

LIITE 11: SAKATIN KAIVOS- HANKKEEN TÄRINÄSELVITYS



AA SAKATTI MINING OY

Sakatin kaivoshankkeen tärinäselvitys

RAPORTTI

Raportin otsikko:

Asiakirjatyyppi:

Ulkoasu:

Kartta-aineistot:

Tärinäselvitys

Raportti

FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy

FCG Suunnittelu ja tekniikka Oy,
Maanmittauslaitos 2019

Sisällysluettelo

1	TYÖN TARKOITUS	5
2	HANKEKUVAUS.....	7
3	LÄHTÖTIEDOT JA MENETELMÄT	9
3.1	Arvosteluperusteet.....	9
3.1.1	Liikenteen aiheuttama tärinä	9
3.1.2	Louhintatärinä	11
3.1.3	Tunneliporan runkoääni	13
3.2	Tutkittavat vaihtoehdot ja tarkastelualueen rajausta	14
3.2.1	Lähimmät häiriintyvät kohteet	15
3.3	Menetelmät.....	18
3.3.1	Liikennetärinän arviointi	18
3.3.2	Louhintatärinän arviointi	19
3.3.3	Muut tärinälähteet	19
3.4	Nykytilan selvitys, mittalaitteet ja menetelmät	20
3.4.1	Mittauspisteet	21
4	NYKYTILA	22
4.1	Mittautulokset.....	22
4.1.1	Mittauspiste 2	22
4.1.2	Mittauspiste 4	26
4.2	Tieliikenteen tärinä nykytilanteessa.....	28
5	KAIVOKSEN RAKENTAMINEN	28
5.1	Liikenne	28
5.2	Louhinta	28
5.3	Rakentamisen aikainen tunneliporaus.....	29
6	KAIVOKSEN TOIMINTA	30
7	KAIVOKSEN SULKEMINEN	31
8	EPÄVARMUUSARVIO	31
9	HAITTOJEN LIEVENTÄMINEN	31
9.1	Liikennetärinä	31
9.2	Louhintatärinä	32
10	JOHTOPÄÄTÖKSET	32
10.1	Nykytila.....	32
10.2	Kaivoksen rakentaminen ja toiminta	32
11	LÄHTEET	35

Liitteet

- Liite 1: AKU 101 Kartta Liikennetärinäalueet (A3, 10 sivua)
- Liite 2: AKU 102 Kartta Louhintatärinäalueet (A3, 1 sivu)
- Liite 3: AKU 103 Kartta Rakentamisaikainen ääritähti V1a (A3, 1 sivu)
- Liite 4: AKU 104 Kartta Rakentamisaikainen ääritähti V1b (A3, 1 sivu)
- Liite 5: AKU 105 Kartta Rakentamisaikainen ääritähti V2a (A3, 2 sivua)
- Liite 6: AKU 106 Kartta Rakentamisaikainen ääritähti V2b (A3, 2 sivua)
- Liite 7: AKU 107 Kartta Rakentamisaikainen ääritähti V3a (A3, 2 sivua)
- Liite 8: AKU 108 Kartta Rakentamisaikainen ääritähti V3b (A3, 2 sivua)
- Liite 9: AKU 109 Kartta Tuotannon aikainen ääritähti V1a (A3, 1 sivu)
- Liite 10: AKU 110 Kartta Tuotannon aikainen ääritähti V1b (A3, 1 sivu)
- Liite 11: AKU 111 Kartta Tuotannon aikainen ääritähti V2a (A3, 2 sivua)
- Liite 12: AKU 112 Kartta Tuotannon aikainen ääritähti V2b (A3, 2 sivua)
- Liite 13: AKU 113 Kartta Tuotannon aikainen ääritähti V3a (A3, 2 sivua)
- Liite 14: AKU 114 Kartta Tuotannon aikainen ääritähti V3b (A3, 2 sivua)

Käytetyt yksiköt ja lyhenteet sekä termit

Yksiköt ja lyhenteet	Kuvaus
dB	Desibeli, logaritminen tehosuhteiden vertailusuure, jota käytetään akustiikan lisäksi mm. tietoliikennetekniikassa. Äänenpainetaso 20 mikropascalia (20 µPa) = 0 dB.
dumpperi	Kaivoskuorma-auto, mitoitetaan tieliikenteessä käytettyä suurempi, voi olla myös nivelohjattu.
f	Värähtelyn taajuus laskentakaavoissa. Yleensä myös käsite merkittävin taajuus.
f ₀	Taajuuspainotuksessa käytetty perustaajuus, värähtelyssä 5,6 Hz.
F _k	Rakennustapakerroin, määräytyy rakennuksen ominaisuuksien perusteella
Hz	Hertsi, taajuuden yksikkö, jaksoa sekunnissa. 1 Hz=yksi edestakainen värähdys sekunnissa. Yksikön kanssa käytetään myös etuliitteitä, kuten kilo (k) ja mega (M). Ihmisen kuuloalue on noin 20 Hz ... 20 kHz. Herkimmillään kuulo on noin 1 kHz tienoilla. Tärinän värähtelytaajuudet ovat yleensä 1Hz ja 1 kHz välillä pääosan ollessa välillä 10 Hz... 100 Hz.
KiTu	Kiinteistörekisteritunnus
KVL	Keskimääräinen vuorokausiliikenne, sisältää raskaat (>3,5 t) ja kevyet ajoneuvot.
L _{prm}	Runkomelun tunnusluku, verrannollinen äänitasoon. $L_{prm} = L_{pASmax,mean} + 1,65 \times s$ jossa $L_{pASmax,mean}$ on runkomelun A- taajuus- ja S- aikapainotettujen enimmäistasojen tehokeskiarvo ja S mittaustulosten standardihajonta.
MP	Mittauspiste
Q _m	Momentaarinen räjähdemäärä. Panostuksessa voidaan räjähteet asettaa laukeamaan tietyin aikavälein, jolloin momentaarinen räjähdemäärä on niistä yhdellä hetkellä laukeava.
raskas %	Yli 3,5 tonnin kokonaismassaisten ajoneuvojen osuus liikennemäärästä
v ₀ ja v ₁	Louhintatärinän perusarvoja (mm/s)
v _{max}	Värähtelyn nopeuden huippuarvo (mm/s). Käytetään vaurioriskin arvioinnissa.
v _{rms}	Värähtelyn tehollisarvo (mm/s). $v_{rms}(t_0) = \left\{ \frac{1}{T} \int_{t_0-T}^{t_0} [v_t]^2 dt \right\}^{\frac{1}{2}}$ vakioamplitudisella harmonisella värähtelyllä $v_{rms} = \frac{v_{max}}{\sqrt{2}}$, kun $T \ll t$.
v _w	Painotettu värähtelyn nopeuden tehollisarvo (mm/s).
v _{w,95}	Värähtelyn nopeuden painotettu tunnusluku (mm/s). Tunnusluvussa huomioidaan värähtelyn nopeuksien tilastollinen esiintyminen sekä merkitsevä taajuus. Käytetään asumismukavuuden arvioinnissa. $v_{w,95} = \bar{v}_w + 1,8 \times \sigma$ jossa $\bar{v}_w$ on taajuuspainotettujen mittaustulosten keskiarvo ja σ on keskihajonta.
W _v	Värähtelyn taajuuspainotus. Eri taajuuksilla olevien värähtelykomponenttien voimakkuudet muunnetaan ihmisen herkkyyden suhteen samanarvoisiksi. $W_v = \frac{1}{\sqrt{1 + \left(\frac{f_0}{f}\right)^2}}$

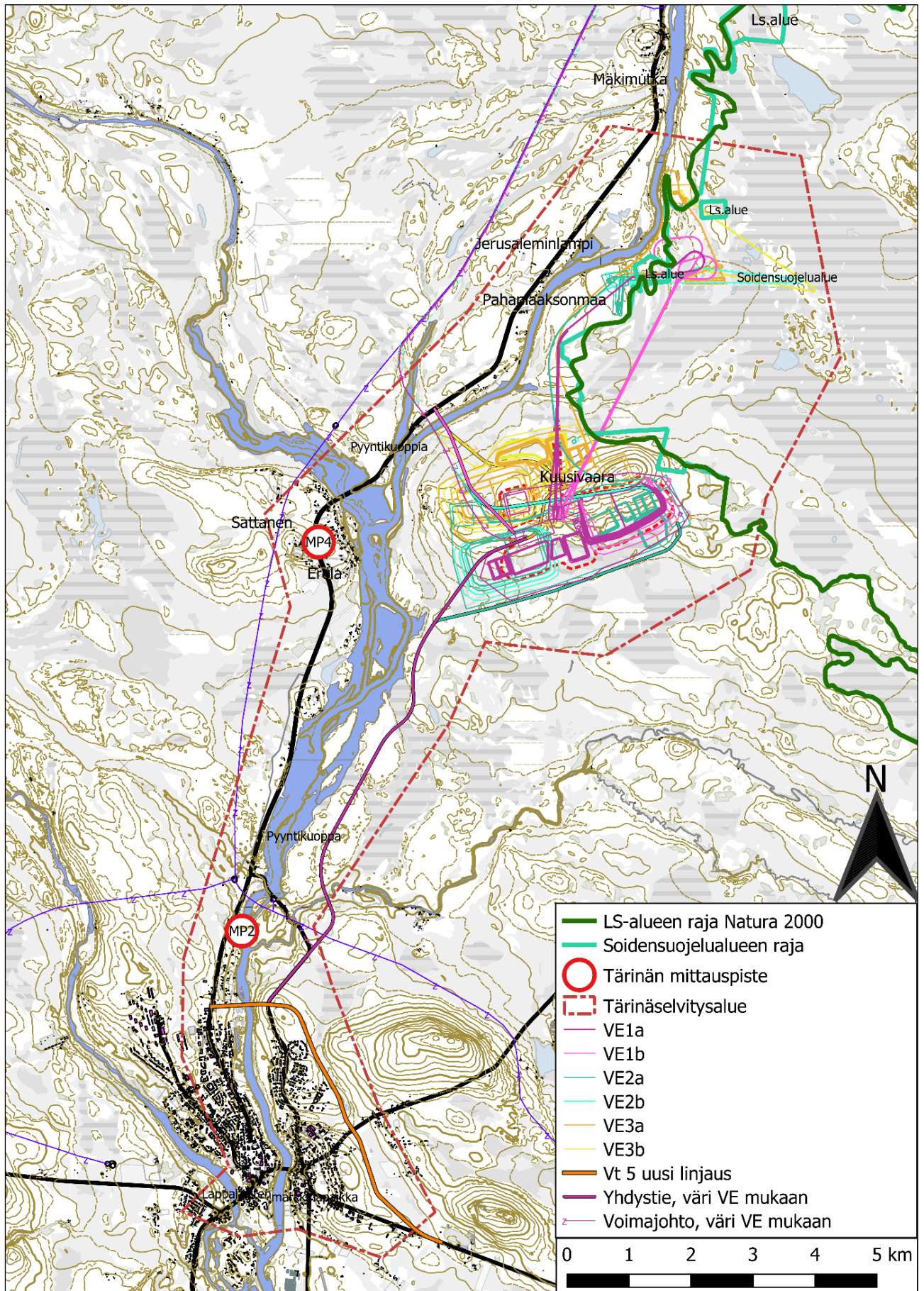
Termi	Selitys
Hankealue	Alue, joka sisältää Kuusivaaran ja Pahanlaaksonmaan tehdasalueiden maanpäälliset sekä maanalaiset toiminnot, voimalinjan sekä yhdyntien. Hankealueen maanpäälliset toiminnot eivät sijoitu Viiankiaavan soidensuojelualueelle tai Natura 2000 -alueelle
Hankkeesta vastaava	Taho, joka haluaa toteuttaa hankkeen. Sakatin kaivoshankkeessa hankkeesta vastaava/hankevastaava on AA Sakatti Mining Oy

Termi	Selitys
Ilmanvaihto-kuilu	Kallioperässä kulkeva pystysuuntainen kanava/reitti, jota käytetään maanalaisen kaivoksen ilmanvaihtoon. Kuilu toimii joko raitis- tai poistoilman reittinä.
Ilmanvaihto-tunneli	Kallioperässä kulkeva kanava/reitti, jota käytetään maanalaisen kaivoksen ilmanvaihtoon. Tunneli kulkee vinotunnelin rinnalla ja se toimii joko raitis- tai poistoilman reittinä.
Kuivaläjitys	Suodatetun rikastushiekan läjitysmenetelmä, jossa rikastushiekan vesipitoisuus on <20 %. Alavaihtoehdon a mukainen läjitystapa.
Louhos	Maanalaisessa kaivoksessa sijaitseva kohta/alue, josta malmi irrotetaan louhimalla
Märkäläjitys	Rikastushiekan läjitysmenetelmä, jossa rikastushiekka-alueelle pumpattavan rikastushiekan kiintoainepitoisuus on n. 22 %. Alavaihtoehdon b mukainen läjitystapa.
Natura 2000	Euroopan Unionin perustama suojelualueiden verkosto ja näihin liittyvä hanke, jonka tavoitteena on tukea luonnon monimuotoisuutta turvaamalla luontodirektiivissä määriteltyjen luontotyyppien ja lajien elinympäristöjä.
Nostokuilu	Kuilunostimen maanalainen osa. Kallioperässä kulkeva pystysuuntainen kanava, jonka kautta kiviaines (malmi ja sivukivi) nostetaan maanalaisesta kaivoksesta maanpintaan.
Nostotorni / Nostokuilun torni	Nostokuilun maanpäällinen osa
Pääesiintymä	Sakatin isoin esiintymä
Rikastamo	Laitos, jossa arvomineraalit erotetaan arvottomasta kiviaineksesta ja jossa tuotetaan kaupallinen tuote eli rikaste
Rikaste	Rikastusprosessin tuote, joka sisältää malmista erotetun kaupallisesti hyödynnettävän arvoaineen
Rikastushiekka	Malmin rikastusprosessissa muodostuva kaivannaisjäte
Rikastushiekka-allas	Sakatin hankkeessa termillä viitataan korkearikkisen rikastushiekan varastoaltaaseen.
Rikastushiekka-alue	Matalarikkisen rikastushiekan sijoitusalue. Sakatin hankkeessa matalarikkisen rikastushiekan voidaan läjittää alueelle joko kuiva- tai märkäläjitysmenetelmällä.
Sivukivi	Kiviaines, joka joudutaan louhimaan varsinaisen esiintymän hyödyntämiseksi. Sivukiveä voidaan hyödyntää kaivostäytössä sekä rakentamisessa.
Suojelualue	Hankkeen itäpuolella on Natura 2000 -alue sekä luonnonsuojelualue (Viiankaaavan soidensuojelualue), joiden lounais- ja länsirajat poikkeavat hieman toisistaan. Tässä selvityksessä suojelualueella tarkoitetaan aluetta, joka kuuluu jompaankumpaan tai molempiin näistä.
Tarvekivi	Kiviaines, jota louhitaan ja hyödynnetään kaivoksen rakenteissa kuten tiestöjen ja patojen rakentamisessa.
Tehdasalue	Kuusivaaran alueelle sijoittuvat toiminnot (sis. rikastushiekka-alueen, rikastamon ym.), toiminnot sijoittuvat aidatun alueen sisäpuolelle
Tunnelipora	Tunnel Boring Machine (TBM). Poikkileikkaukseltaan pyöreä ja halkaisijaltaan jopa lähes 20 m oleva laite, jolla louhitaan tunneleita. Kallioaineksen rikkoutuminen perustuu poran päässä olevien leikkureiden aiheuttamiin puristusjännitysmurtumiin. Rikkoutunut kiviaines siirtyy leikkuupään läpi hihnakuljettimelle ja siitä edelleen haluttuun sijaintipaikkaan.
Tuntiliikenne	Keskimääräinen tunnin liikenne, ajoneuvoa. Ellei toisin mainita käytetään tieliikenteessä oletusjakaumaa 90 % päivällä ja 10 % yöllä. Siten päiväaikana tuntiliikenne on $KVL \cdot 0,9/15$ ja yöllä $KVL \cdot 0,1/9$.
Vaikutusalue	Alue, jolla ympäristövaikutusten arvioidaan ilmenevän
Vinotunneli	Maan alla loivasti alaspäin laskeutuva tunneli, joka toimii maanalaisen kaivoksen liikenteen pääväylänä. Sakatin kaivoshankkeessa vinotunneli voi olla muodoltaan spiraali, mutka tai suora
YVA-menettely	Suomen laissa määritelty menettely, jossa selvitetään ja arvioidaan hankkeeseen liittyviä ympäristövaikutuksia sekä kuullaan hankkeen eri osapuolia. YVA-menettely on kaksivaiheinen prosessi, jossa tuotetaan kaikille julkista tietoa hankkeesta, sen toteuttamisesta sekä vaikutuksista.

