyvät vaakatasot, tiivis ja ehyt pohja, vesiallas ja sivukivikasat (Lintukangas & Suihkonen 2010) (Vrt. Luku 5.4 Kuva 11).

Maisemoinnista esitetään alustava suunnitelma ottosuunnitelmassa jo maa-ainelupien hakuvaiheessa ja siitä voidaan antaa lupamääräyksiä. Varsinainen maisemointisuunnitelma on yleensä mahdollista tehdä lähempänä lupakauden päättymistä. Maisemoinnista ja kunnostamisesta vastaa maa-aineluvan haltija. Luonnonkivilouhimoiden toiminta-aika on pitkä, joten alueelliset maankäyttösuunnitelmat voivat tarkentua ja muuttua sen aikana ja siis poiketa suunnitelmavaiheessa voimassa olleista.

12. 1

Maisemointitoimet

Maa-aineslain mukaisen toiminnan maisemointitoimet ovat alueen turvalliseksi tekeminen, siistiminen, pintamaiden levitys, kasvillisuuden palauttaminen ja alueelle soveltumattoman käytön estäminen.

Toiminnan aikaiset rakennelmat ja laitteet tulee purkaa ja kuljettaa pois alueelta. Kaikki alueella olevat jätteet kerätään ja viedään pois asianmukaisiin keräyspisteisiin. Louhimoalueelle ei myöskään saa jättää liikkumisen kannalta vaarallisia kohtia tai sortumisvaaraa. Jos louhimossa on vielä irrotettuna kameja tai muita lohkareita, näiden ja louhimoseiniä väliset raot tulee täyttää maa-aineksella. Alueella vielä mahdollisesti olevat suuret erilliset epämuotoiset lohkarit kerätään ja siirretään sivukivikasaan tai niitä käytetään maisemointiin. Muut mahdolliset lohkarit kerätään ja varastoidaan erilliseen paikkaan louhimolla mahdollista jatkokäyttöä varten.

Louhimoalueen tiestön suurimmat epätasaisuudet tasoitetaan, jotta tiet jäävät käyttökelpoisiksi. Teiden kantavuus louhimokäytön jälkeen on hyvä, joten muita kunnostustoimenpiteitä ei tarvitse tehdä. Sen sijaan liikenne sivukivivarastolle estetään sijoittamalla suuria sivukivilohkareita varastolle vievälle tielle. Alueelle johtavien tarpeettomien kulkuväylien katkaiseminen, esimerkiksi puomeilla, maakaivannoilla tai -valleilla, sivukivilohkareilla tai muilla esteillä vähentää turhaa liikkumista alueella (ja esimerkiksi roskaamista).

Luonnonkivilouhimot sijoittuvat eheille kallioalueille ja louhinnassa pyritään irrottamaan suuria ja mahdollisimman ehjiä kivilohkareita, joten kiven irrotus on tehtävä varovasti. Tästä johtuen louhimon seinät ovat eheitä, eikä esim. sortumisvaaraa ole. Putoamisvaaran takia pääsy jyrkänkeille (yli 2 m) estetään aitaamalla avolouhos 1,5–2 m korkeilla sivukivilohkareilla (Kuva 47). Aitana voi käyttää myös sitä varten tehtyä muovista verkkoaitaa, joka myös on hyvin pitkäikäinen. Toiminnan loputtua avolouhos täyttyy yleensä pintavedellä ja alueelle muodostuu vesiallas. Avolouhokseen johtavat tiet voidaan hyödyntää matalina rantoina, mikäli allasta halutaan käyttää uimapaikkana. Louhinnan päätyttyä mahdollisesti jäljelle jääneet sivukivikasat voidaan verhoilla alueella olevan hienomman kiviaineksen avulla siten, että uusi kasvillisuus saa helpommin jalansijaa. Sivukivikasojen varsinaista peittämistä tulee kuitenkin välttää, jotta sivukivien hyötykäyttö esim. murskeena tai ympäristökivenä tulevaisuudessa olisi mahdollista (Räisänen ym. 2007). Lupapäätöksissä esiintyy kuitenkin edelleen määräyksiä sivukivikasojen peittämisestä ja vaiheittaisesta maisemoinnista. Vaatimuksia vaiheittaisista maisemoinneista toiminnan aikana tai juuri toiminnan päätyttyä tulee myös tarkkaan harkita, esimerkiksi jos sivukiville on nähtävissä hyötykäyttöä vaikkapa suurten infrahankkeiden muodossa 10 vuoden aikajänteellä (Räisänen ym. 2007).



Kuva 47. Luonnonkivilouhimon maisemoinnin tärkein tavoite on saattaa alue turvalliseksi. Kivilohkareista tehty kivimuuri ympäröi maisemoitua louhimoa. Muuri on niin korkea, että sen ylitse pääsemiseksi tarvitaan portaat. Louhintarintaukset ovat pysyviä kiveä rikkomattoman louhintatekniikan ansiosta, eikä rintauksia tarvitse tukea. Vesiallasta käytetään tässä vanhassa louhimossa uimiseen ja sukeltamiseen. Kuva: Olavi Selonen.

Luonnonkivilouhimon maisemointi

- Luonnonkiven louhinnan loputtua louhimo maisemoidaan. Maisemointitoimet ovat alueen turvalliseksi saattaminen, siistiminen, pintamateriaalien levitys, kasvillisuuden palauttaminen ja alueelle soveltumattoman käytön estäminen
- Maisemoinnin tavoitteena on saattaa alue turvalliseksi ja sopeuttaa se ympäröivään luontoon ja maisemaan sekä vähentää ottamistoiminnan haitallisia vaikutuksia ympäristöön
- Maisemoinnissa tulee louhimoiden erityispiirteet säilyttää ja edistää ottamisalueen jälkikäyttömahdollisuuksia. Myös sivukivien myöhemmän käytön tulee olla mahdollista. Luonnonkivilouhimon erityispiirteitä ovat pysyvät vaakatasot, tiivis ja ehyt pohja, vesiallas ja sivukivikasat

13 Luonnonkivilouhimon jälkikäyttö

Kun maisemointitoimet on tehty, alueella järjestetään viranomaiskatselmus, jossa suoritettu maisemointi arvioidaan. Kun maisemointi on hyväksytty, toiminnanharjoittajan kunnalle asettama vakuus vapautetaan. Maisemoitu louhimo on silloin vapaa jälkikäyttöä varten. Vanha louhimo voi olla maisemoituna kauankin ennen kuin sille tulee uutta käyttöä. Maisemointi ja jälkikäyttö eivät ole siis käsitteellisesti sama asia.

Jälkikäytön suunnittelussa tulee hyödyntää louhimon erityispiirteitä, joita ovat avolouhoksen pohjalle muodostuva vesiallas, jyrkät ja pysyvät seinämät, louhinnasta muodostuvat terassit ja sivukivikasat (Lintukangas & Suihkonen 2010). Jälkikäytön toteuttaminen ja suunnittelu ei lain mukaan kuulu maa-ainesluvan haltijalle.

Jälkikäyttömahdollisuuksia ovat mm. metsätalousmaa, virkistys- ja harrastealueet, vesiviljely, kalliorakentaminen, varastointi sekä tutkimus ja koulutusalueet (Wikström 2002, Lintukangas & Suihkonen 2010). Paras jälkikäyttötapa riippuu kuitenkin kyseisen louhimon ominaisuuksista ja sijainnista ja tarkoituksenmukaisin ratkaisu saattaa löytyä vasta louhimon elinkaaren myöhäisemmässä vaiheessa. Lisää esimerkkejä louhimoiden jälkikäytöstä sekä suunnitteluohjeita löytyy Kiviteollisuusliiton julkaisemasta oppaasta (Lintukangas & Suihkonen 2010).

Luonnonkivilouhimon jälkikäyttö

- Louhimo on vapaa jälkikäyttöä varten sen jälkeen kun louhimon maisemointi on hyväksytysti suoritettu. Louhimo voi olla maisemoituna kauankin ennen kuin sille tulee uutta käyttöä. Maisemointi ja jälkikäyttö eivät ole siis käsitteellisesti sama asia. Jälkikäytön toteuttaminen ja suunnittelu eivät lain mukaan kuulu maa-ainesluvan haltijalle
- Jälkikäytön suunnittelussa tulee hyödyntää louhimon erityispiirteitä, joita ovat avolouhoksen pohjalle muodostuva vesiallas, jyrkät ja pysyvät seinämät, louhinnasta muodostuvat vaakatasot ja sivukivikasat
- Jälkikäyttömahdollisuuksia ovat mm. metsätalousmaa, virkistys- ja harrastealueet, vesiviljely, kalliorakentaminen, varastointi sekä tutkimus ja koulutusalueet

14 Elinkaariarviointi

Elinkaariarviointi on menetelmä, jonka avulla pyritään selvittämään tuotteen ympäristövaikutukset. Tuloksia voidaan käyttää esimerkiksi tuotantomenetelmän kehittämiseen, ostopäätösten kohdistamiseen tai suunnitteluratkaisujen arviointiin. Rakennustuotteiden, kuten luonnonkivituotteiden elinkaariarvioinnissa EU:ssa käytetään EN 15804-standardin esittämää menetelmää, joka on yhteensopiva ISO 14040:n kanssa.

Elinkaariarviointi voidaan tehdä joko raaka-aineiden otosta valmistuksen kautta käyttövalmiille tuotteelle tehtaan portille (kehdosta portille) tai koko tuotteen käyttöänsä kautta loppuhävitykseen (kehdosta hautaan). Kaikki elinkaariarviointien tulokset eivät välttämättä ole vertailukelpoisia keskenään: tähän vaikuttavat mm. laskentamenetelmä ja laskennassa huomioidut vaiheet.

Rakennustuotteita tulisi rakennusalan EN-standardien mukaan arvioida osana rakennusta. Tästä seuraa, että esimerkiksi käytettävien tuotteiden vaikutukset rakennuksen huoltoon tai lämpötalouteen tulisi huomioida arvioinnissa, sikäli kuin niiden vaikutus on merkityksellinen. Luonnonkivituotteet vaikuttavat rakennuksen elinkaari päästöihin mm. varastoimalla lämpöä ja kylmää, kestäväällä merkittävää rasitusta hyvin pitkiä ajanjaksoja, heijastamalla tai absorboimalla valoa ja lämpöä, kestäväällä hyvin ilkivaltaa ja vahinkoja ja helppohoitoisuudellaan.

Luonnonkiven päästöistä merkittävä osa syntyy kuljetuksista. Kivitonin kuljetus Suomesta Kiinaan aiheuttaa noin 350 kg hiilidioksidi-ekvivalenteja (CO₂e) päästöjä, kuljetus Saksaan noin 80 kg CO₂e ja lyhyt (225 km) kuljetus Suomen sisällä vain noin 7 kg CO₂e. Osa kivituotteista kuljetetaan Kiinaan jatkojalostettavaksi, ja sieltä edelleen esimerkiksi USA:n tai Euroopan markkinoille. Tällöin esimerkkinä käytetyn kivilaatan CO₂e-päästöt asennettuna ovat noin 1200 kg CO₂e per tonni.

Kivenlouhinnassa ja -jalostuksessa syntyy merkittävästi sivukiveä. Sivukivi voidaan käyttää infra- tai muussa rakentamisessa tai se voidaan läjittää louhimoalueelle. Sivukivi läjitetään lähinnä silloin, jos se ei sovi rakentamiseen tai jos se on liian kaukana käyttökohteista. Elinkaariarvioinnissa kaikki päästöt kohdistuvat kaupallisille lopputuotteille. Toisin sanoen, jos sivukiveä ei myydy, kaikki louhinnan aiheuttamat päästöt kohdistuvat louhimon pääasiallisille kivituotteille.

Elinkaariarviointia voidaan käyttää hankintapäätösten tekemisessä. Vaatimukset voivat kohdistua joko tuotteisiin tai rakennushankkeeseen. Jälkimmäinen menetelmä huomioi kivituotteiden kannalta tärkeän logistiikan paremmin. Elinkaariarviointi on suositeltava menetelmä julkiseen hankintaan, sillä se on teknologia- ja materiaalineutraali, syrjimätön, standardeihin ja fysikaalisiin vaikutuksiin perustuva tapa arvottaa eri vaihtoehtojen vaikutuksia ympäristöön kokonaisuutena, ei vain valituilta osin. Uusittu hankintadirektiivi (2014/24/EU) mahdollistaa elinkaari vaikutusten joustavan käytön hankinnoissa. Rakennusalan harmonisoidut EN -tuotestandardit (ja niiden perusteella annettu CE -merkintä) ovat julkisen hankkijan kannalta luotettava

ja toimiva työkalu hankintapäätösten tekemiseen. Lisäksi on kuitenkin huomioitava kansalliset vaatimustasot.

Samaa kivityyppiä edustavien luonnonkivituotteiden elinkaari-vaikutukset voivat olla hyvin erilaiset, koska laskentamenetelmä vaikuttaa vahvasti tulokseen (Petersen & Solberg 2003, AITEMIN & CTM 2007, Simpson 2008, Taxiarchou & Kostopoulou 2007, University of Tennessee 2009, Chishna et al. 2010, Kristensen 2010, Ardoisières d'Angers 2012, Ross & Bonell 2012). Yleensä kuitenkin sama menetelmä johtaa yhdenmukaisiin tuloksiin (Taulukko 19).

Taulukko 19. Kivimateriaalien hiilijalanjälkiä käytetyn laskentastandardin mukaan.

EN 15804 (Ross & Bonell 2012, Ardoisières d'Angers 2012)	CO ₂ e	Menetelmä ei tiedossa (Petersen & Solberg 2003, Simpson ym. 2008)	CO ₂ e	PAS 2050 (Chishna ym. 2010)	CO ₂ e	EPA TRACI (University of Tennessee 2009)	CO ₂ e
Liuskekivilaatta	134	Liuskekivituotteet	31	Liuskekivituotteet	232	Liuskekivituotteet	28
Luonnonkivilaatat > 80 mm	294	Graniitti	394	Graniittituotteet	93	Graniittituotteet	621
Laatat > 12 mm, < 80 mm	301	Kalkkikivi	17	Hiekkakivituotteet	65	Kalkkikivituotteet	105
Luonnonkivilaatat < 12mm	545	Luonnonkivilaatta	278				

Luonnonkiven käyttö rakennusmateriaalina vaikuttaa lisäksi myös rakennuksen elinkaari-vaikutuksiin. Pääsääntöisesti voidaan todeta, että suhteessa vertailtuihin vaihtoehtoihin kivimateriaalin päästöt ovat maltilliset, käyttökohteesta riippuen luonnonkivi voi alentaa koko rakennuksen elinkaari-vaikutuksia (Petersen & Solberg 2003, University of Tennessee 2009, López-Buendía et al. 2010, DNV 2010).

Luonnonkivituotteilla on myös merkitystä rakennusten ympäristöluokitusjärjestelmien kannalta. Sekä yhdysvaltalaisen LEED:n että brittiläisen BREEAM:n menetelmissä on useita pisteytettäviä osa-alueita, joissa luonnonkivituotteita käyttämällä on mahdollisuus ansaita pisteitä rakennuksen ympäristövaikutusten myönteisestä kehittämisestä.

Luonnonkiven louhinnan elinkaariarviointi

- Elinkaariarviointi on menetelmä, jonka avulla pyritään selvittämään tuotteen ympäristövaikutukset. Tuloksia voidaan käyttää esimerkiksi tuotantomenetelmän kehittämiseen, ostopäätösten kohdistamiseen tai suunnitteluratkaisujen arviointiin
- Luonnonkiven päästöistä merkittävä osa syntyy kuljetuksista. Kivitonniin kuljetus Suomesta Kiinaan aiheuttaa noin 350 kg hiilidioksidi-ekvivalenteja (CO₂e) päästöjä, kuljetus Saksaan noin 80 kg CO₂e ja lyhyt (225 km) kuljetus Suomen sisällä noin 7 kg CO₂e
- Luonnonkiven käyttö rakennusmateriaalina vaikuttaa rakennuksen elinkaari-vaikutuksiin. Suhteessa vertailtuihin vaihtoehtoihin kivimateriaalin päästöt ovat pääsääntöisesti maltilliset, käyttökohteesta riippuen luonnonkivi voi alentaa koko rakennuksen elinkaari-vaikutuksia

15 Tarkkailu ja raportointi

Luonnonkiven louhinnan ympäristövaikutusten tarkkailu määrätään ympäristölupamääräyksissä ja mikäli toiminnalle on pitänyt hakea vesilupa, vesilupamääräyksissä. Lisäksi toiminnanharjoittaja seuraa ottamisalueen laajuutta ja kaivutason korkeutta (OH 1 2009) sekä tarkkailee louhimoalueen toimintoja ja siellä käytettävää kalustoa jatkuvasti, mm. pitää kirjaa räjäytysten toteuttamisesta ja ajankohdista (Liite 4). Tiedot räjäytyksistä myös arkistoidaan. Kaluston ns. käyttötarkkailulla varmistetaan, että laitteet ja rakenteet toimivat tarkoituksensa mukaisesti ja tehokkaasti.

