



RAKENNUSTIETO >

Rakennusalan täyden palvelun tietotalo

Rakennustieto Oy edistää hyvää rakennustapaa ja tuottaa rakentamisesta luotettavaa tietoa. Puolueettoman ja asiakaslähtöisen Rakennustieto Oy:n tuotteet kattavat rakentamisen koko elinkaaren suunnittelusta ylläpitoon. Yhtiön omistaa Rakennustietosäätiö RTS.

Tutustu palveluihimme

> rakennustieto.fi/rk/palvelut

Rakentajain kalenterin artikkelit

Tämä artikkeli on julkaistu alun perin Rakentajain kalenterissa, jota ovat julkaisseet Rakennustietosäätiö RTS sr ja Rakennusmestarit ja -insinöörit AMK RKL ry.

Julkaisu oli rakennusalan ammattilaisten ja opiskelijoiden käsikirja, joka yhdisteli teoriaa ja käytäntöä sekä kannusti hyvään rakentamiseen. Artikkelin vasemmassa reunassa olevasta vesileimasta näkee ko. Rakentajain kalenterin vuosikerran.

> [Artikkeliarkisto, kokoelma vuosien 1997–2018 Rakentajain kalenterissa julkaistuista artikkeleista](#)

Ohjeistus tärinää aiheuttavien rakennustyömaiden organisaatioille

Pauli Nevalainen, rkm.,
Erikoisasiatuntija
etunimi.sukunimi@finnrock.fi

Jari Honkanen, DI,
Toimitusjohtaja
etunimi.sukunimi@finnrock.fi

Pentti Sainio TkL,
Pääkonsultti
etunimi.sukunimi@finnrock.fi

Jukka Christersson, DI
Vanhempi konsultti
etunimi.sukunimi@finnrock.fi

Tämän kirjoituksen tarkoituksena on tarjota ohjeistus tärinää aiheuttavien rakennustyömaiden organisaatioille.

Yleistä louhintakonsultin ja tärinäasiantuntijan palveluista

Louhintatöihin oleellisesti liittyviä ympäristön riskianalyyssejä ja ympäristöselvityksiä alettiin Suomessa enenevässä määrin tehdä Ruotsin mallin mukaan vasta 1970-luvun alussa. Aikaisemmin louhintoja tehtiin ympäristöä systemaattisesti huomioimatta. Todelliset louhintavahingot korvattiin ja epäselvät reklamaatiotapakukset kiistettiin. Tämä saattoi johtaa jopa oikeuskäsittelyyn. Valveutuneet urakoitsijat teettivät lähikiinteistöjen katselmuksot epäselvyyksien välttämiseksi omasta aloitteestaan. Muuten katselmuksot tehtiin vain tilaajan vaatimuksesta. Tärinämittauksia ei tehty, sillä tilastollisia tärinäarvoja ei ollut, eikä tärinämitareitakaan ollut tarjolla. Tärinäherkistä laitteista ei ollut haittaa, koska mm. tietokoneet olivat tuolloin vielä harvinaisia.

Louhintätärinöitä ja niiden ympäristövaikutuksia silmällä pitäen riskianalyysointien laajamittaisen teettämisen edelläkävijänä voidaan pitää Helsingin Metrotoimistoa, joka teetti suunnittelijoillaan Hakaniemen työunnelia lukuun ottamatta kaikkiin asema- ja tunnelilouhintoihin liittyvät ympäristön riskianalyyssit.

Louhinnot ja ympäristö [3]

Alkavien louhintatöiden ympäristössä tehtävät esitutkimukset jakaantuvat kahteen päätyyppiin riippuen niiden laajuudesta ja määrästä. Suppeampaa tutkimusta kutsutaan ympäristöselvitykseksi ja laajempaa, sekä samalla perusteellisempää, riskianalyyksiksi. Ympäristöselvitys tai riskianalyysi voidaan määritellä myös selvitykseksi siitä, miten ympäristö kaikkein toimintoinen on ennalta huomioitava tulevan louhintatöiden suunnittelussa ja toteutuksessa.

Ympäristöselvitys

Ympäristöselvitys on kuvaus louhintatyömaan ympäristössä sijaitsevista kohteista ja niiden louhintatöiden suunnittelulle ja toteuttamiselle asettamista rajoituksista ja varotoimenpiteistä. Ympäristöselvityksessä määritetään rakennusten katselmuksialue ja työn aikana noudatettavat ohjeelliset tärinäarvot. Lisäksi määritetään tarvittavat tärinämitaustoiimenpiteet, kartoitetaan alueen tärinäherkät laitteet ja toiminnot sekä huomioidaan niiden edellyttämät toimenpiteet.

Riskianalyysi

Työkohteen ympäristön riskianalyysi on selkeästi ympäristöselvitystä laajempi asiakirja. Riskianalyyssissä pyritään kuvaamaan louhintatöiden suunnitteluun ja toteutukseen liittyviä suunnittelijaa, rakennuttajaa, urakoitsijaa sekä ympäristöä ja niiden keskinäisiä suhteita sivuvia mahdollisia riskitekijöitä.

Riskianalyyssissä käsitellään soveltuvin osin ao. töihin liittyvää lainsäädäntöä, turvallisuusmääräyksiä, vaaratekijöitä, niiden rajoittamismahdollisuuksia, louhintalaatua, erilaisia mahdollisia työtapoja sekä näistä aiheutuvia vaikutuksia ja riskitekijöitä. Tavoitteena on mahdollisimman kattavasti saattaa teknisten ja/tai taloudellisten päätösten tueksi eri vaihtoehtoihin liittyviä mahdollisuuksia, seuraamuksia sekä riskitekijöitä. Kun erilaiset toteutusvaihtoehdot, niiden edut ja haitat, voidaan arvioida ja niihin liittyviin riskeihin varautua, on myös mahdollista ennalta sopia vastuun sekä riskien jakamisesta.

Riskianalyyssin teettäminen kuuluu rakennuttajalle. Rakennuttajan tulee teettää ympäristöselvitys ja riskianalyysi tarjouspyyntöasiakirjojen yhteyteen. Tällöin tarjousvaiheessa kaikilla osapuolilla on käytössään tiedot ympäristön teknisistä ynnä muista rajoituksista sekä niiden vaatimista toimenpiteistä. Riskianalyyssin käytöllä vältetään työn aikana ”yllättäen” ilmaantuvia ennakoimattomia rajoituksia työlle ja haitto-

ja ympäristölle. Jos ennakkoselvitykset on tehty huolellisesti, toteutustapoihin liittyvät yli- ja alimitoitusriskien todennäköisyydet pienenevät. Virheelliset arviot ennakkoselvityksissä voivat antaa todellisuuteen verrattuna liian helpon tai vaikean ennakkokuvan tulevasta louhintatyöstä.