1 TYÖN TARKOITUS

Tärinän vaikutukset koostuvat sen aiheuttamasta viihtyvyyshaitasta sekä rakennusten ja muiden rakenteiden vaurioriskistä. Luonteeltaan jatkuvampi liikennetärinä voi jo hyvin vähäisenäkin aiheuttaa viihtyvyyshaittaa, kun vaurioriski taas syntyy vasta kertaluokkia suuremmasta voimakkuudesta. Louhintatärinä koostuu yksittäisistä ja usein myös ennustettavista tapahtumista ja tällöin se koetaan viihtyvyyttä haittaavaksi vasta liikennetärinää kertaluokkia suuremmilla voimakkuuksilla. Koska räjäytystärinä kestää kerrallaan vain hyvin lyhyen ajan, myös sen rakenteille aiheuttama vaurioriski vaatii liikennetärinää kertaluokkia suuremman voimakkuuden.

Tärinäarviointi tehtiin osana Sakatin monimetalliesiintymän kaivoshankkeen ympäristövaikutusten arviointia (YVA). Arviointi sisältää kaivoksen liikenteen aiheuttaman tärinän sekä itse kaivoksen rakentamisesta ja toiminnasta aiheutuvan tärinän arvioinnin. Työhön sisältyivät myös tärinämittaukset nykytilan selvittämiseksi. Tärinämittaukset tehtiin kesällä 2018 melumittausten yhteydessä. Yleiskartta selvitysalueesta, kaivoksen vaihtoehtoista sekä nykytilan tärinämittausten mittauspisteiden sijainnit on esitetty Kuva 1-1.



Kuva 1-1 Sakatin kaivoksen hankevaihtoehdot, selvitysalue ja mittauspisteet.

Tässä raportissa käytetään nimitystä *"Tehdasalue"* kuvaamaan kaivoksen Kuusivaaran alueen maanpäällisten toimintojen sijaintialuetta. Kaivoksen lähellä sijaitsevan Viiankiaavan soidensuojelualueen sekä Natura 2000 -alueen rajat poikkeavat hieman toisistaan. Tässä selvityksessä käytetään nimitystä *"Suojelualue"*, jos alue kuuluu jompaankumpaan tai molempiin edellä mainituista.

Louhintatärinän arvioinnin on suorittanut SRK Consulting (South Africa Pty) Ltd (Linzer 2018). Siinä arvioidaan maanalaisen kaivoksen rakentamisen ja toiminnan aikana syntyviä tärinävaikutuksia. Arviointi sisältää tärinän voimakkuuden arvioinnin maan pinnalla eri etäisyyksillä kaivoksesta. Siinä on myös esitetty arviot louhinnasta kallioperään syntyvien jännitysten ajoittaisista purkautumisista ja niiden aiheuttamasta tärinästä. Lisäksi siinä käsitellään vinotunnelien rakennusaikana mahdollisesti käytettävän tunneliporan tärinävaikutuksia.

2 HANKEKUVAUS

Anglo American -konserniin kuuluva AA Sakatti Mining Oy perustettiin vuonna 2011 vastaamaan Sakatin monimetalliesiintymän kaivoshankkeen toteutuksesta ja alueen malminetsinnästä. Sakatin esiintymän tunnettujen mineraalivarantojen määräksi on arvioitu 44,4 miljoonaa tonnia (milj. t) ja esiintymän varantojen on arvioitu riittävän 1,25-1,8 milj. t vuotuisilla louhintamäärillä 20 vuotta. Kaivos on maanalainen. Rikastamo oheistoimintoineen sijoittuu maan päälle. Kaivoksen päätuotteita ovat erilliset kupari- ja nikkelirikasteet. Rikasteista saadaan sivutuotteina kaupallisesti hyödynnettävissä määrin myös platinaa, palladiumia, kobolttia, kultaa ja hopeaa.

Sakatin kaivoshanke sijoittuu Sodankylän kuntaan, noin 15 km Sodankylän kuntakeskuksesta koilliseen. Hankealueen länsipuolella sijaitsee pohjois-eteläsuuntainen valtatie 4 (vt 4) sekä Kemijoen sivujokiin kuuluva Kitinen. Sattasen kylä on noin 2 km etäisyydellä hankealueesta länteen. Kaivoksen maanpäälliset toiminnot sijoittuvat suurelta osin Viiankiaavan länsipuolella sijaitsevalle Kuusivaaran alueelle (Kuusivaaran tehdasalue). Eri hankevaihtoehdoissa toimintoja on sijoitettu osin myös Pahanlaaksonmaalle noin 3-5 km Kuusivaarasta pohjoiseen. Vesien purkupaikka tulee sijoittumaan Kitiseen. Idässä maanpäällinen hankealue rajautuu Natura 2000-verkostoon kuuluvaan ja soidensuojeluohjelmalla suojeltuun Viiankiaapaan. Sakatin esiintymä sijaitsee suurimmaksi osaksi Viiankiaavan suon alla. Sakatin pääesiintymä sijaitsee nykyisen kairaustiedon perusteella lähimmillään noin 350 m syvyydellä maanpinnasta jatkuen aina 1 200 m syvyyteen. Pääesiintymästä koilliseen on pienempi, lähempänä maanpintaa sijaitseva satelliittiesiintymä NE, joka alkaa noin 150 m syvyydestä. Esiintymien tarkkoja rajoja ei ole vielä pystytty määrittämään.

Kaivoshankkeessa YVA-menettelyn aikana ja sitä edeltäneissä esiselvityksissä on tutkittu useita vaihtoehtoja kaivoksen toteuttamiselle. Näistä on lopulliseen tarkasteluun valittu kolme eri päävaihtoehtoa. Merkittävimmät erot päävaihtoehtojen välillä ovat maanalaisen kaivoksen sisäänkäynnin sijainti sekä rikastamon, kaivannaisjätteiden sijoitusalueiden ja vesialtaiden sijoittelu Kuusivaaran tehdasalueella. Kullakin päävaihtoehdolla on alavaihtoehdot a ja b, jotka eroavat toisistaan kaivoksen yhdystien, uuden sillan sijainnin, vinotunnelin toteutustavan sekä rikastushiekan läjitystavan osalta (Taulukko 2-1).

Taulukko 2-1 YVA:ssa arvioitavat vaihtoehdot.

	VE0	VE1	VE2	VE3
Kaivoksen sisäänkäynti	Ei toteuteta	Läntinen Kuusivaara	Pahanlaaksonmaa, esiintymän lounaispuolella	Pahanlaaksonmaa, esiintymän pohjoispuolella
Tehdasalue, altaat ja läjitysalueet	Ei toteuteta	Läntinen Kuusivaara	Itäinen Kuusivaara	Pohjoinen Kuusivaara
Pastalaitos	Ei toteuteta	Maanalainen	Pahanlaaksonmaa	Pahanlaaksonmaa
Rikastushiekka-alueiden sijainti	Ei toteuteta	Itäinen Kuusivaara	Läntinen Kuusivaara	Läntinen Kuusivaara
Malmin maanpäällinen kuljetin	Ei toteuteta	Malmi maan pinnalle Kuusivaarassa, lyhyt hihnakuljetin	Hihnakuljetin Pahanlaaksonmaa – Kuusivaara	Hihnakuljetin Pahanlaaksonmaa – Kuusivaara
Maanalaisen vinotunnelin toteutustapa	Ei toteuteta	Suoravinotunneli	Vaihtoehto a: Spiraalivinotunneli (edellyttää nostokuilun ja -tornin) Vaihtoehto b: Mutkavinotunneli	
Rikastushiekan läjitystapa	Ei toteuteta	Vaihtoehto a: Rikastushiekka läjitetään kuivaläjityksenä Vaihtoehto b: Rikastushiekka läjitetään märkäläjityksenä		
Yhdystie ja silta	Ei toteuteta	Vaihtoehto a: Eteläinen yhdystievaihtoehto: uusi yhdystie välille Kelukoski–Kuusivaara sekä uusi silta vt 5:n uuden linjauksen mukaisesti Vaihtoehto b: Pohjoinen yhdystievaihtoehto: uusi yhdystie välille vt 4–Kuusivaara sekä uusi silta Kitisen yli Kitisen ja Sattasen yhtymäkohdasta pohjoiseen		

Kaivoshankkeen elinkaareen kuuluu suunnittelu- ja esiselvitysvaiheen jälkeinen kaavoitus- ja luvitusprosessi, rakennusvaihe, kaivoksen toimintavaihe sekä kaivoksen sulkeminen ja jälkihoito.

Rakennusvaiheen kestoksi on arvioitu kaivoksen elinkaareessa noin kolme vuotta, josta hankkeen edellyttämä uuden sillan rakentaminen vie noin vuoden ja kaivostoimintoihin liittyvä rakentaminen noin kaksi vuotta. Kaivoksen varsinainen toimintavaihe on noin 20 vuotta. Rakennusvaiheessa kaivoksella on töissä n. 200 henkilöä ja varsinaisessa toimintavaiheessa 300-400 henkilöä.

Rakentaminen aloitetaan rakentamalla uusi silta Kitisen yli ja tieyhteydet. Kuusivaaraan perustetaan maanpäälliset ja vesien hallintaan liittyvät rakenteet sekä rakennetaan alueelle varastointiin liittyvät ratkaisut. Kuusivaaraan sijoitettavia rakenteita ovat vaihtoehdossa VE1 maanalaisen kaivoksen sisäänkäynti, rikastushiekan ja sivukiven sijoitusalueet, rikastamo, prosessi- ja hulevesien käsittelyyn tarvittavat vesienkäsittelyrakenteet, vesivarastoallas ja laskeutusaltaat, toimistorakennukset, lämpölaitos, tarvekilouhos, varastoja eri tarkoituksiin, malmin kuljettamiseen käytettävä hihnakuljetin sekä muita tarvittavia rakenteita, kuten maanalaisen kaivoksen ilmanvaihtoon liittyvät rakenteet. Pohjoisemmissa vaihtoehdoissa (VE2 ja VE3) maanalaisen kaivoksen sisäänkäynti ja ilmanvaihtokuilu sijaitsevat Pahanlaaksonmaalla Kuusivaaran sijaan. Lisäksi näissä vaihtoehdoissa maanpäällisiin rakenteisiin kuuluvat pastalaitos ja nostotorni sekä Kuusivaaran ja Pahanlaaksonmaan välille rakennettavat huoltotie, hihnakuljetin, 20 kV voimajohto ja putkilinja.

Esiintymän hyödyntämistä varten louhitaan maan pinnalta Sakatin esiintymään johtava vinotunneli. Vinotunneli voidaan toteuttaa joko mutkavinotunnelina, suoravinotunnelina tai spiraalivinotunnelina valittavasta

päävaihtoehdosta riippuen. Tunnelin louhinta tapahtuu joko perinteisellä panostus-/ räjäytysmenetelmällä tai käyttämällä tunneliporaa. Maanalaisen kaivoksen louhintojen yhteydessä muodostuu sivukiveä, joka on osin korkearikkistä ja osin matalarikkistä. Sivukivet varastoidaan maanpäälle rakennettaville sivukivialueille. Kaikki muodostuvat sivukivet pyritään hyötykäyttämään kaivostäyttöihin ja lisäksi matalarikkistä sivukiveä kaivoksen rakentamisessa.

Louhittu malmi esimurskataan maan alla ja kuljetetaan maan pinnalle joko hihnakuljettimin tai kuilunostimen avulla. Malmin jatkomurskaus ja jauhatus tapahtuvat rikastamorakennuksessa. Malmi rikastetaan perinteisen vaahdotusprosessin avulla.

