

Tilaaaja:

Tampereen Kaupunki
Ville-Pekka Oldén

Työ:

Pänninsaarenkatu, liikennetärinämittaus
15.10.2024-23.10.2024

Liikennetärinämittaus

Pänninsaarenkatu 7, Tampere

Raportin laatija:

Jari Uggelberg, Insinööri (AMK)
FISE aa-vaativuusluokan tärinäasiantuntija
jari.uggelberg@louhintakonsultit.fi
p. 0401668338

1. Johdanto

Pirkanmaan Louhintakonsultit Oy suoritti liikennetärinämittausta osoitteessa Pänninsaarenkatu 7, Tampere kolmella tärinämittarilla 15.10.2024 – 23.10.2024 välisenä aikana. Mitattava kohde oli yksikerroksinen maanvaraisella laatalla oleva asuinrakennus. Asuinrakennuksia kiinteistöllä on kaksi kappaletta. Tärinämittarit oli sijoitettu siten, että lähimmässä asuinrakennuksessa (rakennus B, tien suuntainen) oli yksi tärinämittari ja rakennuksessa A (tien suunnasta poispäin) mittareita oli kaksi kappaletta. Mittarit oli asennettu rakennuksen sokkeliin, eikä tässä kohteessa mitattu asuintilojen lattiasta, koska rakennus on yksikerroksinen ja maanvarainen.

Mittaukset päädyttiin tekemään, koska Pänninsaarenkadulle asennettiin kesällä hidastetyyny ja kiinteistön asukkailta on saatu yhteydenottoja liikenteen aiheuttamista tärähdyksistä asuintiloissa.

Mittausten tarkoitus oli selvittää tärinän voimakkuus rakennusten rakenteiden vaurioitumisriskin ja asumisviihtyvyyden kannalta. Tässä raportissa on esitetty tärinämittauksen tulokset ja tulosten vertailu suositusarvoihin.

2. Kohteen ympäristö

Pänninsaarenkatu 7 (837-225-2084-3) sijaitsee Tampereella Lamminpään kaupunginosassa. Kohteen sijainti ja mittapisteen on esitetty tarkemmin kuvassa 1. Geologian tutkimuskeskuksen pohjatutkimuskartan perusteella alueella (alle 20 m etäisyydellä kiinteistöstä) on suoritettu kaksi painokairausta, joiden perusteella maaperä alueella on hiekkaa ja silttiä. Kairaukset päättyivät kovaan kerrokseen 2.3-3 m syvyydellä.

Pänninsaarenkadulle asennettiin hidastetyyny kesällä 2024. Hidastetyyny on kiinnitetty kadun pintakerrokseen asfaltoimalla ja ainakin toinen tyynyistä (Pänninsaarenkatu pohjoiseen) on irti alustastaan ja liikahtelee isoimpien autojen renkaiden alla.

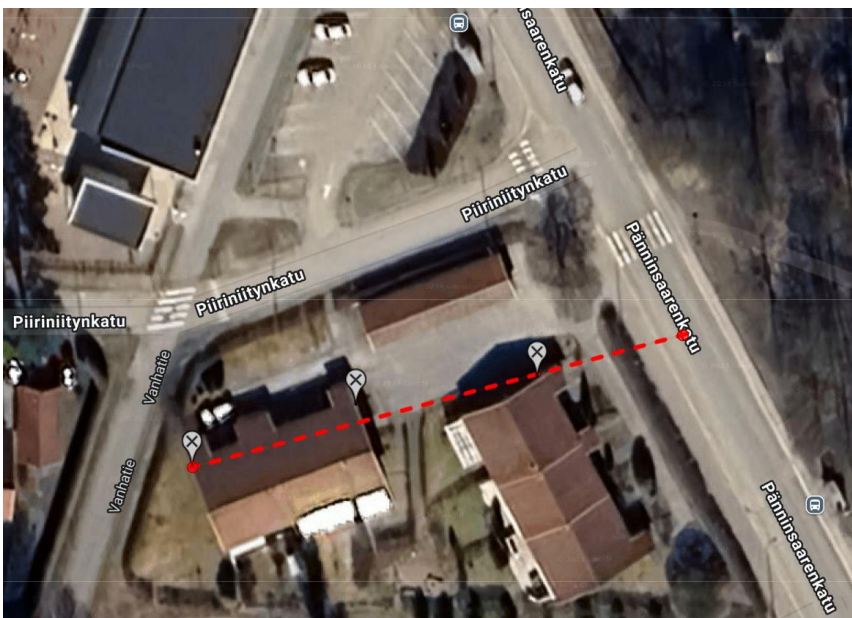
Tärinämittauspisteiden etäisyys hidasteisiin:

