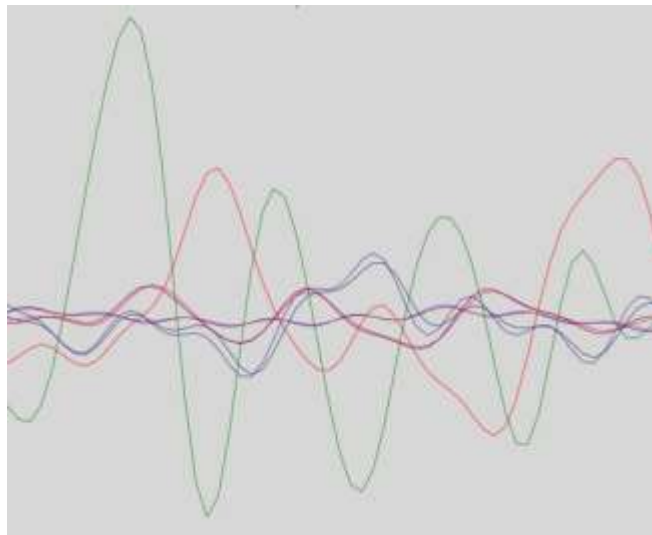


VANTAAN KAUPUNKI

KVARTSIKULMAN JA TURKOOSIKEHÄN ASEMAKAAVA-ALUEIDEN TÄRINÄ- JA RUNKOMELUSELVITYS

2.9.2020



314106

Sisällysluettelo

1. Johdanto.....	3
2. Tärinän ja runkomelun vertailuarvot	4
2.1. Tärinälle suositellut ohjearvot	4
2.2. Runkomelulle suositellut ohjearvot.....	5
3. Tärinän ja runkomelun huomioon ottaminen maankäytön suunnittelussa	5
3.1. Tärinä	5
3.2. Runkomelu	6
4. Suunnittelualueen kuvaus.....	7
5. Tärinäselvityksen numeerinen analyysi.....	9
5.1. Laskentamenettelyn kuvaus	9
5.2. Laskenta-asetukset ja laskennassa käytetyt oletukset	9
5.3. Tärinälaskennan tulokset	12
5.3.1. Kvartsinkulman laskentakohde	12
5.3.2. Turkoosikehän laskentakohde	14
5.4. Yhteenveto ja päätelmiä tärinätarkastelusta.....	16
5.5. Runkomelutasojen tarkastelu.....	17
6. Johtopäätökset	18
7. Kirjallisuutta	19

1. Johdanto

Kvartsikulman ja Turkoosikehän asemakaava-alueet sijoittuvat Kehäradan läheisyyteen Vantaan Kivistössä (kuva 1). Työssä on arvioitu laskennallisesti Kehäradan junaliikenteen tärinävaikutuksia sekä arvioitu suunnittelualueeseen kohdistuvia runkomelutasoja aikaisemmin laaditun runkomeluselvityksen /1/ pohjalta.



Kuva 1. Kvartsikulman (232800) ja Turkoosikehän asemakaavakohteiden sijainnit.

Hyvänä käytäntönä kaavaselostuksissa on perusteltua ottaa huomioon seuraavaa: *Värähtelymittausten perusteella rakentamisen kannalta huomioitava tärinäalue ulottuu radan varressa noin 70 ... 100 metrin etäisyydelle lähimmästä raiteesta. Näillä alueilla jatkosuunnittelussa tulee varmistaa, ettei rakennusten runko- ja välipohjarakenteiden resonanssitajuuksia mitoiteta maaperässä esiintyvien värähtelyhuippujen kohdalle /5/.* Tässä selvityksessä tarkastellaan rataosuuden junaliikenteen tärinävaikutuksia.

Rautatieliikenteen tärinävaikutusten arviointi perustuu tässä selvityksessä osaltaan muissa projekteissa tehtyjen tärinämittausten tuloksiin sekä asemakohteisiin laadittuihin värähtelytasojen laskennallisiin analyyseihin. Värähtelyn laskennallisessa arvioinnissa otetaan huomioon junaliikenteen aiheuttaman värähtelyn lähtötaso (heräte), raiteiden etäisyys rakennuksista sekä maaperän ominaisuudet värähtelyn etenemisreitillä.

Mauri Koskinen on tehnyt laskennalliset tarkastelut tärinän etenemisestä sekä laatinut tämän raportin. Ilkka Niskanen on referoinut kohteeseen laadittua raportin runkomelua käsittelevän osuuden.

2. Tärinän ja runkomelun vertailuarvot

2.1. Tärinälle suositellut ohjearvot

Liikenneperäisen tärinän ohjearvot perustuvat mitatun tärinän heilahdusnopeuden v taajuuspainotetun tehollisarvon perusteella tilastollisesti määritettyyn tunnuslukuun $v_{w,95}$ [mm/s]. Suositus asuinrakennusten ja niitä vastaavien asuintilojen värähtelyluokituksesta /2/ on esitetty taulukossa 1. Luokitus perustuu ihmisen kokeman tärinän häiritsevyyteen. Kun kyseessä on muu kuin asumistarkoitus, tavoiteraja voi olla kaksinkertainen.

Taulukko 1. Suositus asuinrakennusten ja vastaavien asuintilojen värähtelyluokituksesta /2/.

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 värähtelyä, mutta ne eivät ole häiritseviä.</i>	$\leq 0,15$
C	Suositus uusien rakennusten ja väylien suunnittelussa. <i>Keskimäärin 15 % asukkaista pitää värähtelyä häiritsevinä ja voi välttää häiriöistä</i>	$\leq 0,30$
D	Olosuhteet, joihin pyritään vanhoilla asuinalueilla. <i>Keskimäärin 25 % asukkaista pitää värähtelyä häiritsevinä ja voi välttää häiriöistä</i>	$\leq 0,60$

Tunnusluku, $v_{w,95}$ [mm/s], lasketaan siten, että viidentoista suurimman yksittäisen tapahtuman värähtelynopeuden tehollisarvon keskiarvoon lisätään viidentoista suurimman yksittäisen tapahtuman hajonta kerrottuna vakiolla 1,8.

Tärinän mahdollisesti aiheuttamien rakenteellisten vaurioiden arviointiin sovelletaan eri vertailuarvoja kuin asumisviihtyvyyden kohdistuvien haittojen arviointiin. 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 /4/.

Värähtelyluokka	Kuvaus värähtelyolosuhteista	Heilahdusnopeuden huippuarvo v_{max} [mm/s]	Tunnusluku $v_{rms,95}$ [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	$\leq 1,0$	$\leq 1,6$

2.2. Runkomelulle suositellut ohjearvot

Runkomelulle ei ole asetettu varsinaisia ohje- tai raja-arvoja, mutta VTT:n esiselvityksessä /6/ on esitetty suositus maaperäisen runkomelun ohjearvoiksi (taulukko 3). Tässä selvityksessä on käytetty maaperäisen runkomelun ohjearvoina VTT:n suosituksia.

