

18457

TUUSULAN KUNTA

TÄRINÄ-JA MELUSELVITYS JOKELASSA

2005

18457

TUUSULAN KUNTA

**TÄRINÄ-JA MELUSELVITYS
JOKELASSA**

2005

SISÄLLYSLUETTELO

1	YLEISTÄ	1
1.1	TÄRINÄN VAIKUTUKSIA	1
1.2	RAUTATIELIIKENTEEN TÄRINÄ.....	1
1.3	MAAPOHJAN VAIKUTUS TÄRINÄÄN.....	2
1.4	TÄRINÄN HAVAITSEMINEN RAKENNUKSESSA.....	3
1.5	TÄRINÄLLE ASETETTUJA OHJEELLISIA ARVOJA.....	4
2	TÄRINÄN MITTAUS JA MITTAUSTULOKSET.....	5
2.1	MITTAUSLAITTEISTO	5
2.2	MITTAUSTULOKSET.....	5
3	MELUN OHJEARVOT.....	6
3.1	OHJEARVOT ULKONA.....	6
3.2	OHJEARVOT SISÄLLÄ.....	7
4	MELUNLASKENTA	8
4.1	MELUNLASKENTAOHJELMA	8
4.2	LASKENTAOLETUKSET	8
5	JOHTOPÄÄTÖKSET	8

LIITTEET

1. Tärinämittaustulokset eri mittapisteissä
2. Melualueet päivällä ilman melusteitä.
3. Melualueet yöllä ilman melusteitä.
4. Melualueet päivällä, melusteet.
5. Melualueet yöllä, melusteet

18457

TUUSULAN KUNTA

**TÄRINÄ-JA MELUSELVITYS
JOKELASSA**

2005

1 YLEISTÄ

Työn tarkoituksena selvittää raideliikenteen aiheuttamaa melua ja mitata tärinää Tuusulassa Jokelan taajamassa. Työ liittyy Jokelan osayleiskaavan laadintaan. Tärinämittauksia tehtiin 11 eri mittauspisteestä. Mittausjakson pituus oli noin 1-2 vuorokautta /mittauspiste. Mittaukset tehtiin 8.-26.11.2004.

1.1 Tärinän vaikutuksia

Tärinä aistitaan rakennusten lattian värinä, ikkunoiden helinä, esineiden tärinä, taulujen siirtymisenä sekä ääninä, jotka muodostuvat pintojen tärinän aiheuttamista erittäin pienistä ilmanpaineen vaihteluista, äänihän on periaatteessa ilman ”tärinää” eli erittäin pieniä ilmanpaineen muutoksia. Ääritapauksissa tärinä voi vaurioittaa rakennuksia.

Tärinän psykofysiologisia vaikutuksia voivat olla stressi ja subjektiiviset häiriöt. Nukahtaminen ja unen häiriöt vaikeuttavat keskittymistä ja voivat aiheuttaa välillistä viihtyvyys- tai terveydellistä haittaa. Pelko materiaalisista vaikutuksista, kuten rakennuksen vaurioista, voi lisätä tärinän häiritsevyyttä.

1.2 Rautatieliikenteen tärinä

Rautatieliikenteen tärinälähteinä on junan pyörien ja kiskojen kosketuspinta. Junan akselit ovat erillisiä, pistemäisiä tärinälähteitä. Ohikulkevan junan akselit muodostavat nauhamaisen tärinälähteen. Tärinän voimakkuus vaihtelee akselipainon, akselin jousituksen, pyörän ja kiskon kunnan sekä kiskon suoruuden mukaan. Ratarakenteen ulkopuolella tärinään vaikuttavat maapohjan lisäksi junan pituus, yksittäisten vaunujen pituus ja akseliväli, akselikuormien tasaisuus ja junan nopeus. Yleensä suurempi nopeus kasvattaa tärinän amplitudia.

Rautatieliikenteen tärinää lisäävät radan poikkeavat rakenteet, kiskojen raot, poikkeamat junien pyöriässä sekä siltojen siirtymävyöhykkeet ja kaarteet. Radan jäykkyys sekä maakerrosten ominaisuudet vaikuttavat leviävän tärinän taajuuteen ja amplitudiin. Mitä jäykempi ratarakenne on, sitä korkeammalla taajuudella radasta leviää tärinä ympäristöön. Jäykällä radalla ohikulkeva juna saa aikaan vähäisemmän painauman, jolloin leviävän tärinän amplitudi pienenee.