Rikastusprosessissa muodostuu rikastushiekkaa, josta valtaosa on matalarikkistä. Rikastushiekat ohjataan omille sijoitusalueilleen. Korkearikkistä rikastushiekkaa ja osa matalarikkisestä rikastushiekasta hyödynnetään kaivostäyttöön valmistettavan pastan materiaalina. Pastalaitos sijaitsee joko maanalaisessa kaivoksessa (VE1a ja VEb) tai maanpinnalla Pahanlaaksonmaalla (VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b). Pastalaitokselta rikastushiekkapasta pumpataan maanlaiseen kaivokseen louhostäytöksi. Maan päälle varastoitava matalarikkinen rikastushiekka läjitetään vaihtoehdosta riippuen joko kuiva- tai märkäläjityksenä. Rikastushiekka-alue koostuu kuivaläjitysvaihtoehdossa kahdesta erillisestä lohkoista, mikä mahdollistaa niiden vaiheittaisen rakentamisen ja täyttämisen. Märkäläjitysvaihtoehdossa rikastushiekka pumpataan rikastushiekka-alueelle lietteenä (veden kanssa).

Valmis rikaste kuljetetaan kaivokselta jatkojalostettavaksi maantiekuljetuksina. Kaivoksen liikennettä varten selvityksissä on tarkasteltu sekä pohjoista että eteläistä yhdystievaihtoehtoa. Pohjoisessa vaihtoehdossa yhdystie liittyy vt 4:ään, ja Kitisen yli rakennetaan uusi silta. Eteläisessä vaihtoehdossa rakennetaan uusi silta Kelujoen yli ja kaivoksen yhdystie liittyy Sodankylän itäpuolella vt 5:n uuteen linjaukseen. Kaivosalueelle rakennetaan uusi 110 kV:n voimajohtoyhteys. Linja sijoittuu pääosin samaan johtokäytävään olemassa olevan Vajukoski-Sodankylä 110 kV:n voimajohdon kanssa. Voimajohto ylittää Kitisen uudessa maastokäytävässä Kitisen ja Sattasen yhtymäkohdasta pohjoiseen.

3 LÄHTÖTIEDOT JA MENETELMÄT

3.1 Arvosteluperusteet

Tärinän arviointi jakaantuu liikennetärinän ja louhintatärinän arviointiin. Nykytilanteessa voi liikennetärinän lisäksi esiintyä kiinteistöillä tapahtuvasta toiminnasta aiheutuvaa paikallista tärinää. Kaivoksen rakentamis- ja toimintavaiheessa liikennetärinän mukaisesti arvioidaan kaivoksen tieliikenteen lisäksi kaikki kaivoksen jatkuvaluonteiset tärinän lähteet, kuten kaivosalueen sisäinen liikenne, materiaalin siirto, murskaus, jauhatus jne. Louhintatärinäksi luetaan räjäytykset sekä louhinnan seurauksena kallioperään syntyvien jännitysten satunnainen purkautuminen. Vaihtoehtojen VE1a ja VE1b rakennusvaiheisiin mahdollisesti sisältyvä tunneliporan käyttö voi tärinän lisäksi synnyttää myös runkoääntä, jotka ovat pitkäaikaisia ja liikenteen tärinään verrattavia. Koska runkoääni etenee maassa ja rakennuksien rakenteissa, sen arviointi tehdään yleensä tärinäarvioinnin yhteydessä.

3.1.1 Liikenteen aiheuttama tärinä

Tärinälle ei ole suoriin viranomaismääräyksiin perustuvia raja-arvoja. Liikenteestä peräisin olevan tärinän viihtyvyshaitan arvioinnissa on ohjeeksi muodostunut käyttää Taulukko 3-1 esitettyjä norjalaiseen standardiin

NS8176:1999 pohjautuvaa VTT tiedotetta 2278 *Asko Talja: Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta* (VTT 2278, 2004).

Taulukko 3-1 Värähtelyluokitus ihmisille aiheutuvan haitan mukaan (VTT 2278).

Värähtelyluokka	Kuvaus värähtelyolosuhteista	$V_{w,95}$ [mm/s]
A	Hyvät asuinolosuhteet <i>Ihmiset eivät yleensä havaitse värähtelyitä.</i>	$\leq 0,10$
B	Suhteellisen hyvät olosuhteet <i>Ihmiset voivat havaita värähtelyä, mutta ne eivät ole häiritseviä.</i>	$\leq 0,15$
C	Suositus uusien rakennusten ja väylien suunnittelussa <i>Keskimäärin 15% asukkaista pitää värähtelyitä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöistä.</i>	$\leq 0,30$
D	Olosuhteet, joihin pyritään vanhoilla asuinalueilla. <i>Keskimäärin 25% asukkaista pitää värähtelyitä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöistä.</i>	$\leq 0,60$

Taulukko 3-1 esitetyn mukaisesti värähtelyluokassa C arvioitaviksi alueiksi katsotaan olemassa olevien väylien varsien alueet, joissa kaavaa laaditaan tai merkittävästi muutetaan ja alueet, joihin kohdistuvat ympäristövaikutukset muuttuvat uuden väylän vuoksi.

Vaurioriskiä arvioidaan VTT:n julkaisun VTT-R-04703-14 *Asko Talja, Jouko Törnqvist: Liikennetärinä, Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius* (VTT-R04703-14, 2014) mukaan maaperässä esiintyvän värähtelyn huippuarvoon v_{max} perustuen. Arvo koskee sekä pysty- että vaakasuuntaisia värähtelyjä. Taulukko 3-2 on kuvattu vaurioriskin määrittäminen. Alueet jaetaan kolmeen riskiluokkaan seuraavin tunnuksin:

- V-alueella liikennetärinä voi aiheuttaa vahinkoriskin rakennuksille tai rakenteille.
- H-alueilla hyväkuntoisille ja tavanomaisille rakennuksille ei yleensä aiheudu niiden käyttökelpoisuutta haittaavia vaurioita, jos liikennetärinä on huomioitu resonanssille herkkien rakenteiden suunnittelussa. Tärinä on selvästi havaittavaa.
- E-alueilla tärinä ei aiheuta normaalikuntoisten rakenteiden vaurioitumista.

Taulukko 3-2 Vaurioriskin määrittäminen maaperän värähtelyn nopeuden v_{max} [mm/s] mukaan.

	v_{max} [mm/s]			
	Pehmeät maalajit		Kovat maalajit	
Maalaji	Pehmeä savi, leikkauslujuus < 25 kN/m ²	Sitkeä savi, siltti, löyhä hiekka	Tiivis hiekka, sora, moreeni, rikkonainen tai löyhä kallio	Kiinteä kallio
Värähtelyssä hallitseva taajuus, Hz	< 10	10...20	20...50	>50
V-alue	3	4,2	6	7,2
H-alue	1...3	1,4...4,2	2...6	2,4...7,2
E-alue	<1	<1,4	<2	<2,4

Alueella E, jolla vaurioriskiä ei normaalikuntoisille rakennuksille yleensä ole, voi tärinä silti olla voimakkuudeltaan viihtyvyyttä haittaavaa. Lisäksi on huomattava, että vaurioriskiä arvioidaan maksimivärähtelyn nopeuden ja viihtyvyyseriskiä painotetun värähtelyn nopeuden mukaan.

3.1.2 Louhintatärinä

Ihmisen kokemaa louhintatärinän häiritsevyyttä on arvioitu Taulukko 3-3.

Taulukko 3-3 Ihmisen reaktiot ja vaurioriskit. (Lähde: Pöllä ym. 1996)

Heilahdusnopeus mm/s	Vaikutus
0,1 ...0,5	ei vaikutuksia
0,5...5	Havaittavissa, mahdollisesti valituksia
5...50	Mahdollisesti vakavia valituksia
50...100	Rakenteita varottava
100...250	Rakenteille mahdollisia vaurioita

Maa- ja pohjarakennustöille on annettu tärinän ohjearvot julkaisussa RIL253-Rakentamisen aiheuttamat tärinät (RIL253 2010). Suurimman sallitun heilahdusnopeuden arvo määräytyy rakennuksen mukaisen rakennustapakertoimen sekä etäisyyden ja maaperän mukaan. Korkeamman kelpoisuusluokan arvioija voi käyttää suurempaa rakennustapakerrointa (

Taulukko 3-4). Ajatuksena on, että korkeamman pätevyysluokan omaava arvioija ei tarvitse yhtä suurta varmuuskerrointa kuin alemman.

Taulukko 3-4 Rakennustapakertoimen F_k määräytyminen (RIL253-2010).

Rakenneluokka (hyväkuntoinen rakenne)	Rakennustapa- kerroin F_k , (kelpoisuus a- luokka)	Rakennustapa- kerroin F_k , (kelpoisuus aa- luokka)
1. Raskaat teräsbetoni- tai teräsrakenteet, kuten sillat ja laiturit	1,75	2,00
2. Teräsbetoniset, teräksiset ja puurakenteiset teollisuus ja varastorakennukset, ruiskubetonoidut kalliotilat, yleensä staattisesti määrättyt rakenteet, joissa ei asuta tai työskennellä	1,25	1,50
3. Pilariperustuksille rakennetut elementtirakenteiset teräsbetonirakenteet, teräksiset 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, ruiskubetonioimattomat kalliotilat	0,85	1,00
5. Rakennukset, joissa on kevytbetoni- tai kalkkihiekkatiilirakenteita, tai muuta vaurioherkkää materiaalia, värinä- ja värähtelyherkät vanhat rakennukset, kuten kirkot tai korkeita holveja käsittävät rakennukset	0,55	0,65

Maa-aineksen laadun ja etäisyyden perusteella määräytyvät louhintatärinän heilahdusnopeuden perusarvot on esitetty Taulukko 3-5.

Taulukko 3-5 Louhintatärinän perusarvo v_1 mm/s (RIL 253-2010).

Etäisyys [m]	Pehmeä savi, leikkauslujuus <25 kN/m ²	Sitkeä savi, siltti, löyhä hiekk	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

3.1.3 Tunneliporan runkoääni

SRK:n selvityksen (Linzer 2018) mukaan rakentamisvaiheessa tunnelipora voi aiheuttaa noin 20 Hz taajuudella olevaa värähtelyä. Tämä voi edetä rakennukseen runkoääninä. Runkoääni etenee maaperässä ja muuttuu ilmassa eteneväksi ääneksi rakennuksen kovassa pinnassa. Pehmeä maaperä vaimentaa runkoääntä voimakkaasti, kun taas kalliolla runkoääni etenee laajemmalle. Runkoääni voi myös kuulua avokallion päällä, mutta avoimessa

tilassa ääni vaimenee nopeasti etäisyyden kasvaessa. Koska laitteen toiminta on jatkuvaa rakentamisen aikana, voidaan sitä verrata liikenteen aiheuttamaan runkoääneen. Tämän arvioinnin perusteet on esitetty VTT tiedotteessa 2468 Talja & Saarinen Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi (VTT 2468 2009). Siinä esitetty suositus ohjeavoksi asuinhuoneistoille on:

$L_{prm} = 30 \text{ dB}$ yöllä ja 35 dB päivällä.

3.2 Tutkittavat vaihtoehdot ja tarkastelualueen raja

Tässä selvityksessä tutkituista hankevaihtoehdoista käytetään nimiä VE1a, VE1b, VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b. Nämä koostuvat kolmesta päävaihtoehdosta (VE1, VE2 ja VE3), joista jokaisella on kaksi alavaihtoehtoa (a ja b). Alavaihtoehdoissa a kaivoksen yhdystie kulkee Kitisen itäpuolella etelään päin, ja alavaihtoehdoissa b yhdystie ja liittyy vt 4:ään Sattasen pohjoispuolella. Alavaihtoehdossa a rikastushiekan läjitystapa on kuivaläjitys ja alavaihtoehdossa b märkäläjitys.

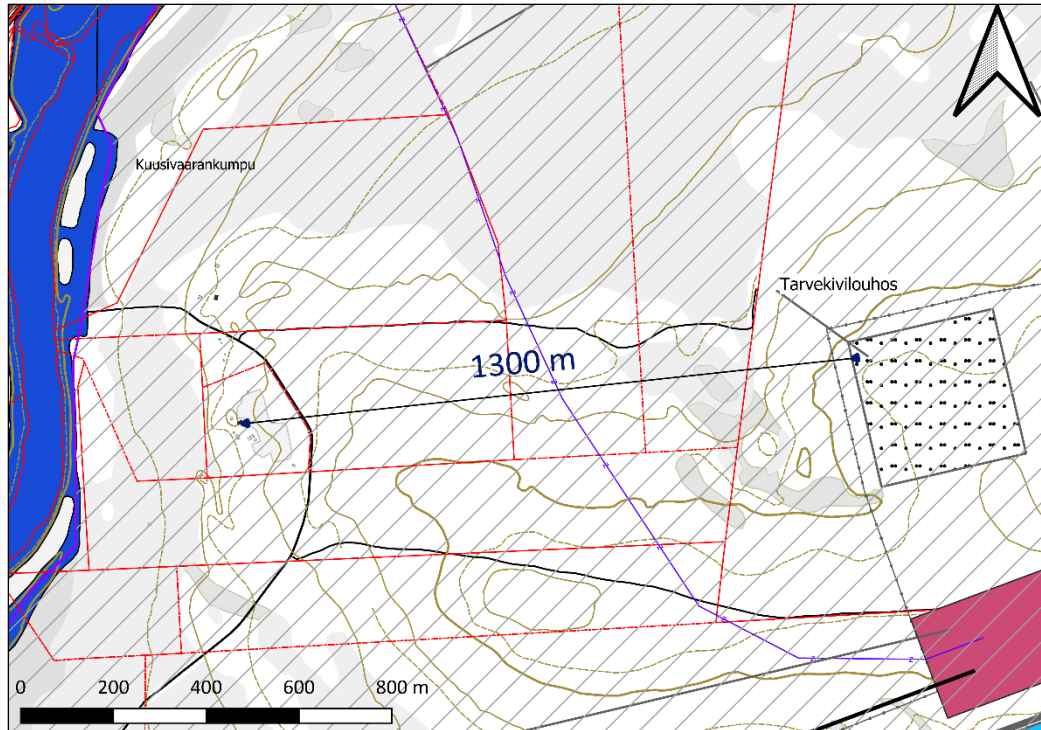
Kuivaläjityksessä rikastushiekka kuljetetaan rikastushiekka-alueelle kaivoskuorma-autoilla (dumppereilla) tai muilla ajoneuvoilla, levitetään puskutraktorilla ja tiivistetään. Märkäläjityksessä rikastushiekka pumpataan rikastushiekka-alueelle, ja hiekan purku tapahtuu spigotoimalla. Spigotoinnissa liete johdetaan useita pieniä putkia pitkin alueelle, jolloin rikastushiekka saadaan levittymään tasaisesti.