Ympäristöselvityksen ja riskianalyysin sisältö

Ympäristöselvityksen sisältö:

- kuvaus siitä, mitä tehdään, missä, miksi ja milloin
- yleiskuvaus työmaasta, toteutuksesta ja ympäristöstä
- asutulla alueella: kaapelit, putkiliinjat, liikenne, ulkoilureitit
- tiedottamistarve ja järjestelyt
- ohjeellinen katselmusalue: missä katselmuksia pidetään, missä ei
- tärinävaimennukset ja muut vaaditut varoimenpitejärjestelyt
- ohjeelliset tärinärajoitukset (raja-arvot) ja mittausjärjestelyt.

Riskianalyysin sisältö edellä mainittujen lisäksi:

- arviot rajoitusten mukaisista odotettavissa olevista louhinnan irrotustehoista, niihin liittyvistä riskeistä (tekniset & taloudelliset) ja niiden jakautumisesta osapuolten kesken
- riskien analysointi, niiden merkitys ja seuraamukset mm. louhintalaatu, aikataulukysymykset ja eri toteutustapojen vaikutukset lopputulokseen.

Ympäristöselvityksen ja riskianalyysin merkitys

Ympäristölle dokumentit ovat osoitus ja suunnitelma siitä, mitä ja miten varoimenpiteiden määrittelyssä ympäristö on huomioitu. Dokumenteissa todetaan myös, mikäli jokin kohde ei vaadi toimenpiteitä. Ympäristö saadaan sitoutettua ratkaisuihin, jos sille annetaan mahdollisuus osallistua ennakoitiin ja tarvittavien varoimenpiteiden määrittelyyn (mm. rakennus- ja ympäristövalvonnan virkamiehet, muut vastuuhenkilöt).

Urakoitsijalle dokumentit antavat etukäteen tietoa tarjouskohteen teknisistä rajoituksista ilman omia tutkimuksia. Riski työn aikana ilmaantuvii ”yllätyksiin” vähenee (aikataulu- ja kustannusriskit). Jos rakennuttajakonsultti tms. haluaa määrätä työtapojen yksityiskohtia, tulee tämä olla tiedossa etukäteen (urakoitsijalla tulisi

olla mahdollisuus valita työtapansa, kunhan lopputulosta varten asetetut vaatimukset ja reunaehdot täyttyvät).

Rakennuttajalle dokumentit ovat osoitus siitä, että myös rakennuttaja kantaa vastuuta hankkeensa vaikutuksista ympäristöön. Työn aikana ilmaantuvien ”yllätysten” riski vähenee. Ylivoimaiset rajoitukset voivat lisätä kustannuksia ja alimitoitettua lisätä vahinkoriskejä.

Rakennukset – katselmuksien ja rakennusten tärinäarvot

Tärinäasiantuntija selvittää työkohteen läheisyydessä olevien rakennusten perustamistavat kiinteistöjen omistajilta ja viranomaisilta saatavien tietojen perusteella. Näiden tietojen sekä työkohteen mittasuhteiden perusteella määritellään kohteessa sovellettavat pohjoismaisen käytännön mukaiset ohjeelliset rakennusten katselmusalueet ja tärinän raja-arvot.

Katselmusalueen määrittely ja katselmusajankohdan sopiminen [4]

Rakennuttajan teettämässä työkohteen ympäristön riskianalyysissä tai ympäristöselvityksessä määritellään rakennusten katselmusalue ja tärinämittauspisteiden määrät ja sijainnit sekä työn aikana noudatettavat ohjeelliset tärinäarvot, joiden tietojen perusteella tarjous voidaan tehdä kokonaishintaisena.

Mikäli työkohteen ympäristön riskianalyysiä tai ympäristöselvitystä ei ole tehty, voidaan työtehtävät suorittaa yksikköhintaisena, jossa tilaaja määrittelee katselmoitavat kiinteistöt ja hankkii kiinteistöjen yhteystiedot. Tärinäasiantuntija sopii kiinteistöjen kanssa sopivat katselmointijat.

Katselmuksesta ja työmaasta tiedottaminen

Louhintakonsultti toimittaa tilaajalle alkukatselmuksesta ja rakennushankkeesta tiedottavan alkukatselmuksilomituksen, jonka kopioinnista ja jakelusta asuntoihin vastaa tapauskohtaisesti louhintakonsultti, tilaaja tai kiinteistön edustaja. Tiedottamisella on todettu olevan myönteinen vaikutus hankkeen aiheuttamien häiriöiden korektoimiseen ja niistä reklamoimiseen.

Katselmukset

Katselmus pidetään pohjoismaissa voimassa olevien standardien mukaisesti. Tulokset kirjataan piirtämismenetelmää käyttäen ja tarvittaessa valokuva/videotallentein täydentäen. Katselmuksesta laaditaan pöytäkirja 3 kappaleena. Kopio pöytäkirjasta toimitetaan kiinteistön edustajalle, urakoitsijalle ja rakennuttajalle.

Alkukatselmuksat järjestetään kaikissa koh-teissa, joissa rakennuttaja on teettänyt työkohteen ympäristön riskianalyysin tai ympäristöselvityksen. Louhintakonsultti hoitaa kaikki alkukatselmusjärjestelyt riskianalyysin vaatimusten mukaisesti siinä nimettyjen ympäristön kohteiden yhteyshenkilöiden kanssa. Louhintakonsultti pitää alkukatselmuksen kiinteistön kaikissa tiloissa, joihin päästään.

Mahdollisista työkohteen erityispiirteiden edellyttämistä välikatselmusjärjestelyistä sovi-taan aina erikseen. Välikatselmuksia tarvitaan, kun esimerkiksi urakoitsija vaihtuu tai vastuu katkeaa.

Loppukatselmuksia varten louhintakonsultti laatii loppukatselmuskyselyn kaikkiin kohteisiin, joissa alkukatselmus on aikanaan suoritettu. Loppukatselmuksat tehdään sopimuksen mukaisesti. Louhintakonsultti pitää loppukatselmuksen kiinteistön yleisissä tiloissa. Lisäksi louhintakonsultti tarkastaa paikat, joista on sovi-ttuun ajankohtaan mennessä tehty ilmoitus mahdollisista hankkeen aiheuttamista vahin-goista tai esitetty erillinen loppukatselmuspyyntö. Ilmoitukset ja havainnot kirjataan alkukat-selmuspöytäkirjapohjalle käyttäen alkukatsel-musmerkinnöistä poikkeavaa väriä. Katselmuk-sesta laaditaan pöytäkirja 3 kappaleena, ja kat-selmuskirjaukset hyväksytään kiinteistön edustajalla. Pöytäkirjat toimitetaan kiinteistön edustajalle, urakoitsijalle ja rakennuttajalle.

Herkät laitteet ja toiminnot sekä niiden tärinäraja-arvot

Louhintakonsultti selvittää työkohteen ympäristöalueilla sijaitsevat kohteet, jotka mahdolli- sesti asettavat rajoituksia työstä aiheutuville tärinävaikutuksille. Ao. laitteille ja toiminnoille määritetään suojaus- ja varoimenpiteet, joilla haittoja, häiriöitä ja vaurioita pyritään tarkoi-tuksenmukaisesti rajoittamaan. Raja-arvot, suo- jus- ja varoimenpiteet perustuvat ao. laite- valmistajien ja käyttäjien antamiin tietoihin sekä vastaavanlaisista työkohteista kertyneiden kokemusten soveltamiseen.

