

OmaisuuDENhallinta/Infrapalvelut

Laatija: Seppo Kasurinen

4.11.2024

Hyväksyjä: Hannu Stam

Avainsanat: [Tärinä](#), [metroliiKENNE](#), [metro](#), [rakentaminen](#), [louhinta](#), [paalutus](#), [räjäyttäminen](#), [ympäristönseuranta](#), [räjäytyskaasu](#), [suojaaminen](#)

**Työskentely metroradan läheisyydessä****Liite2: Metroinfran huomioiminen tärinää aiheuttavien töiden suunnittelussa****Sisällysluettelo**

|      |                                                                |    |
|------|----------------------------------------------------------------|----|
| 1.   | Johdanto .....                                                 | 1  |
| 1.1. | Soveltamisalue .....                                           | 2  |
| 2.   | TÄRINÄÄ AIHEUTTAVAT TYÖT .....                                 | 2  |
| 2.1. | Tärinän ohjearvojen määrittäminen .....                        | 2  |
| 2.2. | Kolmannen osapuolen tarkastaja .....                           | 7  |
| 2.3. | Tärinän mittaaminen .....                                      | 7  |
| 2.4. | Tärinän ympäristöseuranta, katselmoinnit ja kartoitukset ..... | 8  |
| 2.5. | Louhintatyöt (räjäyttämällä) .....                             | 8  |
| 2.6. | Tunnelitarkastaja .....                                        | 13 |
| 3.   | Dokumentointi ja hyväksyttäminen .....                         | 13 |
| 4.   | Muutoshistoria .....                                           | 15 |

**1. Johdanto**

Tämä ohje täydentää Kaupunkiliikenne Oy:n (KLOY) ohjetta *Työskentely metroradan läheisyydessä* ja julkaistaan em. ohjeen liitteenä. Tämän ohjeen tarkoitus on määrittää toimintatavat niissä tapauksissa, joissa rakennus- ja muilla tärinää aiheuttavilla töillä on vaikutus metrojärjestelmän toimintaan tai sen turvallisuuteen. Tärinää aiheuttavaa työtä on muun muassa räjäytys-, pontitus- ja paalutustyöt. Tehtaessa louhintatöitä (räjäyttämällä), aiheutuu kallioiloissa myös kaasujen hallitsemattomasta purkautumisesta riski.

## 1.1. Soveltamisalue

Kaupunkiliikenne Oy toimii Helsingin metroverkon haltijana ja vastaa metrolikenteen järjestämisestä. Tämä ohje annetaan tiedoksi niille toimijoille, jotka työskentelevät metroradan läheisyydessä tai metroradalla.

Tätä ohjetta sovelletaan kaikissa metroradan, metrojärjestelmän tai niiden läheisyydessä tehtävissä töissä aiheuttavissa töissä. Ohjeen tarkoituksena on opastaa toimijoita ottamaan metrolikenne ja metrojärjestelmä huomioon töissään.

## 2. TÄRINÄÄ AIHEUTTAVAT TYÖT

Tärinää aiheuttavia töitä ovat esimerkiksi louhinta räjäyttämällä, iskuvasarointi, lyöntipaalutus, ja pontitus. Porapaalutuksesta ei aiheudu merkittävää tärinävaikutusta. Täten porapaalutusten asentamisesta ei tärinän takia aiheudu merkittävää riskiä metrojärjestelmän kannalta. Porapaalutettaessa kalliotilojen päällä on otettava yhteyttä KLOY:n (ts. yhteydenottooperuste liitteestä 1). Tärinää aiheuttavat työt voivat vaurioittaa metroradan rakenteita tai koko metrojärjestelmää. Vähäisistäkin rakenteellista vaurioista voi seurata liikennöinnin pysähtyminen. Tärinää aiheuttavat työt tulee toteuttaa siten, että niistä johtuva tärinä on hallittavissa ja että niistä aiheutuu mahdollisimman vähän tai ei laisinkaan häiriötä metrolikennöinnille, saati heikennä metrojärjestelmän turvallisuutta. Tämän vuoksi tärinää aiheuttavien töiden takia on kullekin rakenteelle ja laitteelle määritettävä tärinän suurin sallittu heilahdusnopeuden ohjearvo. Työt on suunniteltava ja toteutettava siten, että ohjearvot eivät ylity.

Tekninen ja taloudellinen vastuu tärinän mahdollisesti aiheuttamista suorista ja epäsuorista seurauksista metroinfraan on aina tärinänlähteen aiheuttajan mukaan lukien tilanteet, jolloin hallintatoimenpiteissä voidaan käyttää tämän ohjeen mukaista kevennettyä menettelyäkin.

### 2.1. Tärinän ohjearvojen määrittäminen

Tärinän ohjearvojen määrittämisen perusteena käytetään julkaisua *RIL 253-2024 Rakentamisen aiheuttamat tärinät*.

