

VANTAAN KAUPUNKI  
Maankäytön, rakentamisen ja  
ympäristön toimiala  
Kuntatekniikan keskus, geotekniikka

KEHÄRADAN JUNALIIKENTEEEN  
TÄRINÄMITTAUKSET  
MYYRMÄESSÄ 30.5.2018

MITTAUSRAPORTTI

---

## SISÄLLYSLUETTELO

### KEHÄRADAN JUNALIIKENTEEEN TÄRINÄMITTAUKSET MYYRMÄESSÄ 30.5.2018

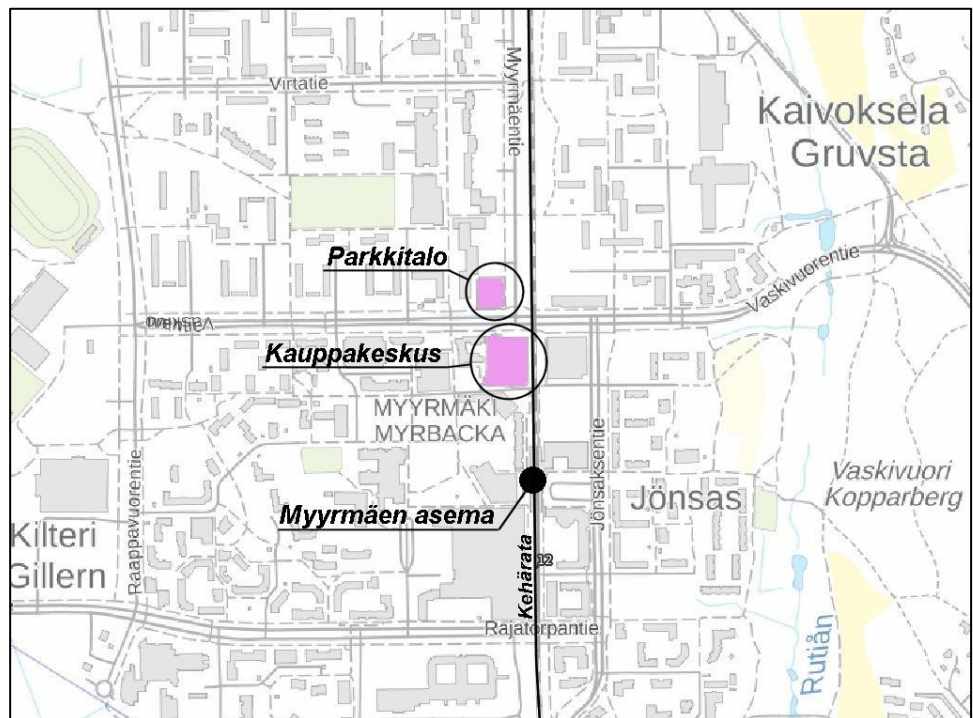
#### MITTAUSRAPORTTI

1	Toimeksianto .....	3
2	Ratakuvaus .....	3
3	Mittauspisteiden sijainnit.....	4
4	Mittalaitteet.....	5
5	Tärinämittaustulokset.....	5
6	Värähtelyluokituksen tunnusluvun laskeminen .....	9
7	Yhteenveto ja johtopäätökset .....	10

## 1 Toimeksianto

Vantaan kaupungin Geotekniikkayksikön toimeksiannosta olemme mitanneet Kehäradan henkilöjunaliikenteen aiheuttamaa tärinää osoitteissa Myyrmäentie 2 (P-talo) ja Liesikuja 1(kauppakeskus) Vantaan Myyrmäessä.

Tärinämittausten tavoitteena oli alustavasti selvittää Kehäradan junaliikenteen aiheuttaman tärinän taso em. rakennusten sokkelissa sekä laskea mitaustulosten perusteella ihmisen kokema tärinähäiriötä kuvaava värähtelyn tunnusluku. Mittausten toteutusajankohta oli 30.5.2018.