Taulukko 3. VTT:n suositus runkomelun ohjearvoiksi /6/

Rakennustyyppi	Runkomelutaso L_{pm} [dB]
Radio-, tv- ja äänitysstudiot, konserttitalit	25–30
Asuinhuoneistot	30–35 ²
Hoito- ja sosiaalihuollon laitokset, majoitustilat <ul style="list-style-type: none">potilashuoneet, majoitustilatpäiväkodit, lasten ja henkilökunnan oleskeluun tarkoitetut huoneet	30/35 ²
Kokoontumis- ja opetustilat <ul style="list-style-type: none">luokkahuoneet, luentosalit, kirkot ja muut huonetilat, joissa edellytetään yleisön saavan hyvin puheesta selvän ilman äänentoistolaitteiden käyttöämuut kokoontumistilat kuten teatterit ja kirjastot	35
Toimistot, kaupat, näyttelytilat, museot	40/45 ²

² Avoradat. Mikäli kaavamääräyksessä on annettu ohje julkisivun ilmajääneristävyydestä, on suositeltavaa käyttää runkomelutason tiukempaa raja-arvoa.

3. Tärinän ja runkomelun huomioon ottaminen maankäytön suunnittelussa

3.1. Tärinä

Tärinästä mahdollisesti aiheutuvat haitat on otettava huomioon yhdyskuntasuunnittelussa. Liikenteen aiheuttama tärinä voi olla asuinrakennusten lisäksi häiritsevää esimerkiksi julkisissa tiloissa, joissa on tärinäherkkiä laitteistoja.

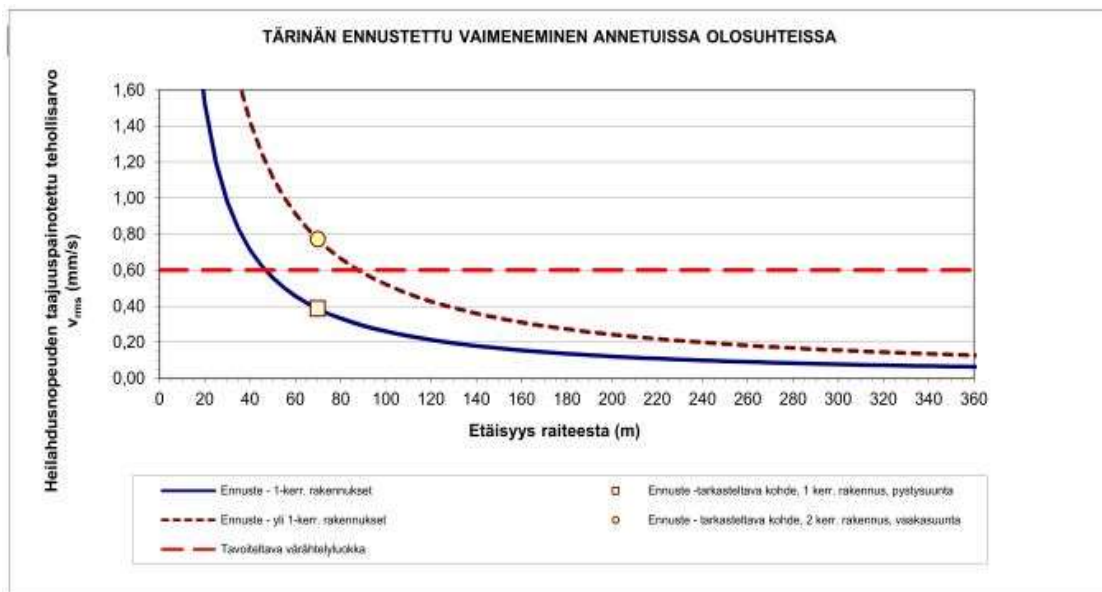
Tärinäriskiä pidetään yleensä suurehkona, mikäli maaperä koostuu pehmeistä maalajeista tai löyhistä kerroksista, kun pohjavesi on läsnä. Kuitenkin paikallisesti kaltevat tiiviit karkearakeiset kerrokset ja erityisesti kallio saattaa nostaa heijastusten kautta tärinän vastetta.

Tärinästä aiheutuvien valitusten lisääntyminen voi olla seurausta esimerkiksi liikenteellisistä muutoksista ja radan rakenteissa tapahtuneista muutoksista sekä myös ilmastollisista sääolosuhteista, kuten roudasta ja pohjaveden pinnan muutoksista.

Tärinän heilahdusnopeudet saattavat voimistua resonanssi-ilmiö vaikutuksesta. Rakennusten ja rakenteiden ominaistuuksia on syytä selvittää, jotta voidaan arvioida riskiä resonanssin esiintymiseen. Resonanssitilanteessa systeemi menettää rakenteellisen toimintakykynsä. Useimmiten kuitenkin junaliikenteen tuottama resonanssitilanne vaatii pitkähköä

raskaan kaluston muodostaman syklistarjan (10...15 toistuvaa harmonista herätettä). Värähtelyn ominaistajuuudet ja –muodot määritetään dynaamisilla analyyseillä mahdollisen rakenteellisen systeemin resonanssitilanteen selvittämiseksi.

Tärinän leviäminen ympäristössä herätelähteestä on mahdollista arvioida alustavasti esimerkiksi oheisen kuvan 2 mukaisella mallilla. Kuva 2 edustaa tällaista esimerkkitapausta. VTT:n ohje ”Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa” /2, 3, 5/ esittää tällaisten ennustekäyrien arviointiperiaatetta.



Kuva 2. Esimerkki tärinän leviämisestä tärinälähteestä ympäristöön /2, 3, 5/.

3.2. Runkomelu

Runkomelulla tarkoitetaan ääntä, joka syntyy talon rakenteisiin siirtyneen värähtelyn muuttumisesta ääneksi. Raideliikenteen aiheuttaman runkomelun heräte syntyy junan pyörien ja kiskojen kosketuksesta aiheutuvasta värähtelystä, joka siirtyy radan alusrakenteiden kautta maaperään ja välittyy edelleen rakennuksen perustusten kautta sen rakenteisiin.

Runkomelua aiheuttava värähtely on niin pientä, että sitä ei koeta tärinänä. Runkomelun aiheuttaman värähtelyn taajuusalue on yleensä 16 – 250 Hz alueella. Runkomelun aiheuttamat äänitasot ovat suurimpia, kun sekä väylän että rakennuksen perustukset ulottuvat suoraan peruskallioon tai kovaan kitkamaahan /6/. Maaperältään pehmeillä alueilla raide liikenteen kevyen kaluston (raitiovaunu, metro, lähijuna, sähkömoottorijuna) runkomelun vaikutukset rajoittuvat liikenneväylän välittömään läheisyyteen.

Runkomelun mahdollisia haittoja voidaan vaimentaa sijoittamalla ratarakenteeseen joustavaa värähtelyä vaimentava eristekerros tai rakentamalla radan koko tukikerros kelluvaksi rakenteeksi. Runkomelun vaimentaminen voidaan toteuttaa myös värähtelylle altistuvassa kohteessa (asuinrakennus), mutta runkomeluvaimennus on kustannuksiltaan tehokkaampaa toteuttaa itse ratarakenteessa.

4. Suunnittelualueen kuvaus

Alue sijaitsee Vantaan Kivistön alueella Kehäradan varrella (kuvat 3 ja 4) Keimolantien ja Riipiläntien välissä. Radan kv on suunniteltujen rakennusten kohdalla noin tasolla + 38. Rata sijaitsee täällä kohdalla syvänteessä.

Nykyisen kaksiraiteisen radan liikennenopeus on 80 km/h. Tarkasteltava rakennus (ks. avaussivun kuva) on sijoitettu lähimmillään noin 14 m etäisyydelle lähimmän raiteen keski-linjasta.