MP1 A-talo, Länsi 66 metriä

MP2 A-talo, Itä 43 metriä

MP3 B-talo 19 metriä

Kuva 1. Kohteen, mittapisteen ja hidastetyynyjen sijainti



3. Tärinämittaus ja mittaustulosten arviointi

Suomessa ei ole virallisia standardeja tai normeja liikenteen aiheuttamalle tärinälle, minkä vuoksi liikennetärinämittauksissa sovelletaan pääasiassa VTT:n suosituksia ja tiedotteita. VTT:n suositukset ja tiedotteet voidaan jakaa kahteen kategoriaan, joista ensimmäinen ottaa kantaa asumisviihtyvyyteen ja toinen liikennetärinän vaikutukseen rakenteissa eli vaurioitumisriskiin. Seuraavissa kappaleissa on lyhyesti selostettu näiden suositusten pääseikkoja.

3.1 Tärinän vaikutus asumisviihtyvyyteen

Asumisviihtyvyyteen ja sen mittaamiseen liittyvien tärinöiden analysoinnissa käytetään VTT:n ohjetta 2278 ”Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta”. Tämä tarkoittaa, että mittaukset tehdään kolmikomponenttisesti ja että mittausaika on yleensä yksi viikko. Värähtelyn tunnusluvun määrittämiseen käytetään 15 merkittävintä ja edustavaa tulosta. Merkittävillä tuloksilla tarkoitetaan tuloksia, jotka tiedetään saadun mittauskäyrän tai jonkin muun seikan perusteella varmuudella johtuvan mitattavista kulkuneuvoista. Näin ollen esim. taloissa esiintyvät muut tärinälähteet kuten ovien tai askelten aiheuttamat tärinät tulee sulkea pois joko mittausjärjestelyin tai mittaustuloksien laadun perusteella. Tuloksien analysoinnissa tulee myös huomioida, ettei samasta kulkuneuvosta käytetä kuin yhtä merkittävää tulosta.

VTT tiedotteita 2278 ”Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta” julkaisussa esitetty rakennusten värähtelyluokittelu perustuu norjalaiseen standardiin NS8176(1999), jossa määritellyn värähtelyn tunnusluvun tulee 95 % todennäköisyydellä edustaa kaikkia ko. kohteeseen värähtelyitä aiheuttavia liikennevälineitä.

Käytännön värähtelyluokittelu perustuu seuraavaan mittaus- ja arviointikäytäntöön:

- mittausjakso on yleensä yksi viikko tai edustava määrä mittaustuloksia
- mittaus tehdään asuintiloista (julkiset tilat, kuten päiväkodit, hotellit)
- mittaus tehdään joko maaperästä, yläkerran lattiasta tai muusta edustavasta kohteesta sekä rakennuksen kantavasta rakenteesta kuten sokkelista
- mitattava suure on 3-aksisesti rekisteröidyn heilahdusnopeuden, ISO2631-2 mukaan taajuuspainotettu (5,6Hz), tehollisarvo (rms, 1s)

Värähtelyn tunnusluku v_{w95} : lasketaan 15 suurinta rekisteröintiä aiheuttaneen liikennevälineen otoksesta lisäämällä näiden pystysuuntaisten rekisteröintien aritmeettiseen keskiarvoon otoksen keskihajonta 1.8-kertaisena

$$(v_{w95} = \bar{v}_w + 1,8 * \sigma).$$

Mitattavan kohteen värähtelyluokka määräytyy suurimman saadun värähtelyn tunnusluvun perusteella taulukon 1. mukaisesti. Yleensä mittaus suoritetaan yläkerran lattiasta, minkä perusteella määräytyy rakennuksen värähtelyluokka sekä sokkelista tai alakerran kantavasta rakenteesta, minkä perusteella määräytyy alueen tärinäalttius.

Taulukko 1. VTT:n värähtelyluokitus asumisviihtyvyyden kannalta (VTT tiedotteita 2278, Espoo 2004).