Kuva 1: Tärinämittauskohteet Vantaan Myyrmäessä. (Karttapohja MML)

## 2 Ratakuvaus

Kehäradalla liikennöi vain henkilöjunia, joiden suurin sallittu nopeus Myyrmäen ja Louhelan asemien välillä on 120 km/h. Voimassa olevan aikataulun mukaan junien vuoroväli on ruuhka-aikana viisi (5) minuuttia ja muutoin päiväaikaan 10 minuuttia.

Kaksiraiteinen rataosuus on sähköistetty ja jatkuvakiskoinen betonipölykyllä.

Myyrmeen asema sijaitsee kilometriluvulla 012+130 noin 330...350 metrin etäisyydellä parkkitalon mittauspisteestä Mp 1 ja noin 230...250 m metrin etäisyydellä kauppakeskuksen mittauspisteestä Mp 2 asennuskohdasta.



#### 4 Mittalaitteet

Tärinämittaukset tehtiin InstanTEL MM Plus – merkkisillä tärinän heilahdusnopeutta  $v$  [ mm/s ] ajan funktiona mittaavilla ja tallentavilla 3 - kanavaisilla seismografeilla. Mittausantureina käytettiin 3-komponenttigeofoneja, jotka kiinnitettiin sokkeliin kiilapulteilla ilman välikiinnikkeitä mahdollisimman jäykän kiinnityksen varmistamiseksi.

Kyseisten mittalaitteiden mittaustaajuusalue oli valitulla anturityypillä 2...250 Hz ja mittaustarkkuus 0,0159 mm/s. Kummassakin mittauspisteessä anturin Long-vaakasuunta oli samansuuntainen ratalinjaan nähden. Näytteenottotiheytenä mittauksissa käytettiin 2048 kpl/s/kanava.

Mittausanturin asennuksen jälkeen laitteiston toiminta tarkastettiin mittalaitteen diagnostiikkatoiminnolla. Tämän jälkeen suoritettiin kaikkien mittauskanavien osalla virhepoikkeaman (offset) poisto. Mikäli offset-asetus ”ajautui” seuranta-aikana esimerkiksi lämpötilavaihteluista johtuen pois 0 – asetuksesta, on ajautuma poistettu signaalinkäsittelyssä tulosten analysointivaiheessa.

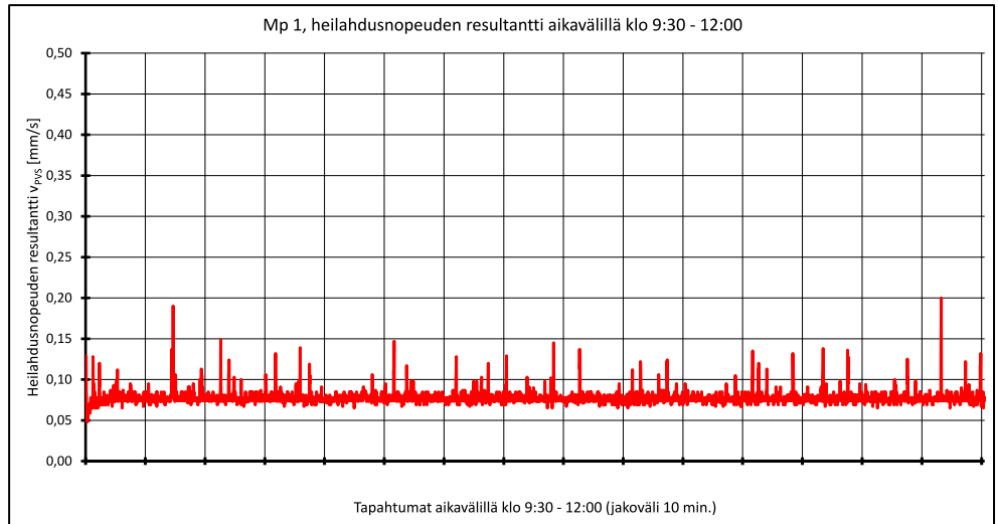
#### 5 Tärinämittaustulokset

**Mittauspisteessä Mp 1** (parkkitalo) tärinää seurattiin jatkuvatoimisella Histogram –mittausmuodolla, koska tärinän taso oli alhaisempi kuin alin kynnyksäraja-arvo (ns. trigger-raja). Histogram – mittaussuunnassa mittalaitte mittasi ja tallensi jatkuvatoimisesti muistiin tärinän heilahdusnopeuden huippuarvon sekä taajuustiedon kaikilta kolmelta mittauskanavalta ennalta asetetulla 2 sekunnin aikavälillä.