Louhintatärinän rakenteille vahingollisen vaikutuksen arvio perustuu perustusten rakennustapakertoimeen (Fk), tärinän heilahdusnopeuteen, tärinän eri suuntakomponentteihin ja taajuuteen sekä kohteen ja

---

tärinän lähteen väliseen etäisyyteen. Metrojärjestelmään liittyvät tärinärajat määrittää FISE:n toteama aa-vaativuusluokan tärinäasiantuntija tukeutuen mm. RIL 253-2024 julkaisun taulukkoon 3.1 (Taulukko 1).

Tärinän heilahdusnopeuden etäisyysriippuvan ohjearvon perusarvo ( $v_1$ , mm/s), erilaisille maa- ja kalliopohjille on määritetty julkaisun RIL 253-2024 taulukossa 3.2 (Taulukko 2). Tärinän heilahdusnopeuden ( $v$ , mm/s) suurin ohjearvo on näiden tulo (RIL 253-2024 julkaisussa kaava 3.1, ks. kaava (1)).

$$v = F_k * v_1 \quad (1)$$

Tasaista tärinää aiheuttavissa rakennustoissa, kuten paalutuksissa ja pontinlyönnissä, tärinän vaikutus perustuu rakennustapakertoimeen ja maaperälle määritettävään etäisyysriippumattomaan heilahdusnopeuden arvoon ( $v_0$ , mm/s), ks. kaava (2). Maa- ja pohjarakennustöiden heilahdusnopeuden etäisyysriippumaton ohjearvon perusarvo on määritetty julkaisun RIL 253-2024 taulukossa 3.3 (Taulukko 3).

$$v = F_k * v_0 \quad (2)$$

*Taulukko 1. Rakennustapakertoimet rakenneluokan mukaan (RIL 253-2024, taulukko 3.1). Taulukossa viitataan ohjeen kohtaan 3.9, jossa kerrotaan poikkeuksista Rakennustapakertoimien määrittämisessä. Tätä kohtaa ei tässä ohjeessa ole tarpeen tuntea, sillä tarvittavat asiat ja ratkaisut on kirjoitettu auki tämän ohjeen tekstissä.*

**Taulukko 3.1.** Rakennustapakertoimet tärinän ohjearvojen määrittämiseksi perustuksissa. Taulukossa esitetyistä rakenteista poikkeavien, kuten esim. huonossa kunnossa olevien rakenteiden tärinänkestävyys, on arvioitava tapauskohtaisesti.

| Rakentamisen vaihe                                                                                                                                                                                                                                      | Rakennustapakerroin $F_k$ |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 1. Raskaat teräsbetoni- ja teräsrakenteet, kuten sillat ja laiturit.                                                                                                                                                                                    | 2,00                      |
| 2. Teräsbetoniset, teräksiset ja puurakenteiset teollisuus- ja varastorakennukset. Ruiskubetonoidut kalliotilat, (ks. myös kohta 3.9). Yleensä staattisesti määrätyt rakenteet, joissa ei asuta tai työskennellä.                                       | 1,50                      |
| 3. Pilariperustuksille rakennetut elementtirakenteiset teräsbetonirakenteet. Teräs- ja puurakenteiset toimisto- ja asuinrakennukset. Muut puu- ja teräsrakennukset. Johdot ja maakaapelit (ks. myös kohta 3.9).                                         | 1,20                      |
| 4. Massiiviseinäiset tiili-, kevytsoraharkko- ja teräsbetonirunkoiset teollisuus-, toimisto- ja asuinrakennukset. Lasiseinäiset teräsrunkoiset sekä tiiliverhotut puurunkoiset rakennukset. Ruiskubetonimattomat kalliotilat (ks. myös kohta 3.9).      | 1,00                      |
| 5. Rakennukset, joissa on kevytbetonia, kalkkiahiekkatiiltä tai muuta vaurioherkkää materiaalia kantavissa rakenteissa tai julkisivussa. Tärinä- ja värähtelyherkät historialliset rakennukset, kuten kirkot tai korkeita holveja käsittävät rakenteet. | 0,65                      |

**Taulukko 2. Tärinän heilahdusnopeuden etäisyysriippuvan ohjearvon perusarvo eri perustamisolosuhteille (RIL 253-2024, taulukko 3.2)**

**Taulukko 3.2.** Louhintatärinän heilahdusnopeuden perusarvo  $v_1$  (mm/s) etäisyyden suhteen erilaisille maa- ja kalliopohjille perustetuille rakennuksille. Taulukon ylimmäisessä vaakasarakkeessa on esitetty rakennuksen perustusten alapinnassa oleva maa- tai kalliopohja. Kun sora tai moreeni on löyhää, arvioidaan kerroin  $v_1$  sarakkeen 3 perusteella.

| 1            | 2                                                  | 3                                 | 4                                                          | 5              |
|--------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------|
| Etäisyys (m) | Pehmeä savi, leikkauslujuus < 25 kN/m <sup>2</sup> | 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                                                         | 53             |
| 30           | 7                                                  | 14                                | 25                                                         | 45             |
| 40           | 6                                                  | 13                                | 23                                                         | 41             |
| 50           | 6                                                  | 12                                | 21                                                         | 37             |
| 75           | 5                                                  | 11                                | 19                                                         | 32             |
| 100          | 5                                                  | 10                                | 17                                                         | 28             |
| 200          | 4                                                  | 9                                 | 14                                                         | 22             |
| 500          | 3                                                  | 7                                 | 11                                                         | 15             |
| 1 000        | 3                                                  | 6                                 | 9                                                          | 12             |
| 2 000        | 3                                                  | 5                                 | 7                                                          | 9              |
| 5 000        | 3                                                  | 4                                 | 5                                                          | 6              |
| 10 000       | 3                                                  | 3                                 | 4                                                          | 5              |