Värähtely- luokka	Kuvaus värähtelyolosuhteista	$v_{w,95}$ mm/s
A	Hyvät asuinolosuhteet. <i>Ihmiset eivät yleensä havaitse värähtelyitä.</i>	≤ 0.10

B	Suhteellisen hyvät olosuhteet <i>Ihmiset voivat havaita värähtelyt, mutta ne eivät ole häiritseviä.</i>	≤ 0.15
C	Suositus uusien rakennusten ja väylien suunnittelussa. <i>Keskimäärin 15 % asukkaista pitää värähtelyitä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöistä.</i>	≤ 0.30
D	Olosuhteet, joihin pyritään vanhoilla asuinalueilla. <i>Keskimäärin 25 % asukkaista pitää värähtelyitä häiritsevinä ja voi valittaa häiriöistä.</i>	≤ 0.60

VTT:n suosituksen mukaan maankäytön suunnittelussa tulee tavoitteena tulisi olla, että uusissa asunnoissa värähtelyn tunnusluku v_{w95} ei ylitä arvoa 0.3mm/s ja olemassa olevilla asuinalueilla arvoa 0.6mm/s.

Suosittelava tavoiteraja värähtelyn enimmäisarvolle rakennuksen sisätiloissa on uusilla asuinalueilla 0,3 mm/s ja vanhoilla asuinalueilla 0,6 mm/s. Tavoitteen tulee toteutua pystyvärähtelyn osalta rakennuksen kaikissa lattioissa ja vaakavärähtelyn osalta rakennuksen jokaisessa kerroksessa. Mikäli kyse ei ole asuinrakennuksesta ja tilojen käyttötarkoitus on sellainen, että liikenteen ei katsota haittaavan lepoa, tavoiteraja voi olla kaksinkertainen esitettyihin arvoihin nähden.

Vanhoilla asuinalueilla, joille tärinän arviointia ei ole tehty, saatetaan taulukossa 1 esitetty luokan D (raja 0,6 mm/s) raja ylittää usein. Samoin saattaa huolellisestikin suunnitellussa uudisrakennuskohteessa ilmetä poikkeustapauksia, joissa luokan C (raja 0,3 mm/s) tavoite ei täyty. Tällöin tulee tapauskohtaisesti arvioida haitan kohtuullisuus ja mahdollisuudet tärinähaitan pienentämiseksi. VTT:n liikennetärinän värähtelyluokitus on tilastollinen suositusarvo, jonka osalta tulee käyttää tulkintaa esim. siten, että rajoja (0,3 mm/s ja 0,6 mm/s) ei sovelleta rakennuksille, joissa ihmiset ovat pääasiassa liikkeessä tai muut kuin liikenteestä aiheutuvat häiriöt voivat olla merkittävämpiä (esim. toimistot, kaupat, kahvilat, ostoskeskukset, tavaratalot, liikuntatilat).

Edellä mainittujen asioiden johdosta liikennetärinän tunnusluku vaatii aina tapauskohtaista tulkintaa riippuen liikennetärinän laadusta, sen ajankohdasta (yö- / päiväaika) ja mittauspaiikan tai alueen erityispiirteistä johtuen. Raportissa pitää myös huomioida rakennus ja sen erityispiirteet.

Koko asiaa käsittelevät julkaisut voi ladata osoitteista:

<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2004/T2278.pdf> <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2008/T2425.pdf>

<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2011/T2569.pdf>

3.2. Tärinän vaikutus rakennuksen perustuksiin ja rakenteisiin

Rakennuksen vaurioitumisriskiä arvioidaan pääsääntöisesti rakennuksen perustuksesta eli sokkelista tai kantavasta rakenteesta tehtävällä mittauksella. Rakennuksen yläkerroksista tehtävällä mittauksella voidaan arvioida rakennuksen rakenteiden vaurioitumisriskiä, mutta rakennuksen perustuksesta tehty mittaus on aina määräävin.

Liikennetärinän vaikutuksesta perustuksille käytetään pääasiassa VTT:n tutkimusraporttia VTT-R-04703-14, joka pohjautuu RIL253-2010 ”Rakentamisen aiheuttamat tärinät” ohjeeseen. Tämä ohje määrittää ohjearvon rakennuksen perustukselle.

Tärinän ohjearvo v määritetään kertomalla värähtelyrajan perusarvo v_0 (taulukko 2) rakennustapakertoimella F_k (taulukko 3) eli $v = v_0 \cdot F_k$.

