

LIIKENNETÄRINÄMITTAUS

Rautatieliikenne

Oulainen

13.1.2020

Helsinki

Mittaukset: Antti Rahko, Kari Tuisku

Raportointi: Vesa Sinervo

Oy Finnrock Ab

Gsm: 010 832 1313

vesa.sinervo@finnrock.fi

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	3
1.1	KOHTEEN TIEDOT	3
1.2	TYÖN YLEISTIEDOT	3
2	MITTAUSKOHTEEN KUVAUS	4
3	MITTAUKSEN SUORITUS	5
4	MITTAUSTULOSTEN KÄSITTELY	6
4.1	TÄRINÄN VAIKUTUS ASUMISVIIHTYVYYTEEN	7
4.2	TÄRINÄN VAIKUTUS RAKENTEISIIN	8
5	MITTAUSTULOKSET JA NIIDEN TARKASTELU	9
6	YHTEENVETO	12

1 JOHDANTO

Oy Finnrock Ab on suorittanut raideliikennetärinämittauksen Oulaisten keskustan läpi kulkevan junaradan lähialueella. Mittaukset suoritettiin yhteensä 18:sta mittauspisteestä, kuudella mittauslinjalla. Mittausten tarkoituksena oli määrittää alueiden värähtelyluokitus sekä raideliikenteestä aiheutuvan tärinän eteneminen maaperässä.

1.1 KOHTEEN TIEDOT

Kohteiden kiinteistötunnukset mittauslinjoittain:

- ML1, 563-402-19-2 ja 563-402-158-4
- ML2, 563-402-95-15
- ML3, 563-402-4-71
- ML4, 563-402-4-21 ja 563-11-9903-0
- ML5, 563-402-4-149 ja 563-402-4-82
- ML6, 563-402-2-483 ja 563-1-1-5

1.2 TYÖN YLEISTIEDOT

Työn tilaaja: Finnish Consulting Group / Mauno Aho, mauno.aho@fcg.fi

Mittausajankohta: 11.11.–16.12.2019, 36 vuorokautta.

Mittauksen suorittaja: Oy Finnrock Ab / Antti Rahko, antti.rahko@finnrock.fi

Tulosten raportointi: Oy Finnrock Ab / Vesa Sinervo, vesa.sinervo@finnrock.fi

2 MITTAUSKOHTTEEN KUVAUS

Kaikki mittauspisteet asennettiin maaperään käyttäen maapiikkejä. Alla olevassa kuvassa 1 on havainnollistettu mittauskohteiden sijainnit.

Kuva 1. Mittauskohteen ja mittauslinjojen sijainnit.



3 MITTAUKSEN SUORITUS

Mittauksessa käytettiin Sigicommin valmistamia kolmiaksoalisia INFRA V12 tärinäantureita. Anturit on kalibroitu viimeisen vuoden aikana laitevalmistajan toimesta.

Mittaustuloksien vastaava L-komponentti oli junaradan suuntainen, T-komponentti poikittain rataan nähden ja V-komponentti oli pystykomponenttina. Mittauksessa käytettiin SS4604861 mm/s RMS 1s standardia. Mitattavat suureet ovat kolmiaksoalisesti rekisteröidyn heilahdusnopeuden 1 minuutin huippuarvoja ja yksikkö on mm/s.

Mittauksessa otettiin myös näytekuvaajia, joista ilmenee 40 sekunnin jakson suurin heilahdusnopeus, kiihtyvyys, siirtymä ja taajuus aikatasossa. Näytekuvaajista voidaan tehdä tarkempi analyysi värähtelyn sisällöstä esim. energian jakautumisesta eri jaksolukujen kesken.

Mittauskohteen ohittaa päivittäin noin 30 henkilöjunaa ja noin 15 tavarajunaa. Raideliikenne jakaantuu tasan molemmille raiteille.