**Taulukko 3. Heilahdusnopeuden perusarvo työmenetelmittäin ja perustuspohjan tyypin mukaan (RIL 253-2024, taulukko 3.3)**

**Taulukko 3.3.** Heilahdusnopeuden perusarvo  $v_0$  (mm/s) työmenetelmittäin ja 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  $v_0$  sarakkeen 3 perusteella.

| 1                                                                                                                                                                                                          | 2                                                  | 3                                 | 4                                                          | 5              |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------|
| Työmenetelmä                                                                                                                                                                                               | Pehmeä savi, leikkauslujuus < 25 kN/m <sup>2</sup> | Sitkeä savi, siltti, löyhä hiekka | Tiivis hiekka, sora, moreeni, rikkonainen tai löyhä kallio | Kiinteä kallio |
| Pudotustiivistys, lyöntipaalutus, maankaivu, työmaaliikenne, pontitus lyömällä ja täryttämällä, tärytiivistys, porapaalutus, purkutyöt <sup>*)</sup> , iskuvasaran käyttö eri tarkoituksiin <sup>**)</sup> | 5                                                  | 7                                 | 10                                                         | 12             |

<sup>\*)</sup> Purkutöiden osalta kyseessä yleinen ohjearvo. Vaativissa kohteissa tai kun purettava kohde sijaitsee kiinni seurattavassa rakennuksessa, aa-luokan tärinäasiantuntija voi määrittellä ohjearvon tapauskohtaisesti myös siirtymän arvona tai korkeammalle heilahdusnopeudelle. Räjäheteitä käytettäessä tulee erityisesti ottaa huomioon lisäksi ilmanpaine.

<sup>\*\*)</sup> Kun iskuvasaralla hakataan kalliota lyhytkestoisilla iskusarjoilla, ohjearvo voidaan määrittää louhinnan arvojen mukaisesti (taulukko 3.2). Tärinän taajuuden vaikutus rakenteiden rasitukseen on otettu huomioon heilahdusnopeuden perusarvossa. Se on määritetty etäisyyden ja maa- pohjakertoimien perusteella.

Rakentamisesta aiheutuvien värinän ohjearvot määritetään rakenne- ja laitekohtaisesti. Ohjearvoja määritettäessä tulee myös huomioida rakenteiden kunto ennen töiden aloittamista ja värinän ohjearvot tulee määrittää hankekohtaisesti ajantasaisin tiedoin rakenteiden kunnosta.

Seuraavassa taulukossa (Taulukko 4) on esitetty kiinteälle kalliolle perustetuille rakenteille louhintavärinän heilahdusnopeuden suurin ohjearvo värinänlähteen etäisyyden mukaan esitettynä. Heilahdusnopeuden suurin ohjearvo määritetään etäisyyden ja rakennustapakertoimen ( $F_k$ ) avulla. Rakennustapakerroin valitaan aiemmin esitetyn taulukon (Taulukko 1) mukaan. Esimerkiksi hyväkuntoisen ruiskubetonoidun kalliotilaan sallitaan etäisyyden ollessa 50 metriä ja rakennustapakerroin ollessa 1,50 värinän heilahdusnopeudeksi enimmillään 55 mm/s ( $\approx 55,5 \text{ mm/s} = F_k \cdot v_1 = 1,50 \cdot 37 \text{ mm/s}$ ; jossa arvo 37 mm/s tulee taulukosta 2).

Mikäli rakenteille ei erikseen määritetä värinäasiantuntijan toimesta rakennustapakerointa, mutta värinää kuitenkin mitataan, tulee louhintojen suunnittelussa ja toteutuksessa kalliorakenteiden värinäkestävyyden rakennustapakertoimen enimmäisarvona käyttää 0,3 ja betonirakenteille kerrointa 0,4. Kertoimet on johdettu sen perusteella, että ne ovat pienempiä kuin RIL 253-2024 julkaisun pienimmät rakennustapakertoimen taulukkoarvot. Lujittamattomat ja lujitetut kalliorakenteet katsotaan värinäkestävyydeltään herkemmäksi kuin valettu betonirakenne. Tällä määritystapamenettelyllä kannustetaan rakennuttajaa teettämään laajemman värinävaikutuksen arvioinnin niissä tapauksissa, joissa louhintaa voitaisiin tehdä ilman arviointia värinän ohjeen luvussa 2.5 esitetyllä tavalla. Teettämällä metrojärjestelmän kattavan värinävaikutuksen arvioinnin ja värinäseurantaohjelman rakennuttaja voi useissa tapauksissa saada hyötyä tehokkaammasta rakentamisesta.