Taulukko 2. VTT:n R-04703-14 värähtelyn perusarvo perustukselle erilaisille maa- ja kalliopohjille perustetuille rakennuksille (perustuu RIL 2010 taulukkoon)

Maalaji	Pehmeä savi, leikkauslujuus < 25 kN/m ²	Sitkeä savi, siltti, löyhä hiekkä	Tiivis hiekka, sora, moreeni, rikkonainen tai löyhä kallio	Kiinteä kallio
Värähtelyn perusarvo v_0	5	7	10	12
Värähtelyssä hallitseva taajuus ¹⁾	alle 10 Hz	10 – 20 Hz	20 – 50 Hz	yli 50 Hz

1) Hallitsevat taajuudet on lisätty tutkimusraportin liitteen B ja lähteiden (DIN 1999, Törnqvist & Nuutinen 2002) perusteella, niitä ei ole esitetty ohjeessa RIL 253 (2010). Hallitsevaa taajuutta tulee siis pitää suuntaa antavana.

Taulukko 3. Rakennustapakertoimet tärinän ohjearvojen määrittämiseksi perustuksista (perustuu RIL2010 taulukkoon)

Rakenneluokka (hyväkuntoinen rakenne)	Rakennus- tapakerroin F_k
1. Raskaat teräsbetoni- ja teräsrakenteet, kuten sillat ja laiturit.	2,00
2. Teräsbetoniset, teräksiset ja puurakenteiset teollisuus- ja varastorakennukset, ruiskubetonoidut kalliotilat, yleensä staattisesti määrätty 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.	1,20
4. Massiiviseinäiset tiili-, kevytsoraharkko- ja teräsbetonirunkoiset teollisuus-, toimisto- ja asuinrakennukset, lasiseinäiset teräsrunkoiset sekä tiiliverhotut puurunkoiset rakennukset, ruiskubetonoimattomat kalliotilat.	1,00
5. Rakennukset, joissa on kevytbetoni- tai kalkkihiekkatiilirakenteita, tai muuta vaurioherkkää materiaalia, tärinä- ja värähtelyherkät vanhat rakennukset, kuten kirkot tai korkeita holveja käsittävät rakenteet.	0,65

Ohjearvo on hyväkuntoisille ja tavanomaisille rakenteille, jolloin ohjearvon alle jäävien mittaustuloksien ei katsota aiheuttavan käyttökelpoisuutta häiritseviä vaurioita. Tämä ohjearvo ei ota huomioon tärinän voimistumista rakennuksen ylärakenteissa mahdollisen resonanssin vaikutuksesta. Huonokuntoisten rakenteiden tärinäkestävyys arvioidaan tapauskohtaisesti. Tukipaaluille perustetulle hyväkuntoiselle rakennukselle taulukon arvoja voidaan korottaa 20 %. Koska tärinäkuormitus on pitkäkestoista, suositellaan taulukon 2 ohjearvon alentamista 25 % (RIL253-2010).

Rakenteiden ja rakennuksen yläkerroksien osalta vaurioriskiä voidaan arvioida VTT:n tutkimusraportin R-04703-14 kohdan 3.2 avulla. Kyseinen ohjearvo perustuu värähtelyn siirtymäamplitudin perusarvoon $u_0 = 0,2$ mm ja värähtelyssä hallitsevaan taajuuteen f . Rakenteiden vaurioitumisalttiuden arvioinnin tarve nousee yleensä esille, kun tärinän epäillään aiheuttaneen rakennukselle vaurioita tai rakennuksen omistaja pelkää tärinän aiheuttavan rakenteille vaurioitumista. Rakenteiden vaurioitumisalttiuden arvioinnissa tärinäasiantuntijalta edellytetään FISE:n aa-vaativuusluokan kelpoisuutta.

Koko asiaa käsittelevän julkaisun voi ladata osoitteesta:

<http://www.vtt.fi/inf/julkaisut/muut/2014/VTT-R-04703-14.pdf>

4. Tärinän suositusarvot

Tarkasteltavan kohteen arviointiperusteet:

- Rakenteiden vaurioriskiä arvioitaessa, kohteeseen sovellettiin painottamattoman värähtelynopeuden resultantin (v_{res}) enimmäisarvoa 5,25 mm/s.
- Ihmisten kokemaa viihtyvyyshaittaa ennen vuoden 2014 rakennetuissa asuinrakennuksissa arvioitaessa sovellettiin VTT:n värähtelyluokituksen värähtelyluokkaa D ja tärinän tunnusluvun ($v_{w,95}$) enimmäisarvoa 0,60 mm/s.