Mittauslinjoissa olevien mittauspisteiden asennusetäisyydet radan reunasta olivat noin:

- ML1: MP1 20 metriä, MP2 55 metriä, MP3 90 metriä.
- ML2: MP1 10 metriä, MP2 45 metriä, MP3 80 metriä.
- ML3: MP1 20 metriä, MP2 50 metriä, MP3 90 metriä.
- ML4: MP1 15 metriä, MP2 55 metriä, MP3 95 metriä.
- ML5: MP1 15 metriä, MP2 50 metriä, MP3 85 metriä.
- ML6: MP1 15 metriä, MP2 50 metriä, MP3 85 metriä.

Mittauspaikkojen maastotiedot:

Linja 1: Aluksi metsikköä ja toiselta mittauspisteeltä alkaen vanhaa peltomaata, joka risukoitunut tiheästi. Maaperä kohtuullisen kuivaa, ympäristössä vanhoja syviä pelto-ojia. Rautatie mittauslinjan tasolla. Putkityömaa osittain käynnissä mittauksen aikana.

Linja 2: Mittauslinja metsikköä, maassa runsaasti kiviä lähempänä rataa. Maaperä kohtuullisen kuivaa. Rautatie mittauslinjan tasolla. Työkoneita ajanut mittauksen aikana lähialueella.

Linja 3: Mittauslinja vanhaa peltomaata, joko risukoitunut tiheästi. Maaperä kohtuullisen kuivaa, ympäristössä vanhoja syviä pelto-ojia. Rautatie mittauslinjaa noin 6-7 metriä korkeammalla.

Linja 4: Mittauslinjalla vanhaa peltomaata, jonne kasvanut tiheästi pajua. Maaperä oli kauempana linjasta hyvin märkää, sillä pelto sijaitsi muuhun maastoon nähden matalikossa. Rautatie mittauslinjaa noin 3 metriä korkeammalla. Metsänhoito ollut käynnissä osittain mittauksen aikana.

Linja 5: Mittauslinja osittain nykyistä peltomaata tai vanhaa peltomaata, joko risukoitunut tiheästi. Maaperä kohtuullisen kuivaa, ympäristössä vanhoja syviä pelto-ojia. Rautatie mittauslinjaa noin 2 metriä korkeammalla.

Linja 6: Kauimmaisen mittauspisteen 3 vieressä puhjennut vesiputki, joka pulppusi vettä kadulle. Korjaustyöt osittain mittauksen aikana käynnissä.

4 MITTAUSTULOSTEN KÄSITTELY

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 rakenteisiin. Näiden lisäksi joissakin yksittäisissä tapauksissa sovelletaan saksalaista standardia DIN 4150-3.

Seuraavissa kappaleissa on lyhyesti selostettu näiden suositusten ja standardien pääseikkoja. Tämä tarkoittaa, että kaikkiin esitettyihin suosituksiin ja standardeihin liittyy mittausjärjestelyjä, tulkintoja ym. asioita, jotka voivat poiketa alla esitetystä asioista.

4.1 TÄRINÄN VAIKUTUS ASUMISVIIHTYVYYTEEN

Asumisviihtyvyyteen ja sen mittaamiseen liittyvien tärinöiden analysoinnissa käytetään VTT:n ohjetta 2278 "Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokitukselta". Mittaukset tehdään ohjeen mukaisesti kolmikomponenttisesti viikon mittaisella mittausjaksolla. Värähtelyn tunnusluvun määrittämiseen käytetään 15 merkittävintä pystysuuntaista tulosta. Merkittävillä tuloksilla tarkoitetaan tuloksia, jotka tiedetään tuloksen tarkemman analyysin tai jonkin muun seikan perusteella varmuudella johtuvan mitattavista kulkuneuvoista.

VTT tiedotteita 2278 "Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokitukselta" 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 vähintään yksi viikko
- mittaus tehdään asuintiloista (voidaan tehdä myös julkisista tiloista suuntaa antavana)
- mittaus tehdään joko maaperästä, yläkerran lattiasta tai muusta edustavasta kohteesta sekä rakennuksen kantavasta rakenteesta kuten sokkelista
- mitattava suure on 3-akselisesti rekisteröidyn heilahdusnopeuden, ISO2631-2 mukaan taajuuspainotettu, tehollisarvo (rms, 1s)
- värähtelyn tunnusluku v_{w95} : lasketaan 15 suurinta rekisteröintiä aiheuttaneen liikennevälineen otoksesta lisäämällä näiden pystysuuntaisten rekisteröintiä aritmeettiseen keskiarvoon otoksen keskihajonta 1.8-kertaisena. Kaava 1.