Melu- ja pölyvaikutusten tarkkailusta on Valtioneuvoston asetuksessa 800/2010 määrätty seuraavasti: Jos toiminnan etäisyys melulle ja pölylle alttiisiin kohteisiin on yli 500 metriä, maasto-olosuhteet ovat erityisen suojaavat ja toiminnanharjoittaja voi luotettavalla, ympäristölupaviranomaisen hyväksymällä tavalla osoittaa, että 5 ja 7 §:ssä tarkoitettut arvot ilmanlaadulle ja melutasolle eivät ylity, ei ympäristöluvassa tarvitse asettaa määräyksiä melun ja hengitettävien hiukkasten pitoisuuksien tarkkailusta. Jos toiminnan etäisyys melulle alttiisiin kohteisiin on alle 500 metriä ja toiminnanharjoittaja voi luotettavalla ja lupaviranomaisen hyväksymällä tavalla osoittaa, että toiminnasta aiheutuva melu, liikenne mukaan lukien, ei ylitä 7 §:ssä tarkoitettuja melutason arvoja ja jos toiminnassa noudatetaan meluntorjunnan kannalta parasta käyttökelpoista tekniikkaa, ei ympäristöluvassa tarvitse asettaa määräyksiä melun tarkkailusta.

Maa-aineslain (555/1981) 23a § velvoittaa maa-aineslupan haltijan ilmoittamaan lupaviranomaiselle vuosittain otetun aineksen määrän ja laadun. Lupa- ja valvontaviranomainen toimittaa ottotiedot ELY-keskukselle (YMPARISTO.fi 2014b). Kaivosasetus (391/2012) koskee vuolukiven ja marmorin louhintaa ja sen mukaisesti kaivoslupan haltijan on vuosittain esitettävä kaivosviranomaiselle (TUKES) selvitys louhitun malmin ja sivukiven määrästä, kaivoksella käsitellyn pintamaan määrästä, tuotetun rikasteen tai vastaavan välituotteen määrästä, kaivoksella työskentelevien henkilöiden määrästä sekä kaivostoiminnan sivutuotteista. Lisäksi ympäristölupamääräysten mukaiset tarkkailutiedot raportoidaan ja toimitetaan valvontaviranomaiselle määräysten mukaisesti.

Lähtötilanteen ja toiminnanaikaisen kuormituksen selvittyä tarkkailumääräykset tulisi tarkistaa, kun tarpeellinen taso on saatu määritettyä. Järkevä mitoitus säästää paitsi toiminnanharjoittajan myös viranomaisen resursseja ja lisää motivaatiota oma-aloitteiseen ympäristöystävälliseen toimintaan. Täysmittaiset kontrollinäytteet otot voitaisiin toiminnan vakiinnuttua ja ympäristövaikutusten tason selvittyä suorittaa harvemmin tai pistokoeluontoisesti tai tarpeen mukaan.

Luonnonkiven louhinnassa ei käytetä kemikaaleja räjähdysaineita lukuun ottamatta. Lisäksi louhinnassa tapahtuu erittäin vähän muutoksia, jolloin ympäristövaikutusten määrä ja laatu säilyvät pitkälläkin aikavälillä vakioina. Tämä tukee menettelymallia, jossa ympäristövaikutusten tarkkailu suoritetaan mahdollisimman taloudellisesti perustason luotettavan määrittämisen jälkeen. Mikäli merkittäviä muutoksia tulee, on toiminnanharjoittaja velvoitettu tekemään hakemus ympäristöluvan tarkistamiseksi.

16 Parhaat ympäristökäytännöt luonnonkiven louhinnassa

Ympäristön kannalta parhaan käytännön periaate on määritelty vanhassa ympäristönsuojelulaissa (86/2000 4 §) seuraavasti: "Noudatetaan ympäristön pilaantumisen ehkäisemiseksi tarkoituksenmukaisia ja kustannustehokkaita eri toimien yhdistelmiä, kuten työmenetelmiä sekä raaka-aine- ja polttoainevalintoja". 1.9.2014 voimaan astuneessa ympäristönsuojelulaissa (574/2014) periaatetta ei ole enää määritelty.

Luonnonkiven louhinnan ympäristökäytäntöjä ohjaavat voimakkaasti lait ja asetukset (vrt. Luku 3), joissa mm. asetetaan toiminnan suojaetäisyydet, toiminta-ajat ja ohjearvot eri päästölähteille. Parhaiden ympäristökäytäntöjen soveltaminen perustuu näin viranomaisten antamille lupa- ja tarkkailumääräyksille, joissa myös tulisi huomioida keinojen mitoitus, tarkoituksenmukaisuus ja kustannustehokkuus.

Ympäristövaikutusten hallintaan käytettävä keinovalikoima on luonnonkivialalla varsin yhtenäinen, joskin menetelmien käytön tarve on kohdekohtaista mm. toiminnan suuruudesta sekä louhimon ja sitä ympäröivän alueen ominaisuuksista riippuen. Vuonna 2012 Suomen luonnonkivilouhimoilta raportoidut rakennuskiven ottomäärät (tuotantokivi) vaihtelivat noin 10 ja 25 000 m³ välillä, pääosan otosta ollen 1 000 – 4 000 m³ suuruusluokkaa (Pekka Jauhiainen, suullinen tiedonanto 2014). Luonnollisestikin pienemmällä ottomäärällä ympäristövaikutusten määrä on vähäisempi verrattuna laajempaan toimintaan. Lisäksi esimerkiksi ympäristölupamääräykset ovat tiukempia toimittaessa asutuilla alueilla tai erilaisten suojelualueiden välittömässä läheisyydessä verrattuna syrjäisiin kohteisiin, joiden ympäristön luonnonarvoja ei voida pitää erityisinä tai luontoarvot ovat verrattain vähäiset. Maa-ainesten käytön voidaan katsoa olevan kestävä, kun huomioidaan taulukossa 20 esitetyt asiat (OH 1 2009).

Taulukko 20. Maa-ainesten kestävässä käytössä huomioitavat asiat OH I (2009) mukaellen.

Maa-ainesten kierrätys	Louhimoiden sivukivien hyödyntäminen, kun mahdollista
Uusiomateriaalien käytön ja käyttösovellusten kehittäminen	Otto ja käyttö säästävasti ja taloudellisesti
Monimuotoisuuden kannalta arvokkaiden geologisten luontotyyppien säilyttäminen	Pohjavesialueiden säilyttäminen
Alueiden käyttöön liittyvien ristiriitojen yhteensovittaminen	Yhdenmukainen lupakäsittely
Ottamisalueiden maisemoinnista (jälkihoidosta) huolehtiminen	

Tämän hankkeen aikana havaittiin, että luonnonkiven louhimoille ja toimintaa valvoville viranomaisille suunnatussa ohjekirjallisuudessa on vielä puutteita, mikä mm. vaikeuttaa louhimoiden suunnittelua. Puutteet voivat myös johtaa lupaharkinnassa epätarkoituksenmukaisiin lupamääräyksiin tai jopa luvan epäämiseen. Suurin epäkohta on, että ohjeistusta luonnonkiven louhinnan ympäristövaikutusten tarkkai-

lusta ei ole tehty riittävällä tasolla. Näin voi syntyä tilanne, jossa annetaan epätarkoituksenmukaisia lupamääräyksiä harjumuodostumille (maaperä, pohjavesivarasto, hiekka ja sora) tai metallimalmikaivoksille (kallioperä, metallipitoinen, ruhjeinen, eri tuotantoprosessit, suuruusluokka) määriteltyjen ohjeistusten perusteella. Erilaisen ohjeistusten soveltamista edesauttaisi merkittävästi, jos lupaviranomaisilla olisi riittävä tuntemus erilaisten geologisten muodostumien ympäristöominaisuuksista. Tutkimuksiin perustuvaa tietoa luonnonkiven louhinnan mahdollisista ympäristövaikutuksista tulisi levittää myös louhintapaikkakuntien asukkaille ja kansalaisjärjestöille turhien ristiriitatilanteiden vähentämiseksi.

16.1

Louhimotoiminnan suunnittelu

Paras tulos suunnitteluvaiheessa saavutetaan, kun toiminnanharjoittaja, valvontaviranomaiset ja ympäristöasiantuntijat toimivat yhteistyössä jo suunnittelun varhaisessa vaiheessa. On myös tärkeää, että toiminnanharjoittaja on valmis myös taloudellisesti panostamaan suunnittelutyöhön. Ympäristövaikutusten mallintaminen ja arviointi on parasta hankkia asiantuntijatyönä jo siksi, että tuotetut dokumentit olisivat riittävän laadukkaita lupahakemusten liitteiksi. Tieto ympäristövaikutuksista ja niiden leviämisen ehkäisemisestä edesauttaa suurten louhimorakenteiden, kuten sivukivikasojen, sijoitusvaihtoehtojen selvittämisessä. Louhimoalueiden suunnittelussa huomioidaan toiminnan turvallisuuden ja tehokkuuden kannalta parhaat kulureitit ja mm. tukitoiminta-alueen, varastoalueen ja kaivannaisjätteen jätealueen sijainti. Melu- ja pölypäästöjen leviämisen estämiseksi työvälineisiin liittyvien teknisten ratkaisujen lisäksi voidaan tarpeen mukaan rakentaa erilaisia suoja-aitoja ja -valleja. Pitemmän päälle onnistunut suunnittelu vähentää toiminnanaikaisia kustannuksia.

Yhteydenpito valvontaviranomaisiin nopeuttaa varsinaista lupaprosessia, kun hakemukset pystytään toimittamaan mahdollisimman täydellisinä eikä täydennyspyyntöjen tekemiseen ja niihin vastaamiseen kulu aikaa. Tiedottaminen louhintapaikkakunnan asukkaille ja yhteydenpito louhimon rajanaapureihin parantaa usein ympäristön asennoitumista hankkeeseen.

16.2

Parhaat käytännöt tuotannon aikana

Ympäristön kannalta parhaat käytännöt voidaan jakaa toimintamalleihin (alla) ja käytännön ratkaisuihin (Taulukko 21). Osa alla esitetyistä toimintamalleista kuuluu ns. normaaliin louhimotyöskentelyyn.

Ympäristön kannalta parhaita toimintamalleja ovat:

- Ympäristöasioiden huomioiminen louhimosuunnittelussa
- Yleinen ympäristöä huomioiva asenne ja turhan häiriön välttäminen
- Yhteydenpito oleellisiin viranomaistahoihin ja lähiympäristön asukkaisiin
- Laadukkaan ja päästöjä vähentävän tekniikan suosiminen työvälineissä
- Louhimon toiminnan valvonta ja työnjohto
- Louhimoalueen siisteydestä ja jätehuollosta huolehtiminen
- Käyttökirjanpito ja käytöntarkkailu
- Vaikutusten tarkkailu ja kirjaaminen

Louhimotoiminnassa ensiarvoisen tärkeätä on jo työturvallisuudenkin kannalta louhimoalueen siisteydestä huolehtiminen sekä kivenlouhinnan työvälineiden, kuten

ajoneuvojen, porauslaitteiden ja ketjusahojen, kunnossapito ja ajoittainen uusiminen. Ajoneuvojen ja porauslaitteiden rakenteeseen on sisällytetty erilaisia suojauksia, kotelointeja ja pölynkeräimiä, joiden moitteeton toiminta edellyttää säännöllistä huoltoa. Näistä huolehtimalla ja huolloista kirjaa pitämällä toiminnan melu- ja pölypäästöt pysyvät tekniikan asettamissa rajoissa mahdollisimman pieninä. Räjätettävän kalliopinnan puhdistaminen vedellä ennen räjäytystä vähentää räjäytyksessä ilmaan joutuvaa pölypäästöä. Louhimon sisäisen ajoneuvoliikenteen ilmaan nostattaman pölyn määrää voidaan huomattavasti vähentää pölynkeräinten tyhjentämisellä tarkoituksenmukaiseen paikkaan ja ajoteiden kastelulla kuivina aikoina. Parhaimmat tulokset pölyntorjunnassa kastelemalla saadaan sumutus- ja korkeapainesumutustekniikoilla. Sääolosuhteiden, etenkin paikallisten ilmapvirtausten, ennakoiminen on usein mahdotonta. Niiden vaikutusta pyritään kuitenkin tarpeen mukaan huomioidaan louhimon toiminnassa. Louhintatyön edetessä syvemmälle kalliioon jo 3 – 5 m korkuinen rintausta toimii tehokkaana suojavallina, joka ehkäisee melun ja pölyn leviämistä (ks. Luku 5.6.3 ja 6.6.1). Toiminnanaikaisilla tarkistusmittauksilla todetaan mahdollinen lisäsuojauksen tarve suhteessa häiriintyviin kohteisiin.

Taulukko 21. Ympäristön kannalta parhaita käytäntöjä luonnonkiven tuotannon aikana LBEP selvityksen mukaan.

Melu	Pöly	Tärinä
Louhimosuunnittelu: mm. laskennallisen mallinnuksen hyväksikäyttö rakenteellisia ratkaisuja tehtäessä, esim. meluesteiden mitoitus ja sijoitus, silloin kun niille on tarvetta.	Louhimosuunnittelu: mm. louhintasuunnat tarvittaessa, toimintojen sijoittaminen, pölynkeräinten tyhjennyspaikat, ajoväylät ja -nopeudet	Louhimosuunnittelu: Riittävät etäisyydet häiriintyviin kohteisiin (tapauskohtaisia), louhintasuuntien suunnittelu tarvittaessa
Louhintasuunnat tarvittaessa	Nykyaikaisen kaluston ja työvälineiden käyttö ja etenkin pölynkeräinten kunnottarkkailu ja kunnossapito	Oikeiden räjähdysainemäärien käyttö: myös liian vähäisen määrän käyttö lisää tärinää
Nykyaikaisen kaluston ja työvälineiden käyttö ja etenkin melunvaimentimien kunnottarkkailu ja kunnossapito	Säätötilan huomiointi räjäytyksen aikana tarvittaessa	Kamikoon pienentäminen tarvittaessa
Varoitusmerkkien laadun muuttaminen tarvittaessa työturvallisuus huomioiden	Pölynsidonta vedellä ja/tai sopivalla pölynsidonta-aineella tarvittaessa	Tärinävaikutusten arviointi louhinnan työkaluna
Riittävät etäisyydet häiriintyviin kohteisiin (kohdekohtaisia)	Kalliopinnan ja kamin peseminen vedellä ennen räjäytystä tai paloittelua	Asutuksen aivan lähietäisyydellä teiden kunnossapito ja nopeusrajoitukset
Pinta- ja kuivatusvedet	Poltto- ja voiteluaineet, muut kemikaalit	Sivukivet ja jätteet
Pinta- ja kuivatusvesien poisjohtaminen selkeytsaltaiden kautta (kiintoaineksen ja ravinteiden poistaminen)	Polttoaineiden ja muiden kemikaalien huolellinen käsittely ja varastointi	Louhimoalueen siisteydestä huolehtiminen. Syntyvien jätteiden lajittelu ja niiden asianmukainen hävittäminen.
Selkeytsaltaiden ja ojien mitoitus (kohdekohtaisia). Altaiden ja penkereiden asianmukainen perustaminen ja kunnosta huolehtiminen.	Kaluston tankkaus ja pesupaikkojen perustaminen asianmukaisesti	Sivukivien käyttöominaisuuksien ja mahdollisten ympäristövaikutusten tuntemus
Ojitusjärjestelyjen huomioiden esim. vettymisen ehkäisemiseksi kohdekohtaisesti	Biohajoavien voiteluöljyjen käyttö esim. ketjusahoissa	Louhimosuunnittelu: Sivukiven hyödyntäminen louhimon rakenteissa, ml. suojavallit tarvittaessa.
		Sivukiven hyödyntäminen esim. ympäristökivinä tai kiviaineina, kun mahdollista

Parhaat käytännöt louhimoalueen jälkihoidossa

Maisemointitoimet ovat alueen turvalliseksi saattaminen, siistiminen, pintamateriaalien levitys, kasvillisuuden palauttaminen ja alueelle soveltumattoman käytön estäminen. Maisemoinnin tavoitteena on saattaa alue turvalliseksi ja sopeuttaa se ympäröivään luontoon ja maisemaan sekä vähentää ottamistoiminnan haitallisia vaikutuksia ympäristöön. Kun maisemointi suunnitellaan toiminnanharjoittajan ja viranomaisen yhteistyönä voidaan louhimoiden erityispiirteet säilyttää ja edistää ottamisalueen jälkikäyttömahdollisuuksia. Maisemointimääräyksiä annettaessa tulisi huomioida kohteen ominaisuudet sekä säilyttää sivukivien hyödyntämismahdollisuudet. Mikäli sivukivi on hyödyntämiskelpoista ja etenkin jos sivukivituotteille on avautumassa käyttökohteita kymmenen vuoden sisällä, tulisi sivukivikasojen maisemointia peittämällä välttää.