5. Mittaustulokset ja niiden tarkastelu

Mittausjakson aikana 15.10. – 23.10.2024 (8 vrk) kohteen sokkelin mittauspisteestä mitattiin noin 1300 kpl liikenteen aiheuttamaa mittaustulosta. Mittaustuloksien perusteella liikenteen värinähaitta on kohteessa usein toistuvaa.

Taulukossa 4 on esitetty mittauspisteiden MP1 – MP3 tunnusluvut.

Taulukko 4. Tunnusluvut mittauspisteille MP01 (sokkeli), MP02 (sokkeli) ja MP3 (sokkeli)

	MP1 X	MP1 Y	MP1 Z	MP2 X	MP2 Y	MP2 Z	MP3 X	MP3 Y	MP3 Z
Suurin mitattu heilahdusnopeus v [mm/s]	0,12	0,16	0,17	0,35	0,22	0,36	0,04	0,69	0,74
Vallitsevan taajuuden keskiarvo f [Hz]	16	17	38	13	15	16	17	23	21
Värähtelyn tehollisarvon tunnusluku $v_{w,95}$ [mm/s]	0,16	0,14	0,13	0,34	0,21	0,31	0,38	0,28	0,69
Värähtelyluokituksen tunnus (liikennetärinä)	C	B	B	C	B	C	C	C	D

Mittausjakson ja mittauspisteen MP1 ja MP2 osalta kohteen värähtelyn tehollisarvon tunnusluku on VTT:n värähtelyluokan D ohjearvon ($< 0,60\text{mm/s}$) alapuolella ja siten suosituksen mukainen.

Mittauspisteen MP3 osalta Z, eli V amplitudin tulos $v_{w,95}$ **0,69 mm/s** on värähtelyluokan D ylitys n. 15%.

6. Tulokset ja johtopäätökset

6.1 Tärinän aiheuttama vaurioitumisriski

Koska mitattujen värinäsignaalien taajuussisällön hallitsevat komponentit ulottuvat alle 10 Hz taajuuksille, arvioidaan rakennuksen vaurioriskiä vertaamalla värinän resultantin maksimiarvoa suositusarvoon 5,25 mm/s. Sokkelista mitatut suurimman resultantin arvot 0,12 – 0,75 mm/s ovat selvästi suositusarvoa 5,25 mm/s pienempiä. Mittaustulosten perusteella voidaan todeta, että mitatun suuruinen värinä ei aiheuta rakennukselle vaurioitumisriskiä.

6.2 Tärinän aiheuttama viihtyvyshaitta

Sokkelista mitatuista värähtelyistä määritetyt värinän tehollisarvon tunnusluvun arvot 0,13 – 0,69 mm/s. Vanhoille alueille suositeltu värinäraja 0,60 mm/s ylittyy lähimmän mittapisteen V-komponentilla n. 15%. Tämä värinä aiheuttaa jo havaittavaa haittaa asumisviihtyvyydelle.

6.3 Muita huomioita

Saatujen suurimpien värinämittaustuloksien ja siten tunnuslukuihin vaikuttavien mittaustuloksien aaltomuotokuvaajat olivat selkeitä, yksiselitteisesti liikenteen värinästä johtuvia. Tuloksien välinen hajonta oli normaalia, joten mittaustuloksien luotettavuutta voidaan pitää mittauksen osalta hyvänä.

7. Yhteenveto

Vaurioitumisriskin osalta rakennuksen värinätasot olivat vielä VTT:n ohjearvojen mukaisia ja mittausjakson mitatusta värinätasosta ei aiheudu riskiä rakenteille.

Kohteen liikennetärinän asumisviihtyvyyden tunnusluku oli lähimmän rakennuksen osalta luokan D ylitys n. 15%, joten tässä kohteessa liikennetärinällä on merkittävä haitta asumisviihtyvyydelle.

Suurimpien mitattujen tärinämittaustuloksien osalta ei ollut havaittavissa merkittävää eroa ajosuuntien osalta.

Tampereella 21.11.2024



Jari Uggelberg (Insinööri AMK)
FISE aa-vaativuusluokan tärinäasiantuntija
Pirkanmaan Louhintakonsultit Oy