Kehäradan junaliikenteestä aiheutunut heilahdusnopeustaso oli jokaisen junaohituksen aikana  $v_{peak} < 0,1$  mm/s junan kulkusuunnasta riippumatta. Junan ohitus ei käytännössä aiheuttanut juurikaan taustakohinaa suurempaa tärinää.

Mittauspisteeseen välittynyt taustatärinä aiheutui pääosin Myyrmäentiellä kulkevista raskaista ajoneuvoista (linja-autot, raskaat kuorma-autot yms.). Lisäksi tärinää aiheutui jonkin verran parkkihallissa tapahtuneesta henkilöautoliikenteestä. Myyrmäentiellä kulkeneiden raskaiden ajoneuvojen aiheuttama itseisarvoltaan suurin heilahdusnopeusarvo aiheutui, kun linja-auto ohitti noin 17 metrin etäisyydellä mittaustilan Vaskivuorentien suuntaan. Tällöin heilahdusnopeuden pystysuuntainen arvo oli  $v_{peak} = 0,143$  mm/s, radansuuntainen vaakasuunta  $v_{peak} = 0,095$  mm/s ja rataa nähden kohtisuorassa ollut vaakasuunta  $v_{peak} = 0,111$  mm/s.

Kuvassa 3 on esimerkki 2½ tunnin yhtäjaksoisesta mittaustalioinnista heilahdusnopeuden resultantin osalta. Kuvassa 3 esiintyvät, taustatärinästä poikkeavat heilahdusnopeushuiput ovat aiheutuneet Myyrmäentien raskaasta liikenteestä sekä rakennuksessa tapahtuneesta ajoneuvoliikenteestä. Junien aiheuttamaa tärinätason nousua ei voida luotettavasti erottaa taustatärinästä.



Kuva 3: Heilahdusnopeuden resultantti mittauspisteessä Mp 1.

**Mittauspisteessä Mp 2** (kauppakeskus) Kehäradan junaliikenteen aiheuttamaa tärinää taltioitiin ns. aika-historia muodossa, koska tärinätaso oli hie-man mittauspisteessä 1 mitattua tärinätasoa korkeampi.

Itseisarvoltaan suurin junan aiheuttama heilahdusnopeusarvo pystysuunnan osalta oli  $v_{\text{peak}} = 0,305$  mm/s, radansuuntaisen vaakasuunnan osalta  $v_{\text{peak}} = 0,128$  mm/s ja rataan nähden kohtisuorassa olleen vaakasuunnan osalta  $v_{\text{peak}} = 0,180$  mm/s.

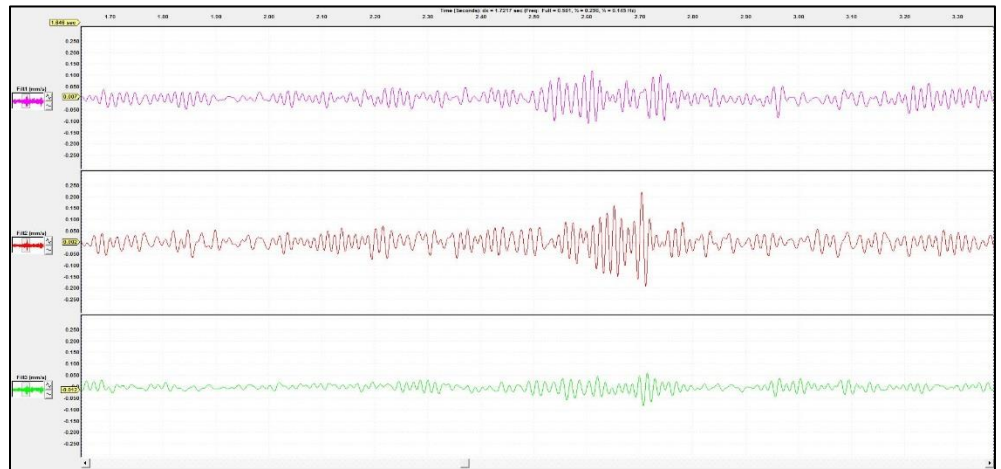
Vaskivuorentien ajoneuvoliikenne ei aiheuttanut kynnysraja-arvoa  $v_{\text{TRIGG}} = 0,13$  mm/s suurempaa tärinää.