Jälkihoidettu louhimoalue tarkastetaan loppukatselmuksessa valvontaviranomaisen kanssa, mahdolliset havaitut puutteet korjataan ja sen jälkeen alue on vapaa jälkikäyttöä varten. Hyväksytyin loppukatselmuksen jälkeen toiminnanharjoittajan asettama vakuus palautetaan.

KIRJALLISUUS

- Aatos S. (toim.) 2003. Luonnonkivituotannon elinkaaren aikaiset ympäristövaikutukset. (Environmental effects in natural stone production life cycle). Suomen ympäristö, Luonto ja luonnonvarat 656. Ympäristöministeriö. 188 s.
- AITEMIN and Marble Technological Center of Murcia (CTM) 2007. LCA Marble Products.
- Alaspää A. 2005. Konekehitys tarvekilouhimoilla vuodesta 1979 vuoteen 2005. Vuorityö ja -tekniikka, 28-29.
- Alexandrova L. 2014. The utilization of leftover stone material from mines and quarries for infrastructural construction purposes. Module 2: Logistics of mines and quarries in North Savo Region, Finland. Geologian Tutkimuskeskus. GTK:n arkistoraporttiluonnos. 29 s.
- Alviola R. 1998. Rakennuskivilouhimoiden räppikiven hyödyntäminen. Uudenmaan liitto. 22 s.
- Ardoisières d'Angers 2012. Declaration environnementale sanitaire conforme a la norme NF P01-010 Ardoise naturelle Angers-Trélazé® 3 mm. France. [<http://www.ardoise-angers.fr/fiches-environnementales>]. Viitattu 4.3.2014.
- Bluvshstein N., Mahrer Y., Sandler A. & Rytwo G. 2011. Evaluating the impact of a limestone quarry on suspended and accumulated dust. Atmospheric Environment. 45, 1732-1739.
- Bradley F., Founti M. & Kontodimos K. 2004. Commercial characteristics. Teoksessa: Founti, M. (ed.) Stone for construction and architecture from extraction to the final product. OSNET Editions Volume 10, NTUA, Athens, Greece, 17-26.
- Chang C-T., Chang Y-M., Lin W-Y. & Wu M-C. 2010. Fugitive dust emission source profiles and assessment of selected control strategies for particulate matter at gravel processing sites in Taiwan. Journal of the Air & Waste Management Association, 60, 1262-1268.
- Chishna N., Goodsir S., Banfill P. & Baker K. 2010. Technical Paper 7. Embodied Carbon in Natural Building Stone in Scotland. Prepared for Historic Scotland. United Kingdom: Heriot Watt University, SIS Tech. [<http://www.historic-scotland.gov.uk/gd/embodied-carbonin-natural-building-stone-in-scotland-2.pdf>]. Viitattu 10.3.2014
- Council of the European Union 2013. Directive 13675/13. Basic safety standards for protection against the dangers arising from exposure to ionising radiation, and repealing Directives 89/618/Euratom, 90/641/Euratom, 96/29/Euratom, 97/43/Euratom and 2003/122/Euratom.
- DNV 2010. Sustainability study. Environmental life cycle assessment of natural stone and glass facades. Germany: Deutscher Naturwerkstein-Verband
- Ekroos A. & Warsta M. 2012. Luontoarvot ympäristölupamenettelyssä. Selvitys ympäristönsuojelulain ja muun lainsäädännön kehittämisestä. Enlawin Consulting Oy. 151 s.
- Esenkaya E. 2004. Investigation into the effect of meteorological parameters on the airborne dust concentration at Ovacik open pit gold mine. Department of mining engineering, Middle East Technical University.
- Euroopan Neuvoston Direktiivi 92/43/ETY luontodirektiivi
Euroopan Parlamentin ja Neuvoston asetus (EU) N:o 305/2011. Rakennustuoteasetus.
Euroopan Parlamentin ja Neuvoston Direktiivi 2008/98/EC. Jätedirektiivi.
Euroopan Parlamentin ja Neuvoston Direktiivi 2014/24/EU julkisista hankinnoista ja direktiivin 2004/18/EY kumoamisesta. Annettu 26.2.2014.
- EUROPA 2013. Ilman saastumista koskeva teemakohtainen strategia. EUROPA. Tiivistelmät EU:n lainsäädännöstä. Ympäristö. Ilman saastuminen. [http://europa.eu/legislation_summaries/environment/air_pollution/128159_fi.htm#KEY]. Viitattu 6.11.2013.
- European Commission 1999. Radiological Protection Principles concerning the Natural Radioactivity of Building Materials, Radiation Protection 112.
- Fise Oy 2014. Pätevyysvaatimukset, Uudisrakentamisen suunnittelu, Tärinäasiantuntija. [http://www.fise.fi/default/www/suomi/patevyysvaatimukset_lomakkeet_nimikkeiden_kaannokset/uudisrakentamisen_suunnittelu/tarinaasiantuntija/]. Viitattu 27.6.2014.
- Forcit Oy 2014. K-putkipanos, tuotetieto. [<http://www.forcit.fi/archives/tuote/k-ja-kk-putkipanos>]. Viitattu 5.5.2014.
- Geologian tutkimuskeskus 2007. Itä-Suomen luonnonkivialan koulutus- ja tutkimusympäristön kehittäminen. Loppuraportti. Geologian tutkimuskeskus. 84 s.
- GeoUnion 1996. Sivukiven jalostus hyötykäyttöön. Loppuraportti. Varsinais-Suomen liitto. 10 s.
- Gustafsson J., Kinnunen T., Kivimäki A-L. & Suomela T. 2006. Pohjavesien suojele. Taustaselvitys osa IV: Vesiensuojelun suuntaviivat vuoteen 2015. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 25/2006. 52 s. [<http://hdl.handle.net/10138/39729>].
- Hakulinen M. 2011. Kaakkois-Suomen rakennuskivilouhinnan sivukiven käyttö maa-, pohja- ja vesirakentamisessa. Teoksessa: Taivalantti K. (toim.) Etelä-Karjalan kiviklusteri, väliraportti. Saimaan ammattikorkeakoulun julkaisuja, Sarja A: Raportteja ja tutkimuksia 15. 29-46.
- Hakulinen M. & Vuento A. 2010. Rakentamisen aiheuttamat tärinät. RIL 253-2010. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, Helsinki. 122 s.
- Heikkinen P.M., Aatos S., Nikkarinen M. & Taipale R. 2007. Luonnonkivituotannon sivukiviin liittyvät ympäristövaikutukset ja ympäristökelpoisuuden testaaminen. Itä-Suomen luonnonkivialan koulutus- ja tutkimusympäristön kehittämishanke. Geologian tutkimuskeskus, Itä-Suomen yksikkö, S/49/0000/2007/53, arkistoraportti. 41 s.

- Heldal T & Arvanitides N. 2003. Exploration and prospecting - economic target selection. Teoksessa: Terezopoulos N. & Paspaliaris I. (eds.) Dimension stone quarrying in Europe and stability of quarrying operations. OSNET Editions Volume 2, NTUA, Athens, Greece, 13-23.
- Hinds W.C. (Ed.) 1999. Aerosol Technology: Properties, Behavior and Measurement of Airborne Particles, 2nd ed. Wiley-Interscience, USA, 465 s.
- Hiukkastieto 2014. Hiukkasten pitoisuus. [<http://hiukkastieto.fi/?q=node/29>]. Viitattu 28.7.2014.
- Härmä P. & Selonen O. 2008. Surface weathering of rapakivi granite outcrops - implications for natural stone exploration and quality evaluation. Estonian Journal of Earth Sciences 57, 135-148.
- Härmä P., Luodes H. & Selonen O. 2006b. Regional exploration projects for natural stone in Finland. Bulletin of the Geological Society of Finland. Special Issue I. The 27th Nordic Geological Winter Meeting, Abstract Volume, 56.
- Härmä P., Selonen O. & Luodes H. 2001. Prospecting of bedrock resources - dimension stones in a rapakivi granite area, a case history. Teoksessa: Kuula-Väisänen P. & Uusinoka R. (eds.) Proceedings of Aggregate 2001 - Environment and Economy. Helsinki, Finland 6-8 August 2001. Volume 1. Publication number 50 of Tampere University of Technology. Laboratory of engineering geology. 175-179.
- Härmä P., Karttunen K., Nurmi H., Nyholm T., Sipila P. & Vuokko J. 2006a. Pirkanmaan rakennuskivi-
varojen inventointi vuosina 2001-2005. Geologian tutkimuskeskus, Espoo, KA 33/2006/1, arkistoportti. 24 s.
- Ilmanlaatuporttaali 2013a. Hengitettävät hiukkaset. [<http://www.ilmanlaatu.fi/ilmansaasteet/komponentit/pm10.html>]. Viitattu 23.11.2013.
- Ilmanlaatuporttaali 2013b. Pienhiukkaset. [<http://www.ilmanlaatu.fi/ilmansaasteet/komponentit/pm25.html>]. Viitattu 23.11.2013.
- Ilmansuojeluasetus 716/1982.
- Ilmansuojelulaki 67/1982.
- ISO 9613-1. Acoustics - Attenuation of sound during propagation outdoors, part 1.29 s.
- Jantunen J. 2012. Kiviaineshankkeiden ympäristövaikutusten arviointi. Suomen ympäristö 27/2012. 58 s. [<http://hdl.handle.net/10138/38737>].
- Junttila S., Tossavainen A., Hartikainen T., Härmä P., Korhonen K., Suominen V. & Pyy L. 1996. Airborne mineral fibers and quartz dust in precambrian metamorphic limestone and dolomite mines in Finland. Appl. Occup. Environ. Hyg. 11(8), 1075-1080.
- Jätelaki 646/2011.
- Kaivoslaki 503/1965.
- Kaivoslaki 621/2011.
- Kananoja T. 2005. Kallioperän suojelu- ja opetuskohteita Etelä-Savossa. Suomen ympäristö 800.
- Kankare J. 2014. Julkaisematon aineisto eräistä luonnonkivilouhimoiden ympäristömelumittauksista vuosilta 2002-2014.
- Karlsson T. 2014. Behaviour of explosives originated nitrogen compounds in waste rock of a natural stone quarry. Julkaisussa: Sarala P. (ed.) 2014. 11. Geokemian Päivät 2014. 11th Finnish Geochemical Meeting 2014. 6.2.2014, GTK, Espoo, Finland. Vuorimiesyhdistys, Geokemian rengas, Ser B, Nro B97, Espoo 2014.
- Karvonen A., Taina T., Gustafson J., Mannio J., Mehtonen J., Nysten T., Ruoppa M., Sainio P., Siimes K., Silvo K., Tuominen S., Verta M., Vuori K-M & Äystö L. 2012. Vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista annettujen säädösten soveltaminen. Ympäristöministeriön raportteja 15. Helsinki. 149 s. [http://www.ym.fi/fi-FI/Ajankohtaista/Julkaisut/Raportteja_RA/YMra152012_Vesiymparistolle_vaarallisis%284471%29].
- Kauppi S. 2013 (toim). Ympäristötietoa kaivoshankkeista - taustatietoa kaivostoimintaan liittyvästä lainsäädännöstä ja eräiden kaivosten ympäristötarkkailusta. Suomen Ympäristökeskuksen raportteja 10/2013. 39 s.
- Kauppila P., Räisänen M-L. & Myllyoja S. (toim.) 2011. Metallimalmikaivostoiminnan parhaat ympäristökäytännöt. Suomen ympäristö 29/2011. Suomen Ympäristökeskus. 213 s.
- Korhonen T. 2013. Harjukiviaineisia korvaavien materiaalien käytön esteet. Esiselvitys Kanta- ja Päijät-Hämeestä. Hämeen Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. HAMELY/341/07.00/2012. 70 s.
- Kragh J., Andersen B. & Jacobsen J. 1982. Environmental noise from industrial plants. General prediction method. Danish Acoustical Laboratory, report 32. Lyngby 1982. 54 s. + liitt. 35 s.
- Kristensen L. 2010. Energianalys av gravstenstillverkning Life cycle inventory of gravestone manufacturing. Sveriges Lantbruksuniversitet.
- Laki vesienhoidon järjestämisestä 1299/2004.
- Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 468/1994.
- Laurila J. & Hakala I. 2010. Paras käyttökelpoinen tekniikka (BAT) - Ympäristöasioiden hallinta kiviainetuotannossa. Suomen ympäristö 25, Suomen Ympäristökeskus. 87 s.
- Lehtinen H. (toim.), Härmä P., Tarvainen T., Backman B., Hatakka T., Ketola T., Kuula P., Luoma S., Pyy O., Sorvari J. & Loukola-Ruskeeniemi K. 2014. Kiviainesten otto arseenialueilla : opas kiviainesten tuottajille, maarakentajille ja viranomaisille. Geologian tutkimuskeskus, Opas 59. 71 s.
- Liikennevirasto 2014. [http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/ymparisto_turvallisuus/vaylanpito_ymparisto/tarina#.U60f5pgvbyo]. Viitattu 27.6.2014.
- Linnunmaa Oy & Suomen IP-Tekniikka Oy 2007. Tulikivi Oyj, Vaaralammen louhos. Ympäristövaikutusten arviointiselostus.
- Lintukangas M. & Suihkonen A. 2010. Tekninen tiedote nro 3: Luonnonkivilouhimoiden jälkikäyttö. Kiviteollisuusliitto ry. 59 s.