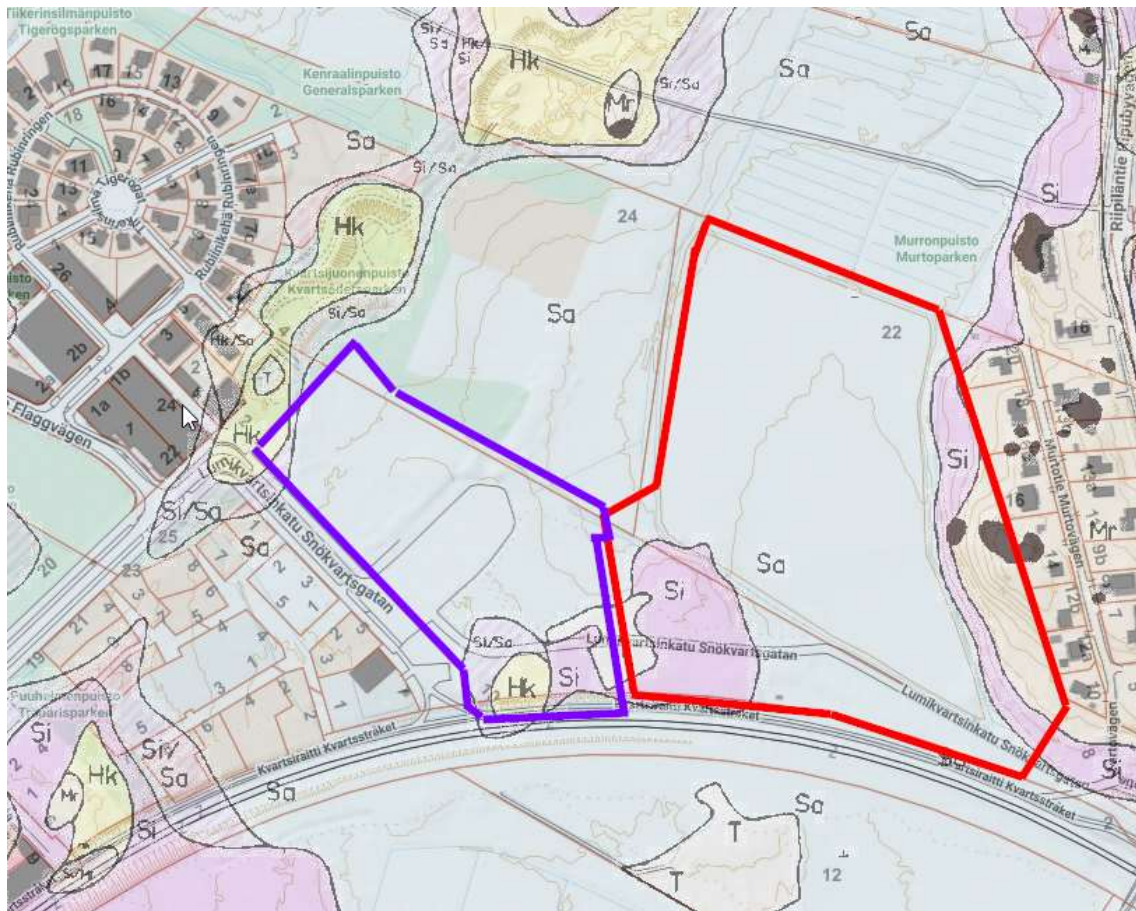
Kuva 3. Vantaan Kvartsinkulman aluetta (karttaote Google Maps).



Kuva 4. Vantaan Turkoosikehän aluetta (karttaote Google Maps).

Suunnittelualueilla maaperän on pääosiltaan pehmeää savea ja silttiä noin 8 ... 9 metrin syvyyteen saakka. Kvartsinkulman asemakaava-alueen eteläreunalla on lisäksi pieni alue hiekkaa (kuva 5). Pohjatutkimuskairaukset radan puolisella alueella ovat päättyneet kiviin, kallioon tai tiiviiseen maakerrokseen 10 ... 13 metrin syvyydessä maan pinnasta.

Suunnittelukohteiden maaperän ominaisuudet ovat suotuisat tärinän etenemiselle, mutta huonot värähtelyn etenemiselle runkomelua aiheuttavalla taajuusalueella.



Kuva 5. Kvartsinkulman asemakaava-alueen (sinisellä viivalla rajattu alue) ja Turkoosikehän asemakaava-alueen (punaisella viivalla rajattu alue) maaperäolosuhteet. Lyhenteiden selitteet: Sa = savi, Si = siltti, Hk = hiekkainen siltti (kuva Vantaan Karttapalvelu, maaperäkartta).

5. Tärinäselvityksen numeerinen analyysi

5.1. Laskentamenettelyn kuvaus

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

Laskennallisen tärinätarkastelun etuna voidaan pitää sitä, että tarkastelussa arvioidaan luonnontilaisessa maaperässä esiintyvää tärinää ilman olemassa olevien rakennusten vaikutusta. Lisäksi laskennallisessa tarkastelussa voidaan ottaa huomioon ns. lovipyöräheräte, jonka vaikutus on normikaluston tuottamaan herätteeseen 5...10 kertainen.

Värähtelyn etenemisen laskennassa on otettu huomioon alueen maaperäolosuhteet, rakennusten perustamistapa, mallinnetun rakennuksen ominaisuudet ja tarkasteltavan pisteen korkeusasema (kerros) suunnitellussa rakennuksessa.

Pohjasuhteiden arvioinnissa on käytetty alueen maaperäkartan tietoja. Tarkastelussa on käsitelty kohdittain paikalliset pohjasuhteet ja empiirisen, kirjallisen sekä laskennallisen tiedon pohjalta arvioitu vastaavassa kohdassa esiintyvä värähtelyn eteneminen.

Tarkastelun laskennat olivat luonteeltaan dynaamisia "pakkovärähtelyanalyyssejä". Mallissa, jonka materiaalikäyttäytyminen on lineaarista, on elementin koko valittu siten, että jokaisen elementin dimensiot vastaavat suurinta muodostuvaa tärinän aallonpituutta. Tärinän vaimeneita on havainnoitu maanpinnan tasolla yhdessä pisteessä ja rakennuksen eri kerroksissa.

Dynaamisessa analyysissä kytkettiin rakenteen kiskoja kuvaaviin solmuihin arvioidun tärinäimpulssin mukainen kuorma-amplitudi. Laskennoissa käytetty kuorman kaksoisharmoinen amplitudi on saatu empiirisen mittaustiedon perusteella, jossa on otettu huomioon akselipaino ja lovipyöräefektin hallitseva osuus. Laskennan aikajaksoksi valittiin 0.6 s (Kvartsinkulma) ja 1.0 s (Turkoosikehä). Junan nopeutena käytettiin 80 km/h ja akselipainona 13.2 tonnia (Flirt-kalusto).

5.2. Laskenta-asetukset ja laskennassa käytetyt oletukset

Laskennan mallipoikkileikkaukset on kuvattu elementtimenetelmällä käyttäen 2D-solid – tyyppisiä lineaarisia tasomuodonmuutostilaelementtejä, joiden DOF –luku on 2 kpl solmua kohden (translaatiovapausasteet). Kvartsinkulman laskentakohteessa mallin koko oli DOF = 38900 ja Turkoosikehän kohteessa 21500. Mallin reunat ja pohja ovat reunaehdoiltaan energiaa absorboivat. Kvartsinkulman laskentamallin kokonaisleveys on 66 m ja korkeus 34.1 m. Rakennuksen leveys on 25 m. Turkoosikehän laskentamallin kokonaisleveys on 56 m ja korkeus 33.5 m. Rakennuksen leveys on 10 m.

Mallinnettujen talojen runkojäykkyudet on yksinkertaistettu kuvien 7 ja 11 mukaisiksi.