Tietyissä olosuhteissa on määritetyt rakennustapakertoimet ja louhintasuunnitelmat tarkistettava kolmannen osapuolen toimesta. Tästä kerrotaan enemmän luvussa 2.2.

Kaikki rakenteiden ja laitteiden ohjearvot on esitettävä niin, että mikään värinän komponenteista (pysty, pitkittäinen, poikittainen) ei ylitä esitettyä ohjearvoa. Laitteiden värinäkestävyyden ohjearvo voidaan myös esittää kiihtyvyytenä.

*Taulukko 4. Louhintätärinän heilahdusnopeuden suurin ohjearvo rakennustapakertoimen (Fk) ja etäisyyden mukaan kiinteälle kalliolle perustetuille rakenteille. Fk-kertoimet 0,30 ja 0,40 lukuarvot eivät perustu julkaisuun RIL 253-2024 ja niitä sovelletaan vain yli 50 m etäisyyksillä.*

|             | Fk-kerroin |      |      |    |      |      |     |
|-------------|------------|------|------|----|------|------|-----|
|             | 0,30       | 0,40 | 0,65 | 1  | 1,20 | 1,50 | 2   |
| <b>10</b>   | -          | -    | 44   | 70 | 84   | 104  | 140 |
| <b>20</b>   | -          | -    | 34   | 53 | 62   | 78   | 106 |
| <b>30</b>   | -          | -    | 28   | 45 | 54   | 66   | 90  |
| <b>50</b>   | 10         | 14   | 24   | 37 | 44   | 54   | 74  |
| <b>100</b>  | 8          | 10   | 18   | 28 | 32   | 42   | 56  |
| <b>200</b>  | 6          | 8    | 14   | 22 | 26   | 32   | 44  |
| <b>500</b>  | 4          | 6    | 8    | 15 | 18   | 22   | 30  |
| <b>1000</b> | 2          | 4    | 6    | 12 | 14   | 18   | 24  |

## 2.2. Kolmannen osapuolen tarkastaja

Rakennushankkeen esittäessä yli 1,0 rakennustapakertoimen käyttöä ja/tai louhintatöiden sijaitessa lähellä metrolinjaa, on hankkeessa nimettävä riippumaton kolmannen osapuolen tarkastaja, joka on vastuussa rakennusvalvonnalle. Tämä tarkastaja hyväksyy, täsmentää tai hylkää rakennushankkeen esittämää tärinän heilahdusnopeuden ohjearvoja ja tärinään liittyviä työsuunnitelmia. Tarkastajan lausunto toimitetaan KLOY:lle ennen tärinää aiheuttavien töiden aloittamista. Tilanteet, joissa on käytettävä kolmannen osapuolen tarkastajaa, on esitetty taulukossa 5.

## 2.3. Tärinän mittaaminen

Tärinän suuruutta seurataan tärinämittareilla. Tärinämittarit mittaavat vähintään tärinän heilahdusnopeuden (pysty-, pitkittäinen-, poikittainen komponentti), tärinän taajuuden ja kiihtyvyyden. Tärinämittarit sijoitetaan tärinän laskennallisen vaikutusalueen sisäpuolella oleviin tärinäherkkiin laitteisiin ja tärinäasiantuntijan määrittämiin rakenteisiin. Tärinämittauspisteiden sijainnit on sovittava KLOY:n kanssa ja niiden sijaintia tulee voida vaihtaa tarpeen mukaan työn aikana. Mittaustulokset tarkistetaan tärinäasiantuntijan ylläpitämän internetpohjaisen palvelun avulla louhijan toimesta jokaisen räjäytyksen jälkeen ja tärinäylityksistä ilmoitetaan KLOY:n (metron operaattorin) edustajalle. Mittaustulosten tulee olla KLOY:n edustajan saatavilla. Tärinän seurantaa ei ehdottomasti edellytetä, mikäli toimitaan tämän ohjeen luvussa 2.5 ja taulukossa 5 esitetyllä tavalla.

## 2.4. Tärinän ympäristöseuranta, katselmoinnit ja kartoitukset

Metrojärjestelmän rakenteet ja laitteiden kunto tulee katselmoida ja määrittää hankekohtaisesti. Kalliorakenteiden osalta on kartoitettava koko metroaseman- tai tunneliosuuden ruiskubetonipinta mahdollisine halkeamineen ja vesivuotoineen. Katselmoinnin suorittaa ulkopuolinen ja puolueeton tärinäasiantuntija rakennushankkeeseen ryhtyvän kustannuksella ennen töiden alkamista ja töiden jälkeen, mutta myös tarvittaessa töiden aikana. Tärinäasiantuntijan tulee huomioida vaurioitunut rakenne määritettäessä rakenteelle rakennustapakerrointa tai heilahdusnopeuden ohjearvoa.

Tarvittavat laitteiden tärinävaimennukset tehdään ennen tärinää aiheuttavien töiden aloittamista. Tärinävaimennusta ei poisteta töiden jälkeen, ellei tätä erikseen ohjeisteta. Kaikista metrojärjestelmän suojaustimenpiteistä tulee laatia suunnitelmat, jotka hyväksytään ennakoon KLOY:lla tai sen edustajalla. Tärinäherkät laitteet ja suojaamisen periaatteet tulee esittää työmaasuunnitelmassa.