Kuvassa 4 on esimerkki 30 minuutin yhtäjaksoisesta mittauksesta heilahdusnopeuden resultantin osalta kauppakeskuksen mittauspisteessä Mp 2.



Kuva 4: Heilahdusnopeuden resultantti mittauspisteessä Mp 2 noin 30 minuutin tarkkailujakson aikana. Taustatason ylittävät "piikit" ovat junaohitusten aiheuttamia tärinähavaintoja.

Kuvassa 5 on esitetty kauppakeskuksen mittauspisteessä taltioitu tyypillinen junaohituksesta aiheutunut tärinän heilahdusnopeuskäyrä.



Kuva 5: Junaohituksen aiheuttama heilahdusnopeus mittauspisteessä Mp 2. Ylin (lila) kuvaaja vaakasuuntainen Long, keskimäinen (punainen) pystysuuntainen Vert ja alin (vihreä) vaakasuuntainen Tran komponentti. Pysty-akselin mittakaava kaikilla komponenteilla  $\pm 0,3$  mm/s ja vaaka-akselin aikaikkuna noin 3,4 s.

Taulukossa 1 on esitetty itseisarvoltaan suurimpia mittaustuloksia kauppakeskuksen mittauspisteessä Mp 2. Taulukossa on esitetty heilahdusnopeuden huippuarvot  $v_{\text{peak}}$  [mm/s] eri mittaussuunnissa: (vaakasuunta poikittainen = tran, pystysuunta = vert, vaakasuunta pitkittäinen = long  $\approx$  radan suuntainen vaaka-akseli), tapahtuman vektorisumma PVS [mm/s]. Lisäksi taulukossa on esitetty tärinän huippuarvon hallitseva taajuus Freq [Hz] huippuarvon kohdalla.