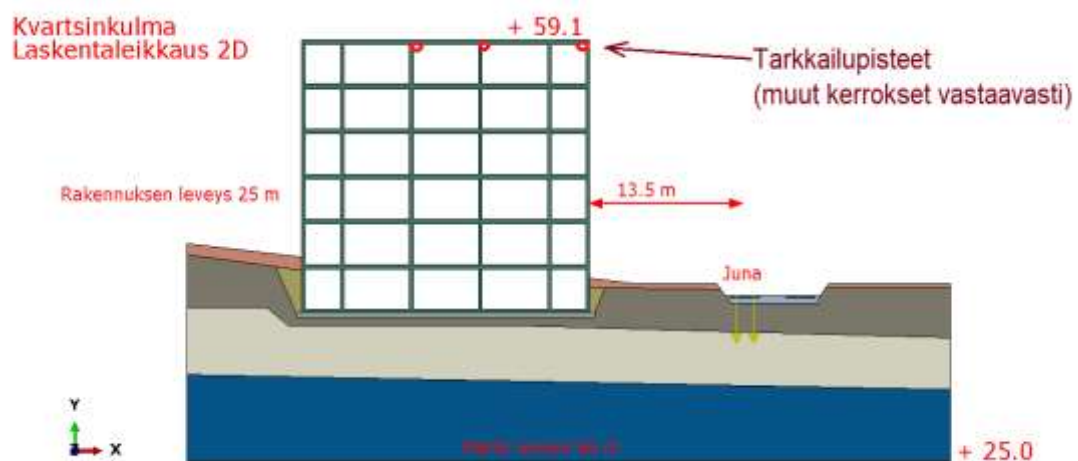
Värähtelyn etenemisen laskennassa on käytetty lisäksi seuraavia oletuksia:

- Rakenteiden on oletettu olevan betonia.
- Jäykistys oletetaan tapahtuvan hissikuilun ja osittaisen runkojäykistämisen kautta.
- Rakennus perustetaan paalujen varaan.

Kvartsinkulman tärinätarkastelun laskentaleikkaus ja laskennan poikkileikkaus on esitetty kuvissa 6 ja 7.



Kuva 6. Laskentakohta Kvartsinkulman asemakaava-alueella.

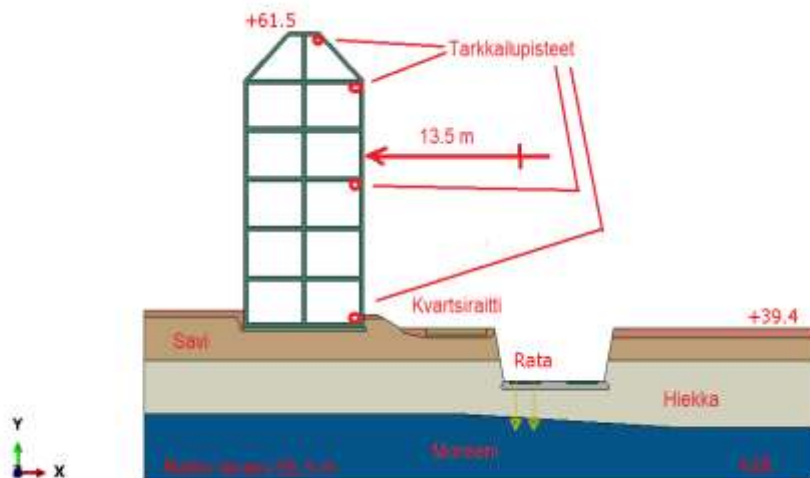


Kuva 7. Laskentamallin (2D) rakennus, tarkastelupisteiden sijainnit ja maaperän ominaisuudet Kvartsinkulman laskentakohteessa.

Turkoosikehän värinätarkastelun laskentaleikkaus ja laskennan poikkileikkaus on esitetty kuvissa 8 ja 9.



Kuva 8. Laskentakohta Turkoosikehän asemakaava-alueella.



Kuva 9. Laskentamallin (2D) rakennus, tarkastelupisteiden sijainnit ja maaperän ominaisuudet Turkoosikehän laskentakohteessa.

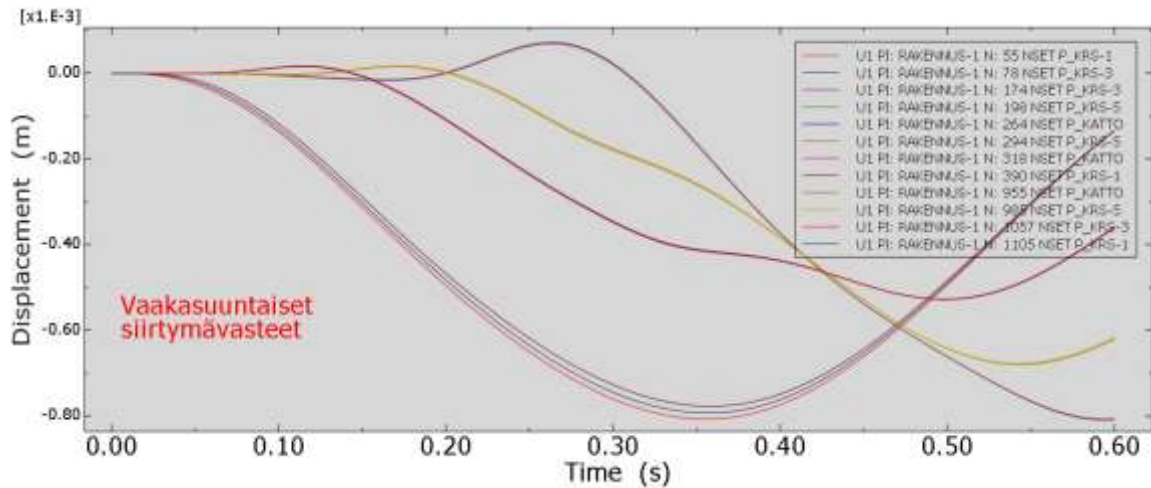
Analyysissä on parametreina käytetty muodonmuutosmoduulia E , suppeumalukua ν sekä materiaaliitiheyttä ρ . Lisäksi on sovellettu kerrosten vaimennuskertoimia α ja β , jotka on arvioitu perustuen 5 % kokonaisvaimennusoletukseen sekä massan ja jäykkyyden keskinäiseen jakaumaan 1/3 ja 2/3, vastaavasti.

Tärinän mallilaskelmissa lujuusparametreja (myötöehto) ei ole määritetty dynaamisessa analyysissä pienten muodonmuutostasojen vuoksi. Laskentaohjelman käyttämät aallonnopeudet tulevat määritetyiksi ohjelmassa elastisten moduulien ja massatiheyksien perusteella (esim. $v_p = (E / \rho)^{1/2}$).