Kaava 1. värähtelyjen tunnusluku

$$v_{w95} = v_w + 1,8 * \sigma$$

v_w = tehollisarvon keskiarvo

σ = tehollisarvon keskihajonta

Mitattavan kohteen värähtelyluokka määräytyy suurimman saadun värähtelyn tunnusluvun perusteella taulukon 1. mukaisesti. VTT:n suosituksen mukaan maankäytön suunnittelussa tavoitteena tulisi olla, että uusissa asunnoissa värähtelyn tunnusluku v_{w95} ei ylitä arvoa 0.3 mm/s (luokka C) ja olemassa olevilla asuinalueilla arvoa 0.6 mm/s (luokka D).

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

Värähtelyluokka	Kuvaus värähtelyolosuhteista	$v_{w,95}$ mm/s RMS (1s)
A	Hyvät asuinolosuhteet. <i>Ihmiset eivät yleensä havaitse värähtelyitä.</i>	≤ 0.10
B	Suhteellisen hyvät olosuhteet <i>Ihmiset voivat havaita värähtelyä, 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

4.2 TÄRINÄN VAIKUTUS RAKENTEISIIN

Liikennetärinän vaikutusta rakenteisiin tarkastellaan Suomessa yleensä kahdella eri tavalla. Yleisimmät ovat VTT:n tiedotteen mukainen "Rautatieliikenteen värinän vaikutus rakenteisiin, 2002" tai VTT:n tiedotteen mukainen "Suositus rakennusten vaurioitumisen kannalta, 2004". Näistä ensimmäistä sovelletaan arvioitaessa alueen värinäalittuutta ja toista jo olemassa olevaan rakennukseen.

Junaliikenteen aiheuttaman värinän vaikutusta rakenteisiin arvioidaan VTT:n tiedotteen "Rautatieliikenteen värinän vaikutus rakenteisiin, 2002" mukaan. Tiedotteen mukaan mitattava suure on heilahdusnopeuden kolmen suunnan resultantti huippuarvo. Lisäksi taulukon mukaiseen värinäalittiusluokan määrittämiseen tarvitaan hallitseva taajuus, joka saadaan mittaustuloksien perusteella. Taulukossa 2. on esitetty VTT:n tiedotteen mukainen alueen värinäalittiusluokan määrittäminen.

Taulukko 2. Rautatieliikenteen värinän vaikutus rakenteisiin (VTT 2002).

Tärinäalittiusluokka	Hallitseva taajuus [Hz]	Resultantin maksimi v_{res} [mm/s]
I. Normaalikuntoiset hyvin jäykistetyt rakennukset. Teräs- ja betoniset teollisuusrakennukset, muut teräsrakenteet, sillat ja muut niihin rinnastettavat rakenteet.	< 10	8
	10...30	10
	> 30	12
II. Perinteisesti rakennetut betoni-, tiili- tai puurakenteiset asuin- ja liikerakennukset tai muut niihin rinnastettavat rakennukset ja rakenteet.	< 10	4
	10...30	5
	> 30	6
Luokan I rakennukset, joissa on muurattuja kellariseiniä tai tiiliverhoilu.	< 10	2
	10...30	3
	> 30	4
III. Erityisen herkätkä rakennukset tai rakenteet ja kulttuurihistoriallisesti tai yhteiskunnallisesti merkittävät rakennukset.	< 10	2
	10...30	3
	> 30	4

5 MITTAUSTULOKSET JA NIIDEN TARKASTELO

Tulosten analysoinneissa on tutkittu alueen värähtelyolosuhteita ja taulukoissa 4–9 on esitetty tunnusluvut mittaussuuntaakohtaisesti. Taulukossa 3 on esitetty kunkin mittauspisteen värähtelyluokituksen määrittävä tulos sekä värähtelyn hallitseva taajuus. Tulokset on pyöristetty kahden desimaalin tarkkuudella.

