

OULUN ASEMAKESKUS

TÄRINÄSELVITYS

WS | D

Sisällysluettelo

1. Johdanto.....	3
2. Arvioinnin menetelmät ja lähtöaineistot	3
2.1. Tärinän ohjearvot.....	3
2.2. Tärinälaskennan tarkastelupoikkileikkaus	5
2.3. Tärinän laskennallinen arviointi.....	6
3. Arvioidut tärinän heilahdusnopeudet.....	6
Viitteet	8

1. Johdanto

Rataliikenteen aiheuttamia tärinätasoja on arvioitu yhteen poikkileikkaukseen numeerista 2D FEM laskentaa käyttäen. Poikkileikkausten laskennallinen tarkastelu on tehty suunnittelutilanteessa, jossa rakennusten massoittelu on pääosin selvillä.

Alueelle laadittava tärinäselvitys on laadittu seuraavasti:

- poikkileikkaustarkastelu on tehty kuvan 1 kohtaan
- tämän katsotaan edustavan tarkasteltavaa aluetta kokonaisuudessaan

Tässä arviointiraportissa esitetään laaditun poikkileikkaustarkastelun tulokset ja johtopäätökset sen osalta. Laskennallisessa tarkastelussa on otettu huomioon junaliikenteen raidekohtaiset tiedot sekä radan ja tarkastelukohteen välinen etäisyys sekä maaperäolosuhteet.

TkT Mauri Koskinen on tehnyt tärinän laskennallisen arvioinnin.

2. Arvioinnin menetelmät ja lähtöaineistot

2.1. Tärinän ohjearvot

VTT:n julkaisussa (Talja ja Törnqvist 2006) on esitetty suositus rakennusten värähtelyluokituksesta, jota käytetään yleisesti ohjearvona maankäytön suunnittelussa. Suosituksessa uusille rakennuksille ja väylille on annettu matalampi suositusarvo kuin vanhoille asuinalueille (taulukko 1). Taulukossa esitetty luokitus perustuu ihmisen kokeman tärinän häiritsevyyteen. Kun kyseessä on muu kuin asumistarkoitus, tavoiteraja voi olla kaksinkertainen.

Oppaassa esitetyt tärinän ohjearvot perustuvat tärinän heilahdusnopeuden maksimiarvojen perusteella tilastollisesti määritettyyn taajuuspainotettuun tunnuslukuun $v_{w,95}$ [mm/s] (taulukko 1).

14.1.2025

Taulukko 1. Suositus rakennusten värähtelyluokituksesta (Talja ja Törnqvist 2006).

Värähtely-luokka	Kuvaus olosuhteista	Vv,95 (mm/s)
A	Hyvät asuinolosuhteet. Ihmiset eivät yleensä havaitse tärinää.	$\leq 0,10$
B	Suhteellisen hyvät olosuhteet. Ihmiset voivat havaita tärinän, mutta se ei yleensä ole häiritsevää.	$\leq 0,15$
C	Suositus uusien rakennusten ja väylien suunnittelussa. Keskimäärin 15 % asukkaista pitää tärinää häiritsevänä ja voi valittaa häiriöstä.	$\leq 0,30$
D	Olosuhteet, joihin pyritään vanhoilla asuinalueilla. Keskimäärin 25 % asukkaista pitää tärinää häiritsevänä ja voi valittaa häiriöstä.	$\leq 0,60$

Tärinän mahdollisesti aiheuttamien rakenteellisten vaurioiden arviointiin sovelletaan eri vertailuarvoja kuin asumisviihtyisyyden kohdistuvien haittojen arvioitiin. Rakennusten perustusten vaurioalttiutta kuvataan taulukon 2 mukaisella luokituksella. Esitettyjä raja-arvoja pienempien värähtelytasojen ei katsota aiheuttavan rakennuksen käyttöarvoa pienentäviä vaurioita.