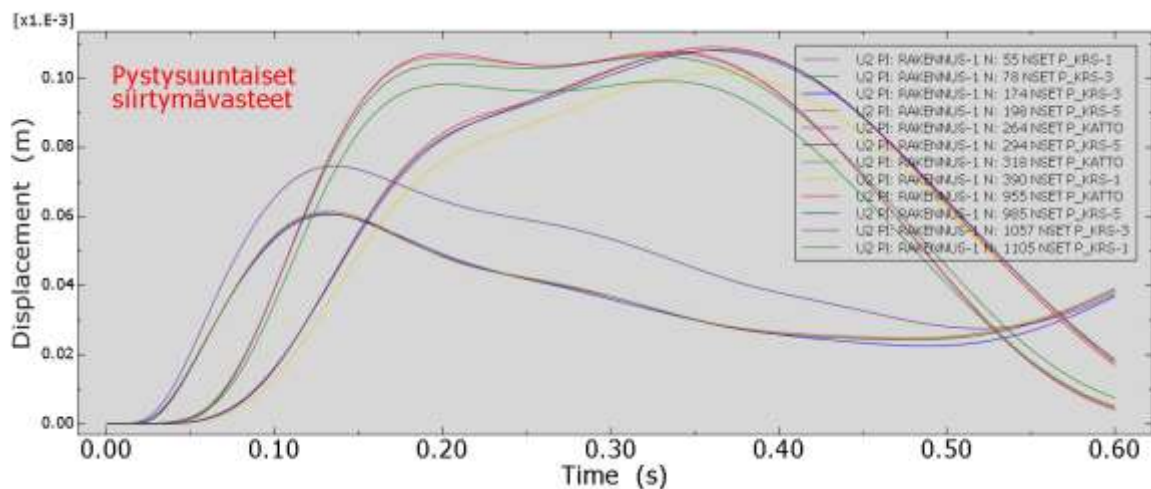
5.3. Tärinälaskennan tulokset

5.3.1. Kvartsinkulman laskentakohde

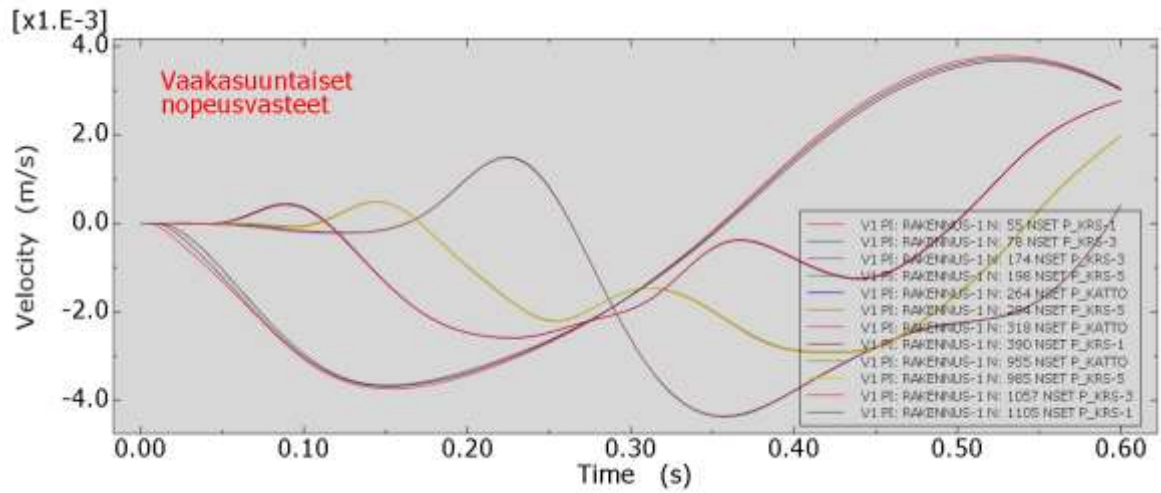
Radasta aiheutuvan junaherätteen tuottamat siirtymien komponentit tietyissä tarkkailupisteissä (kuva 7) on esitetty kuvissa 10a ja 10b. Kuvasta 11a ja 11b puolestaan ilmenee nopeusvasteet ja kuvasta 12a ja 12b kiihtyvyydvasteet. **Viitearvona (suurin sallittava) voidaan pitää siirtymille arvoa $y = 0.2$ mm, nopeuksille 0.3 mm/s ja kiihtyvyyksille 2.5 m/s².** Vertailuarvot (viitearvot) ovat ns. tehollisarvoja (ns. rms-arvo), joihin verrattaessa laskennalliset arvot puolitetaan. Vaurioitumisalttiuden suhteen voidaan soveltaa (taulukko 2, nopeuskomponentit) raja-arvoja 1.6 mm/s ja 5 mm.



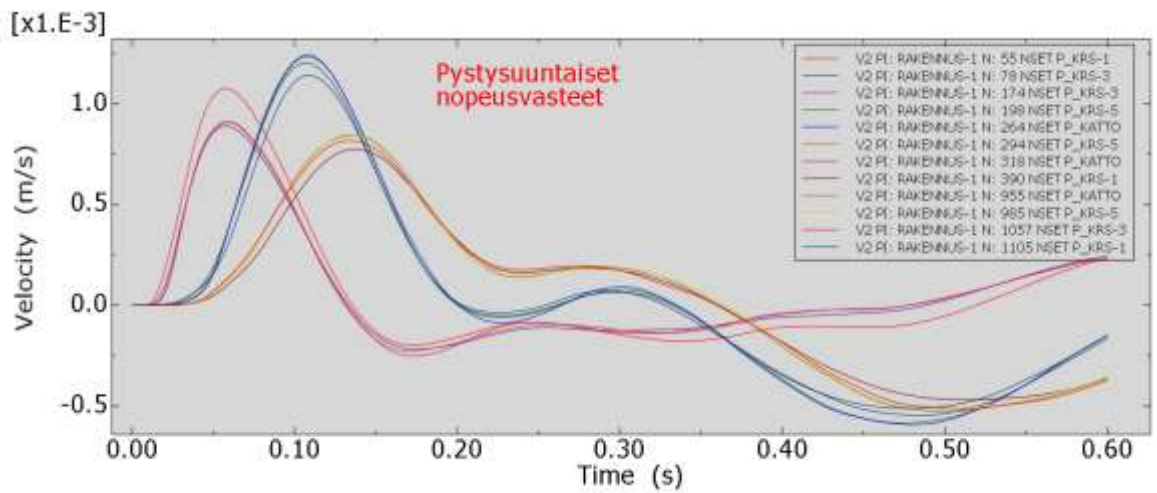
Kuva 10a. Rakennuksen vaakasuuntaiset siirtymäkomponentit tarkkailupisteissä laskentakajaksolla (0.6 s). Vasteiden laskennalliset ääriarvot ovat noin 160 % viitearvosta.



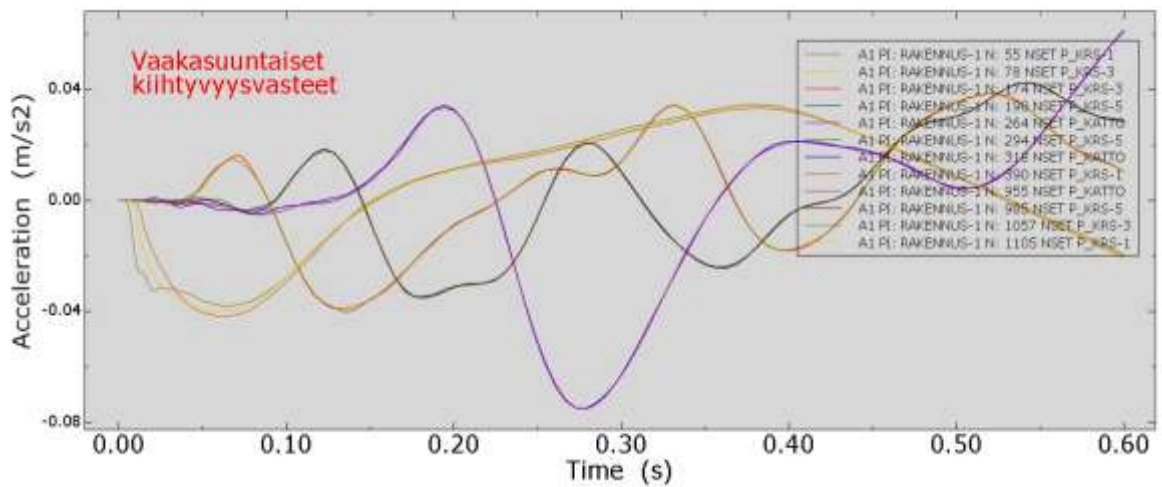
Kuva 10b. Rakennuksen pystysuuntaiset siirtymäkomponentit tarkkailupisteissä laskentakajaksolla (0.6 s). Vasteiden laskennalliset ääriarvot ovat noin 24 % viitearvosta.