Liikennetärinän osalta tutkittiin yhdystiet, jotka Kuusivaaran tehdasaluetta ja sen välitöntä läheisyyttä lukuun ottamatta ovat kaikissa a-vaihtoehdoissa keskenään samanlaiset, kuten myös kaikissa b-alavaihtoehdoissa. Liikennetärinän tarkastelualue sisältää myös rikastekuljetusten reittivaihtoehdot molemmille alavaihtoehdoille vt 4:ää pitkin Rovaniemen suuntaan, vt 5 pitkin nykyistä tai suunniteltua uutta linjausta pitkin Kemijärven suuntaan. Muun liikenteen osalta oletettiin Kevitsan kaivoksen olevan toiminnassa myös ennustetilanteessa.

Tarkastelualueen raja tarkoittaa tässä tärinämallinnuksen aluerajausta, eli aluetta, jolle tärinän eteneminen on mallinnettu. Louhintatärinän osalta tarkastelualue on SRK:n selvityksen (Linzer 2018) mukainen käsittäen maanalaisen Sakatin esiintymän yläpuolisen alueen ympäristöineen aina 1 mm/s heilahdusnopeuden alueeseen asti. Liikennetärinän osalta tarkastelualue taas käsittää edellä mainitut kuljetusreitit, kaivoksen yhdystievaihtoehdot sekä kaivoksen maanpäällisten toimintojen alueen. Tarkastelualue on esitetty kuvassa Kuva 1-1.

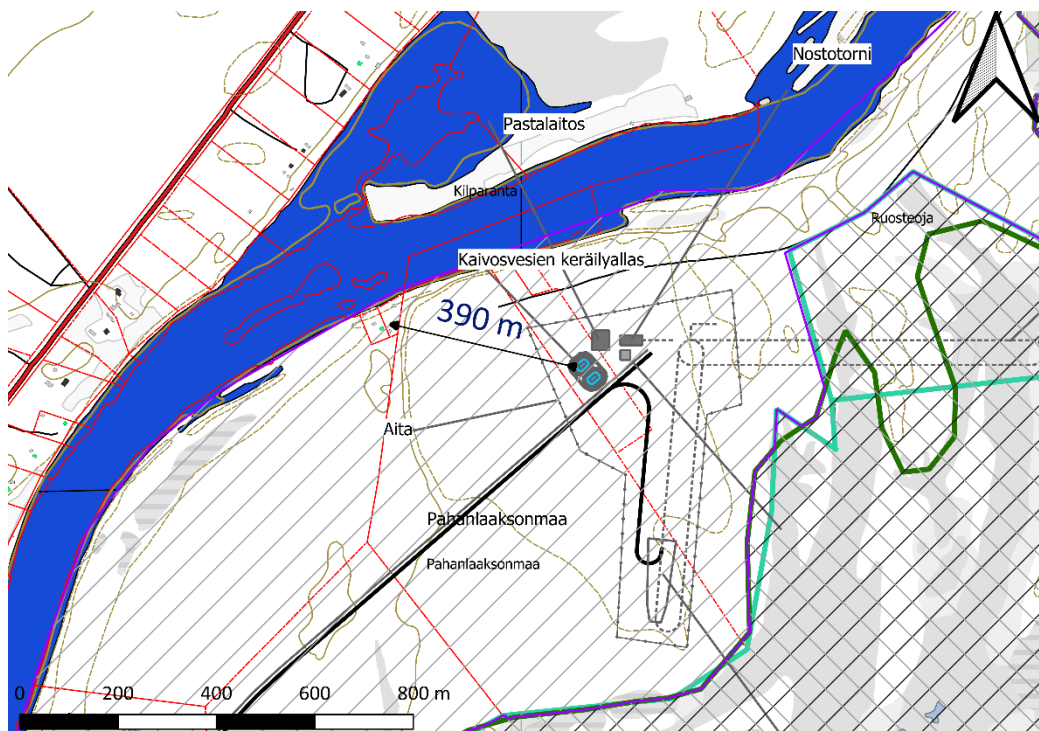
3.2.1 Lähimmät häiriintyvät kohteet

Vaihtoehtoissa VE1a ja VE1b lähimmät asuinkiinteistöt ovat 1300 m etäisyydellä tarvekilouhoksesta (Kuva 3-1).



Kuva 3-1 VE1a ja VE1b etäisyys lähimpään asuinkiinteistöön.

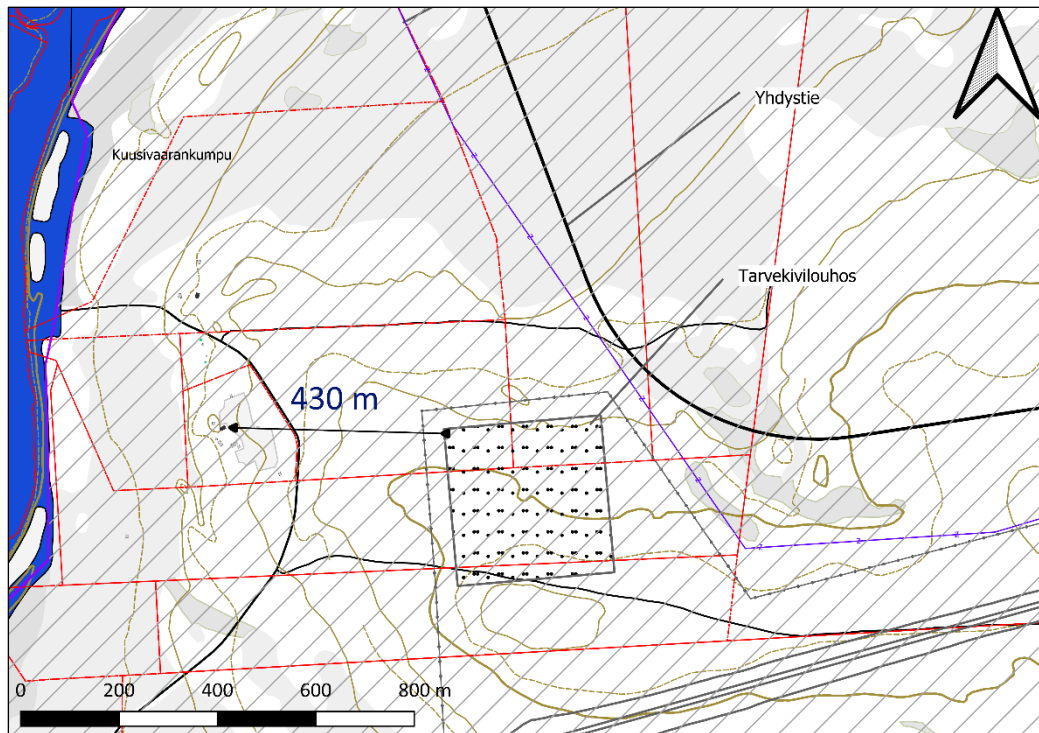
Vaihtoehdossa VE2a tarvekilouhos on selvästi edellä esitettyjä asuinkiinteistöjä lähempänä mutta lähin kohde on Pahanlaaksonmaalla oleva vapaa-ajan kiinteistö, johon etäisyys kaivosvesien keräilyaltaaseen on 390 m (Kuva 3-2).



Kuva 3-2 VE2a etäisyys lähimpään asuinkiinteistöön.

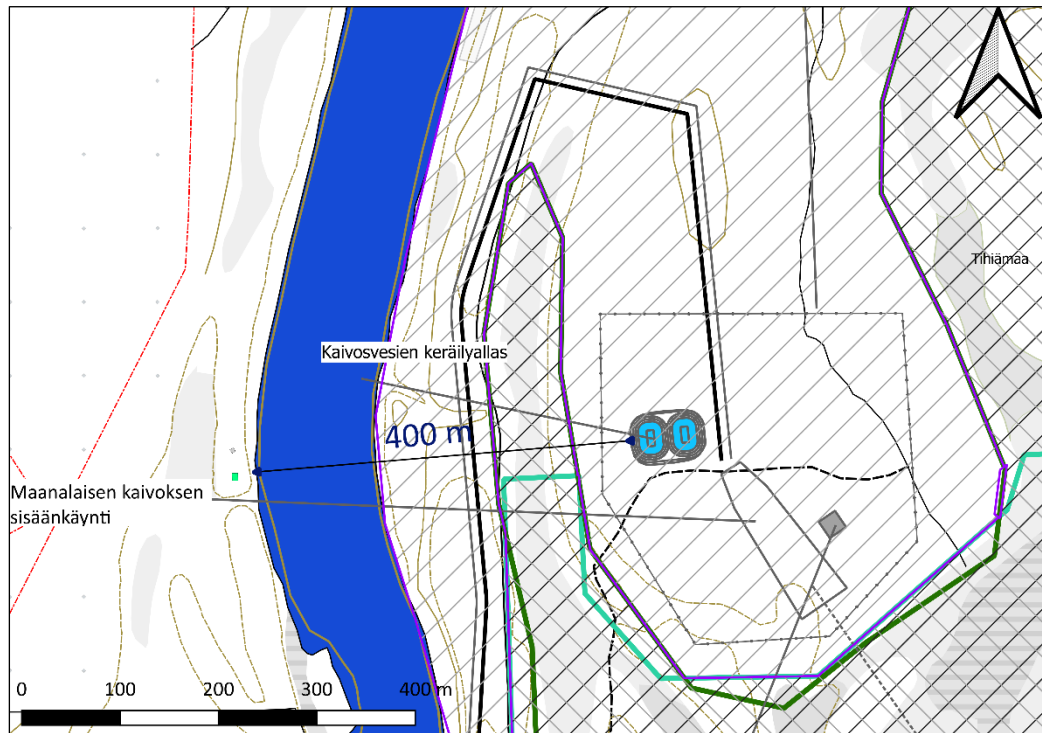
Vaihtoehdossa VE2b kaivosvesien keräilyallas ja muut maanalaisen kaivoksen sisäänkäynnin toiminnot ovat hieman etäämmällä tästä asuinkiinteistöstä, 530 m. Siten vaihtoehdossa VE2b lähin asuinkiinteistö on Tarvekilouhoksesta 430 m länteen (Kuva 3-3). Tarvekilouhos on myös vaihtoehdossa VE2a samassa paikassa.

Alueella on voimassa Kelu-Rajala osayleiskaava, jossa on osoitettu vapaa-ajan asunnon rakennusoikeus alle 200 m etäisyydelle VE2a ja VE2b tarvekilouhoksesta. Myös Pahanlaaksonmaan ranta-alueelle on osoitettu vapaa-ajan asuntojen rakennuspaikkoja lyhimmillään noin 100 m etäisyydelle vaihtoehtojen VE2a ja VE3a pastalaitoksista.



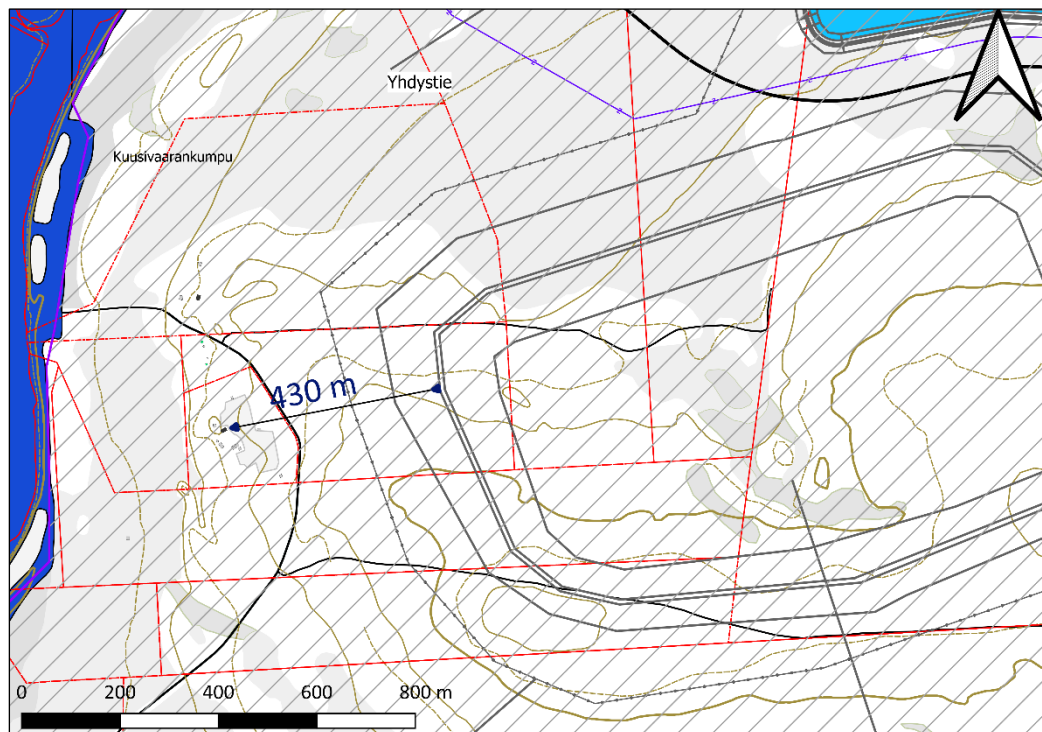
Kuva 3-3 VE2b lähin vapaa-ajan kiinteistö.

Vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b Kärväsniemen pohjoispuolella olevaan vapaa-ajan kiinteistöön on etäisyys kaivosvesien keräilyaltaasta 400 m (Kuva 3-4). Pahanlaaksonmaalla olevasta pastalaitoksesta on 650 m kiinteistölle, joka oli lähin vaihtoehdossa VE2a. Kuusivaaran tehdasalueella olevan rikastushiekka-altaan padon harjalta on vaihtoehdossa VE3a 650 m lähimpään asuinkiinteistöön ja vaihtoehdossa VE3b 430 m.



Kuva 3-4 VE3a ja VE3b lähin vapaa-ajan kiinteistö.

Vaihtoehdossa VE3b rikastushiekka-allas on Kuusivaarassa 430 m etäisyydellä asuinkiinteistöstä (Kuva 3-5).



Kuva 3-5 VE3b toiseksi lähin asuinkiinteistö.