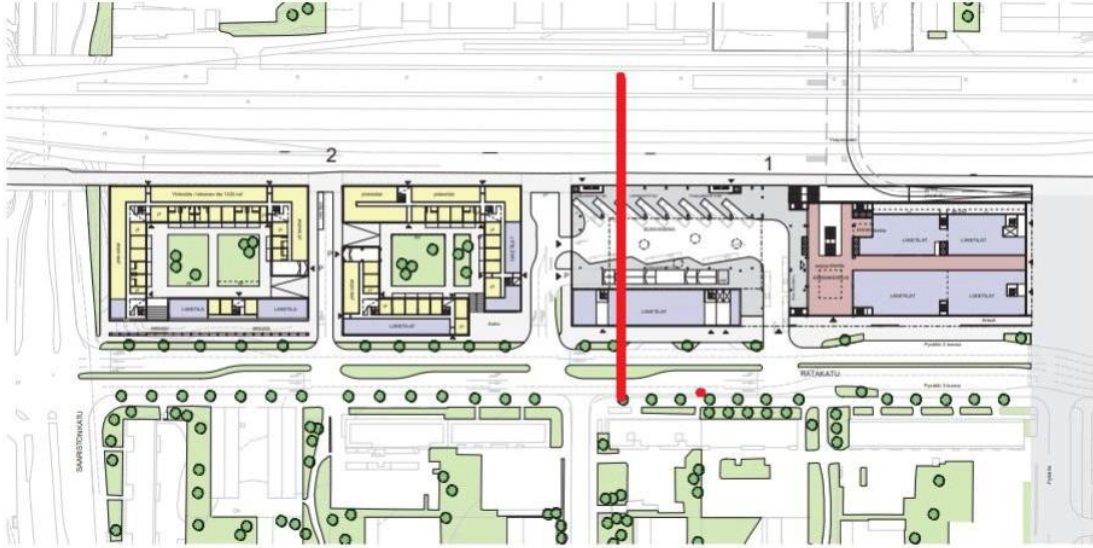
Taulukko 2. Rakennusten perustusten vaurioalttiuden rajaamisessa käytettävät kriteerit (VTT 2001).

Värähtely-luokka	Kuvaus värähtelyolosuhteista	Heilahdus-nopeuden huippuarvo $V_{\max}$ [mm/s]	Tunnusluku $V_{\text{rms},95}$ [mm/s]
V	Kohonneen tärinäalttiuden alue <i>Rakenteiden vauriot mahdollisia</i>	$\geq 3,0$	$\geq 5,0$
H	Vähäisen tärinäalttiuden alue <i>Rakenteiden haitat mahdollisia</i>	$\leq 3,0$	$\leq 5,0$
E	Rakenteiden vaurioriski epätodennäköinen	$\leq 1,0$	$\leq 1,6$

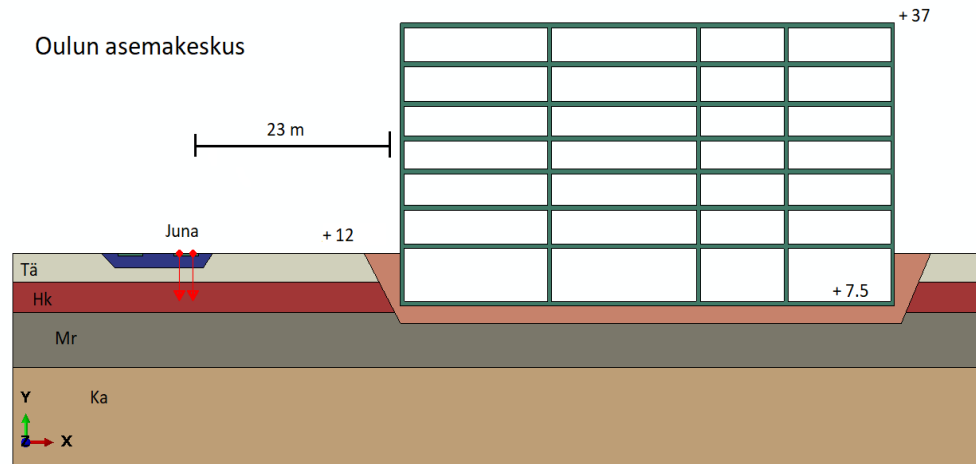
14.1.2025

2.2. Tärinälaskennan tarkastelupoikkileikkaus

Tärinälaskentaan on valittu yksi poikkileikkaus. Se sijaitsee alueella kuvan 1 mukaisesti. Poikkileikkauksen kohdalla alueen maakerrokset ovat kuvan 2 mukaiset.



Kuva 1. Tärinälaskennan leikkauksen sijainti



Kuva 2. Laskentapoikkileikkaus mallinnuksessa

Maanpinta on rakennuksen (määräävä poikkileikkaus, ks. kuva 2) kohdalla noin + 12. Suunnittelualue rajoittuu rata-alueeseen sijaiten sen itä-kaakkoispuolella (Raksilan puoli).

Raiteet on perustettu osittain paalulaatoille löyhähköjen kitkamaakerrosten takia. Alueella pinnassa olevien rakennettujen kerrosten alla on vaihtelevasti hiekkaa, silttiä, hiekkamoreenia ja moreenia kallion päällä. Paino- ja puristin-heijarikairaukset ovat päättyneet kiviin,

kallioon tai tiiviiseen maakerrokseen. Kallion pinta on alimmillaan keskimäärin tasolla - 5. Valittu laskentapoikkileikkaus edustaa alueen epäedullisinta kohtaa.