- López-Buendía A.M., Romero-Sánchez M. D., Rodes J.M., Cuevas J.M. & Guillem C. 2010. Energy efficiency contribution of the natural stone: approach in processing and application. Spain: AIDICO, Cami de Castella.
- Lowndes I.S., Silvester S.A., Kingman S.W. & Hargreaves D.M. 2008. The application of an improved multi-scale computational modelling techniques to predict fugitive dust dispersion and deposition within and from surface mining operations. Teoksessa: Wallace (ed). 12th U.S./North American Mine Ventilation Symposium 2008.
- Luodes H. 2008. Prospecting of new natural stone types in Finland. Teoksessa: Dimension stones: XXI century challenges. Proceedings of the Second International Congress, May, 29th-31st 2008, Carrara, Italy, 89-93.
- Luodes H. 2010a. CE-merkintä luonnonkivituotteille 2013. *Viherympäristö* 3, 14-15.
- Luodes H. 2010b. Luonnonkivien saanti, soveltuvuus ja ympäristökelpoisuus eri käyttökohteisiin. Esitelmä, luonnonkiviseminaari 2010, Joensuu. [<http://slideplayer.fi/slide/1995259/>]. Viitattu 26.8.2014.
- Luodes H., Selonen O. & Pääkkönen K. 2000. Evaluation of dimension stone in gneissic rocks - a case history from southern Finland. *Engineering Geology* 58, 209-223.
- Luodes H., Kauppila P.M., Luodes N., Aatos S., Kallioinen J., Luukkanen S. & Aalto J. 2012. Characteristics and the environmental acceptability of the natural stone quarrying waste rocks. *Bull. Eng. Geol. Environ*, 71, 257-261.
- Luodes H., Kauppila P., Karlsson T., Nikkarinen M., Aatos S., Tornivaara A., Wahlström M. & Kaartinen T. 2011. Kaivannaisjätteen luokittelu pysyväksi - Louhinnassa muodostuvat sivukivet. Suomen ympäristö 21/2011. Ympäristöministeriö. 32 s.
- Luonnonsuojelulaki 1096/1996
- Luukkanen S. 2007. Luonnonkivialan tutkimuksen kehittämishanke. Graniittinäytteiden rikastuskokeet. Itä-Suomen luonnonkivialan koulutus- ja tutkimusympäristön kehittämishanke. Geologian tutkimuskeskus, Itä-Suomen yksikkö, Outokumpu, C/MT/2007/16, tutkimusraportti. 12 s.
- Maa-ainelaki 555/1981
- Maankäyttö- ja rakennuslaki 132/1999
- Maantielaki 503/2005
- Mattila K., Zaitsev G. & Langwaldt J. 2007. Biological removal of nutrients from mine waters. Biologinen ravinteiden poisto kaivosvedestä. Kaira-hankkeen loppuraportti. 99 s.
- Mesimäki P. (toim.) 1999. Tarvekiven louhinta. *Kiviteknologia 2*. Opetushallitus. Helsinki. 133 s.
- Mesimäki P. (toim.) 2001. *Kiviteknologia 3 - Kivituotteiden valmistus*. Opetushallitus. Helsinki. 156 s.
- Metsälaki 1093/1996
- Muinaismuistolaki 295/1963
- Office of the Deputy Prime Minister 2003. Mineral Policy Statement 2: Controlling and Mitigating the Environmental Effects of Minerals Extraction in England. U.K. MPS2, 43.
- OH 3 2007. Ympäristölupapäätösten valmistelu. Ympäristöhallinnon ohjeita 3/2007. Suomen ympäristökeskus. 98 s. [<https://helda.helsinki.fi/handle/10138/41518>].
- OH 1 2009. Maa-ainesten kestävä käyttö. Opas maa-ainesten ottamisen sääntelyä ja järjestämistä varten. Ympäristöhallinnon ohjeita 1/2009, Luonnonvarat, Ympäristöministeriö. 135 s. [<https://helda.helsinki.fi/handle/10138/41538?show=full>].
- Organiscak J.A. & Page S.J. 1995. Assessment of Airborne Dust Generated From Small Truck-Mounted Rock Drills. RI 9616. Report of investigations/1995. United States Department of the Interior. United States Bureau of Mines, 11 s.
- Organiscak J.A. & Page S.J. 2005. Development of a dust collector inlet hood for enhanced surface mine drill dust capture. *International Journal of Surface Mining, Reclamation and Environment*. 19(1), 12-28.
- Paalijärvi M. 2002. Luonnonkivituotannon pohjavesivaikutukset rapakivigraniitti- ja vuolukivi-ympäristössä. Pro gradu. Oulun yliopisto, 118 s.
- Panostajalaki 219/2000
- Petavratzi E., Kingman S.W. & Lowndes I. 2005. Particulates from mining operations: a review of sources, effects and regulations. *Minerals Engineering* 18, 1183-1199.
- Petersen A.K. & Solberg B. 2003. Substitution between floor constructions in wood and natural stone: comparison of energy consumption, greenhouse gas emissions, and costs over the life cycle. *NRC Canada* 2003. *Can. J.For.Res.* 33: 1061-1075
- Piutunen S. 2013. Hiukkasmittaus Palin Granit-louhimolla Grimm-hiukkasmonitorilla 31.7.-10.9.2012. Lappeenrannan seudun ympäristötoimi. Raportti 12.9.2013.
- Pokki J., Aumo R., Kananoja T., Ahtola T., Hyvärinen J., Kallio J., Kinnunen K., Luodes H., Sarapää O., Selonen O., Tuusjärvi M., Törmänen T. & Virtanen K. 2014. Geologisten luonnonvarojen hyödyntäminen Suomessa vuonna 2012. Tutkimusraportti 210. Geologian Tutkimuskeskus, Espoo. 67 s.
- Päivärinta R. 2011. Louhinnassa syntyvän sivukiven kuljettaminen ja varastointi. Teoksessa: Taivalantti K. (toim.) *Etelä-Karjalan kiviklusteri, väliraportti*. Saimaan ammattikorkeakoulun julkaisuja, Sarja A: Raportteja ja tutkimuksia 15. 47-50.
- Pöllänen R. 2003. Säteily ympäristössä. Säteilyturvakeskus, Sarja: Säteily- ja ydinturvallisuus, 395 s.
- Rassi P., Hyvärinen E., Juslén A. & Mannerkoski I. (toim.) 2010. Suomen lajien uhanalaisuus - Punainen kirja 2010. Ympäristöministeriö ja Suomen ympäristökeskus. 685 s.
- Ratalaki 110/2007

- Raunio A., Schullman A. & Kontula T. (toim). 2008. Suomen luontotyyppien uhanalaisuus - Osa I: Tu-
lokset ja arvioinnin perusteet. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen Ympäristö 8/2008. 264 s.
- Reed W.R. 2003. An improved model for prediction of PM10 from surface mining operations. Dissertati-
on submitted to the faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University in partial fulfill-
ment of the requirements for the degree of doctor in philosophy in mining and minerals engineering.
Blacksburg, Virginia, 503 s.
- Rintala J. & Lonka H. 2013. Maa-aineslain toimivuuden arviointi. Suomen ympäristö 12/2013, Luonnon-
varat, 91 s.
- Ross D. & Bonell M. 2012. Environmental product declarations for natural stone slabs, massive slabs
and tiles Part of the project: Life Cycle assessment (LCA) on natural stone. Germany: EUROROC.
- Räisänen M., Venäläinen P., Lehto H., Härmä P., Vuori S., Ojalainen J., Kuula-Väisänen P., Komulainen
H., Kauppinen-Räisänen H. & Vallius P. 2007. Rakennuskivilouhinnassa syntyvän sivukiven hyöty-
käyttö Kaakkois-Suomessa. Geologian tutkimuskeskus. Tutkimusraportti 169. 64 s.
- Räjähdeasetus 473/1993
- Sairanen M. 2014. Julkaisematon aineisto eräistä luonnonkivilouhimoiden pölymittauksista vuosilta
2013-2014.
- Schwartz J. & Neas L. 2000. Fine particles are more strongly associated than coarse particles with acute
respiratory health effects in school children. *Epidemiology* 11(1), 6-10.
- Selonen O. 2003. Finnish granite quarrying. Teoksessa: Kuula-Väisänen P. & Uusinoka R. (eds.).
Workshop on building stones. Helsinki, Finland August 7, 2001. Tampere University of Technology.
Laboratory of engineering geology. Report 56. 14-17.
- Selonen O. 2010. Suomalaiset luonnonkivimateriaalit. Tekninen tiedote nro 2. Toinen painos. Kiviteolli-
suusliitto ry. Helsinki. 26 s.
- Selonen O & Heldal T. 2003. Technologies. Teoksessa: Selonen, O. & Suominen, V. (eds.) Nordic Stone.
Geological Science series, UNESCO publishing, Paris, France, 42-50.
- Selonen O. & Ramsay A. 2002. Graniittilouhimoiden sivukiven käyttö rakentamisessa. *Rakennustekniik-
ka* 4/2002. 33-36.
- Selonen O., Luodes H. & Ehlers C. 2000. Exploration for dimensional stone - implications and examples
from the Precambrian of southern Finland. *Engineering Geology* 56, 275-291.
- Selonen O., Ehlers C., Luodes H. & Härmä P. 2014. Exploration methods for granitic natural stones -
geological and topographical aspects from case studies in Finland. *Bulletin of the Geological Society
of Finland* 86, 5-22.
- Silvester S.A., Lowndes I.S. & Hargreaves D.M. 2009. A computational study of particulate emissions
from an open pit quarry under neutral atmospheric conditions. *Atmospheric Environment* 43, 6415-
6424.
- Simpson T.P, Cooper B.J. & Pullen S. 2008. The Embodied Energy of Dimension Stone Use in Buildings:
Its Value in Promoting Sustainability. School of Natural and Built Environments, University of South
Australia. Australia.
- ST 12.1 / 2.2.2011. Säteilyturvallisuus luonnonsäteilylle altistavassa toiminnassa. Säteilyturvakeskus,
Helsinki.
- ST 12.2 / 17.12.2010. Rakennusmateriaalien, polttoturpeen ja turvetuhkan radioaktiivisuus. Säteilytur-
vakeskus, Helsinki.
- Suunnittelukeskus Oy 1993. Sivukiven hyötykäyttöselvitys. 24 s.
- Säteilyturvakeskus 2014a. [http://www.stuk.fi/ihminen-ja-sateily/ihmisen_radioaktiivisuus/fi_FI/keskimaarainen_sateilyannos/].
- Säteilyturvakeskus 2014b. [http://www.stuk.fi/proinfo/valvonta/luonnonsateily/radon_tyopaikoilla/fi_FI/kuntalista/].
- Tahvanainen T. 2012. Louhintateknologian kehittäminen. Kiviklusterihanke. Saimaan ammattikorkea-
koulun julkaisuja. Sarja A: Raportteja ja tutkimuksia 28. 59 s.
- Talja A. 2004. Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta. VTT tiedotteita 2278. VTT 2004.
- Taxiarchou M. & Kostopoulou I. 2007. Life Cycle Analysis of dimensional stones production National
Technical University of Athens, Greece. Esitelmä.
- Tukes 28.10.2013. [http://www.tukes.fi/Tiedostot/kaivokset/Valtauspäätökset/8951_nettiin.pdf].
- Turnkey Instruments Ltd 2014. Topas & Osiris, Environmental monitor, Training manual. [<http://www.turnkey-instruments.com/images/documents/Topas-Osiris-Monitor-Training-Manual.pdf>]. Viitattu 18.3.2014.
- Työ- ja elinkeinoministeriö 2011. Toimialaraportti 11 2011. Luonnonkiviteollisuus. [http://www.tem-toimialapalvelu.fi/etusivu/toimialaraportit/toimialaraportit_ja_tilastokuvia/kaivos-ja_kiviteollisuus/luonnonkiviteollisuus].
- Työ- ja elinkeinoministeriö 2013. Toimialaraportti 3 2013. Kaivosteollisuus. [http://www.temtoimi-alapalvelu.fi/files/1949/Kaivosteollisuus_2013.pdf_2_versio.pdf].
- University of Tennessee 2009a. Life cycle assessment of cladding products. A comparison of aluminum,
brick, granite, limestone, and precast concrete. [http://isse.utk.edu/ccp/projects/naturalstone/pdfs/LCACladdingProducts_FINAL_Dec2009.pdf]. Viitattu 7.3.2014.
- University of Tennessee 2009b. Case study: Natural Stone Solar Reflectance Index and the Urban Heat
Island Effect. Prepared By The University of Tennessee Center for Clean Products. [http://isse.utk.edu/ccp/projects/naturalstone/pdfs/CaseStudy4_SolarReflectanceOfStone.pdf]. Viitattu 4.3.2014.

- UNSCEAR (United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation) 2008. Sources and Effects of ionizing Radiation, Volume I : Report to the General Assembly with Scientific Annexes. New York: United Nations 2010. 245 s.
- US EPA 2004. AP 42, Fifth Edition, Volume I Chapter 11: Mineral Products Industry. 11.19.2 Crushed Stone Processing and Pulverized Mineral Processing. Mineral Products Industry. 8/04. Updated 2004. [<http://www.epa.gov/ttn/chief/ap42/ch11/final/c11s1902.pdf>].
- Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta 38/2011.
- Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta 711/2001.
- Valtioneuvoston asetus ilmanlaadusta annetun asetuksen muuttamisesta 784/2003 ja 1822/2009.
- Valtioneuvoston asetus kaivannaisjätteistä 190/2013.
- Valtioneuvoston asetus kaivostoiminnasta 391/2012.
- Valtioneuvoston asetus kivenlouhimojen, muun kivenlouhinnan ja kivenmurskaamojen ympäristönsuojelusta 800/2010.
- Valtioneuvoston asetus maa-ainesten ottamisesta 926/2005.
- Valtioneuvoston asetus nestemäisten polttoaineiden jakeluasemien ympäristönsuojeluvaatimuksista 444/2010.
- Valtioneuvoston asetus räjäytys- ja louhintatyön turvallisuudesta 644/2011.
- Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista 1022/2006.
- Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista annetun asetuksen muuttamisesta 342/2009.
- Valtioneuvoston asetus vesiympäristölle vaarallisista ja haitallisista aineista annetun asetuksen muuttamisesta 868/2010.
- Valtioneuvoston asetus ympäristövaikutusten arviointimenettelystä 713/2006.
- Valtioneuvoston päätös ilmanlaadun raja-arvoista ja kynnysarvoista 481/1996.
- Valtioneuvoston päätös melutason ohjearvoista 993/1992.
- Vauhkonen V. 2000. Rakennuskiven louhinnan mallintaminen kaivossuunnitteluohjelmistolla (Modeling of Dimension Stone Quarrying). Diplomityö, Teknillinen Korkeakoulu, Espoo.
- Verta M., Kauppila T., Londesborough S., Mannio J., Porvari P., Rask M., Vuori K-M. & Vuorinen P.J. 2010. Metallien taustapitoisuudet ja haitallisten aineiden seuranta Suomen pintavesissä - Ehdotus laatunormidirektiivin toimeenpanosta. Suomen ympäristökeskuksen raportteja 12/2010. 45 s. [<http://hdl.handle.net/10138/39683>].
- Vesilaki 587/2011.
- Wikström L. 2002. Nytt landskap efter stenbrytning. STEN 3. 30-32.
- Vuento A. 2014. Julkaisematon aineisto eräistä luonnonkivilouhimoiden tärinämittauksista vuosilta 1998-2013.
- Vuolio R. 1990. Blast Vibration: Treshold Values of Vibration Control, Acta Polytechnica Scandinavia, Civil Engineering Building Construction Series no. 95. Helsinki 1990.
- Vuolio R. & Halonen T. 2012. Räjätystyöt. Toinen painos. Suomen Rakennusmedia Oy, Helsinki. 436 s.
- Vuorinen J. 2002. Rakennuskivilouhimoiden sivukiven käyttö asfalttipäällysteen kiviaineksena kaupunkiolosuhteissa. Projektin tulokset vuosilta 1999-2002. Loppuraportti. Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT), Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka. Tutkimusraportti RTE3090/02. 60 s.
- YMPARISTO.fi 2014a. [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Luonto/Geologiset_muodostumat/Kalliot]. Viitattu 5.8.2014.
- YMPARISTO.fi 2014b. [http://www.ymparisto.fi/fi-FI/Asiointi_luvat_ja_ymparistovaikutusten_arviointi/Luvat_ilmoitukset_ja_rekisterointi/Maaainesten_ottamiseen_liittyva_ilmoitus_ja_luvat]. Viitattu 5.8.2014.
- Ympäristöministeriö 1995. Ympäristömelun mittaaminen. Ympäristönsuojeluosasto, Ohje 1/1995. Helsinki. 81 s.
- Ympäristönsuojeluasetus 713/2014.
- Ympäristönsuojelulaki 527/2014.
- Ympäristönsuojelulaki 86/2000.
- Ärmänen E. 1995. Vajjerisahaus. Teoksessa: Söderholm B. & Mononen S. (toim.) Rakennuskivet ja niiden hyödyntäminen. Jatkokoulutusjulkaisu TKK-IGE B19. Teknillinen korkeakoulu, Materiaali- ja kalliotekniikan laitos, Insinööri- ja geofysiikan laboratorio. Espoo. 169-198.