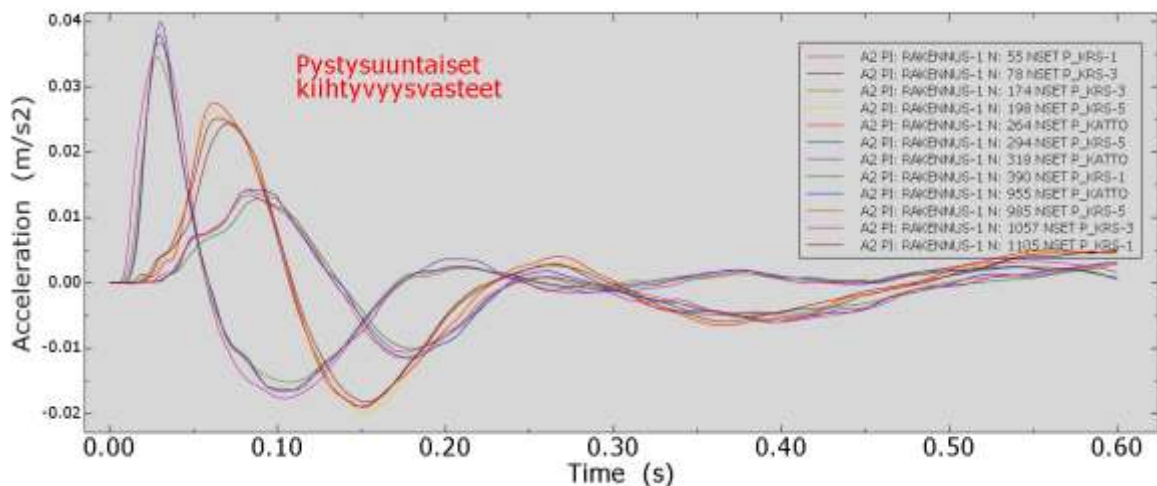
Kuva 11a. Rakennuksen vaakasuuntaiset nopeuskomponentit tarkkailupisteissä laskenta-jaksolla (0.6 s). Vasteiden laskennalliset ääriarvot ovat noin 700 % viitearvosta.



Kuva 11b. Rakennuksen pystysuuntaiset nopeuskomponentit tarkkailupisteissä laskenta-jaksolla (0.6 s). Vasteiden laskennalliset ääriarvot ovat noin 208 % viitearvosta.



Kuva 12a. Rakennuksen vaakasuuntaiset kiihtyvyydvasteet tarkkailupisteissä laskentajaksolla (0.6 s). Vasteiden laskennalliset ääriarvot ovat noin 1.6 % viitearvosta.



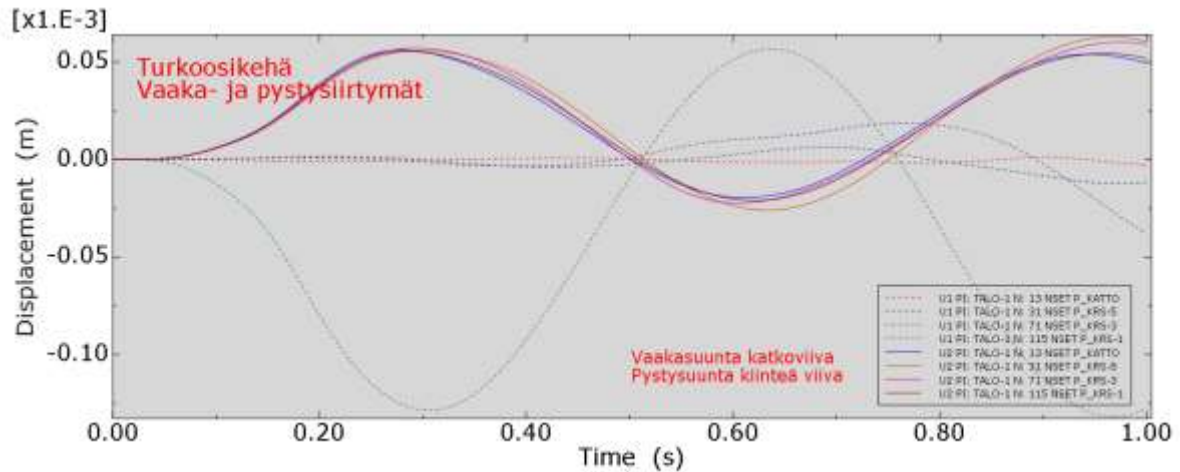
Kuva 12b. Rakennuksen pystysuuntaiset kiihtyvyydvasteet tarkkailupisteissä laskentajaksolla (0.6 s). Vasteiden laskennalliset ääriarvot ovat noin 0.8 % viitearvosta.

Tarkastelupisteen sijainnin suhteen voidaan nopeuksien pystykomponenttien kuvaajista havaita, että ne pienenevät luonnollisesti etäisyyden kasvaessa kuormituspisteestä. Nopeudet ovat suurimmillaan kuormituspisteessä, jossa pystykomponentit ovat luonnollisesti hallitsevia. Pääosin inertiaikutuksista johtuen havaitaan myös maamassan aaltoilua. Kauempana herätekohdasta havaitaan yleensä vaakasuuntaisten komponenttien suhteellisen osuuden selkeää kasvua. Rakennuskorkeuden kasvaessa vaakasuuntaiset värähtelyt yleensä ovat hallitsevia.

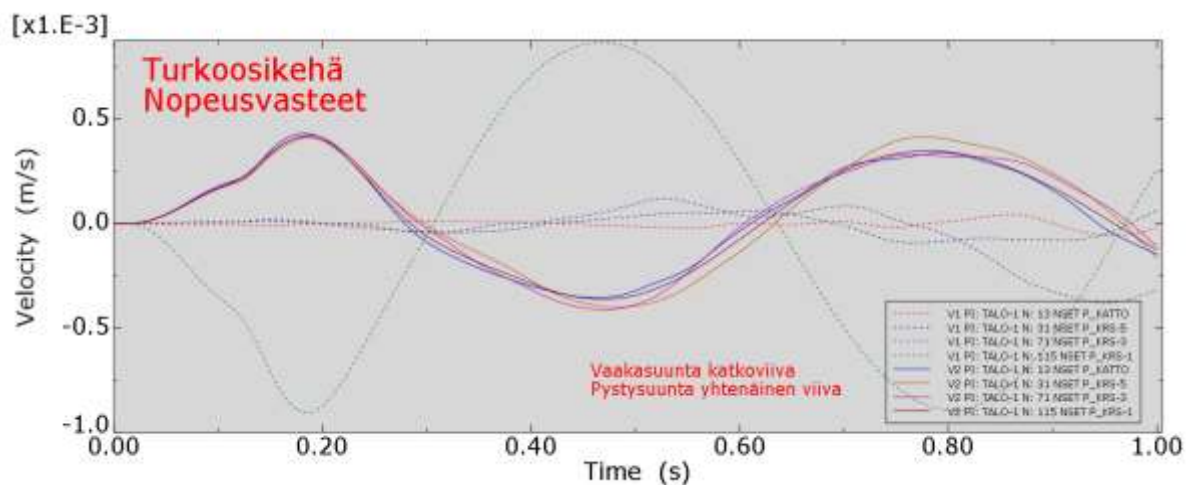
5.3.2. Turkoosikehän laskentakohde

Radasta aiheutuvan junaherätteen tuottamat siirtymien komponentit tietyissä tarkkailupisteissä (kuva 9) on esitetty kuvassa 13. Kuvasta 14 puolestaan ilmenee nopeusvasteet ja kuvasta 15 kiihtyvyydvasteet. **Viitearvona (suurin sallittava) voidaan pitää siirtymille**