Time	Tran Peak (mm/s)	Tran Freq. Hz.	Vert Peak (mm/s)	Vert Freq. Hz.	Long Peak (mm/s)	Long Freq. Hz.	PVS1 (mm/s)
13:33:28	0.190	44.52	0.222	51.20	0.127	78.77	0.223
13:36:56	0.127	53.89	0.127	46.55	0.079	53.89	0.162
14:11:14	0.159	37.93	0.175	68.27	0.111	56.89	0.202
14:11:20	0.111	39.38	0.127	37.93	0.079	36.57	0.156
14:15:39	0.127	51.20	0.159	64.00	0.079	78.77	0.172
14:19:33	0.127	25.60	0.143	51.20	0.079	36.57	0.160
14:25:29	0.127	60.24	0.190	73.14	0.127	93.09	0.207
14:29:09	0.159	34.13	0.175	44.52	0.079	37.93	0.216
14:29:15	0.143	35.31	0.159	46.55	0.079	48.76	0.197
14:35:59	0.095	48.76	0.127	78.77	0.079	102.4	0.145
14:41:36	0.159	32.00	0.190	51.20	0.095	44.52	0.199
14:41:43	0.111	42.67	0.159	39.38	0.095	35.31	0.172
14:46:05	0.175	68.27	0.254	78.77	0.127	85.33	0.264
14:49:47	0.175	30.12	0.206	56.89	0.095	36.57	0.243
14:49:53	0.143	29.26	0.143	53.89	0.079	48.76	0.166
14:56:44	0.111	73.14	0.127	60.24	0.079	78.77	0.150
14:56:52	0.095	64.00	0.127	78.77	0.079	73.14	0.147
15:00:45	0.143	28.44	0.159	42.67	0.095	35.31	0.177
15:00:52	0.127	35.31	0.127	36.57	0.079	40.96	0.162
15:05:09	0.190	46.55	0.286	85.33	0.127	78.77	0.320
15:09:56	0.159	46.55	0.206	53.89	0.111	73.14	0.239
15:10:02	0.111	40.96	0.143	53.89	0.079	***	0.160
15:16:39	0.095	56.89	0.143	78.77	0.095	78.77	0.160
15:20:56	0.159	64.00	0.254	68.27	0.127	60.24	0.274
15:21:02	0.127	24.98	0.159	60.24	0.095	40.96	0.186
15:25:33	0.143	64.00	0.159	53.89	0.111	73.14	0.205
15:29:30	0.159	36.57	0.175	53.89	0.095	53.89	0.200
15:29:37	0.111	40.96	0.143	44.52	0.079	51.20	0.163
15:36:18	0.127	64.00	0.175	78.77	0.095	60.24	0.177
15:36:24	0.111	46.55	0.127	53.89	0.079	73.14	0.151
15:39:26	0.175	34.13	0.206	48.76	0.095	68.27	0.217
15:39:32	0.111	46.55	0.143	64.00	0.095	60.24	0.172
15:45:54	0.095	68.27	0.127	93.09	0.079	93.09	0.153
15:46:02	0.111	60.24	0.143	73.14	0.095	40.96	0.151
15:49:57	0.159	44.52	0.175	48.76	0.079	68.27	0.208
15:50:03	0.143	35.31	0.127	40.96	0.079	34.13	0.160
15:55:12	0.095	56.89	0.127	60.24	0.079	64.00	0.156
15:55:15	0.095	128.0	0.127	60.24	0.063	42.67	0.135
16:00:55	0.175	31.03	0.159	53.89	0.095	46.55	0.205
16:00:59	0.143	44.52	0.159	56.89	0.079	53.89	0.186
16:01:02	0.127	33.03	0.143	53.89	0.079	37.93	0.160
16:06:38	0.206	73.14	0.333	78.77	0.143	68.27	0.352

Taulukko 1: Mittaustuloksia mittauspisteestä Mp 2



## 6 Värähtelyluokituksen tunnusluvun laskeminen

Värähtelyn tunnusluku on määritetty vain kauppakeskuksen mittauspisteestä taltioitujen heilahdusnopeusarvojen osalta. Tärinätaapahtumien värähtelysignaaleista on määritetty standardin ISO 2631-2 (2003) mukaisesti yhden (1) sekunnin pituinen ajanjakso, jona aikana heilahdusnopeuden taajuuspainotettu tehollisarvo  $v_w$  on ollut itseisarvoltaan suurin tärinän eri komponenteilla. VTT:n ohjeen mukaisesti näiden katsotaan edustavan merkittävimpiä perustuksen sekä pystysuuntaisia että vaakasuuntaisia tärinäarvoja.

Tämän jälkeen on suoritettu tilastollinen tarkastelu laskemalla painotetuista suureista keskiarvo  $\bar{v}_w$  sekä keskihajonta  $\sigma$ . Värähtelyn tunnusluvun ominaisarvot on määritetty lausekkeesta:

$$\bar{v}_{w,95} = v_w + 1,8 \cdot \sigma.$$

Tällöin tunnusluvun  $v_{w,95}$  arvioidaan edustavan 95 % todennäköisyydellä kaikkia ohittaneita junia (VTT 2278).

Ohjeissa suositellaan, että normaalien asuinrakennusten värähtelyn tunnuslukua verrataan taulukossa 2 esitettyihin raja-arvoihin. Lähtökohtana on oletettu, että rakennuksen perustus värähtelee maaperän kanssa samansuuruisesti ja pystysuunta on määräävä.