Pienin etäisyys Sakatin kaivoshankkeen toiminnoista lähimpään asuinrakennukseen on 400 m. Louhittava maanalaisen kaivoksen sisäänkäynti on näistä vähintään 90 m etäämmällä. Siten pahin mahdollinen tilanne muodostuisi taulukon Taulukko 3-4 huonoimman mahdollisen maa-aineksen eli pehmeän saven (3 mm/s) ja taulukon Taulukko 3-5 heikoimman rakennustyyppin ja alemman pätevyystason a rakennustapakertoimella (0,55).

Näin laskettu sallittu heilahdusnopeus olisi tällä etäisyydellä 1,65 mm/s. Jos heilahdusnopeus alittaa tämän, voidaan vaatimusten katsoa täyttyvän kaikissa olosuhteissa. Koska maaperä rakennusten kohdalla on hiekkamoreenia muuttuen Kitisen itärannalla sormoreeniksi, voidaan käyttää arvoa 9 mm/s ja näin rakennustapakertoimen kanssa rajaksi muodostuu 5 mm/s. Tämän alittavan liikenoisuuden ei oleteta aiheuttavan rakennevaurioita.

3.3 Menetelmät

Tärinäarviointi tehdään erikseen vaurioriskin ja viihtyvyshaitan suhteen. Viihtyvyshaittaa koetaan jo huomattavan alhaisilla tärinätasoilla verrattuna vaurioriskiin. Koska tärinän kesto vaikuttaa sekä viihtyvyyteen että vaurioriskiin, arvioidaan jatkuvaluonteinen ja kertaluonteinen erikseen.

Jatkuvaluonteiseen liikennetärinään on tässä rinnastettu myös kaivoksen sisäisen louheen ja malmin siirron, murskauksen ja jauhatuksen ja muun prosessoinnin aiheuttama tärinä.

Louhintatärinä taas muodostuu erillisistä ja usein myös ennakoitavista lyhytaikaisista tapahtumista ja tunnusluvun asemesta arviointi tehdään heilahdusnopeuden suhteen. Samoin menetellään myös satunnaisten jännitysten purkautumisista aiheutuvien värähtelyjen kanssa.

3.3.1 Liikennetärinän arviointi

Tärinän tarkastelualueella kaivoksen kuljetukset tapahtuvat maantieliikenteenä kaikissa tutkituissa vaihtoehtoissa. Arviointi suoritettiin VTT:n tiedotteen 2569 *Ohjeita liikennetärinän arviointiin* (VTT 2569) mukaisin menetelmin.

Tärinän tarkastelualueen laajuus määräytyy tien rakenteiden, ajoneuvojen massan ja nopeuden sekä väylän alla olevan pehmeimmän maalajin mukaan (Taulukko 3-6). Arviointi on tehty tieliikenteessä asetuksen 31/2019 mukaisten suurimpien akseli- (11,5/10 t) ja kokonaismassojen (76 t) mukaan sekä kuorma-autoille ja raskaille ajoneuvoyhdistelmille suurimman sallitun ajonopeuden 80 km/h mukaan. Liikennemäärä ei vaikuta tärinän voimakkuuteen. Ajoneuvon ohiajon synnyttämä tärinä kasvaa ajoneuvon massan mukaan, joten taulukkoon on päivitetty nykyisin sallittujen massojen mukaan lasketut etäisyydet. Jos maanvaraisesti perustetun rakennuksen etäisyys tiestä on taulukossa ilmoitettua arvoa suurempi, voidaan olettaa, ettei viihtyvyshaittaa ilmene. Etäisyys voidaan puolittaa, jos kyseessä on yksikerroksinen tai vähintään viisikerroksinen rakennus, jonka lattioiden ominaistaajuus on vähintään 18 Hz.

Taulukko 3-6 Liikennetärinän arviointi, alin tarkkuustaso.

Etäisyys tiestä	Liikennetyyppi ja tie	Ajonopeus km/h	Maalaji
125 m	Raskas maantieliikenne, sileä tie	100	Pehmeä maa
125 m	Raskas liikenne, hidastetyssyt	40	Pehmeä maa
65 m	Raskas katuliikenne, sileä katu	50	Pehmeä maa
20 m	Raskas liikenne, ml töyssyt	40-80	Kova maa

Arviointi tehtiin Geologian tutkimuskeskuksen (GTK) maaperätietojen perusteella käyttäen Taulukko 3-6 esitettyjä enimmäisetäisyyksiä tien kohdalla ja sivuilla olevan maaperän mukaan.

3.3.2 Louhintatärinän arviointi

Maanalaisen kaivoksen louhintatärinän arviointi on tehty SRK:n raportissa (Linzer 2018). Raportti käsittää sekä rakentamis- että tuotantovaiheen louhinnan sekä rakentamisvaiheen mahdollisen tunneliporauksen pinnalle aiheuttamat tärinät. Raportti perustuu maanalaisen räjäytyksen aiheuttaman aaltoliikkeen yksityiskohtaisiin kolmiulotteisiin mallinnuksiin alueen kallio- ja maaperässä erikokoisilla räjäytyspanostuksilla. Lisäksi siinä on arvioitu louhinnan synnyttämien jännitysten satunnaisten purkautumien aiheuttamia tärinätapahtumia ja niiden esiintymistodennäköisyyksiä eri aikaväleillä. Tässä arvioinnissa esitetään raportin suurimmalla panostuksella lasketut heilahdusnopeusvyöhykkeet maan pinnalla.

Tunneliporan osalta arvioidaan sen aiheuttamaa runkoääntä rakennuksissa ja maan pinnalla VTT tiedotteessa 2468 *Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi, 2009* (VTT 2468) kuvatuin menetelmin.

Rakentamisvaiheen louhintojen sekä maanpäällisen tarvekilouhoksen aiheuttamat rakennevaurioiden riskit arvioidaan kiinteistökatselmusten säteen (R) avulla. Jos rakennus sijaitsee pienemmällä etäisyydellä räjäytyspaikasta kuin R, suoritetaan ennen louhintatöiden aloittamista kiinteistökatselmus, jossa kirjataan rakennuksen ominaisuudet sekä mahdolliset aiemmat vauriot. Tarvittaessa asennetaan myös tärinämittari. Sädettä R suuremmilla etäisyyksillä ei katsota olevan vaurioriskiä eikä kiinteistökatselmus ole tarpeen. Etäisyys R määritellään momentaarisen, eli yhtäaikaaisesti räjähtävän räjähdemäärän, Q_m mukaan taulukossa Taulukko 3-7 (Pöllä ym. 1996). Yleensä tuolla etäisyydellä myös rakentamisen aikaisen louhinnan koettu häiriö katsotaan vähäiseksi, vaikka louhintaräjäytysten tärinä onkin selvästi aistittavissa.

Taulukko 3-7 Kiinteistökatselmuksen säde momentaarisen räjähdemäärän mukaan (Pöllä ym. 1996).

Q_m , kg	R, m
20	100
40	200
60	300
80	380
100	450
120	530
140	620
160	680
180	750
200	830
220	900
240	960

Tarvekiven louhinnan osalta arvioitiin momentaariseksi räjähdemääräksi 60 kg, jolloin taulukon mukainen kiinteistökatselmuksen säde on 300 m.

3.3.3 Muut tärinälähteet

Kaivoksen toimiessa syntyy tärinää kiviainesten, malmin ja muiden materiaalien siirrosta. Tämä on suuruusluokaltaan rinnastettavissa liikennetärinään. Tarvekilouhoksen ajoittaisen kivenmurskauksen tärinän vaikutusalue rajoittuu louhoksen alueelle. Malmin esimurskauksen

aiheuttama tärinä tapahtuu maanalaisessa kaivoksessa ja vaikutusalue rajoittuu siellä pienelle alueelle, joten maanpinnalla se ei ole havaittavissa. Malmin jauhatusta voi synnyttää tärinää, jonka vaikutusalue ulottuu enimmillään muutamien kymmenien metrien etäisyydelle. Hihnakuuljettimen aiheuttaman tärinän vaikutus peittyy huoltotien liikenteen aiheuttaman alle. Märkäläjityksen ei katsota aiheuttavan tärinää. Kuivaläjityksessä tärinää muodostuu dumpperien liikkeessä ja lyhytaikaisesti kippauksessa. Nämä arvioidaan liikennetärinään verrattavina.

3.4 Nykytilan selvitys, mittalaitteet ja menetelmät

Nykytilanteessa selvitysalueella ainoa merkittävä tärinän lähde on raskas liikenne. Laskennallisen arvioinnin menetelmät on esitetty kohdassa 3.3.1.

Laskennallisen arvioinnin lisäksi tehtiin liikennetärinämittauksia. Mittaukset suoritettiin kesällä 2018 yhtäjaksoisina viikon kestävinä kampanjoina (MP2 27.6.-4.8. ja MP4 25.7.-6.8). Mittalaitteina käytettiin kummassakin mittauspisteessä kahta White Miniseis II kolmiakselista tärinämittaria (Kuva 3-6 ja Taulukko 3-8). Näistä toinen asetettiin tallentamaan histogrammia, eli tallentamaan tärinän suuruutta koko mittausajalta. Toinen asetettiin tallentamaan yksittäisten tapahtumien aaltomuodot. Tulokset analysoitiin White Seismograph Analysis V12 -ohjelmistolla, jolla tapahtumien aaltomuodoista laskettiin merkitsevät taajuudet. Mittaustuloksista laskettiin tärinän maksimiliikenoisuus $V_{max, 95}$ vaurioherkkyyden arvioimiseksi sekä värähtelyn tunnusluku $V_w, 95$ asumisviihtyvyyden arvioimiseksi. Tärinän merkitsevän taajuuden avulla voidaan arvioida maaperän laatua tärinän etenemisen kannalta.



Kuva 3-6 Tärinämittari ja perustukseen kiinnitetty anturi.

Taulukko 3-8 Tärinämittauslaitteet.

Laite	Valmistaja ja malli	Sarjanumero
Histogrammi tärinämittari	White Miniseis II	4909
Histogrammi tärinämittari	White Miniseis II	6127
Aaltomuodon tallentava tärinämittari	White Miniseis II	4704
Aaltomuodon tallentava tärinämittari	White Miniseis II	4091

3.4.1 Mittauspisteet

Tärinää mitattiin kahdessa mittauspisteessä, joista käytetyt tunnuksat noudattavat melumittausten tunnuksia. Mittauspisteiden sijainnit on esitetty Kuva 1-1 ja taulukossa (Taulukko 3-9). Mittauspiste MP2 oli nykytilassa etäällä suurista teistä ja mittauspiste MP4 oli Sattasen kylässä lähellä vt 4:ää.

Taulukko 3-9 Mittauspisteet ja niiden sijainnit ETRS-TM35FIN koordinaatistossa (Vak.As. = vakituinen asutus).

Tunnus	Kiinteistötunnus	Laji	Osoite	E	N
MP2	758-405-60-7	Vak.As	Pohjantie 215d	482187	7481591
MP4	758-416-15-30	Vak.As	Kyynäskieppi 7	483475	7487858