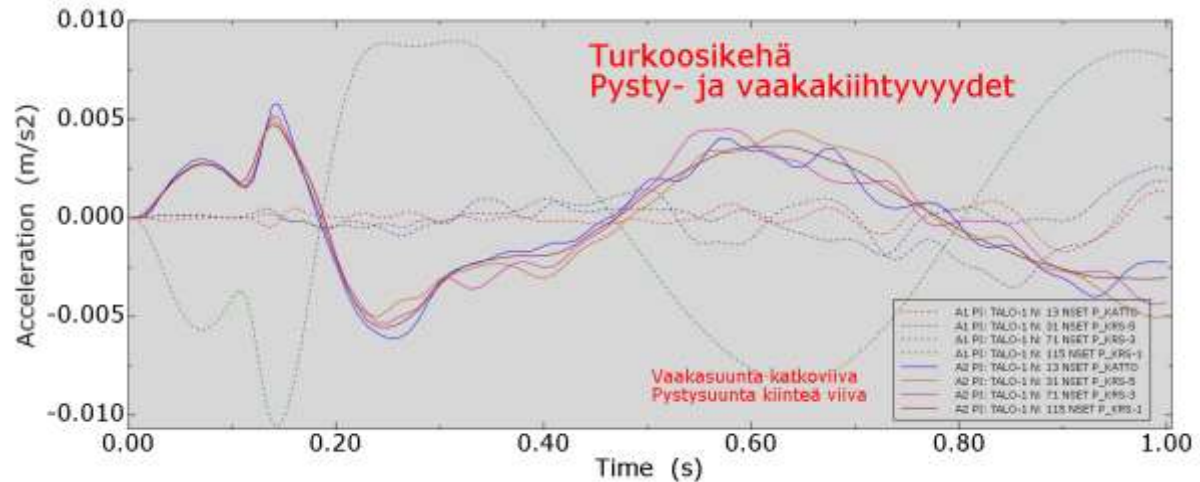
arvoa $y = 0.2$ mm, nopeuksille 0.3 mm/s ja kiihtyvyyksille 2.5 m/s². Vertailuarvot (viitearvot) ovat ns. tehollisarvoja (ns. rms-arvo), joihin verrattaessa laskennalliset arvot puolitetaan. Vaurioitumisalttiuden suhteen voidaan soveltaa (taulukko 2, nopeuskomponentit) raja-arvoja 1.6 mm/s ja 5 mm.



Kuva 13. Rakennuksen siirtymäkomponentit tarkkailupisteissä laskentajaksolla (1.0 s). Vasteiden laskennalliset ääriarvot ovat noin 31 % viitearvosta.



Kuva 14. Rakennuksen nopeuskomponentit tarkkailupisteissä laskentajaksolla (1.0 s). Vasteiden laskennalliset ääriarvot ovat noin 150 % viitearvosta.



Kuva 15. Rakennuksen kiihtyvyysskomponentit tarkkailupisteissä laskentajaksolla (1.0 s). Vasteiden laskennalliset ääriarvot ovat noin 0.2 % viitearvosta.

5.4. Yhteenveto ja päätelmiä tärinätarkastelusta

Tässä tarkastelussa on arvioitu tehtävämäärittelyn mukaisesti ihmisen tärinänä tunteman värähtelyn tasoa ja vaimentumista radan läheisyydessä. Tarkastelussa nähdään myös vasteiden suuruus suhteessa sallittuihin arvoihin. Tässä yhteydessä on tutkittu pysty- ja vaakasuuntaista värähtelyä, vaikka pystysuuntainen on ensisijainen vertailusuure mm. VTT:n /2/ ohjeissa.

Nopeuskomponenttien (pystysuunta) vastearvion perusarvona voidaan pitää $v = 0.3 \text{ mm/s}$ (ns. tehollinen rms-arvo). Tämä antaa käsityksen siitä, mille etäisyydelle voidaan toteuttaa asuinkäyttöön tarkoitettavaa rakennuskantaa. Yleisten julkisten tilojen suhteen voidaan soveltaa arvoa $v = 0.6 \text{ mm/s}$. On kuitenkin huomioitava, että lovipyöräheräte on ongelma, joka tuottaa joissakin tapauksissa 5...10 kertaisen impulssin normikalustoon nähden. Tässä tehtyjen laskentojen suhteen tulee todeta, että lasketut vasteet ovat huippuarvoja ja yleisesti käytetty (vrt. taulukko 1) hyväksyttävä taso (rms-arvo) on noin 50 % laskennallisista arvoista. Vasteissa on luonnollista aaltoilua ja näin ollen myös saattaa yksittäinen värähtelyarvo olla suurempi, kuin vasteiden keskimääräinen taso.

Kuvista 10 ... 12 ja 13 ... 15 ilmenee laskennallisten vasteiden yleinen taso. Voidaan havaita, että vasteet – joita tässä tarkastellaan siirtymä-, heilahdus- ja kiihtyvyyssiikkeen komponenttien kautta – ovat osittain viitearvojen yläpuolella. On kuitenkin syytä suorittaa tarkempi arviointi, kun rakennusten massoittelu ja rakenteiden suunnittelu on edennyt tarkempaan tasoon. Rakennuksen vaurioitumisalttiuden suhteen (taulukko 2) laskennalliset arvot eivät ylitä.

Rakennukset tulevat olemaan paaluille perustettu ja erityisesti pystykomponentit ovat hallinnassa tätä kautta. Edelleen voidaan todeta, että rakennuskorkeus on siinä määrin korkea, että vaakasuuntaiset värähtelyt muodostuvat ongelmaksi. Esitetty arvio on tärkeä tunnistaa, mikäli rakennuksessa tulee olemaan herkkiä laitteistoja (tietokoneet, palvelimet). Laitteistoyksiköiden laadun tarkentuessa on syytä tarkastaa niiden erityisvaatimukset, koska raportin taulukossa 1 esitetyt viitearvot eivät koske tällaisia normaalirakennuskannasta poikkeavia yksiköitä.

Arviointiin liittyviä epävarmuustekijöitä ovat vajavaiset tiedot rakennukseen tulevista yksityiskohdista, kuten painavat erityislaitteet jne. Näillä voi olla vaikutusta rakennuksessa koettavaan tärinään. Tärinän vaikutuksia arvioitaessa mallinnuksen avulla voi olla perusteltua hieman ylikorostaa yksittäisiä vaikutteita johtuen epävarmuustekijöistä. Jännemitoitetaan pitkät ja joustavat lattiarakenteet voivat pitkien junien vaikutuksesta resonoidessaan aiheuttaa merkittävää tärinäefektiä rakennuksessa.