Tärinän, ilmanpaineen ja melun mittauspisteiden ja -käytännön määrittely

Tärinäasiantuntija esittää edellä mainittujen rakennusten, laitteiden ja toimintojen asettamien rajoitusten mukaiset valvontajärjestelyt määrit-tämällä tärinämittauspisteiden paikat sekä niissä seurattavat mittaussuureet ja tulosten rapor-tointijärjestelyt.

Tärinää mitataan kahdessa vaaka-suunnassa (pituus- ja poikittaissuunnassa) sekä pystysuun- nassa. Tärinän vahinkovaaran mittaussuureeksi on sovittu heilahdusnopeus, joka ilmoitetaan yksikössä mm/s.

Mittaukset tehdään kansainvälisten standar- dien, voimassa olevien ohjeiden, vallitsevan käytännön ja kulloistenkin vaatimusten mukai- sella tavalla. Tärinämittauspisteet määritellään sopimuksen mukaan tilaajan ja/tai tärinäasian- tuntijan toimesta riskianalyysiin perustuen. Tärinämittaustulokset käsitellään ja raportoidaan tilaajalle sopimuksen mukaan.

Kokemuksen perusteella osa ihmisistä kokee jo 1–5 mm/s lyhytaikaisen louhintätärinän häiritsevänä. Rakenteille näillä arvoilla ei ole vai- kutusta, ks. kappale Sallitut raja-arvot.

Oy Finnrock Ab:n mittauskalusto

Oy Finnrock Ab:n käyttämät mittauslaitteet ovat kaikki jatkuvatoimisia, säännöllisin vä- lijajoin kalibroituja ja täyttävät voimassa olevat häiriö- ja muut tekniset vaatimukset. Kaikissa mittarimalleissa on vähintään 32 mittausvuoro- kauden muistikapasiteetti. Abemin ja Sigico- min valmistamat kaukokäyttöiset mittarit lähet- tävät tulokset tarvittaessa tekstiviestinä tai ne





ovat kytkettävissä internet-pohjaiseen suomen-, ruotsin- ja englanninkieliseen värinämittaustulosten seuranta- ja raportointijärjestelmään (NCVIB).

Sigicom INFRAs

Verkkovirtakäyttöinen (varavirta ja lyhytaikainen käyttö akulla) monikanavainen kaukokäyttöinen aaltomuoto/taajuus- ja huippuarvomitauuslaitteisto. Tallentaa useasta kaapelilla yhdistettävästä anturista värinän pysty- tai kaikkien 3 komponentin heilahdusnopeuden, taajuuden, kiihtyvyyden ja amplitudin aikahistoriakiärän. Soveltuu myös ilmanpaineen ja melun jatkuvatoimiseen rekisteröimiseen. Lähetää mittaustulokset tekstiviestinä ja tiedostoina.

Sigicom INFRAs MINI

Verkkovirtakäyttöinen (varavirta ja lyhytaikainen käyttö paristoilla) monikanavainen kaukokäyttöinen aaltomuoto/taajuus- ja huippuarvomitauuslaitteisto. Tallentaa useasta kaapelilla yhdistettävästä anturista värinän pysty- tai kaikkien 3 komponentin heilahdusnopeuden, taajuuden, kiihtyvyyden ja amplitudin aikahistoriakiärän. Soveltuu myös ilmanpaineen ja melun jatkuvatoimiseen rekisteröimiseen. Lähetää mittaustulokset tekstiviestinä ja tiedostoina.

juuden, kiihtyvyyden ja amplitudin aikahistoriakiärän. Soveltuu myös ilmanpaineen ja melun jatkuvatoimiseen rekisteröimiseen. Lähetää mittaustulokset tekstiviestinä ja tiedostoina.

Instantel MiniMate plus 11

Verkkovirta/aurinkopaneelikäyttöinen (varavirta ja käyttö akulla n. 1 kk) 3-kanavainen kaukokäyttöinen aaltomuoto/taajuus- ja huippuarvomitauuslaitteisto. Tallentaa värinän pysty- tai kaikkien 3 komponentin heilahdusnopeuden, taajuuden, kiihtyvyyden ja amplitudin aikahistoriakiärän. Soveltuu myös ilmanpaineen ja melun jatkuvatoimiseen rekisteröimiseen. Lähetää mittaustulokset tekstiviestinä ja sähköpostitse halutun jakelulistan mukaisesti.

ABEM UVS601

Paristikäyttöinen, 1-kanavainen huippuarvomittari. Tallentaa värinän pystykomponentin heilahdusnopeuden, kiihtyvyyden ja amplitudin huippuarvon.

ABEM UVS601B

Verkkovirtakäyttöinen (varavirta ja lyhytaikainen käyttö akulla ja paristoilla) 1-kanavainen kaukokäyttöinen huippuarvomittari. Tallentaa tärinän pystykomponentin heilahdusnopeuden, kiihtyvyyden ja amplitudin huippuarvon. Laite lähettää mittaustulokset tekstiviestinä ja tiedostoina.

ABEM UVS1500

Paristo- tai verkkovirtakäyttöinen 4-kanavainen aaltomuoto/taajuus- ja huippuarvomittari. Tallentaa tärinän pysty- tai kaikkien 3 komponentin heilahdusnopeuden, taajuuden, kiihtyvyyden ja amplitudin aikahistoriakäyrän. Soveltuu myös ilmanpaineen ja melun jatkuvatoimiseen rekisteröimiseen.

ABEM UVS1500B

Verkkovirtakäyttöinen (varavirta ja lyhytaikainen käyttö akulla) 4-kanavainen kaukokäyttöinen aaltomuoto/taajuus- ja huippuarvomittari. Tallentaa tärinän pysty- tai kaikkien 3 komponentin heilahdusnopeuden, taajuuden, kiihtyvyyden ja amplitudin aikahistoriakäyrän. Soveltuu myös ilmanpaineen ja melun jatkuvatoimiseen rekisteröimiseen. Lähettää mittaustulokset tekstiviestinä ja tiedostoina.

Muut rakentamisen tärinämittaukset

Räjäytystärinöiden lisäksi tärinäasiantuntija suorittaa myös muita rakentamiseen liittyviä tärinämittauksia. Tärinää syntyy rakennustyömailla mm. paalutuksesta, ponttauksesta, piikkauksesta sekä purku- ja kaivutöistä. Louhinta-konsulttien mittaukset ja ohjearvojen määrittelyt perustuvat LPO-2005 kohtaan ympäristön asettamat vaatimukset [14] sekä DIN-4150-normistoon. Rakentamisen tärinöiden vaikutukset ympäristöön ovat riippuvaisia mm. tärinälähteen iskuvoimakkuudesta, maan tärinäjohtavuudesta, ympäristön rakennusten tyypeistä sekä perustamistavoista. Ohjearvot määritelläänkin taajuusriippuvaisina, mutta louhintaohjearvoista poiketen ne eivät ole etäisyysriippuvaisia.