Tärinä välittyy radan ja perustuksen välityksellä edelleen maaperään. Radan sijainti korkeussuunnassa voi vaikuttaa tärinän muodostumiseen.

1.3 Maapohjan vaikutus tärinä

Eri maalajeissa tärinä liikkuu erilaisilla nopeuksilla osittain vaimentuen. Maalajeilla, kuten rakenteilla tai esineillä, on ominaistaajuus eli luonnollinen värähtelytaajuus. Tällä taajuudella tärinä tyypillisesti vaimenee maaperässä heikoimmin.

Tärinän etenemisnopeus on suurin kiinteissä ja tiiviissä maalajeissa. Näissä maalajeissa tärinän amplitudi on kuitenkin pienin, eli kalliassa, hiekka- ja sora-alueilla ja moreenimaassa tärinän voimakkuus on vähäisintä. Amplitudi on yleensä suurin pehmeissä maalajeissa eli savessa, liejussa ja turpeessa. Myös löyhissä, vedellä kyllästyneissä, karkearakeisissa maapohjissa, lähinnä täytöissä voi tärinän amplitudi olla suuri.

Vesipitoisuuden kasvaessa maaperässä tärinän taajuus pienenee, aallon pituus kasvaa ja tärinän voimakkuus kasvaa. Pohjavesi yleensä vahvistaa tärinän vaikutusta eteenkin pehmeissä eli koheesiomaalajeissa, mutta karkeissa eli kitkamaalajeissa pohjavedellä voi olla myös vaimentava vaikutus. Pehmeissä maalajeissa paksu routa voi vahvistaa entisestään tärinän vaikutusta.

Tieliikennettä koskevissa julkaisuissa on esitetty vaimennusvakioita ja vaimennuksen arvoja eräille taajuuksille, mutta arvot voivat vaihdella voimakkaasti samallakin maalajilla, mikä vaikeuttaa tarkempien ennustelaskelmien tekemistä.

Tärinä kulkeutuu erilaisissa materiaaleissa, kuten maaperässä, erilaisilla nopeuksilla ja saattaa heijastua maakerrosten välisistä rajapinnoista. Radan ulkopuolisessa kohteessa havaitaankin summa useista eri akseleista lähteneistä, eri nopeuksilla kulkeneista ja mahdollisesti rajapinnoista heijastuneista tärinäistä. Eri lähteistä ja eri reittejä kulkeutuneet tärinät voivat yksittäisessä pisteessä summautua keskenään toisiaan heikentäen tai voimistaen.

Heijastuvan värinän vaikutukset ovat haitallisimpia kohteissa, joissa värinä voimistuu tiiviin maakerroksen tai kallion pinnan viettäessä pehmeän maakerroksen alla. Muutoinkin päällekkäiset, erilaiset maakerrokset vaikuttavat värinän kulkeutumiseen, toisinaan vaikeasti ennakoitavalla tavalla.

1.4 Värinän havaitseminen rakennuksessa

Maaperästä värinä kulkeutuu perustusten välityksellä rakennuksiin ja edelleen esim. lattiapinnoille. Raskasrakenteiset perustukset vähentävät yleensä värinän etenemistä rakennukseen. Raskaat rakennukset myös usein värisevät vähemmän, joskin rakenteilla voi olla varsin erilaisia värinää vähentäviä tai jopa voimistavia vaikutuksia.

Koska rakennuksilla ja rakenteilla on ominaistajuuksia, joilla värinä on voimakkainta, vaikuttavat rakennuksen ominaisuudet värinän kokemiseen. Rakennuksen ja kantavien rakenteiden resonanssista johtuen voi värinä olla rakennuksessa jopa voimakkaampaa kuin maaperässä. Tieliikennettä koskevissa värinäarvioissa nopeuden tai kiihtyvyyden voimistuminen on tyypillisesti välillä 50-200 % taajuusalueella 25-30 Hz. Rakenneosien tavallisia resonanssitaajuuksia on lueteltu seuraavassa taulukossa:

Rakenneosa	Resonanssitaajuus, Hz
Palkit	5 – 50
Lattiat ja laatat	10 – 30
Ikkunaruudut	10 – 100

Tavallisilla asuintaloilla resonanssitaajuus on luokkaa 5 – 15 Hz.