Mahdollisten vaurioiden ja tärinäylityksien takia on varauduttava tekemään välikatselmuksia vaurioitilanteiden selvittämiseksi sekä varauduttava laajentamaan tärinäherkkien laitteiden ja rakenteiden vaimennus-aluetta ja katselmointialuetta. Sekä luetteloinnissa että katselmuksissa on oltava mukana KLOY:n edustus.

## 2.5. Louhintatyöt (räjäyttämällä)

Metrorata-alueen sijaitessa suljetussa tilassa (betoni- tai kalliotunnelissa tai -tilassa) on louhintatöissä huomioitava eri asioita kuin avorata-osuuksilla. Tämän luvun alussa esitetään yleiset louhintatyöhön liittyvät ohjeet ja luvun lopussa on erikseen kalliotiloissa sijaitsevan metrorata-alueen lähellä tehtävien louhintojen ohjeet.

Räjäyttämällä tehtävän louhintatyön vaikutuksia metrojärjestelmään ja liikennöinnin turvallisuuteen on arvioitava etukäteen ennen työn aloittamista osana räjäytystöistä tehtävää turvallisuussuunnitelmaa. Louhintaurakoitsijan tulee arvioida ja esittää riskienarviointisuunnitelmissa tarvitaanko räjäytystöihin liikenteenohjauksen lupa ja pitääkö liikenne katkaista räjäytysten ajaksi. KLOY:lle tulee kaikissa tilanteissa antaa mahdollisuus kommentoida suunnitelmia. Louhintatöitä suunniteltaessa tulee huomioida, että metroliiikenne yleensä jatkuu koko louhintatyön ajan normaalien aikataulujensa mukaisesti. Jos liikennettä on tarpeen rajoittaa räjäytysten aikana, arvioi KLOY miten ja milloin liikennerajoitukset ovat mahdollisia ja tuleeko niistä ylimääräisiä kustannuksia räjäytystyön suorittajalle.

Metrojärjestelmään liittyvien laitteiden tärinän heilahdusnopeuden yläraja on asetinlaitetilojen (rele- ja tietokonepohjaiset laitteet) osalta 10 mm/s. Syöttöasemien, sähkökeskustilojen ja kytkinkenttien osalta tärinän heilahdusnopeuden yläraja on 20 mm/s. Mikäli voidaan osoittaa, että tavanomainen liikennöinti aiheuttaa laitteeseen suuremman tärinän heilahdusnopeuden kuin edellä mainitut raja-arvot, ja siten laitteen voidaan olettaa kestävän tätä suurempaa tärinävaikutusta, voi urakoitsija esittää KLOY:lle, että laitekohtaisesti käytettäisiin suurempaa tärinän heilahdusnopeuden raja-arvoa.

Mikäli louhimalla liitytään metrojärjestelmän kalliotiloihin, on tehtävä erillinen tarkempi selvitys työn toteutettavuudesta ja turvallisuudesta sekä kalliotilojen stabiliteetista eikä tällaisessa hankkeessa voida tukeutua pelkästään tähän ohjeeseen.

Räjäytysten suunnittelussa ja riskienarvioinnissa tulee vähintään ottaa huomioon

- louhintatyön aikana syntyvän pölyn hallinta
- tärinän vaikutus ja sen rajoittaminen
- louheen hallitsematon purkautuminen tai paisuminen
- louhintatyön jäljelle jäävään kalliopintaan syntyvät ryöstymät
- räjäytyksen aiheuttama ilmanpaineaalto
- räjäytyskaasujen hallitsematon purkautuminen muihin kalliotiloihin (tarkastelu ja varautuminen mahdollisine suojauksineen syytä tehdä louhintojen sijaitessa alle 15 m etäisyydellä olevasta kalliotilasta)
- mahdollisesti kivien sinkoutumisien aiheuttamat vahingot metrojärjestelmälle ja ennen kaikkea
- ihmisten turvallisuus kaikissa tilanteissa.

Nämä kaikki vaikutukset tulee ottaa huomioon ja niitä tulee suunnitelmallisesti hallita ja rajoittaa. Avorotana kulkevan rataosuuteen koskevien riskien minimoimiseksi tulee erityisesti panostaa avolouhintana räjäytettävän kentän peittämiseen ja räjäytysten suuntaamiseen. Erityisesti kivien sinkoutuminen aiheuttaa merkittävän vaaratekijän henkilöturvallisuudelle, metrolikenteelle ja metrojärjestelmän rakenteille. Metron maanpäällisten rakennuksien ja näiden lähialueiden turvallisuus on myös taattava.

Räjäytystöissä KLOY:n kuulemistarpeen arvioinnissa tulee huomioida RIL 253-2024 mukainen laskennallinen tärinän heilahdusnopeus rakennuskohteen ja metrojärjestelmän osan lyhyimmän etäisyyden perusteella. Tärinän heilahdusnopeuden lisäksi räjäytysten etäisyys metro-rata-alueesta vaikuttaa siihen, onko KLOY:n kuuleminen välttämätöntä.