Tärinäasiantuntija suosittelee kolmiakselista aikahistoriakäyrrällistä tärinämittausta työmaiden tärinäseurantaan. Oy Finnrock Ab:n kolmiakselialmittarit soveltuvat hyvin sekä työmaalla työnaikaisesti paikalla luettaviin mittauksiin (helpottaa esimerkiksi siltojen betonirakenteiden valun jälkeistä lujuuden kasvun kehityksen tärinäseurantaa), mutta myös kaukokäyttöiseen reaaliaikaiseen etäseurantaan.

Tärinää aiheuttavien töiden kaukovalvonta

Pyrittäessä reaaliaikaiseen valvontaan tarjoo kaukovalvontalaitteisto tämän hetken parhaan toimivan ja luotettavan tärinämittaustulosten seurantapalvelun. Tärinän kaukovalvonnan perusajatuksena on saada erilaisten tärinäalttiiden työmaiden aiheuttamat tärinäosat reaaliajassa työntekijän ja/tai valvojan tietoisuuteen. Reaaliajassa tapahtuva tiedotustoiminta pienentää lähiympäristön vahinkovaaraa sekä mahdollistaa myös kustannussäästöjä työmaalle. Tämä perustuu työstä aiheutuvan tärinätason tietämiseen, jonka jälkeen työmenetelmiä voi säätää paremmin työmaalle sopiviksi. Abemin ja Sigcomin valmistamat kaukokäyttöiset mittarit lähettävät tulokset tarvittaessa tekstiviestinä ja/tai ne ovat kytkettävissä internet-pohjaiseen suomen-, ruotsin- ja englanninkieliseen tärinämittaustulosten seuranta- ja raportointijärjestelmään (NCVIB). InstanTel MiniMate plus II lähettää mittaustulokset tekstiviestinä ja sähköpostitse halutun jakelulistan mukaisesti.

Mihin kaukovalvontaa tarvitaan?

Hankalien työmaaolojen tai lähiympäristön toiminnan vuoksi ei aina ole mahdollista päästä tärinämittarin luokse lukemaan mittarin taltioiduista tuloksia. Lähikiinteistöjen toiminta ei myöskään saa kärsiä tärinöiden tai tärinämittaustyöstä aiheutuneen haitan seurauksena. Näiden lisäksi myös lisääntyneen ilkvallan johdosta tärinämittarit pyritään sijoittamaan paikkoihin, jonne ei työmaan ulkopuolisilla ole pääsyä. Tärinää aiheuttavat työvaiheet kuuluvat kuitenkin sellaisiin työvaiheisiin, joiden jatkuvaa tarkkailua edellytetään. Ympäristöön johtuvalle tärinätasolle on raja-arvot, joita ei saa ylittää. Tärinää aiheuttavaa työtä tekevä tuleekin olla tietoinen aiheuttamansa tärinän suuruudesta. Näistä tekijöistä aiheutuu yhtälö, jonka ratkaisemiseksi on kehitetty tärinän kaukovalvontajärjestelmä.

Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta [2]

Ympäristönsuojelulaki (N:o 86/2000) ja ympäristöministeriön asetus pohjarakenteista (RaMK B3, 2004) edellyttävät liikennetärinästä aiheutuvat ympäristöhaitat otettavaksi huomioon. Liikennetärinä ei saa aiheuttaa vaurioita rakennukselle eikä kohtuutonta häiriötä rakennus-

Suositus rakennusten värähtelyluokitukselta liikennetärinöille

Värähtelyluokka	Kuvaus värähtelyolosuhteista	$v_{w,95}$ [mm/s]
A	Hyvät asuinolosuhteet <i>Ihmiset eivät yleensä havaitse värähtelyä.</i>	$\leq 0,10$
B	Suhteellisen hyvät olosuhteet <i>Ihmiset voivat havaita värähtelyn, 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>	$\leq 0,60$

sa oleville ihmisille. Tämän julkaisun päätarkoituksena on esittää liikennetärinää koskevaa ohjeistusta suunnittelijoille ja päättäjille, jotta liikennetärinästä aiheutuva haitta voidaan ottaa entistä paremmin huomioon yhdyskunta-, liikenne- ja rakennesuunnittelussa.

Tutkimuksessa suositeltu asumisviihtyvyyteen perustuva liikennetärinän luokitus ja luokkien rajat ovat samat kuin Norjan standardissa NS 8176 (1999). Värähtelytarkastelu perustuu standardin ISO 2631-2 (2003) mukaiseen värähtelynopeuden taajuuspainotettuun tehollisarvoon. Värähtelyn tunnuslukuun käytetään asuintiloista yhden viikon aikana mitattua tilastollisesti suurinta tehollisarvoa. Käytännössä tunnusluku määritetään 15 liikennevälineestä, jotka ovat aiheuttaneet suurimmat värähtelyt. VTT:n mittauksista 16 kohteesta saadut tulokset osoittavat, että NS 8176:ssa esitetyt raja-arvot soveltuvat myös Suomeen. Tutkimuksessa on myös verrattu asuintilojen värähtelyä maanpinnan pystyvärähtelyyn. Mitatuista rakennuksista saatuun kokemukseen perustuen on erittäin epätodennäköistä, että lattian pystyvärähtelyn tai kaksikerroksisen talon toisen kerroksen vaakavärähtelyn tunnusluku olisi yli kaksinkertainen maasta mitattuun värähtelyn tunnuslukuun nähden. Paaluperustuksen havaittiin vaimentavan selvästi rakennuksen pystyvärähtelyä, mutta vaakavärähtelyihin ei paalutuksella havaittu olevan oleellista vaikutusta.

Viime vuosina on kuitenkin aiempaa enemmän kiinnitetty huomiota maantärinöihin myös ihmisten kokeman häiriön kannalta. Vuonna 2004 VTT julkaisi suosituksen liikennetärinän mittaamisesta ja luokitukselta. Julkaisu sisältää suosituksen rakennusten värähtelyluokitukselta (taulukko) nimenomaan ihmisten kokeman häiriön kannalta. Suositus perustuu alun perin Norjan standardissa NS 8176 [1999] esitettyyn suositukseseen rakennusten värähtelyluokitukselta liikennetärinöille. Suosituksen perusteena on värähtelyn tunnusluku $v_{w,95}$, joka on määritetty siten, että se vastaa asuintiloissa esiintyvän vä-

rähtelyn tilastollista maksimiarvoa, kun mitausjakson pituus on yksi viikko. Suositus on linjassa useissa maissa esitettyjen suositusten sekä VTT:n saaman kokemuksen kanssa.

VTT:n suosituksessa ihmisiin kohdistuvaa tärinän häiritsevyyttä pyritään mittaamaan keskeltä makuuhuoneen lattiaa.