Ratapihalla on 4...5 raidetta, joista uloimmat ovat suurimpien nopeuksien raiteita. Rakennus on sijoitettu lähimmillään noin 23 m etäisyydelle ”määräävästä” ratalinjauksesta (raiteen keskilinjasta), kuva 2. Laskentaan on oletettu mukaan kaksi lähintä raidetta. Näistä lähin suurimpien nopeuksien raide on määräävä.

2.3. Tärinän laskennallinen arviointi

Suunnittelualueeseen kohdistuvaa tärinää on tarkasteltu FEM-laskennan tulosten perusteella. Laskennallisessa tarkastelussa tärinän herätteen (lähtötaso) värähtelytaso on arvioitu raiteilla liikennöivän junavaunun akselipainon ja nopeuden perusteella.

Värähtelyn etenemisen laskennassa on otettu huomioon alueen maaperäolosuhteet, rakennusten perustamistapa, mallinnetun rakennuksen ominaisuudet ja tarkasteltavan pisteen korkeusasema (kerros) suunnitellussa rakennuksessa. Lisäksi laskennassa on huomioitu kaluston ns. lovipyöräheräte, joka aiheuttaa normaalia voimakkaampia tärinän lähtötasoja, jolloin niiden vaikutus voi olla 5...10ertainen normaalin kaluston aiheuttamaan herätteeseen verrattuna.

Pohjasuhteiden arvioinnissa on käytetty alueen maaperätietojen perusteella muodostettua geoteknistä poikkileikkausta.

Tarkastelun laskennat olivat luonteeltaan dynaamisia ”pakkovärähtelyanalyysijä”. Mallissa, jonka materiaalikäyttäytyminen on lineaarista, on elementin koko valittu siten, että jokaisen elementin dimensiot vastaavat suurinta muodostuvaa tärinän aallonpituutta. Tärinän vasteita on havainnoitu rakennuksen eri kerroksissa.

Dynaamisessa analyysissä kiskoja kuvaaviin solmuihin kytkettiin arvioidun tärinäimpulssin mukainen kuorma-amplitudi. Laskennassa käytetyn kuorman amplitudi on saatu empiirisen mittaustiedon perusteella, jossa on otettu huomioon akselipaino ja lovipyöräefekti. Laskennan aikajaksoksi valittiin 1 s.

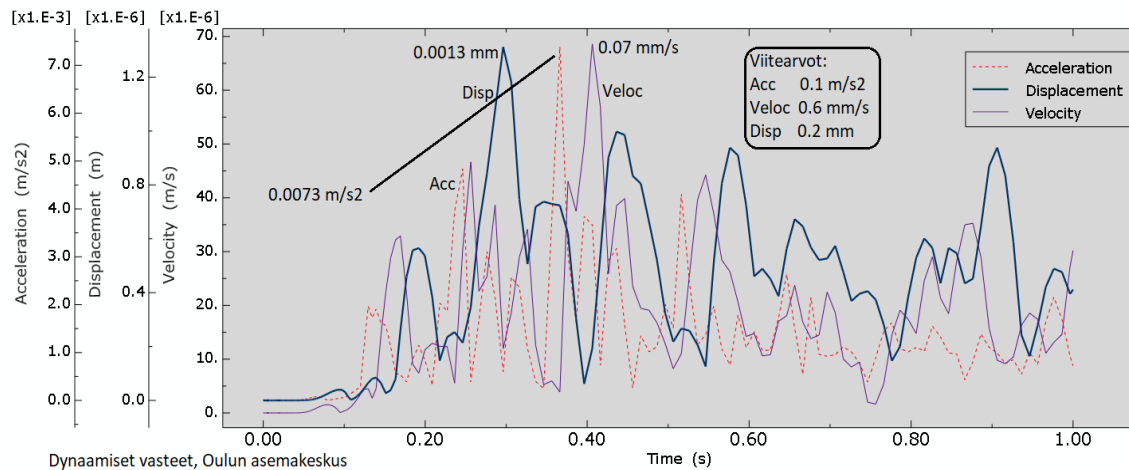
Laskennan mallipoikkileikkaus (yksinkertaistettu runkojäykkyys) on kuvattu elementtimenetelmällä käyttäen 2D-solid –tyyppisiä lineaarisia tasomuodonmuutostilaelementtejä, joiden DOF –luku on 2 kpl solmua kohden (translaatiovapausasteet). Mallin koko oli DOF = 37500. Mallin reunat ja pohja ovat reunaehdoiltaan energiaa absorboivat. Rakennuksen jäykistyksen oletetaan tapahtuvan hissikuilun ja osittaisen runkojäykistämisen kautta. Rakennus perustetaan kovaan pohjaan ulottuvilla betonipaaluilla. Mallin tukipaaluperustus on toteutettu muodostamalla elementaariset sidosyhtälöt rakennuksen alapinnan (vastaavien kohtien) ja alimman maakerroksen välille (kuva 2).