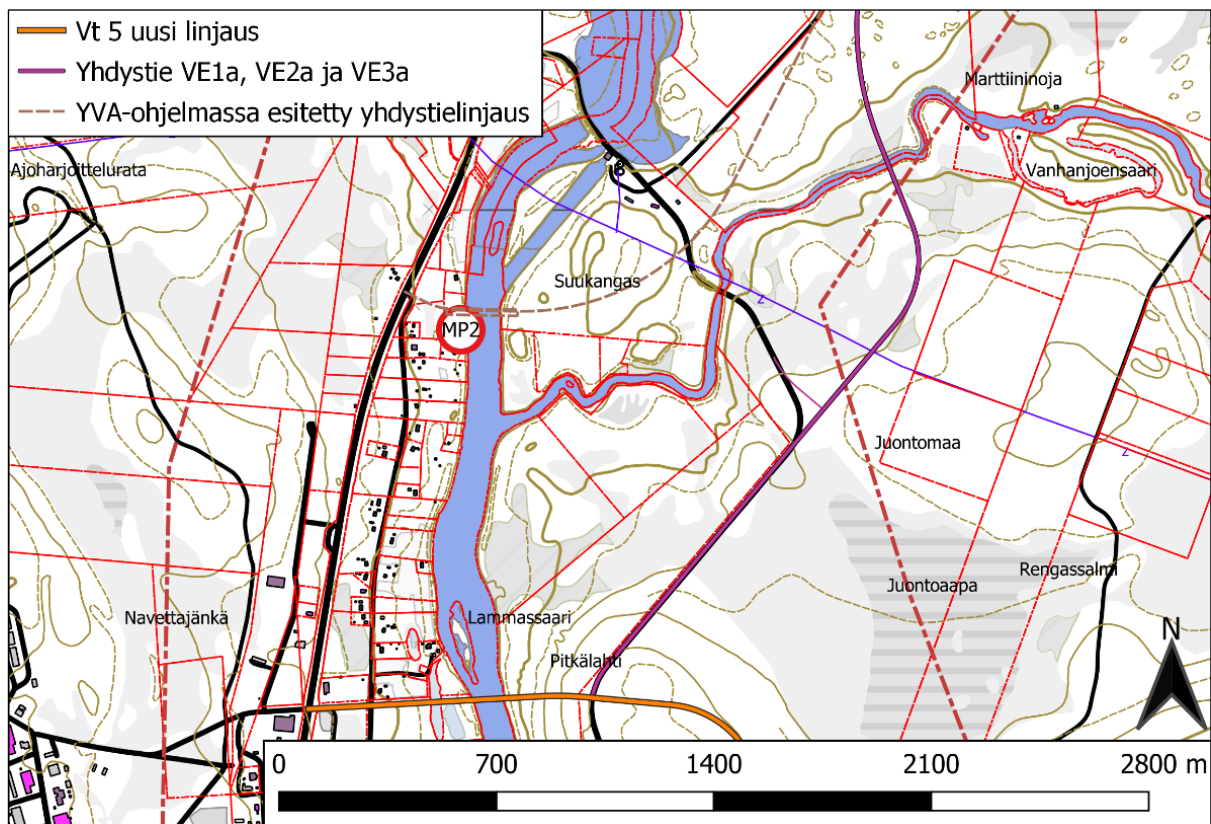
4 NYKYTILA

4.1 Mittaustulokset

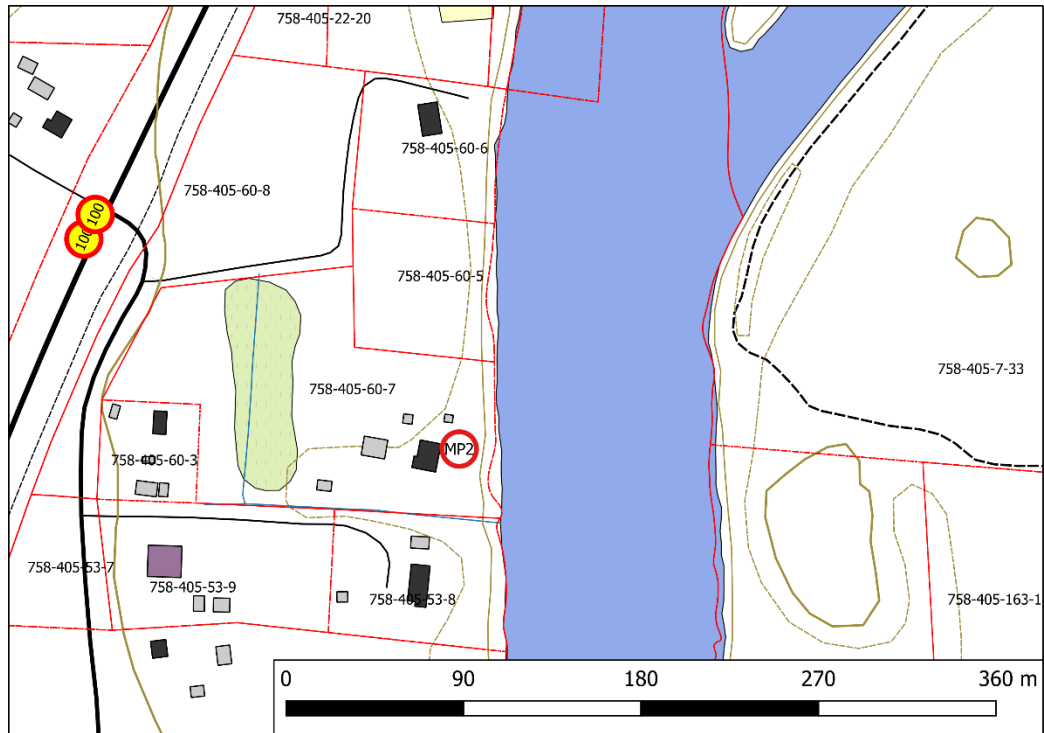
Seuraavissa luvuissa 4.1.1–4.1.2 esitetään kunkin mittauspisteen tarkempi sijainti kartoilla, valokuva mittalaitteistosta sekä mittaustulokset. Yhteenvedo mittaustuloksista on esitetty luvussa 10.1.

4.1.1 Mittauspiste 2

Mittauspiste 2 sijaitsee YVA-ohjelmassa esitetyn siltavaihtoehdon 1 läheisyydessä Kitisen länsipuolella, (Kuva 4-1 ja Kuva 4-2). Sittemmin kaivoksen a-alavaihtoehtojen mukaiselle yhdystielle on esitetty uusi linjaus, joka yhtyy esitettyyn uuteen vt 5 linjaukseen sen Kitisen ylittävän sillan itäpuolella.



Kuva 4-1 Mittauspiste MP2 ja alavaihtoehdon a mukainen yhdystielinjaus.



Kuva 4-2 Mittauspiste MP2 lähempää.

MP2 tärinämittaus tehtiin 27.6. ja 4.8.2018 välisenä aikana. Rakennus on puurunkoinen muuratulla sokkelilla. Kuva 4-3 näkyy tärinämittareiden mittauksessa käytetty sijoittelu. Mittausajanjaksolla mitatut voimakkaimmat tärinätahtumat mittauspisteessä MP2 on esitetty

Taulukko 4-1.



Kuva 4-3 Mittauspisteen MP2 tärinämittarit.

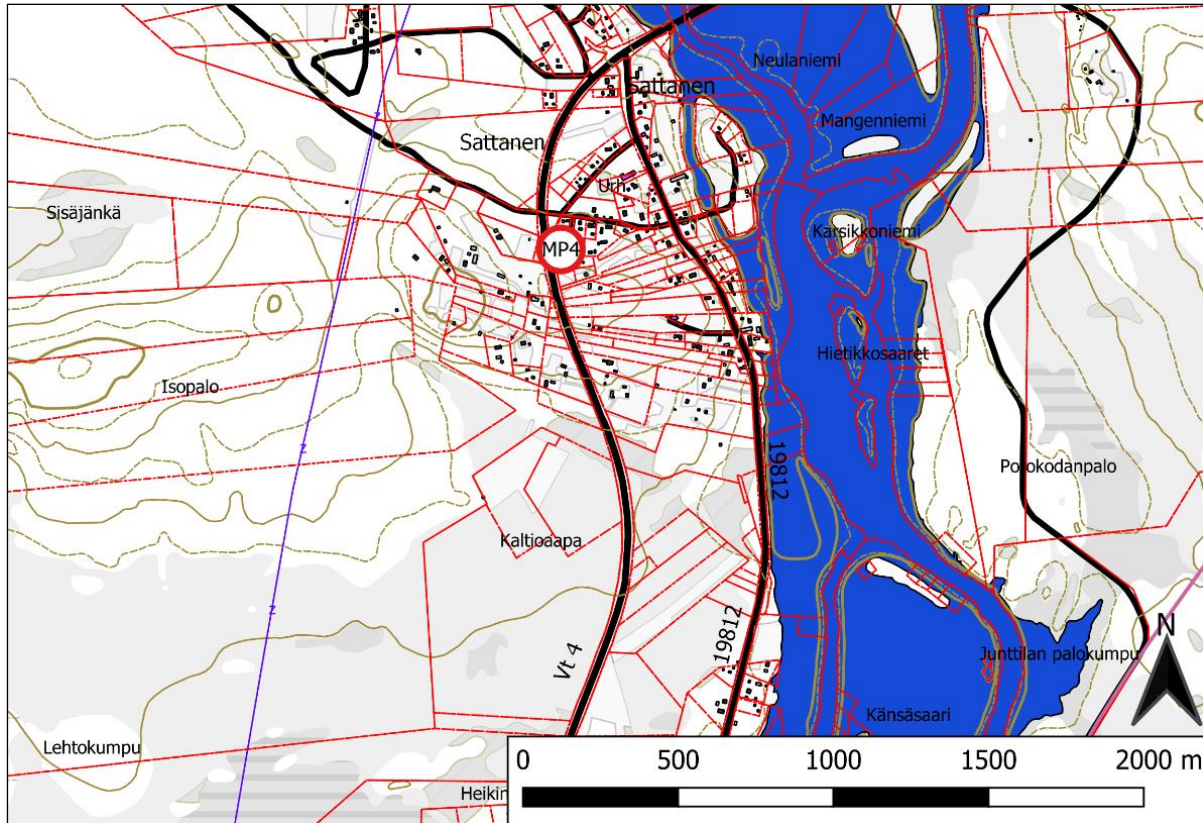
Taulukko 4-1 Voimakkaimmat värinä tapahtumat mittauspisteessä MP2.

Aikaleima	Huippu- arvo [mm/s]	Huippu- arvon taajuus [Hz]	Säteittäi- nen [mm/s]	Pysty- suunta- nen [mm/s]	Pystysuun- tainen taajuus [Hz]	Poikittai- nen [mm/s]	Vektori- summa [mm/s]
27.6.2018 16:06	0,254	0,0	0,127	0,254	0,0	0,127	0,254
27.6.2018 16:11	0,254	0,0	0,254	0,127	0,0	0,127	0,254
27.6.2018 17:29	0,635	51,2	0,127	0,635	51,2	0,254	0,635
27.6.2018 17:29	0,635	51,2	0,127	0,635	51,2	0,127	0,635
27.6.2018 19:33	0,381	42,6	0,127	0,381	42,6	0,127	0,381
27.6.2018 19:54	0,381	85,3	0,254	0,381	85,3	0,254	0,381
28.6.2018 7:46	0,254	0,0	0,127	0,254	0,0	0,127	0,254
29.6.2018 10:07	0,254	0,0	0,127	0,254	0,0	0,127	0,254
29.6.2018 19:49	0,254	0,0	0,127	0,254	0,0	0,254	0,254
29.6.2018 20:15	0,381	51,2	0,127	0,381	51,2	0,127	0,381
30.6.2018 19:02	0,381	51,2	0,127	0,381	51,2	0,254	0,508
30.6.2018 19:34	0,508	46,5	0,127	0,508	46,5	0,254	0,508
1.7.2018 3:30	0,381	42,6	0,127	0,381	42,6	0,127	0,381
1.7.2018 19:49	0,254	0,0	0,127	0,254	0,0	0,127	0,254
4.7.2018 8:23	0,381	73,1	0,127	0,381	73,1	0,254	0,381

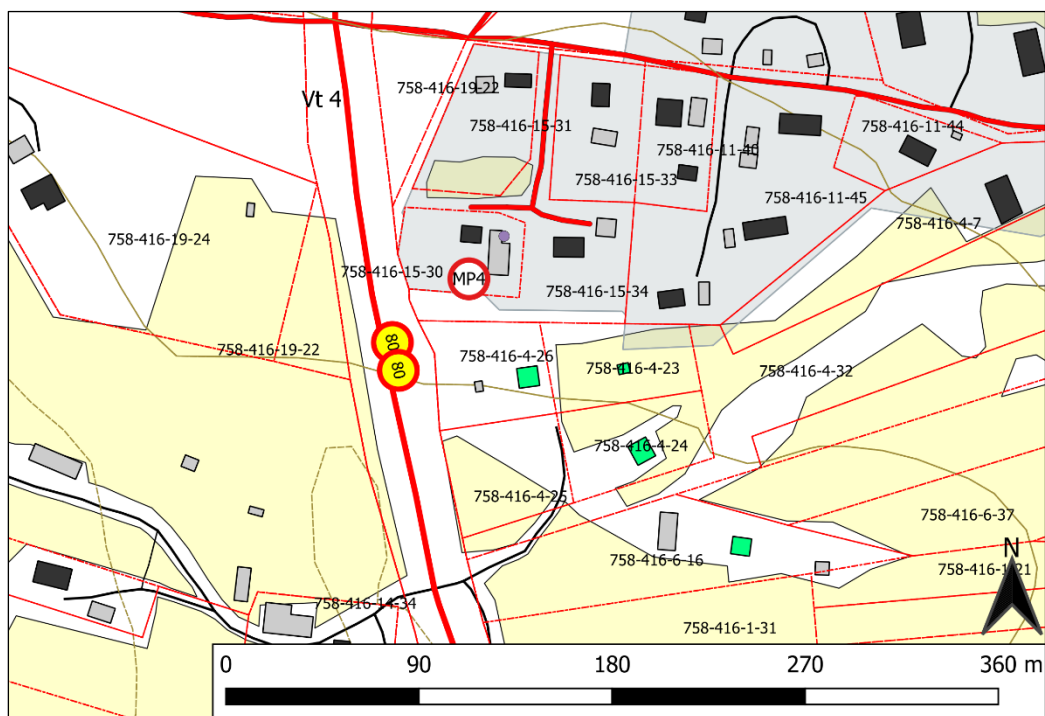
Näistä laskettu $V_{\max,95} = 0,62$ mm/s ja tunnusluku $V_{w,95} = 0,34$ mm/s.
 Rakennus sijoittuu siten värinä vaurion riskiluokkaan E ja värinäluokkaan D.
 Värähtelyn korkea taajuus viittaa karkearakeiseen maahan.

4.1.2 Mittauspiste 4

Mittauspiste 4 sijaitsee Sattasen kylässä sijaitsevalla vakituisella asunnolla (Kuva 4-4 ja Kuva 4-5). Kiinteistö sijaitsee lähellä vt 4:ää (Ivalontie).



Kuva 4-4 Mittauspiste MP4.



Kuva 4-5 Mittauspiste MP4 lähempää.

Mittauspisteen MP4 tärinämittaus tehtiin 25.7. ja 6.8.2018 välisenä aikana. Mittaus tehtiin puurunkoisen piharakennuksen muuratusta sokkelista (Kuva 4-6). Mittausajanjaksolla mitatut voimakkaimmat tärinä tapahtumat mittauspisteessä MP4 on esitetty Taulukko 4-2.



Kuva 4-6 Mittauspisteen MP4 tärinämittaus.

Taulukko 4-2 Voimakkaimmat tärinä tapahtumat mittauspisteessä MP4.

Aikaleima	Huippu-arvo [mm/s]	Huippu-arvon taajuus [Hz]	Säteittäinen [mm/s]	Pystysuuntainen [mm/s]	Pystysuuntainen taajuus [Hz]	Poikittainen [mm/s]	Vektorisumma [mm/s]
1.8.2018 14:42	1,02	256,00	0,254	0,381	256	1,02	1,14
30.7.2018 10:13	1,02	256,00	0,508	1,02	256	0,762	1,02
30.7.2018 12:00	0,889	256,00	0,381	0,889	256	0,635	0,889
1.8.2018 9:19	0,889	256,00	0,381	0,889	256	0,508	0,889
1.8.2018 9:27	0,762	256,00	0,381	0,762	256	0,381	0,889
30.7.2018 9:55	0,762	170,60	0,254	0,762	170,6	0,508	0,762
30.7.2018 10:01	0,762	170,60	0,254	0,762	170,6	0,508	0,762
30.7.2018 10:13	0,762	256,00	0,508	0,762	256	0,508	0,762
30.7.2018 12:00	0,762	170,60	0,254	0,762	170,6	0,508	0,762
1.8.2018 9:19	0,762	256,00	0,254	0,762	256	0,508	0,762
1.8.2018 9:27	0,762	256,00	0,381	0,762	256	0,381	0,762
1.8.2018 9:29	0,762	170,60	0,254	0,762	170,6	0,254	0,762
1.8.2018 9:29	0,635	170,60	0,254	0,635	170,6	0,381	0,762
25.7.2018 13:42	0,635	256,00	0,254	0,635	256	0,127	0,635
27.7.2018 13:10	0,635	85,3	0,381	0,635	85,3	0,508	0,635

Näistä laskettu $V_{\max,95} = 1,0$ mm/s ja tunnusluku $V_{w,95} = 0,58$ mm/s. Rakennus sijoittuu siten tärinä vaurion riskiluokkaan E ja tärinäluokkaan D. Värähtelyn korkea taajuus viittaa karkearakeiseen maahan.