Liikenneväylien läheisyydessä sijaitsevista rakennuksista ja uusilta kaavoitusalueilta tarvitaan usein liikennetärinän aiheuttaman mukavuuksien ja vahinkovaaran sekä häiriöalueiden selvityksiä. Liikennetärinän mittauksiin ja sen aiheuttamien häirtä-alueiden kartoituksiin tarvittavaa osaamista ja maastossa tapahtuvaan tärinämittaukseen soveltuva mittauskalusto on esitelty kappaleessa Mittauskalusto.

Herkkien laitteiden ja toimintojen tärinävaimennukset, -suojaukset sekä muut varotoimenpiteet ja järjestelyt [4]

Vaimennusten suunnitteluperusteet

Tärinäsuojastoimenpiteiden ja vaimennusten suunnittelun lähtöarvoja ovat:

- suojattavien laitteiden ja toimintojen tärinäraja-arvot
- kohteen häiriöiden ja vallitsevan värähtely-ympäristön fyysikaaliset ominaisuudet
- vaimenninmateriaalien fyysikaaliset ominaisuudet
- laitteiden fyysisten mittasuhteiden, toiminta-periaatteiden ja vaatimusten tunteminen
- vain vapaasti seisovien (ei kiinnitettyjen) laitteiden vaimennus
- vaimennuksen suorittaminen tärinälle, jonka taajuus $f > 40$ Hz.

Vaimennustöissä käytetään parhaita saatavissa olevia materiaaleja, joiden teknisistä ominaisuuksista on kattavat tiedot (fyysikaaliset, kemialliset ja käyttöikää koskevat tiedot).

Vaimennusten mitoitus perustuu vaimentimien ominaisuuksien ja värähtelytilasta käytettävissä olevien tietojen, laitteiden eri tukipisteiden todellisten kuormitusten ja niiden omien häiriötaajuuksien yhteensovittamiseen siten, että lähtöarvojen mukaisissa olosuhteissa saavutetaan sovittu vaimennustehokkuus.

Herkkien laitteiden jako painon mukaan

Mikrot	< 20 kg
Keskisuuret laitteet	20–80 kg
Suuret laitteet	> 80 kg

Vaimennustoimenpiteet ja -materiaalit valitaan painoluokan mukaan, joten kustannukset jakautuvat painoluokittain.

Normit ja suositukset

Räjätystöiden aiheuttamia reklamaatioita rakenteissa sekä niiden syy-yhteyksiä selvittäessä käytössä on ollut laaja tutkimusaineisto. Tutkimuksien tuloksena räjähdysten aiheuttaman värähtelyn rakenteille aiheuttaman vaaran mitana pidetään värähtelyn heilahdusnopeutta. Rakenteiden värähtäjäkestävyyden tunnuslukuna käytetään tilastoihin perustuen heilahdusnopeuden pystykomponentin huippuarvoa. Suomessa voimassa olevat värähtelyn raja-arvot ja suositukset ovat laadittu lähinnä rakenteiden vaurioitumisriskin kannalta.

Sallitut raja-arvot

Suomessa käytössä olevat räjäytys- ja louhintatöiden aiheuttaman värähtelyn raja-arvot määritellään työministeriön julkaisemassa kirjassa Räjätystöiden normit, räjäytys- ja louhintatöiden turvallisuusmääräykset 16:0 [1]. RIL valmistellee uutta ohjeistusta. Turvallisuusmääräysten taulukoissa 8 ja 9 määritellään sallittu samanaikaisesti samalla hidasteajalla räjähtävä räjähdysainemäärä. Taulukoissa annetuista räjähdysainemääristä voidaan poiketa värähtämistulosten perusteella osoittamalla, ettei värähtäälle sallittua raja-arvoa ylitetä. Taulukoissa olevat värähtäjä-arvot perustuvat laajaan kokemukseräiseen tietoon. Miljoonia värähtämistuloksia on kerätty ja niiden avulla on selvitetty, kuinka suurilla värähtäjäarvoilla erityyppisiin rakennuksiin on syntynyt vikoja/vaurioita. Taulukoiden samanaikaisesti räjähtävää räjähdysainemäärää noudattaen ei vahinkoja suurella tilastollisella varmuudella aiheudu.

Turvallisuusmääräykset 16:0 taulukossa 10 esitetään sallittu heilahdusnopeuden arvo v_1 eri etäisyyksillä erilaisille materiaaleille perustetuille rakenteille ja taulukossa 11 esitetään rakennustapakertoimet F_k . Laskennassa käytettävät taulukot löytyvät liitteestä 1.

Näistä taulukoista saadaan määriteltyä tapauskohtaisesti värähtelyn heilahdusnopeuden pystykomponentin sallittu raja-arvo rakennustapakertoimen ja etäisyyden funktiona seuraavaa laskukaavaa (1) käyttäen:

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

missä v = heilahdusnopeus (mm/s)
(pystykomponentin huippuarvo)
 F_k = rakennustapakertoimen
 v_1 = heilahdusnopeuden huippuarvo
etäisyyden funktiona (mm/s)

Esimerkiksi noin 30 m:n etäisyydellä sijaitsevan kallioperusteisen betonisen tai tiilisen (ei kahi-tiilisen) asuintalon raja-arvo on 45 mm/s.

Rakennusten tai rakenneosien läheisyydessä louhittuissa värähtäjäsuojittajilla suosittelee huomioimaan myös värähtelyn vaakakomponenttien vaikutukset rakenteille.

Lakeihin ja katselmuksiin liittyvät asiat erilaisilla värähtäjätekniisillä työmailla [13]

Varsinaista lakia katselmuksialueen laajuudesta tai katselmuksen suorittamisesta ei ole olemassa. Määräykset ovat velvoittavia. Ohjeet eivät ole velvoittavia.

Lainsäädännössä louhinta- ja räjäytystyö on luettu ankanan vastuun alaiseksi toiminnaksi, jossa louhintatyön suorittaja vastaa vahingoista tuottamuksesta riippumatta, jolloin alkukatselmuksen ja värähtämistalustien tarkka suorittaminen korostuu. Yleisten sopimusehtojen mukaan vastuu suunnittelusta on tavallisesti rakennuttajalla. Jos urakoitsija on sopimuksessa ottanut suoritukseensa myös suunnittelun, niin kuin esim. urakkasopimuksissa ”avaimet käteen”, muuttuu rakennuttajan ja urakoitsijan vastuuraja.

Tavallisesti urakassa urakoitsijan toteuttamismisvaihde alkaa vasta hänelle annettujen suunnitelmien mukaisen työn käynnistyessä. Vastuu louhinnasta on aina louhijalla. Louhintaliike on ankanan vastuun alaisuudessa, josta lyhyt seloste alla.

