



Työterveyslaitos | Arbetshälsöinstitutet
Finnish Institute of Occupational Health

TIETOA TYÖSTÄ

Uudet keinot tärinäaltistumisen arvioimiseen ja vähentämiseen

Tapani Ollila
Rauno Pääkkönen
Riikka Helenius



Työterveyslaitos | Arbetshälsoinstitutet
Finnish Institute of Occupational Health

Uudet keinot tärinäaltistumisen arvioimiseen ja vähentämiseen

Ollila Tapani¹, Pääkkönen Rauno², Helenius Riikka¹

1 Työterveyslaitos

2 Tmi Rauno Pääkkönen

Työterveyslaitos

Työturvallisuus

PL 40

00032 Työterveyslaitos

www.ttl.fi

© 2019 Työterveyslaitos ja kirjoittajat

Julkaisu on toteutettu Sosiaali- ja terveysministeriön tuella.

Tämän teoksen osittainenkin kopiointi on tekijänoikeuslain (404/61, siihen myöhemmin tehtyine muutoksineen) mukaisesti kielletty ilman asianmukaista lupaa.

ISBN 978-952-261-888-7 (PDF)

Helsinki 2019

TIIVISTELMÄ

Tässä työssä koottiin käsi- ja kehotärinää koskeva nykytila Suomessa perustuen Työterveyslaitoksen palvelumittausten aineistoon ja kansainväliseen kirjallisuuteen. Tähän raporttiin on koottu myös tietoja käytetyistä mittaus- ja arviointimenetelmistä ja niiden kehittämistarpeista sekä tarkasteltiin tärinäaltistuksen hallintaa ja käsineiden vaikutuksia. Työt olivat olemassa olevaa aineistoa hyödyntäviä, uusia työpaikkatarkasteluja on vain muutaman haastattelun verran.

Mittaustietojen koontia varten laadittiin koontilomake, johon kirjattiin tietoja Työterveyslaitoksen lausuntojen sähköisestä arkistointijärjestelmästä vuosilta 2011-2019. Yhteenveto sisältää altistumisen, hallinnan ja selvityksen syyn.

Mittausmenetelmien kehittämiseksi tarkasteltiin markkina- ja työterveyslaitosten valvontaa, tärinätyyppejä, esimerkiksi kehotärinä, käsitärinä, iskut, suuritaajuinen tärinä, impulssimaisuus, taajuudet, kapeakastaisuus, suunnat. Pohdittiin yksinkertaista selvitystä, insinööritason mittausta ja tutkimustasoa.

Kirjallisuutta haettiin noin 500 viitettä, mistä valikoitui noin 300 viitettä tarkempaan arviointiin. Artikkelit koottiin projektitilaan ja tähän yhteenvetoon koottiin tärkeimpiä havainnot, esimerkiksi tärinän subjektiivinen kokeminen ja käsineiden vaikutukset sekä arvioitiin mm. HSE:n ohjeet (Englanti). Kerättiin myös ruotsalaisia ja suomalaisia videoaineistoja tärinäselvityksistä.

Kehotärinäissä julkaisut koskettelivat pääasiassa erilaisia ajoneuvoja ja alaselän oireita, esimerkiksi kaivosalalla ja rakennusteollisuudessa. Käsiin kohdistuvan tärinän osalta julkaisuissa oli käsineiden vaikutustutkimuksia, taajuusvastepohdintoja sekä erilaisia voimakasta tärinää aiheuttavia käsityökaluja. Käsiin aiheutuvan impulssitärinän vaikutukset verisuonistoon ovat monessa jutussa tutkimuksen aihe.

Joku ryhmä näytti tutkivan älypuhelimien käyttöä tärinämittauksiin. Mittaustekniikoiden näkökulmasta ainakin taajuuspainotusfunktiokeskustelu ja impulssitärinän mittaaminen pitää ruotia.