Pohjana yhteydenottotarpeen arvioinnille käytetään seuraavia kriteereitä:

- Tehtäessä räjäytyksiä alle 100 metrin etäisyydellä metrorata-alueesta on otettava yhteyttä KLOY:een, koska tällöin työt vaativat toimenpiteitä metrojärjestelmän turvallisen käytön ja kunnan varmistamiseksi. Tällaisen työmaan vaikutuksista metrorataan tulee myös aina tehdä riskienarviointi. Työskenneltäessä alle 100 metrin etäisyydellä metrorata-alueesta, työsuunnitelmat tulee aina toimittaa tiedoksi KLOY:lle.
- Tehtäessä räjäytyksiä 100–200 metrin etäisyydellä metrorata-alueesta, on tarpeen kuulla myös KLOY:n näkemys työmaan vaikutuksista. Yhdessä KLOY:n kanssa on tarpeen pohtia, tuleeko työmaan vaikutuksista metrojärjestelmään tehdä riskienarviointi.
- Tehtäessä räjäytyksiä kauempana kuin 200 metrin etäisyydellä metrorata-alueesta ei KLOY:n kuuleminen ole välttämätöntä, jollei hankkeessa tehdä tavanomaisesta poikkeavia (esim. momentaanin räjähdysainemäärä on poikkeuksellisen suuri) tärinää aiheuttavia töitä.

Tehtäessä räjäytyksiä metroradan läheisyydessä tulee huomioida, että metroradan ulkopuolella tapahtuva räjäytystyö tulee tehdä ratatyönä, jos sillä mahdollisesti on vaikutusta metrojärjestelmään tai jos työtä varten tarvitsee hankkia liikenteenohjauksen lupa metrol liikenteen keskeyttämiselle räjäytyksen ajaksi. Tällöin on louhintaurakoitsijan esitettävä ennen töiden aloittamista suunnitelmat siitä, miten ja millä aikataululla toimitaan, jos raiteen tai metroaseman rakenteisiin syntyy merkittäviä käyttöä tai turvallisuutta haittaavia vaurioita tai muuta odottamatonta tapahtuu. Nämä toimenpiteet määritetään metroradan turvallisuutta koskevassa suunnitelmassa.

Liikennöintiä voidaan joissakin tilanteissa jatkaa metroradan läheisyydessä tehtävien räjäytysten aikana. Urakoitsijan tulee sopia KLOY:n kanssa tarkat päivittäiset räjäytysajat, jos räjäytystöitä tehdään ilman ratatyötä. Räjäytysten suunnitteluvaiheessa louhintaurakoitsija ehdottaa KLOY:lle räjäytysaikaa vähintään viikkoa ennen suunniteltua ensimmäistä räjäytysajankohtaa. Mahdolliset aikaikkunat sovitaan tapauskohtaisesti ja tarkan räjäytysajankohdan määrittää kuitenkin metrol liikenteen liikenteenohjaus. Metroradan läheisyydessä ei lähtökohtaisesti sallita räjäytyksiä lainkaan ruuhka-aikoina noin klo 6:20–9:20 ja 14:20–18:20.

### **Erityishuomioita metroradan sijaitessa kalliotilassa**

Kalliomassan poistaminen metrojärjestelmän välittömässä läheisyydessä (noin 10...50 m kalliotilasta) on rajoitettu kolmiulotteisesti järjestelmän sijaitessa kalliotilassa. Mikäli rakennustoimenpiteillä on tarkoitus liittyä metrojärjestelmän kalliotiloihin eivät rajoitukset päde liittymisen osalta.

---

Erillistä metrojärjestelmän betoni- tai kalliorakenteet kattavaa laajaa katselmointia ja tärinäseuranta ei ole tarpeen tehdä louhintatöiden sijaitessa:

- yli 200 m etäisyydellä rakenteesta ja momentaanisen räjähdysainemäärän ( $Q_{\text{mom}}$ ) määrä on alle 25.3 kg ja nallituksessa on yli 25 ms aikaväli
- yli 150 m etäisyydellä rakenteesta ja momentaanisen räjähdysainemäärän ( $Q_{\text{mom}}$ ) määrä on alle 15.3 kg ja nallituksessa on yli 25 ms aikaväli
- yli 100 m etäisyydellä rakenteesta ja momentaanisen räjähdysainemäärän ( $Q_{\text{mom}}$ ) määrä on alle 8 kg ja nallituksessa on yli 8 ms aikaväli
- yli 50 m etäisyydellä rakenteesta ja momentaanisen räjähdysainemäärän ( $Q_{\text{mom}}$ ) määrä on 2.7 kg ja nallituksessa on yli 8 ms aikaväli.