Korvausvastuun syntyminen tuottamuksesta riippumatta eli ankan vastuu: Korvausta vaadittaessa on lähtökohtana se, että jollekulle on sattunut vahingoksi luonnehditta-

va epäedullinen tapahtuma, joka on yhteydessä toisen henkilön tekoon, laiminlyöntiin tai toimintaan. Tuottamuvastuun alueella vapautuu se henkilö korvausvastuusta, jonka teosta, laiminlyönnistä tai toiminnasta vahinko on lähtöisin, ellei voida todeta tahallisuutta tai moitittavaa huolimattomuutta. Lainsäädäntömme ja oikeuskäytäntömme tuntevat kuitenkin useita vahinkotilanteita, joissa vastuu syntyy, vaikka ei tahallisuutta tai tuottamusta voitaisikaan todeta. Näin erottuvaa vahingonkorvausoikeutta voidaan nimittää tuottamuksesta riippumattomaksi vastuuksi. Siitä käytetään myös nimitystä ankara vastuu ja objektiivinen vastuu.

Alla lainauksia korkeimman oikeuden ratkaisuista, voimassa olevista määräyksistä ja ohjeista:

Päätös KKO:1996:59:

Riskin rakennuksen vahingoittumisesta kantaa lähtökohtaisesti rakennuksen omistaja itse. Toisen kannettavaksi korvausvastuu vahingoista voidaan säilyttää vain, jos siihen on erityinen peruste.

Naapuruussuhteissa riski rakennuksen vahingoittumisesta voi siirtyä naapurille eri perustein. Tällaisen perusteen voivat muodostaa muun muassa tietyt maaperään kohdistuvat toimenpiteet, jotka aiheuttavat vaaraa naapurialueella sijaitsevalle rakennukselle. Eräistä naapuruussuhteista annettu lain 9 §:ssä kielletään kaivamista tai kuormittamista maata niin, että toisen maalla oleva rakennus kadottaa tukensa. Säännöksessä jatketaan, että joka kaivaa maata tai kuormittaa sitä niin, että toisen maalla oleva rakennus muulla tavalla vahingoittuu, korvatkoon vahingon, mikäli se ei ole johtunut siitä, että rakennus oli puutteellisesti perustettu tahi muuten huolimattomasti rakennettu. Säännöksestä ilmenevää periaatetta voidaan soveltaa muun muassa tapaukseen, jossa rakennus vaurioituu naapurialueella suoritetusta paalutuksesta johtuvan värinän vuoksi. Säännöksen edellyttämä korvausvastuu on tuottamuksesta riippumaton, mutta korvausvastuu voi sulkeutua pois muun muassa sillä perusteella, että rakennus on ollut puutteellisesti perustettu. Jos taas vaurioittamiseen ovat myötävaikuttaneet sekä naapurialueella suoritettujen toimenpiteiden että rakennuksen puutteellinen perustaminen, on kuitenkin luontevaa tulkita säännöstä yleisten vahingonkorvausoikeudellisten periaatteiden mukaan siten, että tämä johtaa korvauksen rajoittamiseen.

Paalutustyötä suoritettaessa työn suorittaja samoin kuin se, jonka toimeksiantonnasta työtä suoritetaan, voivat joutua korvausvastuuseen naapurikiinteistöllä olevan rakennuksen vahingoittamisen johdosta tuottamuksensa perusteella. Tuottamus voi ilmetä työn suunnittelussa, järjestelyssä, suorittamisessa tai valvonnassa tapahtuneena laiminlyöntinä.

Vaikkei hyväksyttynä paalutus suunnitelmaan sisälly ympäristössä olevien rakennusten suojelua tai katselmusta koskevia ohjeita, yritysten tulee havaita, että ympäristössä saattaa olla suhteellisen vanhoja saviperäiselle maalle perustettuja rakennuksia, joita paalutuksesta johtuva värinä saattaa vaurioittaa, ja ryhtyä toimiin katselmuksen suorittamiseksi noissa rakennuksissa.

Lyöntipaalutusohjeiden mukaan, mikäli rakennuspaikan läheisyydessä on vaurioitumiselle alttiita rakennuksia ym. rakenteita, on niiden kunto selvitettävä ennen paalutustyön aloitusta pidettävällä katselmuksella. Näiden määräysten ja ohjeiden sisällöstä voidaan päätellä, että niiden tavoitteena on kiinnittää ennen kaikkea edellä mainittujen töiden suorittajien huomiota ympäristössä oleville rakennuksille aiheutuvia vahinkoja ehkäisevien toimenpiteiden tärkeyteen ennen pohjarakennus- ja paalutustöihin ryhtymistä.

Päätös KKO:2001:61:

Asiassa oli kysymys kadun päällystämiseen liittyvän pohjatyön yhteydessä syntyneen värinän rakennukselle aiheuttamasta vahingosta, josta vaadittiin korvausta ympäristövahingonlain nojalla.

Ympäristövahingonlain soveltamisalaa kuu- luu sen 1 §:n 2 momentin nimenomaisen säännöksen mukaan tien pitämistä tietyllä alueella johtuva vahinko, joka on ympäristössä aiheutunut muun muassa värinästä.

Ympäristövahinko on lain 3 §:n mukaan korvattava, jos voidaan osoittaa, että lain tarkoittaman toiminnan ja vahingon välinen syy-yhteys on todennäköinen. Syy-yhteyden todennäköisyyttä arvioitaessa on kiinnitettävä huomiota muun ohella toiminnan ja vahingon laatuun sekä vahingon muihin mahdollisiin syihin. Ympäristövahingonlain 4 §:n 1 momentissa on säädetty sietämisvelvollisuudesta, jolla tarkoitetaan sitä, että häiriöstä kärsivän on siedettävä korvauksetta erät kohtuullisina pidettävät häiriöt. Sietämisvelvollisuus ei kuitenkaan pykälän 2 momentin mukaan koske muun muassa vähäistä suurempia esinevahinkoja.

Kysymys oli esinevahingosta. Kysymyksessä oleva häiriö oli aiheuttanut asuinrakennuksen kellarikerroksen seinien hiushalkeamia suurempia halkeamia. Kun otetaan huomioon aiheutuneen esinevahingon laatu ja määrä vahinko on vähäistä suurempi. Ympäristövahingonlain 4 §:n 1 momentin häiriön sietämisvelvollisuutta koskeva säännös ei siten tullut sovellettavaksi.

Yhteenveto paalutustöiden vahinkoja ennaltaehkäisevistä toimenpiteistä:

Paalutusurakoitsijan tehtäviin kuuluu tehdä paalutustyö lyöntipaalutusohjeiden, sopimukseen sisältyvien suunnitelmien, työselitysten, la-

kien ja asetusten mukaan, joten paalutusurakoitsijan toimenkuva on hyvin tarkasti sidottu asiakirjoissa, joten rakennuttajien olisi kiinnitettävä enemmän huomiota ympäristössä oleville rakennuksille aiheuttuvia vahinkoja ennalta ehkäisevien toimenpiteiden, kuten alkukatselmusten ja värinämittausten, teettämisen tärkeyteen, ennen pohjarakennus- ja paalutustöihin ryhtymistä.

Suunnitelmat kuuluvat rakennuttajan hankintaan, joten ympäristöselvitykset, alkukatselmuksset sekä värinämittausten toteutus ja valvonta ovat osa suunnittelua, jotka kuuluvat rakennuttajan vastuualueeseen. Rakennuttajien tehtäviin kuuluisi alkukatselmusten ja värinämittausten toimitusten järjestely ennen paalutusurakoitsijan tuloa työmaalle.