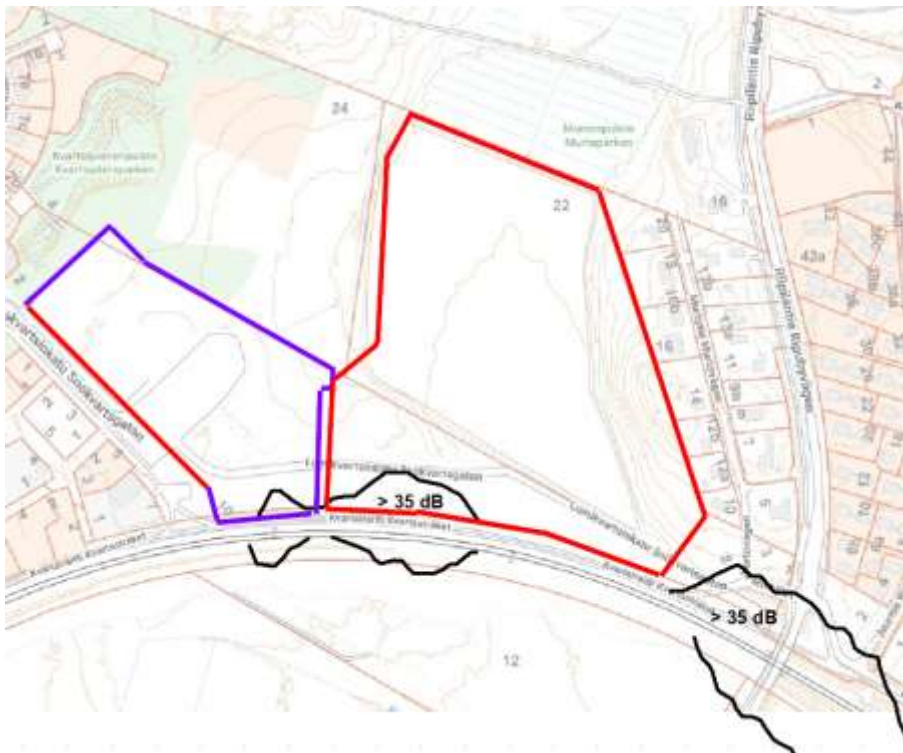
5.5. Runkomelutasojen tarkastelu

Akukon Oy:n vuonna 2010 laatimassa Kehäradan avorataosuuden rakentamissuunnitelman runkomelun tarkennetussa selvityksessä /1/ on tarkasteltu laskennallisesti Kehäradan junaliikenteen aiheuttamia runkomelutasoja.

Akukon Oy:n tekemässä Runkomelulaskennassa on otettu huomioon junatyypin, rata-geometrioiden, maaperän poikkileikkaustietojen sekä uusien rakennusten perustamistapa-tiedot. Laskennassa junien nopeutena on käytetty nopeutta 120 km/h ja laskennoissa on otettu huomioon kohtaavien junien yhdessä aiheuttama runkomelutaso.

Runkomeluselvityksen perusteella 35 dB runkomeluvyöhyke ulottuu suunnittelualueiden kohdalla (Kehäradan paaluvälit 19+240 – 19+440) noin 25 – 30 metrin etäisyydelle pohjoisimman raiteen pohjoispuolelle. Kyseiselle kohdalle ei ole esitetty runkomelusuojauksia Kehäradan rakennussuunnitelmassa.

Runkomelun yli 35 dB vyöhyke ulottuu siten sekä Kvartsinkulman ja Turkoosikehän asemakaava-alueiden eteläosiin (kuva 16).



Kuva 16. Raideliikenteen aiheuttamat > 35 dB runkomelualueet (mustalla viivalla rajatut alueet) Kvartsinkulman (sinisellä viivalla rajattu alue) ja Turkoosikehän (punaisella viivalla rajattu alue) asemakaava-alueilla. Runkomeluvyöhykkeet lähteestä Akukon 2010 /1/.

6. Johtopäätökset

- Tarkastelussa on arvioitu laskennallisesti raideliikenteen aiheuttaman värähtelyn etenemistä, vaimentumista ja ihmisen tärinänä tunteman värähtelyn tasoa. Laskettuja värähtelytasoja on verrattu tärinälle annettuihin suositusarvoihin. Viitearvot perustuvat lähteisiin /2...5/.
- Laskennallisten värähtelyvasteiden perusteella on havaittavissa, että **kohteessa esiintyvät tärinän vasteet ylittävät asumisviihtyisyydelle asetetut suositukset** (kiihtyvyydvasteita lukuun ottamatta). Vaurioitumisherkkyiden suhteen (taulukko 2) viitearvot eivät ylitä.
- Pystysuuntainen värähtely voidaan pääsääntöisesti vaimentaa perusratkaisujen avulla ja vaakasuuntainen värähtely rakenteellisten ratkaisujen avulla.
- Kohteen rakennesuunnittelussa tulee ottaa huomioon jännemitoiltaan pitkiin joustaviin lattiarakenteisiin liittyvä tärinärisä.
- Jatkosuunnittelussa tulee tarkastella rakenteellisiä keinoja tärinän vaimentamiseksi asuinalueissa. Vaimennusten tavoitteena on saada asuinhuoneistoihin kohdistuvat tärinätasot suositusten mukaiselle tasolle (0,3 mm/s).
- Tarkastelussa ei ole otettu huomioon rakennuksiin mahdollisesti sijoitettavia teknisiä laitteita ja niiden suojaamista tärinältä. Jatkosuunnittelussa tulee suunnitella tärinän vaimentamista tarkemmin, jotta tärinä ei aiheuttaisi häiriöitä teknisille laitteille. Laitetoimittajan tulee määrittää laitteille tärinänsietokykyä vastaavat raja-arvot.
- Asemakaava-alueille aikaisemmin laaditun runkomeluserelvityksen perusteella **mo-lempien alueiden eteläreunalle kohdistuva runkomelutaso ylittää asuinalueille esitetyn runkomelun ohjearvotason (35 dB) noin 30 metrin etäisyydelle Kehäradan pohjoisemmasta raiteesta.**
- Alueen jatkosuunnittelussa on syytä ottaa huomioon 35 dB runkomelutason ylittyminen radan läheisyydessä.

Mauri Koskinen

Mauri Koskinen, Tkt
WSP Finland Oy

Ilkka Niskanen

Ilkka Niskanen
WSP Finland Oy

7. Kirjallisuutta

1. Akukon 2010: Kehärata, avorataosuuden rakentamissuunnitelma. Runkomelun tarkennettu selvitys. Raportti 073061- 08. Helsinki 3 / 2010.
2. 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.
3. VTT 2005, Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta. Espoo. 50 s. Liitteitä 15 s. (VTT tiedotteita 2278). ISBN 951 – 38 – 6523 – 1. ISSN 1235 – 0605.
4. VTT 2001, Rautatieliikenteen tärinän vaikutus rakenteisiin – vaurioalttiuden kartoittaminen ja mittaaminen. Luonnos 47 s.
5. VTT 2011, Ohjeita liikennetärinän arviointiin. Espoo 35 s. Liitteitä 9 s. (VTT tiedotteita 2569). ISBN 978 – 951 – 38 – 7685 – 2. ISSN 1455 – 0865.
6. Talja, A. & Saarinen, A. 2009: Maaliikenteen aiheuttaman runkomelun arviointi - VTT:n tiedotteita - Research notes 2468.