Värinän nopeuden ja kiihtyvyyden havaintokynnyksiä sekä vaikutuksia on lueteltu seuraavissa taulukoissa:

Vaikutus	Nopeus, mm/s	Nopeustaso, dB
Havaintokynnys	0,1 – 0,3	100 – 110
Epämiellyttävä	1 – 3	120 – 130
Pienin jatkuva värinä, joka voi vaikuttaa rakenteisiin	3 – 6	
Impulssimaisen värinän riskiraja	10 – 15	

	Kiihtyvyys, mm/s ²	Kiihtyvyytaso, dB
Havaintokynnys	3 – 10	70 – 80
Epämiellyttävä	30 – 100	90 – 100

Nopeuden ja kiihtyvyyden havainnointikynnys riippuu jossain määrin myös värinän taajuudesta. Alle 10 Hz taajuuksilla kehon havainnointikyky värinän nopeudelle laskee, kun taas havainnointikyky värinän kiihtyvyydelle laskee yli 10 Hz taajuuksilla.

Osa tärinästä voidaan aistia myös kuultavana runkoäänenä. Ihmisen kuuloaisti on herkin keskitaajuuksille, jolloin tärinästä aiheutuva runkoäänitaso on selvästi tärinätasoa alhaisempi.

1.5 Tärinälle asetettuja ohjeellisia arvoja

Suomessa ei ole annettu tärinälle erillisiä ohjearvoja. Ohjeellisia arvoja tärinälle on annettu kansainvälisessä standardissa ISO 2631-2. Ohjearvot on annettu koko kehon tärinälle nopeutena ja nopeustasona. Kriittisinä työpaikkoina Yhdysvalloissa pidetään mm. tarkkuuslaboratorioita ja leikkaussaleja.

Kohde	Nopeus, mm/s	Nopeustaso, dB	Kiihtyvyys, mm/s ²	Kiihtyvyytaso, dB
Kriittiset työpaikat	0,1	100	3,6	71
Asunnot päivällä	0,2 – 0,4	106 – 112	7,2 – 14,4	77 – 83
Asunnot yöllä	0,15	103	5,0	74
Toimistot	0,4	112	14,4	83
Työpaikat	0,8	118	28,8	89

Yleensä tärinän arviointiperusteena käytetään heilahdusnopeuden arvoa (mm/s). Ihmisen aistimaa tärinää arvioidaan myös tärinän kiihtyvyyсарvoja (mm/s²) mittaamalla.

Tärinän nopeuden ja kiihtyvyyden havaintokynnyksiä sekä vaikutuksia on lueteltu seuraavissa taulukoissa:

Vaikutus	Nopeus, mm/s	Nopeustaso, dB
Havaintokynnys	0,1 – 0,3	100 – 110
Epämiellyttävä	1 – 3	120 – 130
Pienin jatkuva tärinä, joka voi vaikuttaa rakenteisiin	3 – 6	
Impulssimaisen tärinän riskiraja	10 – 15	

	Kiihtyvyys, mm/s ²	Kiihtyvyytaso, dB
Havaintokynnys	3 – 10	70 – 80
Epämiellyttävä	30 – 100	90 – 100

Osa tärinästä voidaan aistia myös kuultavana runkoäänenä. Ihmisen kuuloaisti on herkin keskitaajuuksille, jolloin tärinästä aiheutuva runkoäänitaso on selvästi tärinätasoa alhaisempi.