Syy-yhteysselvitys perustuen kolmiulotteiseen tarkastelukulmaan.

Louhinta- ja räjäytystyöt tulkitaan yleensä ankaran vastuun alaiseksi toiminnaksi, kuten kohdassa Lakeihin ja katselmuksiin liittyvät asiat erilaisilla värinäteknisillä työmailla on esitetty. Tästä johtuen reklamaatiotapauksissa näyttö- ja todistusvelvollisuus on aina louhintaurakoitsijalla. Urakoitsijan on pystyttävä osoittamaan, ettei suoritettu louhintatyön ja esitettyjen reklamaatioiden välillä ole syy-yhteyttä, jotta korvausvelvollisuutta ei syntyisi. Keinoja syy-yhteyden katkaisemiseen ovat ennen louhintaa suoritettut alkukatselmuksset ja työnaikaiset värinämittaukset. Mikäli reklamaatio tulee katselmualueen ulkopuolelta kiinteistöstä, jossa ei ole suoritettu katselmuksia ja värinämittausta, joudutaan syy-yhteyden puuttuminen osoittamaan laskelmin. Perusteena ovat tällöin räjäytys suunnitelman tiedot panostuksesta, sytytystavasta ja värinämittaustulokset muista rakennuksista sekä kokemusperäinen tietous räjäytystärinän leviämisestä ympäristöön. Reklamaatioiden selvitystyössä laaditaan puolueeton lausunto räjäytysteknisestä ja toteutuneiden värinätulosten perusteella värinäteknisestä tarkastelukulmasta. Mikäli syy-yhteys kahdesta edellisestä tarkastelukulmasta puuttuu, voidaan syy-yhteyttä tarkastella myös talonrakennusteknisestä näkökulmasta.

Yleisimpiä reklamaatioiden syitä:

Selvästi eniten louhintatöiden yhteydessä esitettyjä reklamaatioita tulee liittyen rakenteisiin ja materiaaleihin, joissa keyseisiä vikoja tai vaurioita esiintyy tyypillisesti ilman värinäää aiheuttavien töiden vaikutusta. Ehkä yleisin yksittäinen syy on kalkkihiekkatilijulkisivuissa esiintyvät

halkeamat. Muita tyypillisiä syitä ovat kevytsora- ja kevytbetonirakenteisissa sisä- ja ulkoseinissä sekä sokkeleissa esiintyvät halkeamat. Puurunkoisissa taloissa yleisimpiä ovat materiaalirajojen, levyrakenteiden ja elementtisaumojen avautumiset. Reklamaatioita esitetään usein myös laattojen halkeilusta ja irtoamisesta tai siitä, että laatat ovat ”kopoja” eli varsinkin isoille laatoille tyypillisestä ilmiöstä, jossa laatta ei ole kunnolla kiinni pohjassa tai välissä on ilmaa. Halkeamat ja materiaalirajojen aukeamiset ovat yleisiä paikoissa, joissa on suuria lämpövaihteluita, esimerkiksi takoissa, kiukaiden ympärillä ja savupiipuissa. Betonirakenteiden halkeamista reklamoidaan harvemmin ehkä siitä syystä, että betonipintoja on harvemmin näkyvissä sisätiloissa. Tosin betoninormeissakin määritellään, että halkeilu on betonille tyypillinen ominaisuus, jota voidaan rajoittaa raudoituksella ja oikeilla työmenetelmillä. Rakennuksessa on lisäksi hyvin usein työ- ja suunnitteluvirheitä, joiden olemassaoloon saatetaan kiinnittää erityishuomiota, kun lähistöllä suoritetaan värinäää ja melua aiheuttavaa työtä. Virheiden lisääntymiseen vaikuttaa rakennushankkeiden suunnittelu ja toteutus jatkuvasti kiristyneet aikataulut. Rakennusvirheet ovat selvästi lisääntymässä. Noin kahdessa kolmesta työmaasta havaitaan ratkaisuja, jotka eivät täytä määräyksiä tai hyvää rakentamistapaa.

Räjähdetknisen syy-yhteysselvityksen perusteena ovat räjäytys suunnitelman tiedot panostuksesta, sytytystavasta.

Värinäteknisessä syy-yhteysselvityksessä analysoidaan jokaisesta räjäytyksestä saadut mitaustulokset. Niitä verrataan räjäytysalan normien mukaiseen sallittuun arvoon, jonka määrittelyssä on huomioitu talon rakenteet, materiaalit ja perustamistapa sekä etäisyys louhintakohteesta. Mittauspisteiden sijainnit pyritään valitsemaan siten, että saatujen tulosten perusteella voidaan luotettavasti arvioida värinän voimakkuus työmaan ympäristössä myös niiden rakennusten osalta, joista värinäää ei ole mitattu. Arvioinnissa tulee huomioida, että tilastollinen vaurioraja-arvo, jonka ylittävillä heilahdusnopeuden arvoilla lievempiä kosmeettisia vaurioita, kuten irrallisen rappauksen putoamista ja vanhojen halkeamien aukeamista alkaa ilmetä, on noin 1,5 kertaa suurempi kuin sallittu raja-arvo. Louhintakohteen ollessa alle kymmenen metrin etäisyydellä rakennuksesta, tulee lausuntoa laadittaessa huomioida myös ennalta arvaamaton räjähdyskaasujen pääsy halkeamien tai ruhjevyyöhykkeiden kautta lähelle rakennuksen perustuksia.

On myös huomioitava, että mikäli rakenteessa on jo ennestään rakenteille sallittua jännitystilaa lähellä olevia jännityksiä, voi pienikin lisäenergia aikaansaada jännityksen ylitksen. Tällöin rakenteisiin saattaa muodostua ennenaikaisesti rako tai halkeama. Riskin tällaisten raken-

teiden luonnollisesta vikaantumisesta ja yleisesti vastuun rakennuksen kunnosta ja ylläpidosta kantaa rakennuksen omistaja itse.

Mikäli tärinätekniässä lausunnossa todetaan, että louhintatyö on selkeästi aiheuttanut vaurioita lähikiinteistöille, talonrakennustekniikassa lausunnossa otetaan kantaa vaurioiden ja halkeamien suuruusluokkaan ja siihen, onko niillä vaikutusta rakenteen lujuteen ja ominaisuuksiin. Lausunnossa voidaan esittää myös näkemys vaurioiden korjausmenetelmistä. Jos tärinätekniikan selvityksen perusteella ei ole nähtävissä syy-yhteyttä vaurioiden ja suoritettujen louhintatyön välillä, pyritään talonrakennustekniikassa selvityksessä esittämään puolueeton näkemys mahdollisista tekijöistä, jotka ovat voineet aiheuttaa vian ja/tai vaurion syntymisen.