3. Arvioidut tärinän heilahdusnopeudet

Radasta aiheutuvan herätteen tuottamat nopeuden komponentit rakennuksen kellaritasolla kenttien keskellä, kerroksessa 1...4 sekä katon tasalla on esitetty kuvassa 3. Laskentajaksona on 1 s, koska vaste vaimenee jo tällä jaksolla. Tarkkailupisteissä vasteet on ilmoitettu suhteessa VTT:n ohjeiden viitearvoihin (luokka C) termin ”viitearvosuhde” (va’C-

14.1.2025

suhde) avulla. Suhteen määrittämisessä on huomioitu, että tehollisarvo (VTT) on 60 % las-
kenta-arvosta.



Kuva 3. Rakennuksen dynaamiset vasteet rakennuksessa.

Värähtelylaskennan tuloksia tarkasteltaessa on huomioitava seuraavat seikat:

- rakennuksen värähtelyt tarkasteltu nopeusvasteina (VTT:n suositus)
- esitetyt tulokset edustavat heilahdusnopeuden maksimiarvoja (V_{max}). Ohjearvoon verrannollinen värähtelyn nopeuden vertailuarvo $v_{w,95}$ on noin 50 % värähtelyn maksimiarvosta.
- nykyisen suunnitelman mukaisen massoitellun lyhin etäisyys tärinää mitoittavaan raiteeseen (kiskoon) on noin 23 metriä, rakennuksen leveys 55 m. Korkeusasema katon tasalla on noin + 37 m.
- Rakennus tulee olemaan paaluille perustettu ja erityisesti värähtelyn pysty-komponentit ovat hallinnassa tätä kautta. Edelleen voidaan todeta, että rakennus-korkeus on siinä määrin pieni, että myöskään vaakasuuntaiset värähtelyt eivät muodostu ongelmaksi.

Laskennallisen tarkastelun tuloksena on esitetty rakennukseen kohdistuvien värähtelyn vaaka- ja pystysuuntaisten nopeuskomponenttien (kuva 3) kehittyminen tarkkailupisteissä, joita ovat (kuva 2) kunkin kerroksen tasalla edustavissa pisteissä. Näiden perusteella voi-
daan todeta seuraavaa:

- laskennallisen tarkastelun perusteella värähtelyn maksimitasot laskentapisteissä ovat suurimmillaan noin 0,07 mm/s (kuva 3). Tarkastelujakson (1 s) aikana on nähtävissä värähtelyn vaimentuminen. Suositeltuun ohjearvoon (0,6 mm/s) verrannolli-nen tulos ($v_{w,95}$) on 0,035 mm/s ja alittaa selvästi uusille liike- ja toimistokohteille esitetyn suositusarvon.
- alhaiset vasteet johtuvat suhteellisen hyvistä pohjasuhteista

14.1.2025

-
- Poikkileikkauksiin tehtyjen tärinälaskentojen tulokset (vaaka- ja pystysuuntainen) alittavat kohteessa tärinälle suositellun ohjearvon mukaisen tason. Siten myöskään vaurioitumisalttiutta ei ole (taulukko 2).

Helsingissä 14.1.2025

WSP Finland Oy

Mauri Koskinen

Mauri Koskinen, TkT
WSP Finland Oy

Viitteet

VTT 2006, Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa. Espoo. 46 s. Liitteitä 33 s. (VTT Working papers 50). ISBN 951 – 38 – 660 – 5. ISSN 1459 – 7683.

VTT 2005, Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta. Espoo. 50 s. Liitteitä 15 s. (VTT tiedotteita 2278). ISBN 951 – 38 – 6523 – 1. ISSN 1235 – 0605.

VTT 2001, Rautatieliikenteen tärinän vaikutus rakenteisiin – vaurioalttiuden kartoittaminen ja mittaaminen. Luonnos 47 s.

VTT 2011, Ohjeita liikennetärinän arviointiin. Espoo 35 s. Liitteitä 9 s. (VTT tiedotteita 2569). ISBN 978 – 951 – 38 – 7685 – 2. ISSN 1455 – 0865.