Työsuojeluhallinnon VERA tietokannan mukaan eniten tärinäaihe on ollut esillä teollisuuden, rakentamisen ja maatalouden tarkastuksissa ja eniten puutteita on havaittu tässä suhteessa maataloudessa ja teollisuudessa. Toiminta-arvon ylittäviä kehotärinän kokonaiskihtyvyyksiä on mitattu moottorikelkoista, mönkijöistä, telapyöräkuormaajista, puskutraktoreista ja trukeista, moottoripyöristä sekä lastauskoneista. Eniten kehotärinän mittauksia Työterveyslaitoksen tietokannassa on tehty trukeista. Käsitärinän osalta eniten tärinää aiheuttavia ovat olleet vasarat, puukkosahat, iskevät ruuvinvääntimet, poravasarat, piikkauskoneet ja räikkävääntimet. Sekä keho- että käsitärinän mittaustulokset ovat samankaltaisia, kuin mitä on saatu muissakin Euroopan maissa.

Tärinän terveysvaikutuksia, riskinarviointia ja tärinän torjuntaa on pohdittu tässä työssä paljon. Käsineiden vaikutus tärisevällä työkalulla työskenneltäessä herättää paljon kysymyksiä ja siksi sitä on pohdittu tässäkin työssä kirjallisuuteen perustuen.

Tulevaisuuden painopisteiden pohdinnassa huomio kiinnittyy tärinän käytännön osaamiseen työpaikoilla sekä tärinän mittausten kehittymiseen. Tärinäsuureet ovat esimerkiksi melusuureita monimutkaisempia, ja siksi menetelmien ja laitteiden kehittyessä tulisi varmistua, että käytettävällä laitteella mitataan oikeita suureita ja oikealla tavalla. Näihin tarvittaisiin neuvontaa ja opastusta.

Tärinäaltistumisten vähentämiseen ei toistaiseksi ole olemassa uusia teknisiä ratkaisuja, mutta vanhoissakin keinoissa olisi edelleen paljon hyödynnettävää ja vähentämiseen tärinän menettelytapojen käyttöönotossa olisi parannettavaa. Erityisesti työpaikat, joilla on merkittävää tärinälle altistumista, voisivat hyötyä samasta kunnianhimoisesta ajattelusta kuin "Nolla Tapaturmaa" -strategiassa. Tärinäaltistus voi vähentyä vain, jos toiminnalla on selkeä tavoite - haitallisen tärinäaltistuksen "Vision Zero" voisi olla "Nolla Vahingollista Altistumista"

ABSTRACT

This work compiled the current state of hand and body vibration in Finland, based on the service measurement data of the Finnish Institute of Occupational Health (FIOH) and international literature. This report also mapped information on the measurement and evaluation methods used and their development needs, as well as examining vibration exposure management and the effects of gloves. The work used existing materials, there are only a few interviews with new work assessments. A form was prepared to gather the information of the FIOH's measurements from years 2011-2019. The summary includes exposure, control, and assessments.

For the development of measuring methods, market surveillance, vibration types, e.g. whole-body vibration, hand-arm vibration, shock, high frequency vibration, impulses, frequencies, narrow bands and directions, were examined. The literature was searched for about 500 references, of which approximately 300 references was selected for a more accurate assessment. The articles were compiled into project mode and the main findings were gathered in this summary, such as the subjective experience of vibration and the effects of gloves, and evaluated, among others, the instructions of the HSE. Swedish and Finnish video materials were also collected from vibration surveys.

In whole body vibration, publications were mainly considering different vehicles and lower back symptoms, for example in the mining sector and in the construction industry. In the case of vibration to the hands, the publications had impact studies on gloves, frequency response reflections and a range of hand tools that would cause strong vibrations. The effects of the hand-to-hand impulse vibration on the vascular system are in many of the subjects of research. Someone in the articles seemed to examine the use of smartphones for vibration measurements. From the point of view of measurement techniques, at least the frequency weighting functions and impulse vibration measurement should be evaluated.

The OSH Management VERA database states that the most usual vibration issue has been featured in industrial, construction and agricultural branches, and the most shortcomings have been identified in this regard in agriculture and industry. The overall acceleration of whole-body vibration above the action value has been measured on snowmobiles, quad-bikes, roller loaders, bulldozers and forklifts, motorbikes and loading machines. The most whole-body vibration measurements in the FIOH's database are made of forklifts. In the case of hand transmitted vibration, the most vibration-causes are hammers, knife saws, crank screwdrivers, rotary hammers, beeping machines and ratchet wrenches. Both whole body and hand transmitted vibration measurements are similar to those obtained in other European countries.