Talonrakennustekniikan selvityksen arviointiperusteina käytetään rakennustöiden yleisten laatuvaatimusten (RYL 90 ja 2000) ja RIL-rakennustapaohjeiden määrittelemiä toleranssi-luokkia ja ohjeita kyseisille rakenteille. Lisäksi

arvioinnissa huomioidaan materiaalivalmistajan ilmoittamat työohjeet ja tuotteen ominaisuudet. Esimerkiksi laattojen valmistajan on erikseen ilmoitettava sellaiset laattatyypit, joiden ominaisuuksiin kuuluu lasitteen halkeiluominaisuus. Muita arviointiin vaikuttavia tekijöitä ovat Suomen suuret talven ja kesän väliset lämpötila- ja kosteusvaihtelut, jotka aiheuttavat rakenteisiin laajenemista ja kutustumista sekä lumikuormien aiheuttamat taipuminen ja kiertyminen. Esimerkiksi talvella sisäilman kosteus on huomattavasti pienempi kuin kesällä. Tämä aiheuttaa tyypillisesti etenkin puurakenteiden kutustumista ja saumojen avautumista. Kalkkihiekkatiliseinä vuosittainen pituusvaihtelu kymmenen metrin julkisivussa on 4,5–5,5 mm, mikä aiheuttaa väkisin halkeilua, jos rakenteessa ei ole liikuntasauvoja jotka sallivat rakenteen pitenemän, lyhenemän ja kiertymän.

Rakennusvirheet muodostuvat yleensä suunnittelu- ja/tai työvirheistä.

Rakennusmateriaalien fysikaalisia ja teknisiä ominaisuuksia kuvaamaan on tehty erinäinen määrä erilaisia normeja ja julkaisuja

Julkaisu	Viitenro	Sisältö
RYL 2000	[5]	Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset (MaaRYL, RunkoRYL ja SisäRYL) on rakennuslalla yleisesti hyväksytyt (toleranssit) rakennustavan kuvaus.
RIL 184	[6]	Rakennusmateriaalien ja -osien kestävyyskirjan oteissa valotetaan hieman rakennuksen huoltotarvetta ja keskimääräisiä ylläpitöjaksoja. Kestoiäkärkaskateluksen perusteet ja erilaisten rakennusaineiden turmeltumismekanismia käydään seikkaperäisesti myös läpi.
RIL 216	[7]	Rakenteiden elinkaartekniikka luettelee mm. rakennusosien käyttöikäsuunnitelmasta, rakennuksen käyttöiästä ja elinkaartekniikasta, rappeutumistekijöistä ja -mekanismeista.
Pohjarakennusohjeet RIL 121-1988	[8]	Määrittelee milloin kantavaa alapohjaa voidaan käyttää: Maanvaraista alapohjaa voidaan käyttää myös paaluilla perustetuissa rakennuksissa, jos sen painumaeroksi muihin rakenteisiin nähden tulee oleskelu- ja muissa vastaavissa tiloissa enintään 10 mm. Tällöin on kuitenkin otettava huomioon putkijohtojen, kojeiden ja laitteiden sekä halkeilulle erityisen arkojen rakenteiden asettamat vaatimukset. Muissa tiloissa voidaan soveltaa käyttötarkoituksen perusteella määritettyä painumaeroa.
by 50	[9]	Betoninormistossa mainitaan mm. halkeilun rajoittaminen: suunnittelun tehtävänä ei ole poistaa halkeilua vaan rajoittaa sitä, joten normista voidaan päätellä, että betonirakenteiden halkeilu on jossain määrin sallittua, koska halkeilua ei pyritä poistamaan rakenteista vaan rajoittamaan halkeamien leveys tietyin (0,1–0,3 mm) suuruisiksi olosuhteista riippuen.
by 32	[10]	Betonin säilyvysohjeet ja käyttöikämitoituskirja valottaa betonin ominaisuuksia ja halkeamien syntyä.
by 40	[11]	Betonirakenteiden pinnat/luokitusohjeet ottaa kantaa myös raudoitettujen betonirakenteiden luonteeseen ja taloudellisiin syihin, ettei halkeiluvaatimuksia asetettaisi liian vaativiksi ja että niitä sovellettaisiin vain asiankuuluviin rakenteisiin.
by 41	[12]	Betonirakenteiden korjausohjeet kehottavat halkeamien korjaamisessa noudattamaan harkintaa, koska liikkuvat halkeamat toimivat eräänlaisina liikuntasauvoina.

Esimerkiksi jos rakenteen tai rakenneosan liikuntasaumat puuttuvat, muodostavat lämpöliike ja vuotuiset lämpötilaerot (kesä/talvi) liian suuren vetovoiman julkisivu- ja/tai pinnoitemateriaaliin halkaisten sen ilman ulkopuolistakin tekijää. Liikuntasauma sallii betonirakenteen vuosittaisen pitenemisen, lyhenemisen ja kiertymisen.

Rakennusaineiden fysikaalisia ominaisuuksia ovat mm. vuosittaiset muodonmuutokset, muuttujina rakenteen pituus ja vuosittaiset lämpötilaerot.

Viiteluettelo

- [1] Räjätysalan normeja: Työministeriö. Turvallisuusmääräykset 16:0. Tampere. 1993.
- [2] Talja, Asko, Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta. VTT tiedotteita 2278. Espoo: Otamedia Oy. 2004.
- [3] Louhinnat ja ympäristö. Oy Finnrock Ab, Tkl Pääkonsultti Pentti Sainio
- [4] Katselmualueen määrittely ja katselmuajankohdan sopiminen. Herkkien laitteiden ja toimintojen tärinäeristykset, -suojaukset sekä muut varoitoimenpiteet ja järjestelyt. Oy Finnrock Ab, DI Toimitusjohtaja Jari Honkanen, Oy Finnrock Ab, Laatumääräkirja DI Vanhempikonsultti Jukka Christersson
- [5] RYL 2000, Rakennustöiden yleiset laatuvaatimukset. Rakennustietosäätiö. Rakennustieto Oy.
- [6] Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y, Rakennusmateriaalien ja -osien kestävyys RIL 184
- [7] Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y, Rakenteiden elinkaartekniikka RIL 216
- [8] Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL r.y, Pohjarakennusohjeet RIL 121–1988
- [9] Suomen Betoniyhdistys r.y, by 50 Betoninormit
- [10] Suomen Betoniyhdistys r.y, by 32 Betonin säilyvyysohjeet ja käyttöikämitoitus
- [11] Suomen Betoniyhdistys r.y, by 40 Betonirakenteiden pinnat/luokitusohjeet
- [12] Suomen Betoniyhdistys r.y, by 41 Betonirakenteiden korjausohjeet
- [13] Lakeihin ja katselmuksiin liittyvistä asioista erilaisilla tärinäteknisillä työmailla, lainauksia korkeimman oikeuden ratkaisuista KKO
- [14] Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, Lyöntipaalutusohje LPO-2005 – RIL 223–2005. Helsinki: Rakennustieto Oy. 2005.



WWW.TERASPAALU.FI
SUOMEN TERÄSPAALUTUS