4.2 Tieliikenteen tärinä nykytilanteessa

Yleisesti voidaan todeta liikennetärinän vaikutusalueen ulottuvan enimmillään 125 m etäisyydelle tiestä paikoissa, jossa maaperä on pehmeää, yleensä saraturvetta. Kovalla maaperällä alue ulottuu n. 20 m tien reunasta.

Liikennetärinän mahdolliset vaikutusalueet on esitetty kartoin liitteessä 1, AKU 101. Kartoilla on esitetty myös GTK:n maaperätiedot. Teiden ajonopeudet on huomioitu nykyisten nopeusrajoitusten mukaisina. Lisäksi kartoilla on esitetty uusi vt 5:n linjaus ja sen vaikutukset.

Koska liikennetärinän suuruus ei riipu liikennemääristä, kuvaavat kartan tärinäalueet myös ennustetilannetta sekä näiden teiden osalta myös kaikkia kaivoksen toteutusvaihtoehtoja.

5 KAIVOKSEN RAKENTAMINEN

5.1 Liikenne

Liikenteen aiheuttama vaurioriski on selvitysalueen pääosin kovalla maaperällä erittäin vähäinen. Tärinäalue on määritelty liikenteestä johtuvan tärinän asumisviihtyvyydelle aiheutuvan haitan mukaan käyttäen rajana taulukon Taulukko 3-1 luokkaa C. Liikenteen aiheuttama tärinä ei muutu nykytilanteesta yleisillä teillä. Uusia tärinälähteitä ovat kaikissa vaihtoehtoissa yhdystie sekä vaihtoehtoihin VE2 ja VE3 sisältyvä huoltotie tehdasalueen ja maanalaisen kaivoksen sisäänkäynnin välillä. Näiden tärinäalueet ovat korkeintaan yhtä suuret kuin tieliikenteen aiheuttamat tärinäalueet, suurimmillaan pehmeässä maaperässä 125 m. Liikenteen aiheuttama tärinä, mukaan lukien kaivoksen yhdystien eri vaihtoehdot ja vaihtoehtoihin VE2 ja VE3 sisältyvät huoltotiet on esitetty liitteessä 1 (kartta AKU 101).

5.2 Louhinta

Rakentamisen aikana tarvekilouhoksesta saadaan teihin ja kaivoksen maanpäällisiin rakenteisiin tarvittavat murskeet ja louheet. Tämän lisäksi louhitaan maanalaisen kaivoksen sisäänkäynti sekä vinotunneleiden alkuosat ja mahdollisesti teiden ja rakennusten perustuksia. Vaihtoehtoissa VE2a ja VE3a louhitaan myös pystykuilut maanpinnalta kaivokseen. Pystykuilujen ja vinotunnelien louhinnasta johtuva tärinä on arvioitu kuten maanpäällisen louhinnan tärinä, mutta huomioitu myös tunnelin syvyys etäisyyttä kasvattavana tekijänä. Maanalaisen kaivoksen rakentamisvaiheessa syntyvää tärinää on arvioitu SRK:n selvityksessä (Linzer 2018), jossa sen todettiin olevan selvästi toiminnan aikaista vähäisempää. Louhintatyössä noudatettava ohjeellinen katselmusalue ulottuu yleensä 100 m etäisyydelle (Vuolio 2008, s. 164) räjäytyspaikasta ja siten se rajoittuu tehdasalueelle. Siten rakennevaurioiden esiintyminen tätä etäämpänä on epätodennäköistä. Louhinnan tärinäalueeksi arvioitiin 300 m, jonka ulkopuolelle ei oleteta koituvan merkittävää mukavuushaittaa. Jos tarvekilouhoksessa käytetään suurempia räjähdysainemääriä, voi epämiellyttäväksi koetun tärinän alue kasvaa noin 400 metriin. Rakentamiseen kuuluva maantiivistys voi aiheuttaa pehmeällä maapohjalla pahimmillaan muutaman sadan metrin päässä havaittavaa tärinää. Tärinä voi olla häiritsevää paikallisesti hyvin lyhyen ajan, kunnes työmaa siirtyy eteenpäin. Erityisen tärinäherkkien kohteiden kohdalla voidaan tarvittaessa valita mahdollisimman vähän haittaa aiheuttava menetelmä. Tällaisia erityisen herkkiä kohteita ei ole kaivoksen tärinävaikutusalueella tiedossa. Rakentamisen aikainen tärinä eri vaihtoehtoilla on esitetty liitteissä 3–8 (kartat AKU 103–AKU108). Vaihtoehtoissa VE1a ja VE1b louhinnan tärinäalue rajoittuu suunnilleen Kuusivaaran tehdasalueelle. Vaihtoehtoissa VE2a, VE2b ja VE3a vaikutukset ulottuvat Pahanlaaksonmaalla Kitiseen ja myös noin 150 m suojelualueelle.

Vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b vaikutukset ulottuvat pohjoisempana Kitiseen ja myös noin 200 m suojelualueelle. Asuinkiinteistöille tärinäalueet eivät ulotu missään vaihtoehdossa.

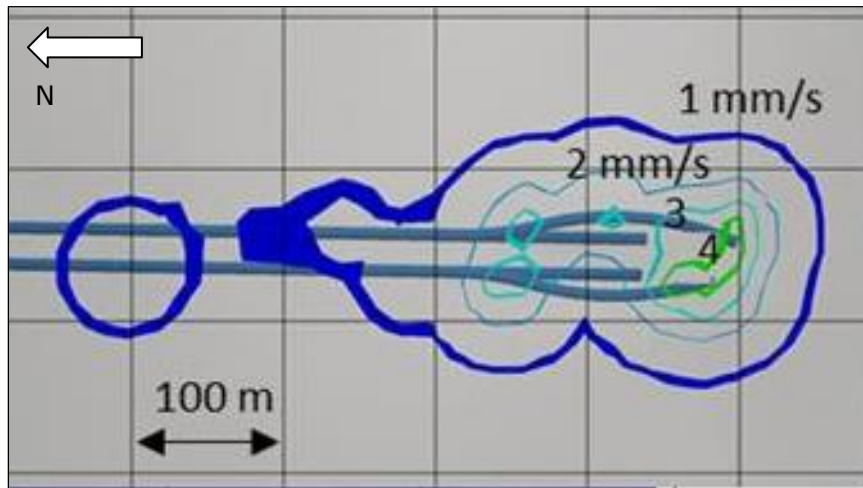
5.3 Rakentamisen aikainen tunneliporaus

Vaihtoehdoissa VE1a ja VE1b kaivoksen vinotunneli on mahdollista perinteisen tunnelilouhinnan lisäksi toteuttaa tunneliporalla. Tällöin vinotunnelin sisäänkäyntialue sekä vinotunnelin alku louhitaan ensin enintään noin 500 m matkalta perinteisellä poraus-/räjäytysmenetelmällä ja tästä eteenpäin tunneli tehdään poraten ilman räjäytyksiä. Vaihtoehdoissa VE2 ja VE3 vinotunneli louhitaan koko matkaltaan perinteisellä poraus-/räjäytysmenetelmällä. Pora on halkaisijaltaan syntyvän tunnelin kokoinen, ks. Kuva 5-1.



Kuva 5-1 Tunnelipora. (Lähde: Cooper 2006)

Vaihtoehtoon VE1 mahdollisesti sisältyvän tunneliporan vaikutukset on arvioitu tärinän osalta SRK:n raportissa (Linzer 2018). Värähtelyn liikenopeus pienenee alle 1 mm/s nopeuteen noin 100 m etäisyydellä porasta. Asumismukavuuden kannalta Taulukko 3-1 mukainen alin hyväksyttävä luokka C voidaan arvioida ulottuvan noin 300 m etäisyydelle porasta. Kuva 5-2 on esitetty maanalaisen kaivoksen sisäänkäynniltä lähtevät vinotunnelit vaihtoehdon VE1a mukaan ja arvioitu tunneliporan aiheuttaman tärinän voimakkuus maanpinnalla. Kuvassa sininen väri kuvaa värähtelyn nopeuden 1 mm/s rajaa, siniharmaa 2 mm/s, turkoosi 3 mm/s ja vihreä 4 mm/s.



Kuva 5-2 Tunneliporauksen värinän värähtelynopeusvyöhykkeet maanpinnalla.
(Lähde: Linzer 2018, Figure ES-2)

Tunnelipora synnyttää noin 20 Hz taajuudella runkomelua (Linzer 2018, Hiller 2000). Runkomelu etenee pääosin kalliassa ja karkeissa maalajeissa sekä voi siirtyä näistä ilmaan muuttuen kuultavaksi ääneksi. Jos maanpeite on pehmeää, runkomelu ei juuri siirry ilmaan. Ilmassa ääni vaimenee yleensä 6 dB etäisyyden kaksinkertaistuessa. Rakennukseen etenevä runkomelu alenee hyväksyttävälle, alle 30 dB tasolle jo alle 100 m etäisyydellä porasta, vaikka rakennus olisi kalliolle perustettu. Suojelualan rajan kohdalla VE1b mukainen suora tunneli on jo noin 150 m syvyydessä, joten avokallion päälläkin tällä kohdalla runkomelu jää alle 30 dB tason. Vaihtoehdossa VE1a tunneli kaartaa suojelualan ulkopuolella ja runkomelu suojelualueella on vielä vähäisempää.

6 KAIVOKSEN TOIMINTA

Maanalaisen kaivoksen tuotannossa syntyvää louhintatärinää on arvioitu maa- ja kallioperän ominaisuuksiin perustuvan kolmiulotteisen mallinnuksen avulla SRK:n raportissa (Linzer 2018) liikenoiteen 1 mm/s asti. Sen mukaan toiminnan aikainen 1 mm/s tärinäalue ulottuu suurimmillaan noin 0,5 km etäisyydelle lähimmästä asuinrakennuksesta. Maan pinnalle etenevä tärinä vähenee mitä syvemmällä maan alla louhitaan. Raportin kartta on yksinkertaistettuna esitetty liitteessä 2 (kartta AKU 102). Koska tämä maanalainen osa ei eroa eri vaihtoehtojen suhteen, kattaa liite kaikki vaihtoehdot. Tärinäalueen ulkopuolella räjäytystärinän liikenoite alittaa 1 mm/s ja sen ei katsota aiheuttavan merkittävää haittaa asumisviihtyvyydelle.

Louheen esimurskaus maanalaisessa kaivoksessa aiheuttaa vähäistä tärinää, joka suuren etäisyyden vuoksi vaimenee havaitsemattomiin ennen maanpintaa. Louhitun malmin ja sivukiven siirto maanalaisesta kaivoksesta maanpinnalle tehdään vaihtoehtoisissa VE1a, VE1b, VE2b sekä VE3b hihnakuiljettimilla ja vaihtoehtoisissa VE2a sekä VE3a erillisen kuilunostimen avulla. Vaihtoehtoisissa VE2a sekä VE3a malmi siirretään kaivoksen nostokuilulta ja vaihtoehtoisissa VE2b sekä VE3b maanalaisen kaivoksen sisäänkäynniltä hihnakuiljettimella Kuusivaaran tehdasalueelle. Malmin siirto ei synnytä merkittävää tärinää. Tärinä vaimenee alle 15 m etäisyydellä kuilujettimestä. Kaivoksen maanpäälliset toiminnot aiheuttavat raskaaseen maantieliikenteeseen verrattavissa olevaa tärinää, joka vaimenee asumisviihtyvyyden kannalta hyväksyttävälle tasolle 20 ... 125 m etäisyydellä tärinän lähteestä. Koska maanpäälliset toiminnot, eli tehdasalue on kovien

maalajien päällä, arvioidaan tärinän vaimenevan havaitsemattomaksi muutamien kymmenien metrien matkalla.

Rikastusprosessissa malmin murskaus ja jauhatus synnyttävät paikallista tärinää, jonka enimmäisarvot määräytyvät työsuojelun kautta laitteiden ominaisuuksiin. Näiden tärinävaikutukset rajautuvat siten yleensä muutamien kymmenien metrien alueelle.

Kaivoksen yhteydessä olevan tarvekilouhoksen synnyttämä tärinä on verrattavissa rakennusvaiheen louhinnan tärinään. Tärinän suuruus riippuu louhinnassa käytetystä panoskoosta. Tärinän voi katsoa vaimenevan hyväksyttävälle tasolle räjäytystyömaan turva-alueen sisällä. Louhoksessa kiviainesta murskataan ajoittain mobiilimurskaimella, jonka synnyttämä tärinä ei aiheuta häiriötä mainittujen turva-alueiden ulkopuolella.

Kaivoksen maanpäällä olevien toimintojen tärinäalueet eri vaihtoehtoissa on esitetty liitteissä 9–14 (kartat AKU 109–114). Tärinäalueet on arvioitu tärinän aiheuttaman viihtyvyyshaitan mukaan. Tärinäalueen ulkopuolella tärinä voi silti olla aistittavissa, mutta sen ei katsota aiheuttavan merkittävää viihtyvyyshaittaa.

Maanalaisesta kaivoksesta irrotetaan vuosien mittaan merkittäviä määriä kiviainesta (malmi- ja sivukiveä). Louhintojen aikana muodostuvia tyhjiä tiloja täytetään mm. rikastushiekasta valmistetulla pastalla, sivukivellä ja sementillä. Tästä huolimatta kallioon syntyy jännityksiä, jotka kaivoksen toiminta-aikana purkautuvat aiheuttaen satunnaisia yksittäisiä värähtelyjä. Noin kerran vuodessa voi noin kilometrin säteellä kaivoksen maanalaisen louhintapaikan päältä olla tapahtuma, jossa värähtelynopeus on 5 ... 10 m/s vastaten alle 100 m päässä tehtävän normaalin kalliolouhinnan aiheuttamaa tärinää. Tämä on selvästi havaittavissa, mutta sen ei yleisesti katsota aiheuttavan rakenteille vaurioita. Noin kerran kaivoksen eliniän aikana voi esiintyä vastaava tapahtuma noin kahden kilometrin etäisyydelle asti.

7 KAIVOKSEN SULKEMINEN

Kaivoksen sulkemistoimien aikana tärinävaikutukset ovat toiminnan aikaisiin verrattavia, paitsi räjäytykset puuttuvat. Sulkemiseen liittyvät purkutoimet sisältävät myös liikennettä. Sulkemisen jälkeen voi vielä esiintyä jännitysten muutosten aiheuttamia satunnaisia yksittäisiä värähtelyjä. Kun louhintaa ei enää tehdä, vähenevät nämä tapahtumat ajan myötä.