LYHENTEET JA TERMIT

Absorptio	Energiahäviöiden aiheuttama ääniaallon vaimeneminen sen edetessä väliaineessa tai heijastuessa rajapinnasta
Aikavakio	Äänitasomittareissa äänenpaineen tehollisarvon muodostamisjakson pituutta kuvaava aika (integrointivakio). F: fast = nopea, S: slow = hidas, I: impulse = impulssi. Normaalisti äänitasomittauksissa käytettävä aikavakio on fast
Avolouhos	Luonnonkivilouhimon osa, jossa kiven ottaminen kalliosta tapahtuu. Avolouhosta rajaavat louhintarintaukset. Täyttyy usein sulamis- ja pintavesillä louhimon toiminnan loputtua
A-äänitaso	Standardin SFS 2877/IEC mukaisella A-suodattimella taajuuspainotettu äänenpainetaso
BAT	Best available technique. Paras käyttökelpoinen tekniikka. Teknisesti ja taloudellisesti mahdollisimman tehokkaat ja kehittyneet ratkaisut huomioon otava ympäristötekniikka
BEP	Best environmental practice. Ympäristön kannalta paras käytäntö. Pilaantumisen ehkäisemiseksi tarkoituksenmukaiset kustannustehokkaat eri toimien yhdistelmät, kuten työmenetelmät sekä raaka-aine ja polttoainevalinnat
BREEAM	Kaupallinen rakennusten ympäristöluokitusjärjestelmä
BSS	Säteilysuojelun perusnormidirektiivi I3675/I3
CO ₂ e	Hiilidioksidiekvivalentti. Sillä tarkoitetaan kasvihuonekaasupäästöjä, jossa kaikkien kasvihuonekaasujen päästöt on yhteismitallistettu muuntokertoimilla vastaamaan hiilidioksidia
Elinkaariarviointi	Elinkaariarvioinnilla tarkoitetaan menetelmää, jossa arvioidaan tuotteen, palvelun tai tässä rakennuksen koko elinkaarensa, materiaalien hankinnasta loppukäsittelyyn tuottamia ympäristövaikutuksia
ELY	Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus
Enimmäistaso	Mittausaikana vallinnut suurin äänitaso mitattuna äänitasomittarin F-aikapainotusta käyttäen (mutta aikapainotuksia käytettäessä aikapainotus on ilmoitettava). Yleensä tarkoitetaan A-taajuuspainotettua enimmäistasoa LAFmaks
Geologinen kivilaji	Kiven mineraalikoostumukseen ja joskus myös syntytapaan ja rakenteeseen perustuva, tieteellisesti määritelty nimi
Graniittinen kivityyppi	Graniitti, granodioriitti, dioriitti, gabro, anortosiitti, syeniitti, diabaasi, migmatiitti, gneissi
Granitoidi	Graniitin kaltainen magmakivi, alkalimaasälpägraniitin, graniitin, granodioriitin ja tonaliitin yhteisnimitys
GTK	Geologian tutkimuskeskus
Hiilijalanjälki	Hiilijalanjälki on osa elinkaariarviointia, jossa arvioinnin kohteena ovat esim. rakennuksen koko elinkaaren aikana syntyvät kasvihuonekaasupäästöt. Hiilijalanjäljen yksikkönä käytetään kg hiilidioksidiekvivalenttia (kg CO ₂ e)
Homogeeninen	Tasalaatuinen
Impulssimelu	Melu, joka sisältää hetkellisiä, enintään yhden sekunnin kestäviä ja toisistaan selvästi erottuvia meluhuippuja.
K- ja KK-putkipanos	Käytetään luonnonkivien louhintaan kivilouhimoilla ja hyvin heikkoa panostusta vaativiin töihin. Muoviputkiin pakattu räjähdysaine on jauhemaista ja sisältää mm. nitroglykolia ja piimaata
Kaatolohkare	Graniitin louhinnassa kamista irrotettu lohkare
Kaivos	Metallisten malmien ja teollisuusmineraalien louhintapaikka

Kaivosteollisuus	Kaivostoiminta, malminetsintä
Kalliokiviaines	Kalliomurske, -louhe ja -sepele. Vrt. kiviaines
Kami	Luonnon kalliosta irroitettava suuri (100 – 4 000 m ³) yhtenäinen kivenlohkare
Kapeakaistainen melu	Melu, jossa on selvästi kuultavia ääniä (ääneksiä tai äänesmäisiä komponentteja)
Kauppanimi	Luonnonkiven kaupallinen nimi, useimmiten englanninkielinen, johon voi liittyä esimerkiksi kiven väri tai louhintapaikka
Kehdosta hautaan	Elinkaariarvioinnin menetelmä, jossa vaikutukset huomioidaan tuotteen raaka-aineiden hankinnasta tuotteen loppuhävitykseen tai kierrätykseen saakka. Käytetään yleisesti tuotteille, joiden käyttötapa tunnetaan etukäteen
Kehdosta portille	Elinkaariarvioinnin menetelmä, jossa vaikutukset huomioidaan tuotteen raaka-aineiden hankinnasta käyttövalmiiseen tuotteeseen tuotteen loppukäyttäjälle myyntivalmiiksi saakka jalostaneen tehtaan portille saakka. Käytetään yleisesti tuotteille, joiden käyttötapa vaihtelee
Keskiäänitaso (samanarvoinen jatkuva äänitaso)	Vakioäänitaso, jonka akustinen energia tarkasteluaikana on sama kuin tänä aikana esiintyneen vaihtelevan äänen energia. Yleensä tarkoitetaan A-taajuuspainotettua keskiäänitasa L_{Aeq} . Valtioneuvoston päätöksessä melutasojen ohjearvoista (993/1992) suureesta käytetään nimitystä A-painotettu ekvivalenttitaso
Kiviaines	Hiekka, sora ja kalliomurske (Vrt. kalliokiviaines)
Kiviainesteollisuus	Kalliomursketuotanto, soran ja hiekan ottotoiminta
Kiviblokki	Luonnonkivilouhimon tuote, jolle on tiukat laatuvaatimukset muodon, ulkonäön, eheyden ja koon suhteen
Kivityyppi	Kiviteollisuudessa kovuuden ja louhinta- ja jalostusteknisiin ominaisuuksiin perustuva jaottelu, jonka ryhmät Suomessa ovat graniitti, liuske, marmori ja vuolukivi
LEED	Leadership in Energy and Environmental Design. Kaupallinen rakennusten ympäristöluokitusjärjestelmä
Leviämisvaimennus	Äänilähteestä etäännyttäessä havaittava äänenpainetason tai intensiteetin pieneneminen, joka aiheutuu äänienergian jakautumisesta suuremmalle alueelle. Pistelähteen aiheuttaman äänikentän leviämisvaimennus on 6 dB ja viivalähteen 3 dB etäisyyden kaksinkertaistuessa
Louhimo	Luonnonkiven louhintapaikka
Louhos	Kalliokiviaineksen louhintapaikka
LSA	Luonnonsuojeluasetus
Luonnonkivi	Luonnon geologisissa prosesseissa syntynyt kivi, eroaa ihmisen valmistamista keinokivituotteista. Teollisuudessa luonnonkiveä kutsutaan myös tarvekiveksi ja rakennuskiveksi
Luonnonkiviteollisuus	Kaivannaisteollisuuden toimiala, joka sisältää kiven louhinnan ja sen jalostuksen lopputuotteiksi, kuten rakennuskiviksi, tulisijoiksi ja monumenttikiviksi
LYKE-tutkimus	Luonnonkivituotannon elinkaaren aikaiset ympäristövaikutukset -tutkimus (Aatos 2003).
MAA	Maa-ainesasetus
Maankamara	Yhteisnimitys maaperälle ja kallioperälle
MAL	Maa-aineslaki
Meluemissio	Melupäästö. Melulähteen akustinen säteily
Meluumissio	Tarkasteltavan paikan melutaso

Melutaso	Melun äänitaso. Yleensä A-taajuuspainotettu keskiäänitaso L_{Aeq}
Momentaaninen räjähdysainemäärä	Se räjähdysainemäärä, joka tärinän kannalta räjähtää niin samanaikaisesti, että siitä syntyvä tärinä-arvo on suurin räjäytyskentässä räjähtävien panosten aiheuttamista tärinähuipuista
MRL	Maankäyttö ja -rakennuslaki
Muraus-asetus	Valtioneuvoston asetus kivenlouhimojen, muun kivenlouhinnan ja kivenmurskaamojen ympäristönsuojelusta 800/2010
Ohjearvo	Luonnontieteelliseen tai epidemiologiseen tietoon perustuvia laatutavoitteita, joiden ylittäminen on todettu haitalliseksi väestön terveydelle ja ympäristölle.
Ortogneissi	Metamorfinen kivi, joka on alkuperältään magmakivi
Pintavesi	Maahan imeytymätön vesi, jota esiintyy mm. ojissa, joissa ja järvissä
PM ₁	Hiukkaset, joiden halkaisija on pienempi kuin 1 µm
PM ₁₀	Hengitettävät hiukkaset eli hiukkaset joiden halkaisija on 2.5-10 µm
PM _{2.5}	Pienhiukkaset eli hiukkaset joiden halkaisija on pienempi kuin 2.5 µm
Pohjavedenpinta	Pinta, jonka alapuolella maankamara on veden kyllästämä
Pohjavesi	Maankamaran kyllästyneessä vyöhykkeessä oleva maanpinnanalainen vesi
Päästöraja-arvo	Määrittelee suurimmat hyväksytyt pitoisuudet ko. aineelle tai yhdisteelle
Raja-arvo	Sitova normi, jonka ylittäminen on kielletty. Voidaan käyttää lupamääräykinä päästöjä mitoittaessa
Rakennuskivi	Ks. luonnonkivi
Rintaus	Kiveä louhittaessa syntyvä pystyasentoinen seinämä
Räjähtävä tulilanka	Käytetään mm. kivilouhimoilla sekä tarkkuus- ja silolouhinnassa. Muovilla päällystetty punoslanka, jossa räjähdysaineena on pentriitti
Sivukivi	Sellainen louhittu kivi, jota ei pystytä välittömästi hyödyntämään tuotannossa
Soija	Porauksessa, sahauksessa tai kairauksessa syntyvä kivijauhe
ST-ohje	Säteilyturvallisuusohje
STUK	Säteilyturvakeskus
Sulfidimineraali	Kutsutaan myös kiisumineraaliksi. Joukko mineraaleja, joiden rakenteessa yksi tai useampi metalli on yhdistynyt rikkiin. Esim. rikkikiisu FeS ₂ , sinkkivälke (Zn,Fe)S ja kuparikiisu CuFeS ₂
Sv	Sievert. Säteilyn ekvivalenttiansiannon eli säteilyannoksen yksikkö
SYKE	Suomen ympäristökeskus
Taajuus	Äänen jaksojen lukumäärä sekunnissa (Hz)
Tarvekivi	Luonnonkivi
Taustamelu	Muu kuin tarkasteltava melu. Ympäristön kokonaismelu, joka tavallisesti on peräisin useista eri etäisyyksillä olevista lähteistä
Taustapitoisuus	Aineen tai yhdisteen luonnollinen pitoisuus
Timanttikairaus	Näytteenottomenetelmä, jossa kallioon porataan timanttikruunuisella kairalla yleensä noin 5 cm läpimittainen reikä. Tuloksena saadaan kivisyntereitä eli ns. kairasydämiä

tn	Tonni eli tuhat kilogrammaa
TSP	Kokonaisleijuma eli ilmassa olevien hiukkasten kokonaispitoisuus
TUKES	Turvallisuus- ja kemikaalivirasto
Vajovesi	Maankamaran kyllästymättömässä vyöhykkeessä painovoiman vaikutuksesta liikkuva vesi
VnA	Valtioneuvoston asetus
VnP	Valtioneuvoston päätös
Ympäristökivi	Ympäristörakentamiseen käytettävä luonnonkivituote
Ympäristömelu	Yleisnimitys kaikelle ihmisen asuin- ja elinympäristössä esiintyvälle melulle
Ympäristönlaatu-normi	Sellainen vesiympäristölle vaarallisen ja haitallisen aineen pitoisuus pintavedessä, sedimentissä tai eliöstössä, jota ei saa ihmisen terveyden tai ympäristön suojelemiseksi ylittää
YSA	Ympäristönsuojeluasetus
YSL	Ympäristönsuojelulaki
YVA	Asetus ympäristövaikutusten arviointimenettelystä
YVAL	Laki ympäristövaikutusten arviointimenettelystä
Äänenpaine	Äänikentästä aiheutuva hetkellisen paineen ja staattisen paineen ero
Äänenpainetaso	Äänenpaineen ja standardoidun vertailupaineen suhteen kaksikymmenkertainen kymmenlogaritmi, jolloin yksikkönä on desibeli. Merkintä L_p
Ääni	Väliaineen (ilman) hiukkasten värähtely, joka etenee aaltoliikkeenä ja joka saa aikaan kuuloaistimuksen
Ääniteho	Äänilähteen säteilemä äänienergia aikayksikköä kohti. Merkintä L_w
μm	Mikrometri eli metrin miljoonasosa

Liite I. Hankkeen aikana haastatellut viranomaiset ja yritykset ja haastattelujen kysymyspohjat

Haastatellut viranomaiset (maa-ainesten otto): Haminan Kaupunki ja Lappeenrannan Ympäristötoimi

Luvitus

Lupaprosessiin mennyt aika

Lupahakemusten valmisteluun käytetty aika

Lupapäätöksen antamiseen mennyt aika hakemuksen jättämisestä

Maa-ainesten ottoluvat

Minkälaisia puutteita hakemuksissa on ollut?

Mitä osa-alueita pidätte tärkeimpinä luonnonkivilouhimoiden hakemuksissa

Onko jokin yli muiden oleva ongelmakohta lupaprosessissa

Miten lupa on toteutunut?

Kuinka pitkiä lupia on myönnetty?

Ympäristöluvut

Minkälaisia puutteita hakemuksissa on ollut?

Mitä osa-alueita pidätte tärkeimpinä luonnonkivilouhimoiden hakemuksissa

Onko jokin yli muiden oleva ongelmakohta lupaprosessissa

Miten lupa on toteutunut?

Kuinka pitkiä lupia on myönnetty?

Louhimoveden käsittely

Minkälaisia louhimovesien käsittely määräyksiä annetaan?

Kokemuksia louhimovesien käsittelyratkaisuisista

Millaisia haittoja pumpatuista louhimovesistä on ollut?

Mikä olisi toimiva malli louhimovesien käsittelyyn (tekniset ratkaisut)

Tarkkailussa käytetyt raja-arvot, esim. kiintoainekselle (käyttämänne lähteet?)

Mistä valvontanäytteitä on otettu?

Sivukivi

Onko hyötykäyttöä, millaista

Minkälaisia vaatimuksia kaivannaisjätealueille on annettu?

Valvonta

Miten valvonta on toteutettu (käyntitiheys, toimijalta vaaditut ilmoitukset)

Miten mahdollisiin valituksiin reagoidaan?

Valitetaanko yleensä ensin viranomaiselle?

Jälkikäyttö

Onnistuneita jälkikäyttöesimerkkejä?

Onnistumiset

Mikä on toiminut hyvin?

Mitkä ympäristömenetelmät ovat antaneet positiivisia tuloksia

Onnistuneet toimintamallit

Ongelmat

Mikä on ollut huonoa?

Mitkä ympäristömenetelmät eivät ole antaneet toivottuja tuloksia

Haastatellut graniittisten kivien louhintayritykset: Granicon Oy, JK-louhinta Oy, LT Granit Oy, Palin Granit Oy, Tampereen Kovakivi Oy, TG Granit Oy

Luvitus

Lupaprosessiin mennyt aika

Lupahakemusten valmisteluun käytetty aika

Lupapäätöksen antamiseen mennyt aika hakemuksen jättämisestä

Myönnettyjen lupien yhdenmukaisuus, alueelliset erot

Kuinka pitkiä maa-aines ja ympäristölupia on myönnetty

Onko lupahakemusten sisältövaatimuksilla ollut eroja paikkakunnittain, syitä siihen

Onnistumiset

Mikä on toiminut hyvin lupia hakiessa

Onko myönnettyillä luvilla jotakin yhteisiä piirteitä (esim. hakemuksen sisällössä?)

Ongelmat

Mikä on ollut huonoa lupia hakiessa

Onko jokin yli muiden oleva ongelmakohta lupaprosessissa

Louhinnan suunnittelu ja louhinta

Tehdäänkö muuta suunnittelua kuin ottosuunnitelma (lupahakemuksen liite)

Suunnittelija/ suunnittelijat

Suunnitelman sisältö

Suunnittelussa käytetyt ympäristökäytännöt

Onko jo suunnitelmassa mainittu alempana olevat ympäristömenetelmät, kuten melun ja pölyn torjunta, jne.

Mitä kivilajeja louhitte

Millaisia louhintamenetelmiä käytätte?

Oletteko vaihtaneet louhintamenetelmää tai jotakin menetelmän osaa ja miksi

Louhinnan ajoittuminen, vuodenaikainen, kysyntäperusteinen

Kuljetus suhteessa louhintaan

Tarvitaanko tuotantokivelle paljon louhoksen sisäistä kuljetusta

Ajoittuvatko louhinta ja pois kuljetus varastoalueelta yleensä lähekkäin vai tapahtuvatko aivan eri aikaan?

Sivukivi

Onko hyötykäyttöä, millaista

Onko sivukivelle markkinoita alueellanne?

Sivukiven varastointi

Kokemuksia varastoinnista käytännössä -mitä esim. vaatii myöhemmin hyödynnettävän sivukiven läjitys?