There has been a lot of reflection on the health effects of vibration, risk assessment and the protection against vibration.

The impact of the gloves on the vibrating tool raises a lot of questions and has therefore been considered in this work, based on literature. In the reflection of future priorities, attention attaches to the practical skills of vibration in the workplace and the development of vibration measurement methods. For example, vibration levels are more complex than noise levels, and therefore, as methods and equipment develop, it should be made sure that the used device is measuring correctly. These would require advice and guidance in the future.

For the time being, there are no new technical solutions to reduce vibration exposures, but there would still be a lot to be improved in the old ways of introducing and reducing procedures. In particular, jobs with significant vibration exposure could benefit from the same ambitious thinking as the "zero-accident" strategy. Vibration exposure can only be reduced if the action has a clear goal - the "Vision Zero" for harmful vibration exposure could be "Zero Injurious Exposure".

ALKUSANAT JA KIITOKSET

Tämä "TÄRVÄ"-hankkeessa koottu julkaisu on tehty sosiaali- ja terveysministeriön tilauksesta ja tuella, josta suurimmat kiitokset ansaitsee lääkintöneuvos Riitta Sauni Työ- ja tasa-arvo-osaston Toimintapolitiikkayksiköstä, jolta saatu taustatuki ja neuvot ovat olleet tässä työssä ensiarvoisen tärkeitä. Hankkeen alkusysäys on ollut lievästi kasvussa olevat tärinästä aiheutuvat uudet ammattitautiepäilyt, joihin on kiinnitetty huomiota myös Työterveyslaitoksella, missä asian tutkimisen etenemiseen on vaikuttanut erityisesti johtava asiantuntija Tuula Liukkonen, jolle haluan myös esittää suuret kiitokset asian edistämisestä. Kirjoitus-hanke ei myöskään olisi toteutunut ilman kanssakirjoittajiani Rauno Pääkköstä (Tmi Rauno Pääkkönen) ja Riikka Heleniusta, joiden kanssa keskustelut ovat tuoneet runsaasti pohdittavaa tärinäaltistumisen moninaisuudesta.

Kirjoittamisessa olemme saaneet arvokasta apua sosiaali- ja terveysministeriön yli-insinööri Tapani Vänniltä Työ- ja tasa-arvo-osaston Valvonta ja ohjausyksiköstä sekä Työterveyslaitoksen ylilääkäri Heikki Frilanderilta.

Kiitokset myös projektiassistenttillemme Reija Rahuselle, joka on pitänyt huolta taloudesta ja asiakirjojen valmistumisaikataulusta.