8 EPÄVARMUUSARVIO

Mitatun liikennetärinän osalta mittausepävarmuus on noin $\pm 0,2$ mm/s, mikä johtuu suurimmalta osalta mittalaitteen resoluutiosta. Muu liikennetärinän arviointi tehtiin alimman tarkkuustason mukaan ja se sisältää huomattavaa epätarkkuutta, kuitenkin siten, että tärinähaittojen esiintyminen esitettyjen alueiden ulkopuolella on hyvin epätodennäköistä. Louhintatärinän osalta käytettiin suomalaisia ohjeellisia selvitysrajoja, joiden ulkopuolella haittojen esiintyminen on vähäistä. Louhintatärinän arviossa (Linzer 2018) mainitaan epävarmuuden aiheuttajina tärinäaallon etenemisnopeudet sekä kallioperän elastisten ominaisuuksien vaihtelu.

9 HAITTOJEN LIEVENTÄMINEN

9.1 Liikennetärinä

Kaivoksen aiheuttama liikenne noudattaa samoja akseli- ja kokonaismassan rajoja ja nopeusrajoituksia kuin muukin yleisillä teillä kulkeva liikenne.

Kaivoksen raskas liikenne ei ole määräävä osa kuljetusreitien teiden raskaasta liikenteestä yhdystietä lukuun ottamatta. Siten valtateiden tärinähaittojen torjunta on tienpitäjän asia. Tärinän syntyyn vaikuttavat ajoneuvojen kokonais- ja akselimassat, ajonopeus ja tienpinnan tasaisuus. Liikennemäärällä ei ole ensisijaista vaikutusta tärinän voimakkuuteen. Tärinän etenemiseen vaikuttavat tien alla ja siitä häiriintyvään kohteeseen asti olevat maalajit. Tärinän siirtymiseen rakennuksiin vaikuttavat rakennuksen perustamistapa ja kerrosluku. Yksinkertaisimmat torjuntakeinot ovat tienpinnan pitäminen tasaisena ja nopeuden lasku ongelmakohtassa. Tärinän etenemiseen vaikuttaminen on jossain määrin mahdollista mutta yleensä kustannuksiltaan kannattavaa vain erittäin arvokkaan rakennusmaan kohdalla. Yleensä on edullisempaa kasvattaa rakennuksen etäisyyttä tiestä.

9.2 Louhintatärinä

Louhintatärinän voimakkuus riippuu käytetystä panoksen koosta ja tarvittaessa panoskokoa pienentämällä voidaan heilahdusnopeutta pienentää. Haittoja pesimälinnustolle voidaan lieventää rakentamisen aikaisten maanpinnalla tapahtuvien louhintatöiden ajoituksella esim. lintujen pesintäkauden ulkopuolelle. Huolellisella louhinnan ja tyhjiksi louhittujen tilojen täyttöjen suunnittelulla voidaan myös vähentää jännitysten purkautumisista johtuvia satunnaisia värähtelyjä.

10 JOHTOPÄÄTÖKSET

10.1 Nykytila

Nykytilan arviointi tehtiin arvioimalla liikenteen aiheuttamaa tärinää vt 4:n ja vt 5:n varrella. Näiden osalta kaivoksen toiminta ei muuta tilannetta, joten Liitteen 1 (AKU 101) mukaiset tärinäalueet pätevät sekä nykytilanteeseen että kaivoksen toiminnan aikaiseen. Tärinää mitattiin sekä vt 4:n lähellä olevassa mittauspisteessä MP4 että pääteistä kauempana olevassa, YVA-ohjelmassa esitetyn etelässä Kitisen ylittävän siltavaihtoehdon 1, lähellä olevassa mittauspisteessä MP2. YVA-selostuksessa tämä siltavaihtoehto ei enää ole mukana vaan silta on etelämpänä ja osa vt 5:lle ehdotettua uutta linjausta. Nykytilassa tärinä ylitti mittauspisteessä MP4 uusille asuinrakennuksille suositellun luokan C tunnusluvun, ja rakennus sijoittuu luokkaan D, joka on vanhoille asuinrakennukselle vielä hyväksyttävä taso. Mittauspisteessä MP2 tunnusluku ylitti suurimman luokalle C sallitun arvon vain niukasti ja siten mittausepävarmuus huomioiden sen voi lukea myös luokkaan C kuuluvaksi (Taulukko 3-1). Vaurioriskin suhteen kumpikin rakennus sijoittuu Taulukko 3-2 mukaisesti luokkaan E, jossa tärinästä aiheutuvien vaurioiden riski on epätodennäköinen. Mittauksissa todettu melko korkea merkittävin värähtelytaajuus viittaa karkeisiin hyvin kantaviin maalajeihin. Tärinälähteinä nykytilanteessa ovat raskas maantieliikenne sekä kiinteistöllä tapahtuva oma toiminta. Kumpikin rakennus sijaitsee moreenialueella, eli kovalla maaperällä. Mittaustulokset viittaavat siihen, että suurimmat tärinätapahtumat johtuivat kiinteistöllä tapahtuvasta toiminnasta eikä maantieliikenteestä. Tuloksia tarkastellessa tulee huomioida, että luokan C sallima värähtelyn nopeus 0,3 mm/s ylittyy rakennuksen sisällä jo ihmisen kävellessä lattialla mittarin lähellä. Perustukseen tällä ei ole yhtä suurta vaikutusta, mutta esimerkiksi talon lähellä käyvä suurehko moottori voi aiheuttaa rajan ylittävää tärinää.

10.2 Kaivoksen rakentaminen ja toiminta

Liikennetärinän osalta nykytilanne, kaivoksen rakentaminen ja toiminta eri vaihtoehtoihin eivät havaittavasti poikkea toisistaan lukuun ottamatta yhdystien liittymää vaihtoehtosta riippuen joko valtatielle 4 tai 5. Raskaan liikenteen määrän muutos ei vaikuta tärinään. Jo nykytilanteessa raskaan liikenteen määrä on kohtalaisen suuri, eikä kaivoksen tuoma liikenteen lisäys

moninkertaista sitä. Tärinän voimakkuus riippuu ajoneuvojen nopeudesta sekä kokonais- ja akselimassoista, jotka eivät muutu kaivoksen toiminnan seurauksena. Näiden ohella merkittävä tekijä on tienpinnan tasaisuus. Siten tärinä voi lisääntyä, jos tien kunnossapito laiminlyödään. Jos liikenneturvallisuuden kohentamiseksi tiehen rakennetaan hidastetöyssyjä, ne synnyttävät tärinää lähialueelle. Siten niiden suunnittelu tulee tehdä huolella, ettei yhden ongelman ratkaisu synnytä toista.

Liikennetärinän asumista haittaava vaikutus rajoittuu maaperästä riippuen noin 20...125 m etäisyydelle tiestä. Vaurioriskialue on mahdollinen pehmeiköllä tien välittömässä läheisyydessä eikä tilanne kaivoksen rakentamisen tai toiminnan aikana muutu nykyisestä. Asutuksen kannalta kriittisin kohta on yhdystien liittyminen alavaihtoehdosta riippuen joko Sattasen pohjoispuolella vt 4:lle (b) tai Sodankylän keskustan itäpuolella vt 5:lle (a) sekä näihin liittyvät sillat. Koska kyseessä on uusi rakennettava tie, tulee tärinä normaalissa jatkosuunnittelussa huomioitavaksi. Tiesuunnitelmaa ei voida hyväksyä, jos uuden tien aiheuttama tärinä ylittää asuinrakennuksessa luokan C rajan. Koska vt 5:n uusi linjaus toteutunee kaivoksesta riippumatta, voidaan a-alavaihtoja kuitenkin pitää b-alavaihtoehtoja parempina.

Kaivoksen rakentamisen aikana tehdään räjäytystöitä maan pinnalla ja pinnan läheisyydessä. Tarvekilouhoksessa toiminta jatkuu vielä kaivoksen toiminta-aikanakin. Lähimmillään asutusta tarvekilouhos on vaihtoehtoissa VE2a ja VE2b, joissa se on noin 430 m päässä. Kaikissa suunnitelmavaihtoehtoissa etäisyys räjäytyspaikoista lähimpiin asuinrakennuksiin on niin suuri, että rakenteellisten vaurioiden riski jää hyvin pieneksi. Yksittäisen räjäytyksen tärinä on kuitenkin havaittavissa. Maan pinnalla tehtävässä räjäytyksessä havainto koostuu kuulo- ja tärinäaistimuksesta. Myös paineaalto voidaan havaita. Maanalaisesta räjäytyksestä syntyvä ääni vaimenee voimakkaasti ennen maanpintaa ja tunneli myös vaimentaa paineaaltoa. Siten maanalaisen räjäytyksen havainto on lähinnä tärinää.

Maanalaisen kaivoksen sisäänkäynnin sekä vinotunnelin louhinta aiheuttavat tärinää maanalaisen kaivoksen sisäänkäynnin lähistöllä. Tunnelin louhinnan edetessä syvemmälle vähenee maanpinnalle kantautuva tärinä merkittävästi. Vaihtoehtoissa VE1a ja VE1b, jossa myös maanalaisen kaivoksen sisäänkäynti on Kuusivaaran tehdasalueella, ei rakentamisen aikainen tärinä ulotu häiritsevästi asuin- tai suojelualueelle. Vaihtoehtoissa VE2a ja VE3a erillinen nostokuilu sekä vaihtoehdossa VE2a ja VE2b maanalaisen kaivoksen sisäänkäynti sijaitsevat Pahanlaaksonmaalla esiintymän eteläpuolella, josta tärinä voi edetä häiritsevästi suojelualueelle noin 150 m sen rajasta. Vaihtoehtoissa VE3a ja VE3b maanalaisen kaivoksen sisäänkäynti on Pahanlaaksonmaalla esiintymän pohjoispuolella ja rakentamisesta syntyvä tärinä voi edetä häiritsevästi suojelualueelle noin 200 m suojelualueen rajasta.

Jos vaihtoehtoissa VE1a ja VE1b vinotunneli tehdään tunneliporalla louhimisen asemesta, synnyttää tämä noin 20 Hz taajuudella olevaa tärinää, joka voi edetä runkoääninä enimmillään suoraan kallioon perustettuihin rakennuksiin ja vain tehdasalueella. Suojelualueella tunneli on vaihtoehtoissa VE1a ja VE1b jo niin syvällä, että sen ääni on maan pinnalla yleensä kuulumattomissa avokallioita lukuun ottamatta, joissa se voi kuulua heikosti.

Kaivoksen toimiessa maanalaisesta louhinnasta aiheutuvan tärinän heilahdusnopeus jää lähimmän asuinrakennuksen luona selvästi alle 1 mm/s, joka on aistittavissa, mutta vaurioriski jää erittäin pieneksi. Tärinä on suurimmillaan, kun louhinta on ylimmällä tasollaan, noin 150 m maanpinnan alapuolella. Vaurioiden syntyminen vaatii yleensä kertaluokkia suuremman

heilahdusnopeuden. Tämän lisäksi voi kallion jännitysten purkautuessa esiintyä satunnaisia suurempia värähtelyjä, mutta niiden esiintymistiheys on pieni. Koska maanalaisen kaivoksen toiminnan aikainen louhinta tapahtuu samassa paikassa kaikissa vaihtoehdoissa, ei niiden kesken ole eroa. Vaihtoehdoissa VE2a, VE2b, VE3a ja VE3b maanalaisen kaivoksen sisäänkäynti sijaitsee erillään Kuusivaaran tehdasalueesta, ja huoltotien liikenne voi etenkin vaihtoehdoissa VE3a ja VE3b aiheuttaa hetkittäistä tärinää, joka etenee suojelualueen reunaosaan paikoissa, joissa on pehmeä maapohja. Muiden maanpäällisten toimintojen aiheuttama tärinä rajoittuu kaikissa vaihtoehdoissa Kuusivaaran tehdasalueelle eikä sillä ole vaikutuksia asuin- tai suojelualueille missään vaihtoehdossa.

Kaivoksen sulkemisen jälkeen voivat satunnaiset jännitysten purkautumisten aiheuttamat värähtelyt jatkua. Niiden esiintymistodennäköisyys pienenee ajan myötä. Nämä voivat olla selvästi havaittavia, mutta vaurioiden todennäköisyys on hyvin pieni. Vaihtoehtojen välillä ei ole eroa.

11 LÄHTEET

Cooper 2006. Cooper.ch 16:58, 19 September 2006 (UTC) / CC BY-SA.
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/2.5>

Hiller, D.M and Crabb, G.I. 2000. Groundborne vibration caused by mechanised construction works Prepared for Quality Services — Civil Engineering, Highways Agency. Transport Research Laboratory. 96pp.
<https://trl.co.uk/sites/default/files/TRL429.pdf>

Linzer, L. 2018. Sakatti vibration modelling. SRK Consulting (South Africa) (Pty) Ltd, project nr 532790.

NS 8176:2017 Vibrasjoner og støt. Måling I bygninger av vibrasjoner fra landbasert samferdsel og veiledning for bedømmelse av virkning på mennesker. Standard Norge (2017).

Pöllä, J., Kärnä T., Vuolio, R., Paavola, P. & Räsänen H. 1996. Kalliorakentaminen 2000. VTT.

RIL253-2010 Rakentamisen aiheuttamat tärinät, Rakennusinsinöörien liitto (2010).

Valtioneuvoston asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä annetun asetuksen muuttamisesta (31/2019)

VTT tiedote 2278, Talja A: Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta. VTT (2004).

VTT tiedote 2468, Talja A & Saarinen A: Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi. VTT (2009).

VTT tiedote 2569, Talja A: Ohjeita liikennetärinän arviointiin. VTT (2011).

VTT raportti VTT-R-04703-14. Talja A & Törnqvist J: Liikennetärinä, Alueiden tärinäkartoitus ja rakenteiden vaurioitumisalttius. VTT (2014).

VTT WP50, Törnqvist J & Talja A: Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa. VTT (2006).

Vuolio, R. 2008. Räjätysopas. SML:n Maanrakentajapalvelu Oy.

Vuolio, R. & Halonen, T. 2017. Räjätysopas. Rakennustieto Oy.