Jos sivukivi katsotaan pysymättömäksi, millaisia vaatimuksia varastoalueelle on esitetty

Ympäristömenetelmät louhinnassa

Melun torjunta

- Ehkäistäänkö meluamista jotenkin itse louhintatekniikassa tai kuljetusvälineissä
- Miten melun leviämistä ympäristöön torjutaan
- Miten melun leviämistä ympäristöön voisi torjua
- Onko melusta valitettu, kohdistuuko johonkin tiettyyn työvaiheeseen
- Mitä valitustilanteissa on tehty?
- Onko markkinoilla käytännössä hyödynnettäviä uusia sovellutuksia

Pölyämisen torjunta

- Ehkäistäänkö pölyämistä jotenkin itse louhintatekniikassa tai kuljetusvälineissä
- Miten pölyn leviämistä ympäristöön torjutaan
- Miten pölyn leviämistä ympäristöön voisi torjua
- Onko pölystä valitettu
- Mitä valitustilanteissa on tehty?
- Onko markkinoilla käytännössä hyödynnettäviä uusia sovellutuksia

Tärinän torjunta

- Torjutaanko tärinää, miten
- Tehdäänkö tärinämittauksia, kuinka usein
- Onko tärinästä valitettu/etäisyydet
- Mitä valitustilanteissa on tehty?

Vesien käsittely

- Tarvitseeko louhimosta pumpata vettä
- Arvio vuosittaisesta pumppauksesta m³
- Minne vesi johdetaan?
- Jos johdetaan maastoon, onko esikäsittelyä (saostus, imeytys tms)

Käytettävissä oleva tekniikka

- Kokemuksia saostusaltaista, imeytyskentistä tms. Esim. perustuskustannukset, toimiiko tekniikka, onko ongelmia, mitä hyvää
- Onko markkinoilla käytännössä hyödynnettäviä uusia sovellutuksia

Jalostus louhimon yhteydessä

- Ympäristökäytännöt jalostuksessa
- Prosessivesien ja -lietteen käsittely
- Jalostuksessa syntyvän jätekiven ja mineraaliaineksen käsittely ja hyödyntäminen

Jälkihoito

Tuotantorakennelmien purku

Maisemointi

- Miten maisemoitu?
- Onko louhimon pintamaa riittänyt maisemointiin, vai onko massoja tarvinnut hankkia muualta
- Onnistumiset
- Ongelmat
- Minkälaisia tuloksia on tullut jälkitarkistuksesta? Onko tarvinnut tehdä korjauksia?

Jälkikäyttö

- Onnistuneita jälkikäyttöesimerkkejä?

Haastatellut vuolukivien louhintayritykset: Tulikivi Oyj

Luvitus

Lupaprosessiin mennyt aika

- Onko vaadittu ympäristölupa?
- Ympäristölupaviranomainen on ollut ?
- Lupahakemusten valmisteluun käytetty aika
- Lupapäätöksen antamiseen mennyt aika hakemuksen jättämisestä

Myönnettyjen lupien yhdenmukaisuus, alueelliset erot

- Kuinka pitkiä kaivospiirejä on myönnetty
- Onko ympäristölupa määräaikainen vai toistaiseksi voimassa?
- Onko lupahakemusten sisältövaatimuksilla ollut eroja hakemuksittain, syitä siihen

Onnistumiset

- Mikä on toiminut hyvin lupia hakiessa
- Onko myönnettyillä luvilla jotakin yhteisiä piirteitä (esim. hakemuksen sisällössä?)

Ongelmat

- Mikä on ollut huonoa lupia hakiessa
- Onko jokin yli muiden oleva ongelmakohta lupaprosessissa

Louhinnan suunnittelu ja louhinta

- Tehdäänkö muuta suunnittelua kuin ottosuunnitelma (lupahakemuksen liite)
- Suunnittelija/ suunnittelijat
- Suunnitelman sisältö
- Suunnittelussa käytetyt ympäristökäytännöt
- Onko jo suunnitelmassa mainittu alempana olevat ympäristömenetelmät, kuten melun ja pölyn torjunta, jne.
- Millaisia louhintamenetelmiä käytätte?
- Oletteko vaihtaneet louhintamenetelmää tai jotakin menetelmän osaa ja miksi
- Louhinnan ajoittuminen, vuodenaikainen, kysyntäperusteinen
- Kuljetus suhteessa louhintaan
- Tarvitaanko tuotantokivelle paljon louhoksen sisäistä kuljetusta
- Ajoittuvatko louhinta ja pois kuljetus varastoalueelta yleensä lähekkäin vai tapahtuvatko aivan eri aikaan?

Sivukivi

- Onko hyötykäyttöä, millaista
- Onko sivukivelle markkinoita alueellanne?

Sivukiven varastointi

- Kokemuksia varastoinnista käytännössä -mitä esim. vaatii myöhemmin hyödynnettävän sivukiven läjitys?
- Jos sivukivi katsotaan pysymättömäksi, millaisia vaatimuksia varastoalueelle on esitetty

Ympäristömenetelmät louhinnassa

Melun torjunta

- Ehkäistäänkö meluamista jotenkin itse louhintatekniikassa tai kuljetusvälineissä
- Miten melun leviämistä ympäristöön torjutaan
- Miten melun leviämistä ympäristöön voisi torjua
- Onko melusta valitettu, kohdistuuko johonkin tiettyyn työvaiheeseen
- Mitä valitustilanteissa on tehty?
- Onko markkinoilla käytännössä hyödynnettäviä uusia sovellutuksia

Pölyämisen torjunta

- Ehkäistäänkö pölyämistä jotenkin itse louhintatekniikassa tai kuljetusvälineissä
- Miten pölyn leviämistä ympäristöön torjutaan
- Miten pölyn leviämistä ympäristöön voisi torjua
- Onko pölystä valitettu
- Mitä valitustilanteissa on tehty?
- Onko markkinoilla käytännössä hyödynnettäviä uusia sovellutuksia

Tärinän torjunta

- Torjutaanko tärinää, miten
- Tehdäänkö tärinämittauksia, kuinka usein
- Onko tärinästä valitettu/etäisyydet
- Mitä valitustilanteissa on tehty?

Vesien käsittely

- Tarvitseeko louhimosta pumpata vettä
- Arvio vuosittaisesta pumppauksesta m³
- Minne vesi johdetaan?
- Jos johdetaan maastoon, onko esikäsittelyä (saostus, imeytys tms)

Käytettävissä oleva tekniikka

- Kokemuksia saostusaltaista, imeytyskentistä tms. Esim. perustuskustannukset, toimiiko tekniikka, onko ongelmia, mitä hyvää
- Onko markkinoilla käytännössä hyödynnettäviä uusia sovellutuksia

Jälkihoito

Tuotantorakennelmien purku

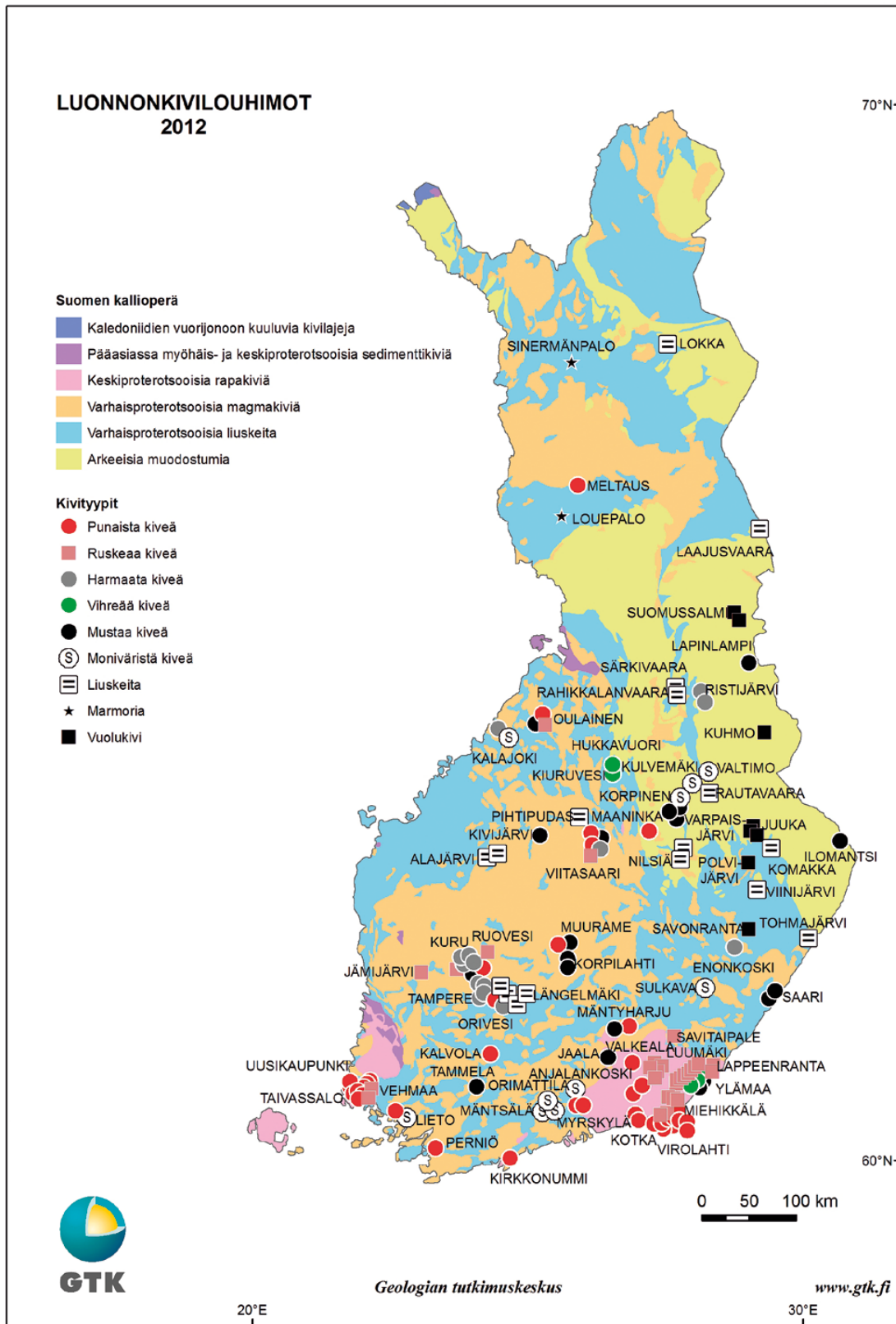
Maisemointi

- Miten maisemoitu?
- Onko louhimon pintamaa riittänyt maisemointiin, vai onko massoja tarvinnut hankkia muualta
- Onnistumiset
- Ongelmat
- Minkälaisia tuloksia on tullut jälkitarkistuksesta? Onko tarvinnut tehdä korjauksia?

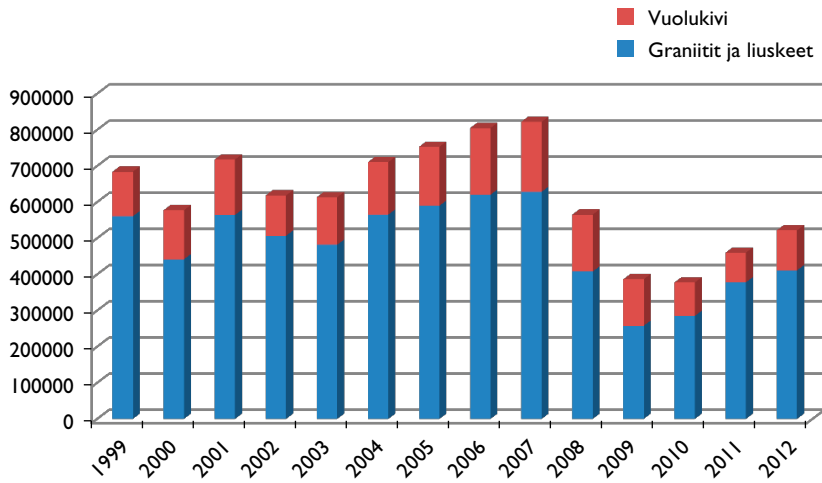
Jälkikäyttö

- Onnistuneita jälkikäyttöesimerkkejä?

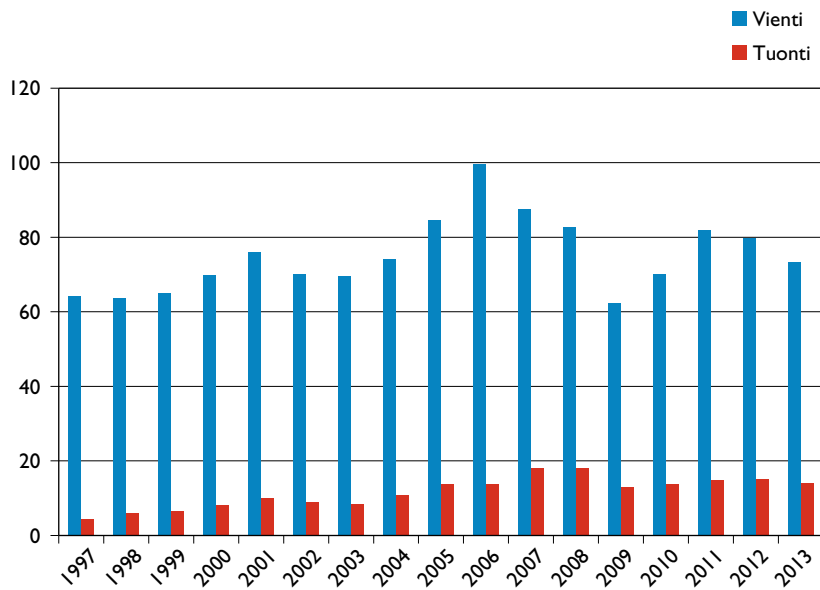
Liite 2.



Kuva 1. Luonnonkivilouhimot Suomessa vuonna 2012.



Kuva 2. Luonnonkiven tuotantomäärät vuosina 1999-2012 tonneina tuotantokiveä (Pokki ym. 2014).



Kuva 3. Luonnonkivituotteiden viennin ja tuonnin arvo vuosina 1997-2013 (M€) (Tullitilastot 2014).

Liite 3. Perustietoa äänestä ja äänen leviämisestä

Äänen taso ja äänitehotaso

Äänen voimakkuutta kuvataan taso-käsitteen avulla. Ympäristömelussa käytettävät tasot ovat 10-kantaiseen logaritmiin perustuvia suureita, joiden yksikkönä on desibeli [dB] (Taulukko 1).

Äänenpainetaso (L_p) on äänen fysikaalisen voimakkuuden mitta. Äänenpainetaso äänen taajuus huomioon ottaen määrää ihmisen aistimuksen suuruuden. Äänitasomittarilla mitataan äänenpainetasoa. Äänenpainetason suuruus tietyssä tarkastelupisteessä riippuu äänilähteen äänisäteilystä eli melupäästöstä (äänitehotaso), äänilähteen etäisyydestä ja ympäristön ominaisuuksista (heijastukset, säätö jne.).

1. Voimakkuudeltaan erilaisia ääniä.

Esimerkki äänestä	Äänenpainetaso L_p (dB)
Lähellä suihkukonetta	140
Kipukynnys	130
Iso orkesteri (forte)	110
Erittäin meluisa tehdashalli	100
Vilkasliikenteinen katu	80
Normaali puhe (1 m)	60
Toimisto	50
Hiljainen asuntoalue kaupungissa yöllä	40
Hiljainen asunto	30
Taustamelu tyhjässä tv-studiossa, kuiskaus (1 m)	20
Kuulokynnys (1000 Hz)	0

Ääni on energiaa, jota äänilähde säteilee ympäristöönsä. Äänilähteen voimakkuutta kuvaa ääniteho eli akustinen säteilyteho (Taulukko 2). Äänitehotaso ilmoittaa, kuinka suuren akustisen tehon äänilähde tuottaa. Äänitehotaso ei riipu sijoituspaikasta eikä ympäristöstä, vaan on äänilähteen perusominaisuus tietyssä käyttötilanteessa. Äänitehotaso määritetään normaalisti äänenpainetasomittauksen tuloksen, äänilähteen koon ja mittausetäisyyden perusteella.