Helsingissä joulukuussa 2019

Tapani Ollila
vanhempi asiantuntija
Työterveyslaitos

Käsitteet

altistuminen	Tärinän kohteena oleminen. Käsiin kohdistuvalle tärinälle altistumista mitataan työkalun kädensijasta, sormesta, kämmenestä tai käsineestä. Kehoon kohdistuvan tärinäaltistumisen mittausta tehdään työskentelyalustalta tai istuimelta.
hertsi (Hz)	Taajuuden mittayksikkö, värähdystä sekunnissa. Käsiin kohdistuvaa tärinää mitataan taajuusalueella 6,3 – 1250 Hz ja kehotärinää taajuusalueella 0,5 – 80 Hz.
kehotärinä	Koko kehoon kohdistuva tärinä, joka välittyy istuimen tai seisonta-alustan kautta.
keskimääräinen tärinä	Vaihtelevalle tärinälle laskettu keskimääräinen taajuuspainotettu ja suuntasummatu (x, y, z) arvo esimerkiksi työpäivän ajalle (8 tuntia) tai työvaiheen kestolle (esimerkiksi 5 minuuttia). Päivän keskiarvon suureta kuvataan lyhenteellä a_{8h} .
kiihtyvyys (m/s^2) käsitärinä	Tärinän voimakkuuden mittasuure työsuojelussa. Lyhenne a (acceleration).
liipaisinaika	Käsiin kohdistuva tärinä työvälineen kädensijan tai tukikahvan kautta.
maksimi a_{max}	Tärisävän laitteen käyttöaika työpäivän aikana.
raja-arvo	Tärinän hetkellinen suurin arvo jonakin aikavälinä (esimerkiksi sekunti, 10 s tai minuutti).
taajuuspainotus W_h	Päivittäisen tärinäaltistumisen raja-arvo. Jos altistuksen raja-arvo ylittyy, työnantajan on ryhdyttävä viipymättä toimenpiteisiin altistuksen vähentämiseksi alle raja-arvon.
taajuuspainotus W_d	Käsiin kohdistuvaa tärinää mitataan taajuuspainotettuna niin, että herkimmillään tärinälle altistuminen on 12,5 Hz kohdalla (kerroin 1) ja herkkyys vähenee sitten melko tasaisesti arvoon 1250 Hz (kerroin 0,01). Standardi ISO 5349-1.
taajuuspainotus W_k	Kehoon selän poikkisuuntaisesti kohdistuvaa tärinää mitataan taajuuspainotettuna niin, että herkimmillään tärinälle altistuminen on taajuusvälillä 0,63-2 Hz kerroin on n. 0,5 ja herkimmillään tärinälle altistuminen on taajuusvälillä 0,8-1,6 Hz (kerroin n. 1,0) ja herkkyys vähenee sitten melko tasaisesti aina taajuuteen 125 Hz asti (kerroin n. 0,01). Standardi ISO 2631-1.
toiminta-arvo	Kehoon selän pituussuunnassa kohdistuvaa tärinää mitataan taajuuspainotettuna niin, että herkimmillään tärinälle altistuminen on taajuusvälillä 4-10 Hz (kerroin n. 1,0) ja herkkyys vähenee sitten melko tasaisesti aina taajuuteen 125 Hz asti (kerroin n. 0,05). Standardi ISO 2631-1.
tärinän mittaussuunnat	Päivittäisen (8 h) tärinäaltistuksen toiminta-arvo. Jos toiminta-arvo ylittyy, työpaikalle on laadittava riskinarvioinnin perusteella tärinän torjuntaohjelma. Tärinää mitataan kolmessa suunnassa x, y ja z , jotka muodostavat toisiaan vasten kohtisuorat suunnat ja sitten tärinän kiihtyvyydet a_x, a_y ja a_z . Kun arvot summataan geometrisesti, saadaan mittausajan summa-arvo eli vektorisumma a_{summa} .



SISÄLLYS

1. Esipuhe	11
2. Johdanto	13
3. Kirjallisuudesta haettua tietoa	15
3.1 Taustaa kirjallisuushauista	15
3.2 Katsaukset ja oppaat	16
3.3 Tärinän subjektiivinen kokeminen.....	17
3.4 Tärinälle altistumisen arviointimenetelmistä kirjallisuudessa	18
3.5 Alakohtaisia tutkimuksia kirjallisuudesta	20
3.6 Kirjallisuudesta poimittuja ohjeita tärinästä tulevien riskien vähentämiseksi	21
3.6.1 Käsiin kohdistuva tärinä	21
3.6.2 Kehoon kohdistuva tärinä	21
4. Kohteet ja menetelmät	23
4.1 Mittausmenetelmät.....	26
4.1.1 Kehotärinämittausten menettelytavat	26
4.1.2 Käsitärinämittausten menettelytavat	27
5. Mitatut tärinäaltistumiset suomalaisilta työpaikoilta	28
5.1 Kehotärinämittausten tuloksia.....	28
5.2 Käsitärinämittausten tuloksia.....	30
6. Terveysvaikutukset ja riskien arviointi	34
6.1 Terveysvaikutukset.....	34
6.2 Riskien arviointi	35
6.3 Tärinäaltistumisen riskit työpaikalla	36
6.4 Riskienarviointi koneturvallisuuksessa	36
7. Tärinän torjunta	39
7.1 Ohjeita tärinästä tulevien riskien vähentämiseksi.....	40
7.2 Tärinäntorjuntaohjelma työpaikoilla	41