Yllä olevat etäisyydet ja arvot perustuvat kirjan Räjäytystyöt (Vuolio & Halonen, 2010) taulukkoon 9.14 ja RIL 253-2024 taulukkoon L6.1. Esi-  
tettujen ehtojen täytyessä ja metrojärjestelmän sijaitessa alle 100 m  
etäisyydellä louhintakohteesta laaditaan suppea tärinävaikutusten arvi-  
ointi, jonka laajuuden määrittää tärinäasiantuntija. Suppeassa tärinävai-  
kutuksen arvioinnissa otetaan kantaa vähintään laitteiden tärinä-  
vaimennukseen, seurantaan sekä katselmusmenettelyyn. Jos riskin ar-  
vioinnissa tulee erityisesti varottavia kohteita, tulee palata metrojärjes-  
telmän betoni- ja kalliorakenteet kattavaan laajaan katselmointiin ja tä-  
rinäseurantaan. Rakennushankkeen halutessa käyttää suurempia mo-  
mentaansia räjähdysainemääriä kuin mitä yllä on esitetty, on noudatet-  
tava taulukossa 5 esitettyä menettelyä.

*Taulukko 5 Riippuen louhintakohteen etäisyydestä metrojärjestelmään ja rakennustapakertoimesta, edellytetään eri toimenpiteitä kun momentaaninen räjähdysainemäärä ylittää tietyn rajan. Alla olevassa taulukossa "RA" = riskienarviointi, "M" = mittausohjelma (tärinä, siirtymä jne.), "(M)"=mittausohjelman laatiminen tulee arvioida tapauskohtaisesti, sillä mittausta edellyttävä momentaanisen räjähdysaineen määrä hyvin suuri ja täten epätodennäköinen metrojärjestelmän läheisyydessä, "3" = kolmannen osapuolen tarkastaja. Mustan ruudun olosuhteet edellyttävät erityisselvityksiä ja työn poikkeuksellisen tarkkaa suunnittelua.*

|                       |          | Rakennustapakerroin Fk |           |        |
|-----------------------|----------|------------------------|-----------|--------|
|                       |          | <0,65                  | 0,65..1,0 | >1,0   |
| Etäisyys vaakatasossa | 0..10    |                        | RA+M+3    |        |
|                       | 10..30   |                        | RA+M+3    | RA+M+3 |
|                       | 30..50   |                        | RA+M      | RA+M+3 |
|                       | 50..100  | M                      | RA+M      | RA+M   |
|                       | 100..200 | M                      | RA+(M)    | RA+(M) |
|                       | >200     | (M)                    | RA+(M)    | RA+(M) |

Mikäli alkukatselmuksessa on havaittu aiheutta suojaustoimenpiteille, tulee ne tehdä ennen tärinää aiheuttavien töiden aloittamista tai ennen kuin töiden vaikutusalue kattaa vaurioherkän vahvistettavan tai suojatavan rakenteen.

Kalliotiloissa, joissa metromatkustajat voivat vapaasti liikkua ja joissa ruiskubetonia voi tippua ihmisten päälle, on henkilöturvallisuus varmistettava räjäytystöiden aikana suojarakenteella. Suojarakenne voi esimerkiksi olla luja tiheäsilmainen verkko. Suojarakenteen tarkoitus on estää mahdollisten ruiskubetonikappaleiden putoaminen metron käyttäjien, metrorata-alueelle tai metrojunan päälle. Henkilöturvallisuuden varmistaminen voidaan tehdä verkon sijaan vaihtoehtoisella, hankkeeseen ryhtyvän esittämällä ja KLOY:n hyväksymällä rakenteella tai muulla menettelyllä. Verkko tai muu suojarakenne poistetaan räjäytysten loppumisen jälkeen, ellei erikseen muuta sovita. Suojarakennetta poistettaessa kiinnityskohdat tiivistetään vesivuotojen varalta. Suojarakenteen poistamisen ja kiinnityskohtien tiivistämisen tarkistaa ja hyväksyy KLOY:n kunnossapito.

Maanalaisissa- ja kalliotiloissa tulee järjestää kuulutus, jotta vältetään räjäytykseen liittyvän metelin aiheuttamalta epätietoisuudelta, pelästymiseltä ja paniikilta. Kuulutuksista sovitaan hankekohtaisesti KLOY:n kanssa, joka toteuttaa ne KLOY:n hallinnoimissa tiloissa. Muiden tilojen kuulutukset räjäytysten toteuttaja sopii tilan hallinnoijan kanssa.

## 2.6. Tunnelitarkastaja

Tärinää aiheuttavissa töissä voidaan nimetä ja hankkia louhintatöiden ajaksi työmaan käyttöön metrolikenteen tunnelitarkastaja. Tunnelitarkastaja tulee nimetä, jos työt voivat aiheuttaa vaurioita metrojärjestelmän rakenteille metrorata-alueen ollessa katettu (esim. tunneli). Vaurioita voi syntyä ilman tärinärajojen ylityksiä, minkä vuoksi tunneleiden rakenteiden silmämääräinen tarkistaminen on tarpeen tärinäseurannan lisäksi. Tunnelitarkastaja tarkistaa radan vaurioituneiden rakenteiden varalta räjäytysten jälkeen. Tunnelitarkastajan työtä helpottamaan ja nopeuttamaan voidaan asentaa tarkoitukseen sopiva, tallentava reaaliaikaisesti kuvaa välittävä videovalvontajärjestelmä. Videovalvonta edellyttää hyvää valaistusta, sähköistä tiedonsiirtojärjestelmää (kaapeli/radiosignaali), sähköistystä ja tarkkaa kuvaresoluutioita.