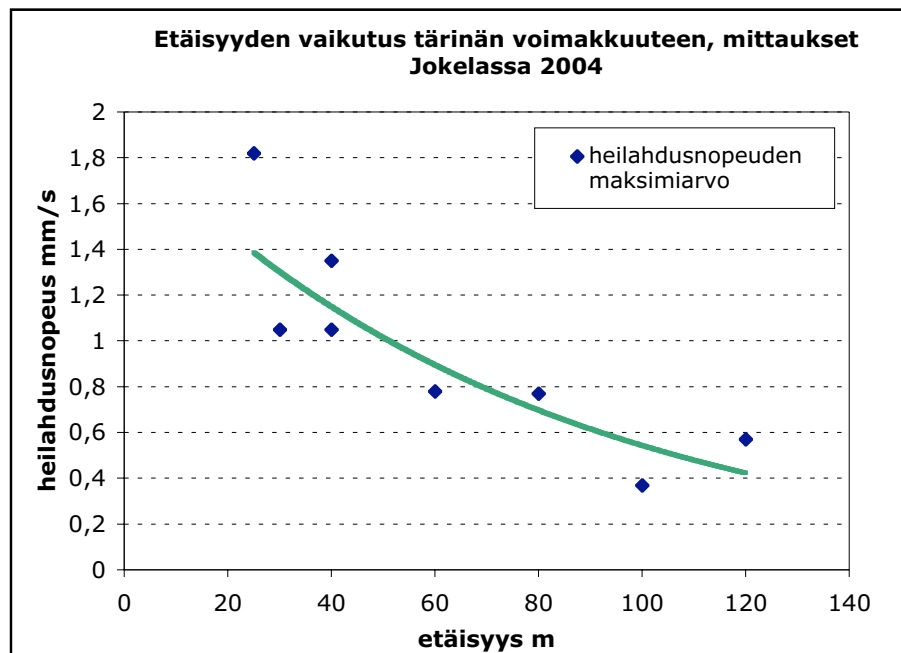
2 TÄRINÄN MITTAUS JA MITTAUSTULOKSET

2.1 Mittauslaitteisto

Tärinämittaukset tehtiin ABEM 1500 ja 1504 tärinämittareilla, joissa tärinäanturi tallentaa kaikkiin kolmeen eri suuntaan tapahtuvaa tärinää samanaikaisesti. Tärinäanturi kiinnitettiin maahan upotettuun metalliseen asennusalustaan.

2.2 Mittaustulokset

Mittauksia tehtiin 2005 kymmenessä eri kohteessa. Mittaustulokset on esitetty liitteessä 1. Mittaustulosten perusteella on kuvassa 1 esitetty tärinän vaimentuminen etäisyyden suhteen. Kuvan 1 perusteella voidaan päätellä että tärinän havaitsemiskynnys ylittyy yli 100 metrin etäisyydellä radasta ja epämiellyttävän tärinän raja ylittyy noin 50 metrin etäisyydellä. Mitatut tärinäarvot esiintyivät pääosin 5-40 Hz:n taajuuksilla. Mitatut arvot eivät aiheuta varsinaista vaaraa rakennusten vaurioitumisesta.



Kuva 1. Tärinän vaimeneminen etäisyyden funktiona.

Suosituksena voidaan sanoa, että asuinrakennuksia ei tulisi rakentaa alle 100 metrin etäisyydelle ja jos halutaan että tärinä ei ole aistittavissa asunnoissa ollenkaan tulee etäisyyden olla vähintään 150 metriä radasta.

3 MELUN OHJEARVOT

3.1 Ohjearvot ulkona

Valtioneuvosto on antanut melutason yleiset ohjearvot (Valtioneuvoston päätös 993/92). Päätöstä sovelletaan meluhaittojen ehkäisemiseksi ja ympäristön viihtyvyyden turvaamiseksi maankäytön, liikenteen ja rakentamisen suunnittelussa sekä rakentamisen lupamenettelyssä. Päätös ei koske ampuma- ja moottoriurheiluratojen melua. Päätöstä ei myöskään sovelleta teollisuus-, katu- ja liikennealueilla eikä melusuoja-alueiksi tarkoitetuilla alueilla. Seuraavassa taulukossa on esitetty päivä- ja yöajan ohjearvot ulkona.

Jos melu sisältää impulsseja tai ääneksiä tai on kapeakaistaista, mittaustuloksiin lisätään 5 dB ennen niiden vertaamista ohjearvoihin.