Taulukko 3. Mittaustulosten yhteenveto. Mittauspistekohtainen värähtelyluokitus sekä hallitseva taajuus.

Linja 1

MP1 määrittävä tulos, $v_{w,95}$ **0.32 mm/s** (D); Hallitseva taajuus 71 Hz

MP2 määrittävä tulos, $v_{w,95}$ **0.06 mm/s** (A); Hallitseva taajuus 47 Hz

MP3 määrittävä tulos, $v_{w,95}$ **0.03 mm/s** (A); Hallitseva taajuus 37 Hz

Linja 2

MP1 määrittävä tulos, $v_{w,95}$ **0.88 mm/s** (D <); Hallitseva taajuus 56 Hz

MP2 määrittävä tulos, $v_{w,95}$ **0.06 mm/s** (A); Hallitseva taajuus 52 Hz

MP3 määrittävä tulos, $v_{w,95}$ **0.04 mm/s** (A); Hallitseva taajuus 41 Hz

Linja 3

MP1 määrittävä tulos, $v_{w,95}$ **1.27 mm/s** (D <); Hallitseva taajuus 36 Hz

MP2 määrittävä tulos, $v_{w,95}$ **0.07 mm/s** (A); Hallitseva taajuus 38 Hz

MP3 määrittävä tulos, $v_{w,95}$ **0.01 mm/s** (A); Hallitseva taajuus 38 Hz

Linja 4

MP1 määrittävä tulos, $v_{w,95}$ **0.62 mm/s** (D <); Hallitseva taajuus 16 Hz

MP2 määrittävä tulos, $v_{w,95}$ **0.23 mm/s** (C); Hallitseva taajuus 14 Hz

MP3 määrittävä tulos, $v_{w,95}$ **0.02 mm/s** (A); Hallitseva taajuus 26 Hz

Linja 5

MP1 määrittävä tulos, $v_{w,95}$ **0.56 mm/s** (D); Hallitseva taajuus 13 Hz

MP2 määrittävä tulos, $v_{w,95}$ **0.38 mm/s** (D); Hallitseva taajuus 8 Hz

MP3 määrittävä tulos, $v_{w,95}$ **0.44 mm/s** (D); Hallitseva taajuus 7 Hz

Linja 6

MP1 määrittävä tulos, $v_{w,95}$ **0.74 mm/s** (D <); Hallitseva taajuus 19 Hz

MP2 määrittävä tulos, $v_{w,95}$ **0.58 mm/s** (D); Hallitseva taajuus 26 Hz

MP3 määrittävä tulos, $v_{w,95}$ **0.28 mm/s** (C); Hallitseva taajuus 40 Hz

Taulukko 4. Tunnusluvut linjan 1 mittauspisteille.

	MP1 V	MP1 T	MP1 L	MP2 V	MP2 T	MP2 L	MP3 V	MP3 T	MP3 L
Suurin mitattu tehollisarvo mm/s RMS(1s)	0.48	0.37	0.43	0.03	0.05	0.07	0.01	0.03	0.02
Värähtelyn mm/s RMS(1s) tunnusluku $v_{w,95}$	0.321	0.302	0.276	0.025	0.046	0.064	0.006	0.029	0.023
Värähtelyluokituksen tunnus	D	D	C	A	A	A	A	A	A

Taulukko 5. Tunnusluvut linjan 2 mittauspisteille.

	MP1 V	MP1 T	MP1 L	MP2 V	MP2 T	MP2 L	MP3 V	MP3 T	MP3 L
Suurin mitattu tehollisarvo mm/s RMS(1s)	0.14	0.65	0.90	0.02	0.05	0.06	0.04	0.05	0.04
Värähtelyn mm/s RMS(1s) tunnusluku $v_{w,95}$	0.119	0.724	0.876	0.018	0.050	0.058	0.004	0.044	0.040
Värähtelyluokituksen tunnus	B	D <	D <	A	A	A	A	A	A

Taulukko 6. Tunnusluvut linjan 3 mittauspisteille.