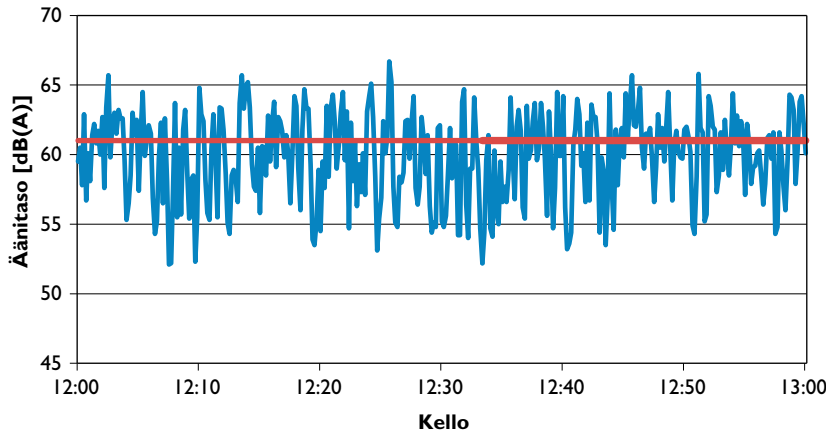
2. Äänitehotasoltaan erilaisia äänilähteitä.

Esimerkki äänilähteestä	Äänitehotaso L_w (dB)
Raketti	195
Suihkukone	180
4-potkurinen lentokone	150
Suuri orkesteri	130
Auto maantiellä	100
Huutaminen	90
Normaali puhe	70
Kuiskaus	30

Keskiäänitaso

Kuvassa 10 on esitetty esimerkki äänitason vaihtelusta tunnin aikajaksolta erään melko vilkasliikenteisen tien ympäristössä. Mittausjakson keskiäänitaso on 61 dB(A). Keskiäänitaso ei ole y-akselin suunnassa äänitasokuvaajan keskellä, vaan sen yläpuo-

lolla (Kuva 1). Hyvin usein erityisesti ympäristömelun yhteydessä esiintyy virheelinen luulo, että keskiäänitaso olisi pelkkä hetkellisten äänitasoarvojen keskiarvo. Keskiäänitason matemaattiseen määritelmään sisältyvä neliöön korotus merkitsee, että keskimääräistä suuremmat äänenpaineet saavat korostetun painoarvon lopputuloksessa. Keskiäänitaso siis korostaa suurimpia hetkellisiä äänitasoja. Näin ollen keskiäänitaso onkin hieman harhaanjohtava nimitys suurelle, jolla tarkoitetaan lukua, jota vastaava äänienergia on yhtä suuri kuin tarkastelujakson aikana vaihtelevan äänen äänienergia.



Kuva 1. Äänitason vaihtelu tunnin mittausjakson aikana erään vilkasliikenteisen tien ympäristössä. Mittausjakson keskiäänitaso (merkitty punaisella viivalla) on 61 dB(A). Kuva: Jani Kankare

Seuraavassa on tarkasteltu äänen leviämiseen vaikuttavia tekijöitä.

Etäisyysvaimennus

Vapaassa tilassa olevassa homogeenisessa väliaineessa pistemäisen äänilähteen ääni etenee ympäristöön palloaaltona. Etäisyyden kasvaessa äänienergia jakaantuu suurenevalle pallopinnalle. Kahden eri etäisyyden välinen etäisyysvaimennus pistelähteelle saadaan laskettua kaavalla:

$$\Delta L_{et} = 10 \times \lg \left(\frac{4\pi r_1^2}{4\pi r_2^2} \right) = 10 \times \lg \left(\frac{r_1^2}{r_2^2} \right) = 20 \times \lg \left(\frac{r_1}{r_2} \right) \quad (1)$$

Etäisyyden kaksinkertaistuessa vaimennus on kaavan mukaisesti 6 dB pistelähteelle.

Etäisyysvaimennuksen muita nimityksiä ovat leviämismvaimennus, hajaantumismvaimennus ja geometrinen vaimennus.

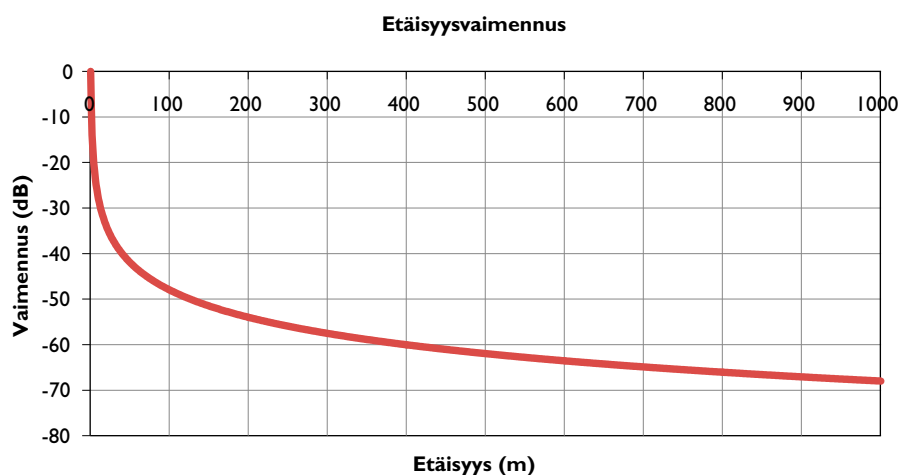
Vapaassa tilassa olevan pistemäisen äänilähteen äänitehotason L_w ja etäisyydellä r vallitsevan äänenpainetaso L_p välinen lauseke on seuraava (äänienpainetasoon on oletettu vaikuttavan vain leviämismvaimennus):

$$L_p = L_w + 10 \times \lg \left(\frac{1}{4\pi r^2} \right) \quad (2)$$

Heijastavan taso päällä äänienergia jakaantuu puoliavaruuteen, jolloin kaava saa muodon:

$$L_p = L_W + 10 \times \lg\left(\frac{1}{2\pi r^2}\right) \quad (3)$$

Kuvassa 2 on esitetty etäisyysvaimennuksen suuruus pienikokoiselle pistemäiselle äänilähteelle kaavan 3 mukaan laskettuna (luonnonkivituotannossa käytettävät koneet ja laitteet ovat "pienikokoisia"). Etäisyysvaimennus on suurta äänilähteen "lähietäisyydellä", mutta suhteessa pienenee suuremmilla etäisyyksillä (Kuva 2). Esimerkiksi 100 m etäisyydellä äänenpainetaso on noin 50 dB pienempi kuin äänitehotaso, mutta lisävaimennus siirryttäessä sadasta metristä tuhanteen metriin on "vain" 20 dB.



Kuva 2. Etäisyyden vaikutus pienen pistemäisen äänilähteen äänen vaimenemiseen.
Kuva: Jani Kankare

Ilman absorptiovaimennus

Äänen edetessä ilmassa se vaimenee ilman aiheuttaman absorption seurauksena. Ilman absorptiovaimennus riippuu monimutkaisella tavalla äänen taajuudesta, ilman kosteudesta ja lämpötilasta. Taulukossa 3 on esitetty esimerkkinä ilman absorptiovaimennus yhden kilometrin matkalla oktaavikaistoittain suhteellisen kosteuden ollessa 50 %, lämpötilan +20 °C ja ilmanpaineen 101,325 kPa (ISO 9613-1). Selvyyden vuoksi vaimennusarvot on pyöristetty kokonaisluvuiksi.

3. Ilman absorptiovaimennus yhden kilometrin matkalla (RH 50 %, +20 °C ja 101,325 kPa).

Oktaavikaistan keskitaajuus	Vaimennus (dB)
63	0
125	0
250	1
500	3
1 000	5
2 000	10
4 000	29
8 000	104

Vaimennusarvojen mukaisesti ilman absorptiolla on vaikutusta suurilla yli 1 000 Hz:n taajuuksilla. Hyvin korkeilla taajuuksilla (yli 4 000 Hz) vaikutus on erittäin merkittävä.

Maavaimennus

Äänen edetessä lähellä maanpintaa suoraan kulkenut ääni ja heijastunut ääni muodostavat havaintopisteen kokonaisäänitason. Maanpinnan vaikutus riippuu maanpinnan laadusta ja muodosta, äänilähteen ja havaintopisteen korkeudesta sekä äänen taajuudesta.

Pehmeä maa (esimerkiksi ruoho, lumi) yleensä vaimentaa ja kova maa (esimerkiksi vesi, kallio) vahvistaa ääntä verrattuna etenemiseen vapaassa kentässä.

Kasvillisuusvaimennus

Kasvillisuus vaimentaa ääntä vain, jos kasvillisuusvyöhyke äänilähteen ja tarkastelupisteen välissä on riittävän tiheä ja leveä. Yksittäiset puut tai pensaat tai näiden muodostama kapea vyöhyke eivät vaikuta äänen leviämiseen. Kasvillisuusvaimennusta tapahtuu pääosin suurilla yli 1 000 Hz:n taajuuksilla.

Usein kasvillisuusvaimennuksen vaikutuksen voi arvioida olevan vähäinen suhteessa etäisyysvaimennukseen ja ilman absorptioon. Tietyissä tilanteissa kasvillisuusvaimennus voi olla merkittävä. Melutasojen laskennallisissa mallinuksissa kasvillisuutta ei yleensä huomioida.

Esteiden vaikutus

Äänen kulkutiellä olevien esteiden vaikutus riippuu esteen mitoista, äänen taajuudesta ja esteen sijainnista. Este muodostaa taakseen varjoalueen, jossa äänenpainetaso on normaalisti pienempi kuin ilman estettä. Esteen vaikutus on korkeille äänille suurempi kuin matalille äänille. Matalat äänet taipuvat korkeita ääniä enemmän esteen taakse, jolloin vaikutus jää pienemmäksi.

Este on tehokkaimmillaan, kun se on mahdollisimman lähellä äänilähdettä tai tarkastelupistettä. Luonnollisesti esteen tehokkuus on myös verrannollinen esteen korkeuteen. Matalan esteen vaikutus voi olla merkityksetön, mutta korkean esteen vaikutus jopa useita kymmeniä desibelejä. Matala este voi olla korkeudeltaan luokkaa 1...2 m ja korkea este yli 10 m. Korkeankin esteen äänitasoa vaimentava vaikutus voi olla merkityksetön, jos este sijaitsee kaukana toisistaan olevien äänilähteen ja tarkastelupisteen puolivälissä.

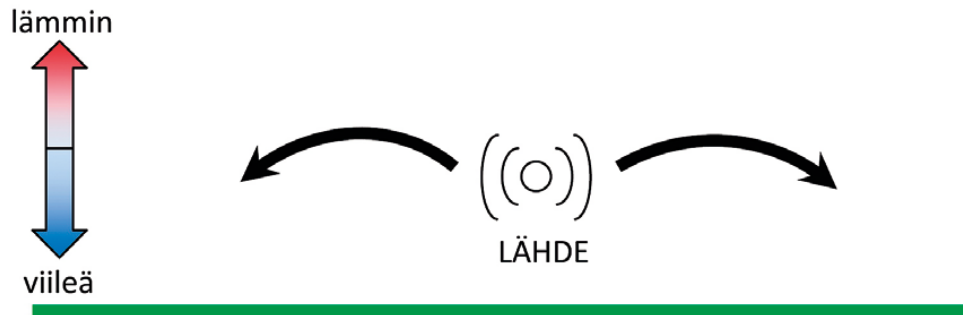
Melueste voi olla tarkoitustaan varten rakennettu tai se voi olla osa ympäristöä. Rakennettuja esteitä ovat esimerkiksi maavalli ja meluaita. Ympäristön luonnollisia esteitä ovat muun muassa maaston merkittävät korkeuserot. Este voi olla myös ihmisen toiminnan aikaansaama. Tällaisia ovat esimerkiksi erilaiset rakennukset ja luonnonkivilouhinnassa kalliioseinämät.

Sääolosuhteiden vaikutus

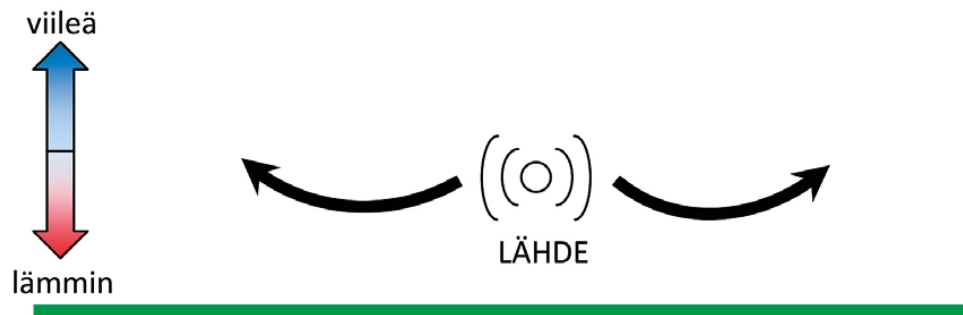
Sääolosuhteiden vaikutus äänen etenemiseen on merkittävä yli 100 m tarkasteluetaisyyksillä. Säätilan vaikutus on sitä suurempi mitä pidempi on äänen kulkema matka. Sääolosuhteiden vaikutukset aiheutuvat pääosin lämpötilakerrostumien ja tuulen suunnan vaikutuksista.

Äänen nopeus ilmassa suurenee lämpötilan kasvaessa. Jos lämpötila on erilainen eri korkeuksilla maan pinnasta, aaltorintama ei voi edetä vaakasuoraan, vaan se taipuu ylös- tai alaspäin lämpötilan muutossuunnan mukaan. Kun lämpötila on pienin

maan pinnassa ja nousee ylöspäin mentäessä (kirkas yö), taipuu ääni alaspäin (Kuva 3). Ääni kuuluu tällöin pitkillä etäisyyksillä voimakkaampana kuin neutraalissa sääolosuhteessa. Kun lämpötila on suurin maan pinnan lähellä (kirkas aurinkoinen päivä), taipuu ääni ylöspäin (Kuva 4). Ääni kuuluu tällöin suurilla etäisyyksillä vaihtelevampana kuin neutraalissa sääolosuhteessa.

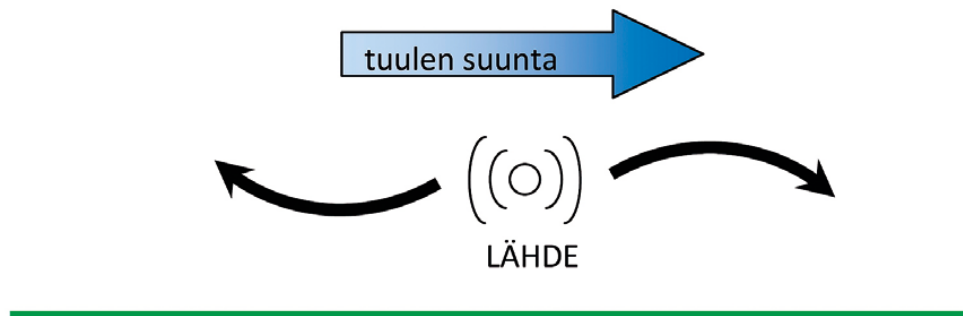


Kuva 3. Lämpötilan muutoksen vaikutus äänen etenemiseen. Lämpötila on pienin maanpinnassa ja kasvaa ylöspäin mentäessä. Kuva: Jani Kankare



Kuva 4. Lämpötilan muutoksen vaikutus äänen etenemiseen. Lämpötila on suurin maan pinnan lähellä. Kuva: Jani Kankare

Tuulen nopeus kasvaa yleensä aina maan pinnasta ylöspäin mentäessä. Tästä syystä ääni taipuu vastatuuleen ylöspäin ja myötätuuleen alaspäin. Vastatuuleen syntyy varjoalueita ja myötätuulen puolella äänenpainetaso on suurempi kuin neutraalissa olosuhteissa (Kuva 5).



Kuva 5. Tuulen vaikutus äänen etenemiseen. Kuva: Jani Kankare

Äänisäteiden kaareutumisen myötä ääni voi kulkea tietyissä olosuhteissa korkeiden esteiden yli ilman merkittävää vaimentumaa.

Todellisessa tilanteessa äänen käyttäytyminen vaihtelee merkittävästi muun muassa ilmanvirtausten turbulენტtisuuden ja ilman lämpötilakerrostuneisuuden vaihtelun johdosta. Turbulenttisuutta tai lämpötilakerrostuneisuuden vaihteluja on käytännössä mahdoton havaita, minkä johdosta mitattavassa äänitasossa voi olla vaihtelua sinänsä samankaltaisissakin sääolosuhteissa. Yleisesti tuulen vaikutus on hallitseva, sillä voimakkaita lämpötilakerrostumia esiintyy vain tyynen sään aikana.