Taulukko 1. Melun ohjearvot ulkona

Alue ja käyttötarkoitus	L _{Aeq} enintään	
	07-22	22-07
Asumiseen käytettävät alueet	55 dB	50 dB
Virkistysalueet taajamissa ja niiden välittömässä läheisyydessä	55 dB	50 dB
Hoito- tai oppilaitoksia palvelevat alueet	55 dB	50 dB ¹⁾
Uudet asuinalueet, virkistysalueet taajamissa ja niiden välittömässä läheisyydessä sekä hoito- tai oppilaitoksia palvelevat alueet	55 dB	45 dB ¹⁾
Loma-asumiseen käytettävät alueet, leirintäalueet ja virkistysalueet taajamien ulkopuolella sekä luonnonsuojelualueet	45 dB	40 dB ²⁾

¹⁾ Oppilaitoksia palvelevilla alueilla ei sovelleta yöohjearvoa.

²⁾ Yöohjearvoa ei sovelleta sellaisilla luonnonsuojelualueilla, joita ei yleisesti käytetä oleskeluun tai luonnon havainnointiin yöllä.

L_{Aeq} = melun A-painotettu keskiäänitaso (ekvivalenttitaso)

3.2 Ohjearvot sisällä

Sosiaali- ja terveysministeriö julkaisi terveydensuojelulain (734/94) nojalla alkuvuodesta 1997 sisätilojen melutasojen ohjearvot. Seuraavassa taulukossa on esitetty päivä- ja yöajan ohjearvot sisätiloissa.

Taulukko 2. Asuntojen ja muiden oleskelutilojen melutason ohjearvot

Huoneisto ja huonetila	L _{Aeq} enintään	
	07-22	07-22
Asuinhuoneet, paitsi keittiö	35 dB	30 dB
Asunnon muut tilat ja keittiö	40 dB	40 dB
Hoito- ja sosiaalihuollon laitokset, majoitustilat potilashuoneet	35 dB	30 dB
Päiväkodit, lastentarhat, lapsien ja henkilökunnan oleskeluun tarkoitetut huoneet	40 dB	30 dB
Kokoontumis- ja opetushuoneistot luokkahuoneet, luentosalit, kirkot ja muut huonetilat, joissa edellytetään yleisön saavan puheesta hyvin selvän ilman äänenvahvistuslaitteiden käyttöä.	35 dB	-
Muut kokoontumistilat	40 dB	-
Työhuoneistot (yleisön kannalta yleisön vastaanottotilat ja toimistohuoneet)	35 dB	-

L_{Aeq} = melun A-painotettu keskiäänitaso (ekvivalenttitaso)

4 Melunlaskenta

4.1 Melunlaskentaohjelma

Laskennallisissa tarkasteluissa käytettiin Brüel & Kjær Predictor 3.01 -melumallinnusohjelmaa, joka on aidosti 3D laskentamalli ja noudattaa pohjoismaista melulaskentamallia.

Mallissa otettiin huomioon mm. maastonmuodot sekä maaperän vaimennus. Maaperä oletettiin vaimentavaksi lukuun ottamatta paljasta kalliopintaa, joka oletettiin ääntä heijastavaksi pinnaksi.

4.2 Laskentaoletukset

Laskennassa käytettiin Ratahallintokeskuksesta saatuja junamäärätietoja.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Insinööritoimisto Paavo Ristola Oy selvitti 2005 Jokelassa raideliikenteen aiheuttamia melu- ja värinähaittoja. Mitatut värinäarvot ovat tyypillisiä alueen maaperä ja vilkas raideliikenne huomioiden. Voimakkaimmat värinähuiput aiheutuvat yöllä liikkuvista tavarajunista. Mittaustulosten perusteella voidaan päätellä että värinän havaitsemiskynnys ylittyy yli 100 metrin etäisyydellä radasta ja epämiellyttävän värinän raja ylittyy noin 50 metrin etäisyydellä. Suosituksena voidaan sanoa, että asuinrakennuksia ei tulisi rakentaa alle 100 metrin etäisyydelle radasta.

Asuinrakennusten kaavoittaminen radan varrelle ei ole mahdollista ilman meluntorjuntaa. Tarvittavien melusteiden korkeus on 2,5- 3 m ratatasosta. Mitoittavana tekijänä on yöajan raideliikenne. Tarvittavat melusteet on esitetty liitteissä 4 ja 5.

Hollolassa 28. päivänä helmikuuta 2005

INSINÖÖRITOIMISTO PAAVO RISTOLA OY

Erkki Poikolainen, FM
tutkimuspäällikkö

Janne Ristolainen
tutkimusinsinööri