	MP1 V	MP1 T	MP1 L	MP2 V	MP2 T	MP2 L	MP3 V	MP3 T	MP3 L
Suurin mitattu tehollisarvo mm/s RMS(1s)	0.359	1.920	1.440	0.04	0.05	0.08	0.01	0.01	0.02
Värähtelyn mm/s RMS(1s) tunnusluku $v_{w,95}$	0.269	1.274	1.204	0.037	0.052	0.074	0.006	0.010	0.014
Värähtelyluokituksen tunnus	C	D <	D <	A	A	A	A	A	A

Taulukko 7. Tunnusluvut linjan 4 mittauspisteille.

	MP1 V	MP1 T	MP1 L	MP2 V	MP2 T	MP2 L	MP3 V	MP3 T	MP3 L
Suurin mitattu tehollisarvo mm/s RMS(1s)	0.18	0.38	0.65	0.02	0.1	0.24	0.01	0.02	0.02
Värähtelyn mm/s RMS(1s) tunnusluku $v_{w,95}$	0.176	0.395	0.618	0.021	0.101	0.234	0.007	0.012	0.015
Värähtelyluokituksen tunnus	C	D	D <	A	B	C	A	A	A

Taulukko 8. Tunnusluvut linjan 5 mittauspisteille.

	MP1 V	MP1 T	MP1 L	MP2 V	MP2 T	MP2 L	MP3 V	MP3 T	MP3 L
Suurin mitattu tehollisarvo mm/s RMS(1s)	0.26	0.55	0.54	0.17	0.34	0.28	0.08	0.42	0.40
Värähtelyn mm/s RMS(1s) tunnusluku $v_{w,95}$	0.218	0.558	0.563	0.131	0.381	0.315	0.074	0.387	0.438
Värähtelyluokituksen tunnus	C	D	D	B	D	D	A	D	D

Taulukko 9. Tunnusluvut linjan 6 mittauspisteille.

	MP1 V	MP1 T	MP1 L	MP2 V	MP2 T	MP2 L	MP3 V	MP3 T	MP3 L
Suurin mitattu tehollisarvo mm/s RMS(1s)	0.73	0.71	0.57	0.75	0.30	0.25	0.27	0.19	0.15
Värähtelyn mm/s RMS(1s) tunnusluku $v_{w,95}$	0.739	0.659	0.612	0.581	0.309	0.212	0.275	0.149	0.122
Värähtelyluokituksen tunnus	D <	D <	C <	D	D	C	C	B	B

6 YHTEENVETO

Oy Finnrock Ab on suorittanut raideliikennetärinämittauksen Oulaisten läpi kulkevan junaradan lähialueella. Mittauskohteen ohittaa päivittäin noin 30 henkilöjunaa sekä noin 15 tavarajunaa. Junien aiheuttamat tärinät olivat pääasiallisesti erotettavissa tulosten aaltomuotokuvaajista. Mittauskohteessa radan lähimaasto on pääosin metsä tai peltomaata. Keskustan mittauspisteet olivat asennettuna piha-alueille.

Linjat 1-3 kuuluvat yli 50 metrin etäisyydellä ratalinjasta luokkaan A ”Hyvät asuinolosuhteet.” Linja 4 kuuluu luokkaan C ”Suositus uusien rakennusten ja väylien suunnittelussa.” ja linjat 5-6 luokkaan D ”Olosuhteet, joihin pyritään vanhoilla asuinalueilla.”

Linjojen 1-4 kohdalla luokitus n. 80-90 metrin päässä junaradasta oli A ”Hyvät asuinolosuhteet.” ja linjojen 5 sekä 6 luokitukset C ”Suositus uusien rakennusten ja väylien suunnittelussa.” ja D ”Olosuhteet, joihin pyritään vanhoilla asuinalueilla.”

Helsingissä 4.2.2020

Oy Finnrock Ab
Vesa Sinervo, Ins.(AMK)