Tunnelitarkastaja on puolueetonta tahoa edustava henkilö (tai henkilöitä), jonka nimeäminen hyväksytetään KLOY:n Infra ja kalusto -yksikössä. Tunnelitarkastajan päätehtävänä on huolehtia, että työt on suoritettu ennalta määritettyjen suunnitelmien mukaisesti ja ilmoittaa töiden jälkeen metrotunnelin liikennekelpoisuudesta liikenteenohjaukseen. Tunnelitarkastajan tulee olla jatkuvassa yhteydessä KLOY:n radan- ja kiinteistöjen kunnossapitoyksikön kanssa. Tunnelitarkastaja vastaa osaltaan metrojärjestelmän turvallisuudesta. Tunnelitarkastajalla on yhteydenpito- ja tiedotusvelvollisuus metron liikenteenohjauksen kanssa. Päätoimittajalla on vastuu metrojärjestelmän tarkastuksen suorittamisesta ja tunnelitarkastajan kustannuksista koko tärinää aiheuttavan työn vaikutusten ajan.

## 3. Dokumentointi ja hyväksyttäminen

Hankekohtaiset, ennen töiden alkamista KLOY:lle kommentoitavaksi tai hyväksyttäväksi toimitettavia tärinään liittyviä dokumentteja (asiakokonaisuudet voidaan yhdistää suurempiin kokonaisuuksiin eikä listatuista asioista ole tarpeen toimittaa erillistä dokumenttia):

- Tärinää aiheuttavien töiden riskienarviointi  
Tärinäasiantuntijan laatima.
- Tärinää aiheuttavien töiden aikataulu  
Metrojärjestelmään vaikuttavien töiden osalta.
- Katselmointisuunnitelma  
Rakenne- ja kiinteistökatselmusten periaatteet ja laajuus tulee esittää työsuunnitelmassa. Tarvittaessa myös kalliotilojen katselmointien laajuus esitettävä. Tärinäasiantuntijan laatima.
- Katselmointipöytäkirjat  
Metroon liittyvät kiinteistö- tai kokonaisuuskohtaisesti. Tärinäasiantuntijan laatima.

- 
- Tärinänseurantasuunnitelma  
Tärinämittarien sijainnit kaikissa hankkeen vaiheissa louhintatöiden aikana ja seurantapalvelun kuvaus. Tärinäasiantuntijan laatima.
  - Tärinäherkkien laitteiden luettelo (ja tärinäherkkien laitteiden vaimennus- tai suojaussuunnitelma)  
Työmaan vaikutusalueella olevat laitteet luetteloidaan ja määritetään toimenpiteet niiden vaurioitumisen estämiselle ennen töiden aloittamista. Luetteloinnissa tulee huomioida koko metrojärjestelmä.
  - Esitys tunnelitarkastajan tai -tarkastajien nimeämisestä
  - Turvallisuussuunnitelma  
Sen varalta, jos työmaalla tapahtuu jotain metrojärjestelmään vaikuttavaa.

Katso myös KLOY:n kuulemistarpeen perusteet.

## 4. Muutoshistoria

| Pvm        | Muutokset                                                                                                                                |
|------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 03.12.2024 | Viittaukset vanhentuneisiin RIL-julkaisuihin päivitetty koko dokumentissa;                                                               |
|            | HKL vaihdettu KLOY:ksi koko dokumentissa;                                                                                                |
|            | RIL 253-2024 julkaisusta lainatut taulukot on päivitetty;                                                                                |
|            | Poistettu tekstiä liittyen FISE aa-kelpoisen tärinäasiantuntijan mahdollisuuksiin rakennustapakertoimien määrityksessä luvussa 2.1;      |
|            | Taulukon 1 kuvausta luvussa 2.1 on täsmennetty;                                                                                          |
|            | Luvussa 2.1 esimerkkilaskelmaa täsmennetty;                                                                                              |
|            | Luvussa 2.2 kolmannen osapuolen roolista poistettu vastuu suhteessa rakennusvalvontaan;                                                  |
|            | Luvussa 2.5 täsmennetty kivien sinkoutumisesta liittyviä riskejä ("henkilöturvallisuudelle" sana lisätty);                               |
|            | Muutettu momentaansia räjähdysainemäärärajoituksia (Qmom) luvussa 2.5 pienemmiksi ja lisätty asiaan liittyen viittaus uuteen lähteeseen; |
|            | Lisätty sana "tiheäsilmainen" liittyen suojausrakenteisiin luvussa 2.5;                                                                  |
|            | Lukuun 2.5 lisätty sisältöä liittyen laitteiden tärinärajojen asettamiseen;                                                              |
|            | Luvussa 2.5 olevan taulukon 5 rakennustapakertoimia, toimenpiteitä ja näiden kuvauksia muutettu;                                         |