Värähtelyluokka	Kuvaus värähtelyolosuhteista	$v_{w,95}$
A	Hyvät asuinolosuhteet. Ihmiset eivät yleensä havaitse värähtelyä	$\leq 0,10$
B	Suhteellisen hyvät olosuhteet. Ihmiset voivat havaita värähtelyä, mutta ne eivät ole häiritseviä.	$\leq 0,15$
C	Suositus uusien rakennusten ja väylien suunnittelussa. Keskimäärin 15 % asukkaista pitää värähtelyä häiritsevänä ja voi valittaa häiriöstä.	$\leq 0,30$
D	Olosuhteet, joihin pyritään vanhoilla asuinalueilla. Keskimäärin 25 % asukkaista pitää värähtelyä häiritsevänä ja voi valittaa häiriöstä.	$\leq 0,60$

Taulukko 2: Suositus asuinrakennusten värähtelyluokituksesta (VTT 2278)

Muiden tilojen osalta ihmisen kokemalle tärinähäiriölle ei ole esitetty raja-arvoja. Taulukon 2 raja-arvoja ei esimerkiksi sovelleta rakennuksille, joissa ihmiset ovat pääasiassa liikkeessä tai joissa muusta kuin liikenteestä aiheutuvat häiriöt voivat olla merkittävämpiä (toimistot, kaupat, liikuntatilat yms.).

Perustuksen värähtely aiheuttaa edelleen rakennuksen rungon ja lattioiden värähtelyn asuintiloissa. Asuintiloissa esiintyvä värähtely suositellaan arvioitavaksi siten, että maaperän tai perustuksen pystyvärähtely kerrotaan rakennuksen tyypistä riippuvalla kertoimella.

Kerroin on 2 lukuun ottamatta seuraavia tapauksia, joille kerroin on 1:

- rakennuksen lattiat ovat maanvaraiset (= kerroin 1)
- rakennus on yksikerroksinen ja perustettu paaluille (= kerroin 1)
- rakennus on vähintään 5-kerroksinen (= kerroin 1)

Parkkihallin mittauspisteessä Mp 1 junaliikenteen aiheuttama värinätaaso oli niin alhainen, että tunnuslukulaskentaan tarvittavia värinätapähtymä ei saatu tallennettua. Näin ollen parkkitalon tunnuslukuluokan tulkitaan olevan perustuksissa A.

Kauppakeskusrakennuksen sokkelin mittauspisteen Mp 2 tunnuslukuarvot eri mittaussuunnissa on esitetty taulukossa 3.

Mittauspiste		Vaakasuunta Tran $V_{w,95}$ [mm/s]	Pystysuunta Vert $V_{w,95}$ [mm/s]	Vaakasuunta Long $V_{w,95}$ [mm/s]
<b>Mp 2</b>	Kauppakeskus	<b>0,04</b>	<b>0,04</b>	<b>0,02</b>

Taulukko 3: Tunnusluku eri mittaussuunnissa mittauspisteessä Mp 2

Kauppakeskusrakennuksen sokkelista mitattujen värinätapähtymien perusteella laskettu perustuksen tunnusluku sijoittuu kaikkien värähtelykomponenttien osalta värähtelyluokkaan A.

## 7 Yhteenveto ja johtopäätökset

Edellä esitetyt mitaustulokset kummankin mittauspisteen osalta edustavat mitausajankohdan tilannetta. Tilauksen mukaisesti mitaukset on toteutettu lyhytkestoisina ns. "kalibrointimitauksina" liittyen Myyrmäen Rajatorpantien ja Kehä III välisen radanvarsialueen täydennysrakentamisen kaavamuutosalueiden värinätilannearviointiin sekä ko. alueelle suunnitellun korkean XXIII-kerroksisen rakennuksen värinä- ja värähtelytarkasteluun (WSP 310222/Mauri Koskinen).

Rakenteellisesti kummassakaan mitauskohteessa tämän toimeksiannon mukaisesti mitatun suuruinen, junaliikenteestä aiheutunut värinä ei aiheuta rakenteellisia vaurioita.

Ihmisen viihtyvyyden sekä häiriöksi kokeman värähtelyn kannalta junien aiheuttama värinä sijoittuu värähtelyluokkaan A, eivätkä ihmiset eivät yleensä havaitse värähtelyä.

### WSP Finland Oy



Pentti Ervo