PORAUS- JA RÄJÄYTYSSUUNNITELMA

Louhimo: _____

Pvm: _____ / _____ 2014

Räjätetty klo: _____

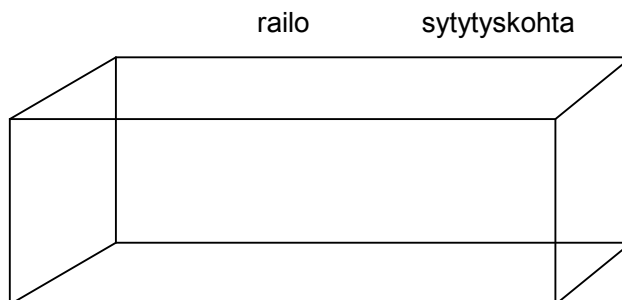
Kamin koko:

pituus: _____ m

leveys: _____ m

korkeus: _____ m

Yhteensä: _____ m³



Selkälinja

reikiä (kpl) K-putkipanoksia _____ kpl x 0,1 kg/kpl yht. _____ kg

räjätävää tulilankaa _____ m x 0,01 kg/m yht. _____ kg

Nostolinja

reikiä (kpl) K-putkipanoksia _____ kpl x 0,1 kg/kpl yht. _____ kg

räjätävää tulilankaa _____ m x 0,01 kg/m yht. _____ kg

Kokonaispanostus

yht. _____ kg

Ominaispanostus: _____ $\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$ = _____ g/m³

Sytytystapa: _____

Panostajat:

selkälinja _____

nostolinja _____

Panostussuunnitelman laati: _____

Huomautukset: _____

Liite 5. Esimerkkejä suomalaisista luonnonkivituotteista.



Kuva 1. Kadun päällystekiviä (noppakiviä) paikalleen asennettuna Maarianhaminassa. Kivet ovat laadultaan Kurun harmaata (Kuru Grey) ja Finströmin punaista (Archipelago Red).
Kuva: Olavi Selonen.



Kuva 2. Liuskekivitakka. Kuva: Ikikivi Oy (www.finstone.fi).



Kuva 3. Vuolukivitakka. Kuva: Tulikivi Oyj.



Kuva 4. Punaisesta graniitista (Carmen Red) valmistettu julkisivu Osllossa. Kuva: Olavi Selonen.



Kuva 5. Ympäristörakentaminen on kasvava luonnonkiven käyttökohde (Jokipuisto, Kotka). Kuva: Olavi Selonen.



Kuva 6. Luonnonkivistä valmistetaan myös keittiötasoja. Kuvassa Ylämaan ruskea (Baltic Brown) -kivilaadusta valmistettu antiikkireunalevy. Kuva: Ylämaan graniitti Oy (www.finstone.fi).



Kuva 7. Kotimaassa jalostettujen luonnonkivien suurin tuoteryhmä ovat hautakivet. Aurora-kivilaadusta valmistettu hautakivi.
Kuva: Kivitaide Oy (www.finstone.fi).



Kuva 8. Liuskekivisokkeli Nilsin vaaleasta liuskeesta (Nilsia Slate) Nilsissä. Kuva: Ikikivi Oy.

KUVAILELEHTI

<i>Julkaisija</i>	Ympäristöministeriö			<i>Julkaisu-aika</i> Marraskuu 2014
<i>Tekijä(t)</i>	Ilona Romu (toim.)			
<i>Julkaisun nimi</i>	Parhaat ympäristökäytännöt (BEP) luonnonkivituotannossa			
<i>Julkaisusarjan nimi ja numero</i>	Suomen ympäristö 5/2014			
<i>Julkaisun teema</i>	Ympäristönsuojelu			
<i>Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut</i>	Julkaisu on saatavana myös internetistä: www.ym.fi/julkaisut			
<i>Tiivistelmä</i>	<p>Luonnonkiviteollisuuden parhaat ympäristökäytännöt (BEP) -selvitys vastaa sekä toiminnanharjoittajien että viranomaisten tarpeeseen yhtenäisestä luonnonkiven louhinnan tietopohjasta. Selvitystyön tarkoituksena on luoda hyvät lähtökohdat toimintatapojen yhtenäistämiseksi, alan ympäristötietoisuuden lisäämiseksi ja parhaiden käytäntöjen saamiselle laajempaan käyttöön.</p> <p>Selvityksessä kuvataan luonnonkiven louhinnan prosessit (graniitti, vuolukivi, liuske ja marmori) sekä niihin liittyvät ympäristökäytännöt louhimon toiminnan, maisemoinnin ja jälkikäytön osalta. Lisäksi tarkastellaan säteilyä, louhintapaikan luonnonarvoja sekä luonnonkivituotteiden elinkaarta.</p> <p>Louhimoiden ympäristövaikutuksia ovat melu, pöly, tärinä sekä mahdolliset vaikutukset pinta- ja pohjavesiin. Selvityksessä esitetään parhaat käytännöt melu-, pöly- ja tärinävaikutusten arviointiin sekä uutta tutkimustietoa melun, pölyn ja tärinän leviämisestä.</p> <p>Graniitinlouhinnan päävaiheet ovat kamin irrotus kalliosta ja kamin paloittelu räjäytys-poraus -menetelmällä sekä määrämittaisten kivi-blokkien valmistus hydraulisilla kiilauslaitteilla. Vuolukiven louhinnassa käytetään ketjusahoja ja kivihaarukalla varustettua pyöräkuormaajaa. Liuskeiden louhinnassa käytetään kaivinkonetta, joka voi olla varustettu hydraulisella iskuvasaralla. Marmorin louhintaan pääasiassa timanttivaijerisahalla irrottamalla.</p> <p>Luonnonkiven louhinnan ympäristövaikutuksia voidaan vähentää paitsi asianmukaisella suunnittelulla, myös käyttämällä laadukasta ja päästöjä vähentävää tekniikkaa. Oleellista on myös huolehtia louhimon siisteydestä ja kivenlouhinnan työvälineiden, kuten ajoneuvojen, porauslaitteiden ja ketjusahojen, kunnosta. Melun ja pölyn leviämistä louhimolta ympäristöön voidaan vähentää toimintojen sijoittelulla, rakentamalla tarvittaessa meluvalleja ja kastelemalla pölyäviä alueita vedellä. Selkeytyslaitteiden käytöllä louhimovesistä saadaan poistettua veteen sekoittunut kiintoainesta ja veteen liuenneita ravinteita. Poltto- ja voiteluaineiden sekä räjähdysaineiden määräysten mukainen, vastuullinen käyttö ja varastointi vähentävät niiden luontoon joutumisen riskiä.</p> <p>Selvitys laajentaa luonnonkivituotannon ympäristökäytäntöjen tietopohjaa, mutta sen tarkoitus ei ole toimia sitovana ohjeena.</p>			
<i>Asiasanat</i>	Luonnonkivi, louhinta, ympäristökäytännöt, ympäristövaikutusten hallinta, Suomi			
<i>Rahoittaja/ toimeksiantaja</i>	Euroopan aluekehitysrahasto, Kaakkois-Suomen ELY-keskus, K.H. Renlundin säätiö, Geologian tutkimuskeskus, Suomen Ympäristökeskus, Kiviteollisuusliitto ry.			
	ISBN 978-952-11-4372-4 (nid.)	ISBN 978-952-11-4373-1 (PDF)	ISSN 1238-7312 (pain.)	ISSN 1796-1637 (verkkoy.)
	<i>Sivuja</i> 133	<i>Kieli</i> suomi	<i>Luottamuksellisuus</i> julkinen	<i>Hinta (sis. alv 8 %)</i>
<i>Julkaisun jakaja</i>	Suomen ympäristökeskus (SYKE), neuvonta PL 140, 00251, Helsinki Sähköposti: neuvonta.syke@ymparisto.fi			
<i>Julkaisun kustantaja</i>	Ympäristöministeriö			
<i>Painopaikka ja -aika</i>	Juvenes Print, 2014			

PRESENTATIONSBLAD

Utgivare	Miljöministeriet	Datum November 2014		
Författare	Ilona Romu (red.)			
Publikationens titel	Parhaat ympäristökäytännöt (BEP) luonnonkivituotannossa (Bästa miljöpraxis (BEP) i produktionen av natursten)			
Publikationsserie och nummer	Miljön i Finland 5/2014			
Publikationens tema	Miljövård			
Publikationens delar/ andra publikationer inom samma projekt	Publikationen finns tillgänglig på internet: www.ym.fi/julkaisut			
Sammandrag	<p>Utredningen om bästa miljöpraxis (BEP) inom produktionen av natursten strävar till en enhetlig informationsbas för miljösynpunkterna i naturstensproduktionen. Denna kunskap är avsedd att användas av industrin och av myndigheterna. Utredningen kan utgöra en basis för befrämjandet och förenhetligandet av branschens miljöpraxis samt bidra till en fördjupning av den allmänna miljökunskapen hos aktörerna.</p> <p>Utredningen består av en beskrivning av brytningsprocesserna för natursten (granit, täljsten, skiffer och marmor) samt bästa miljöpraxis för stenbrottens verksamhet, efterbehandling och återanvändning. Därtill behandlas stenmaterialets radioaktiva strålning, stenbrottsområdets naturvärden och naturstensprodukternas livscykel. Utredningen ger även ny kunskap om spridning av buller, damm och vibrationer.</p> <p>Produktionsprocessen för granitbrytning börjar med att lösgöra ett primärblock från det fasta berget. Primärblockets ändor frigörs med hjälp av slitsborrning. Längs bakre gränsen av primärblocket borras en rad vertikala hål med hydrauliska bormaskiner. Längs blockets undersida borras en motsvarande rad horisontella hål. Primärblocket sprängs därefter loss med svaga laddningar i form av K-rörladdningar och detonerande stubin. Primärblocket sönderdelas i mindre block, vilka sedan spjälks upp i handelsblock med bestämda mått och former. Täljstenen bryts med kedjesågar försedda med hårdmetallbitar. Skiffer bryts med hjälp av grävskopa; vid marmorbrytningen används vajerståg.</p> <p>Produktionen av natursten kan inverka på den lokala miljön t.ex. genom buller, damm och vibrationer, och kan eventuellt få effekter på grund- och ytvattnen. Naturstenbrytningens miljöpåverkan kan begränsas genom en saklig och noggrann planering samt genom att använda en högklassig och teknik som minimerar utsläppen. Av central betydelse är även att sköta om att produktionsområdet hålls rent och att maskinerna (fordon, bormaskiner, kedjesågar) är funktionsdugliga och i gott tillstånd. Buller- och dammeffekterna kan minskas genom en lämplig placering av aktiviteten samt genom att bygga bullervallar och att använda vatten för att binda dammet. Vattnen för stenbrotten kan ledas via bassänger för att hindra utsläpp av stoft och näringsämnen. Sidosten kan användas i stenbrottens konstruktioner, såsom i bullervallar. Yt- och grundvattnen kan även skyddas genom en noggrann lagring och behandling av bränslen och andra kemikalier samt med aktsamhet vid bränslepåfyllning av fordon och maskiner.</p> <p>Utredningen utvidgar kunskapsbasen för miljöpraxis inom naturstensproduktionen, men den avser inte att vara en bindande myndighetsbestämmelse.</p>			
Nyckelord	Natursten, brytning, miljöpraxis, miljöpåverkan, Finland			
Finansiär/ uppdragsgivare	Europeiska regionala utvecklingsfonden, Närings-, trafik- och miljöcentralen (Sydöstra Finland), K.H. Renlunds Stiftelse, Geologiska forskningscentralen, Finlands miljöcentral, Finlands stenindustriförbund			
	ISBN 978-952-11-4372-4 (hft.)	ISBN 978-952-11-4373-1 (PDF)	ISSN 1238-7312 (print)	ISSN 1796-1637 (online)
	Sidantal 133	Språk finska	Offentlighet Offentlig	Pris (inneh. moms 8 %)
Distribution	Finlands miljöcentral (SYKE), PB 140, 00251 Helsingfors Epost: neuvonta.syke@ymparisto.fi			
Förläggare	Miljöministeriet			
Tryckeri/tryckningsort -år	Juvenes Print, 2014			

DOCUMENTATION PAGE

<i>Publisher</i>	Ministry of the Environment			<i>Date</i> November 2014
<i>Author(s)</i>	Ilona Romu (ed.)			
<i>Title of publication</i>	Parhaat ympäristökäytännöt (BEP) luonnonkivituotannossa (Best environmental practices (BEP) for natural stone production)			
<i>Publication series and number</i>	The Finnish Environment 5/2014			
<i>Theme of publication</i>	Environmental protection			
<i>Parts of publication/ other project publications</i>	The publication is available in the internet: www.ym.fi/julkaisut			
<i>Abstract</i>	<p>The aim of this study is to provide basic information on the environmental issues of natural stone extraction in Finland in order to benefit both operators and authorities. The environmental aspects of natural stone quarries are discussed throughout the quarry life cycle, including the operational stage, closure, and rehabilitation. The extraction of natural stone differs considerably from mining operations due to its geological environment, processes, and the volumes of quarried stone.</p> <p>The quarrying process for natural stone varies depending on the rock type. For granitic rocks, precision drilling, smooth blasting and wedging are used. The main stages include extraction of the primary block with drilling and blasting, the subdivision of the loosened primary block with hydraulic drilling machines, and shaping of the semi-finished block with hydraulic splitting machines. Soapstone is quarried with chain saws and wheel loaders with forks. Schist is extracted with an excavator, sometimes equipped with a hydraulic hammer. For marble extraction, diamond wire saws are commonly used.</p> <p>The environmental issues in natural stone quarrying entails noise impact, dust, and vibration. Localised effects on the natural environment, surface waters and groundwater may also occur. To evaluate the environmental impacts, special professional skills are needed: the best practices to measure and evaluate the noise, dust, and vibration are given in this study. In addition to this, new data on the spreading of noise, dust, and vibration emissions from the quarries is presented.</p> <p>While managing the environmental impacts of the quarry actions, careful planning of the plant, together with utilisation of high-quality, emission-preventing techniques is crucial. Ensuring the cleanliness of the plant and continuous maintenance of machinery (such as vehicles, drilling equipment, and chain saws) are also of great importance. The methods for reducing the spread of noise and dust include emission-preventing actions, such as constructing noise barriers, and watering areas in places where dust is generated. The water discharged from the quarry should be treated in sediment ponds to remove suspended solids and nutrients. The fuels, lubricants, and other chemicals, should be handled with care and in accordance with regulations.</p> <p>This report discusses the environmental issues of natural stone extraction in Finland. It is not, however, intended to be an official regulatory guideline.</p>			
<i>Keywords</i>	Natural stone, quarrying, environmental practices, environmental impacts, Finland			
<i>Financier/ commissioner</i>	European Regional Development Fund, Centre for Economic Development, Transport and the Environment (Southeast Finland), K.H. Renlund foundation, Geological Survey of Finland, Finnish Environment Institute, Finnish Natural Stone Association.			
	ISBN 978-952-11-4372-4 (pbk.)	ISBN 978-952-11-4373-1 (PDF)	ISSN 1238-7312 (print)	ISSN 1796-1637 (online)
	<i>No. of pages</i> 133	<i>Language</i> Finnish	<i>Restrictions</i> Public	<i>Price (incl. tax 8 %)</i>
<i>Distributor</i>	Finnish Environment Institute (SYKE), neuvonta P.O. Box 140, FI-00251 Helsinki, Finland Email: neuvonta.syke@ymparisto.fi			
<i>Financier of publication</i>	Ministry of the Environment			
<i>Printing place and year</i>	Juvenes Print, 2014			

Luonnonkiven tuotannon parhaat ympäristökäytännöt -julkaisussa käsitellään luonnonkiven ottotoiminnan prosessit ja niiden ympäristövaikutukset, sekä niiden pohjalta muodostuneet parhaat ympäristökäytännöt.

Luonnonkivilouhimon elinkaaren vaiheista tarkastellaan louhimon toimintaa, maisemointia ja jälkikäyttöä. Oman lukunsa saavat myös säteily, louhintapaikan luonnonarvot sekä luonnonkivituotteiden elinkaariarviointi.

Julkaisu luo lähtökohdat toimintatapojen yhtenäistämiseksi, lisää alan ympäristötietoisuutta ja saattaa parhaat käytännöt laajempaan käyttöön. Sen ei ole kuitenkaan tarkoitus toimia sitovana ohjeena.



Euroopan unioni
Euroopan aluekehitysrahasto



Vipuvoimaa
EU:lta
2007-2013



Ympäristöministeriö
Miljöministeriet
Ministry of the Environment



Elinkeino-, liikenne- ja
ympäristökeskus

ISBN 978-952-11-4372-4 (nid.)

ISBN 978-952-11-4373-1 (PDF)

ISSN 1238-7312 (pain.)

ISSN 1796-1637 (verkkokj.)