7.2.1	Työpaikan ja henkilökunnan käsitärinäaltistuksen kuvaus.....	43
7.2.2	Tärkeimpien tärinän lähteiden tunnistaminen	43
7.2.3	Mahdollisten ratkaisujen määrittäminen.....	44
7.2.4	Torjuntaratkaisujen toteutus.....	45
7.2.5	Perehdyttäminen	45
7.3	Käsineiden vaikutus tärinälle altistumiseen.....	46
8.	Tulevaisuuden näkymät.....	51
8.1	Toiminta työpaikoilla	51
8.2	Terveydellinen arviointi	51
8.2.1	Käsitärinän terveysseuranta.....	52
8.2.2	Kehotärinän terveysvaikutukset.....	52
8.2.3	Muut tärinään liittyvät vaikutukset.....	53
8.3	Mittaustekniikoiden kehittyminen.....	54
8.4	Lainsäädännön mahdollisuudet.....	54
8.5	Miten voitaisiin tärinälle altistumista vähentää ja soveltaa erilaisia vaimennuskeinoja?	56
9.	Lähteet	58

1. ESIPUHE

Suomessa on tehty pitkään työntekijöiden altistumiseen liittyvää tärinä tutkimusta [1-31]. 1970-1980 luvuilla tutkimusten kohteena olivat metsurit ja kivityöntekijät, sittemmin painopiste on siirtynyt teollisuuden käsityökaluihin, rengasalalle ja trukkeihin.

Suomessa 1970-luvulla merkittävin tutkimusryhmä oli Työterveyslaitoksella ja ryhmään kuuluivat ainakin FT Jukka Starck, LKT Ilmari Pyykkö, LKT Martti Färkkilä, FT Seppo Aatola sekä FT Jussi Pekkarinen. Kaivos-, metalli- ja rakennusala ovat olleet sittemmin huomion kohteena.

Oulussa oli myös 1980-1990 luvuilla tutkimusryhmä, joka selvitteli mm. poromiesten ja metallimiesten altistumista tärinälle, ja ryhmään kuuluivat mm. LKT Hannu Virokannas, FT Hannu Rintamäki ja FT Hannu Anttonen.

2000-luvulla suomalaisittain merkittävin tärinän tutkimusryhmä on ollut LT Riitta Saunin johtama [7-13, 15], missä huomion kohteena ovat olleet terveysvaikutukset, erilaiset lievemmat oireet sekä tärinästä johtuneiden ammattitautien analysointi. Tähän ryhmään ovat kuuluneet ainakin LKT Jukka Uitti, FT Esko Toppila, FK Pauliina Toivio ja TkT Rauno Pääkönen.

Kuopiossa oli tutkimusryhmä 1990-2000-luvuilla, missä tehtiin tärinälle altistumisen tutkimusta mm. metsäkoneissa, käsityökaluilla, vetureissa, valimoissa, poliisialalla sekä hammaslääkärien porakalustoilla. Ryhmässä olivat mm. FT Esko Rytönen ja FT Esko Sorainen [24, 32-40].

Raskaiden aseiden ja räjäytysten aiheuttama tärinä on ollut puolustusvoimissa kohteena myös työntekijöiden altistumisen näkökulmasta [29].

Suomessa aikoinaan MIP Oy rakensi tärinän mittausrakenteita (Hannu Lehto), joita käytettiin metallialalla, tekstiiliteollisuudessa ja monilla muillakin työntekijöiden tärinäaltistusta aiheuttavilla alueilla. Moniyrittäjä Ykä Marjanen kehitti kehotärinän mittausrakenteita, joihin liittyi tietojärjestelmiä [31]. Nykyään suomalaista laitevalmistusta ei enää tehtäne. Tärinäantureita on nykyään mm. aktiivirannekkeissa, uni-analysaattoreissa, älypuhelimissa ja monissa muissa laitteissa. Kuitenkaan hyvälaatuisia ja kalibroituja tärinän mittausrakenteita, jotka soveltuvat työntekijöiden altistumisen mittaamiseen, on lähinnä Työterveyslaitoksella ja joissakin insinööritoimistoissa.

Ympäristötärinän ja esimerkiksi rakennevaurioiden tutkimiseen liittyviä tärinän mittausrakenteita on monilla insinööritoimistoilla. Ympäristötärinän arvioimiseksi kohteena ovat toisaalta rakenteet ja niiden vauriomahdollisuudet ja toisaalta ihmisten häiriintyvyys tä-



rinälle. Tärkeätä tässä on osata hahmottaa tärinän lähteet, tärinän eteneminen maaperässä, tärinän kulkeutuminen rakennusten rakenteissa sekä ihmisten vasteet ja tuntemukset tärinälle.

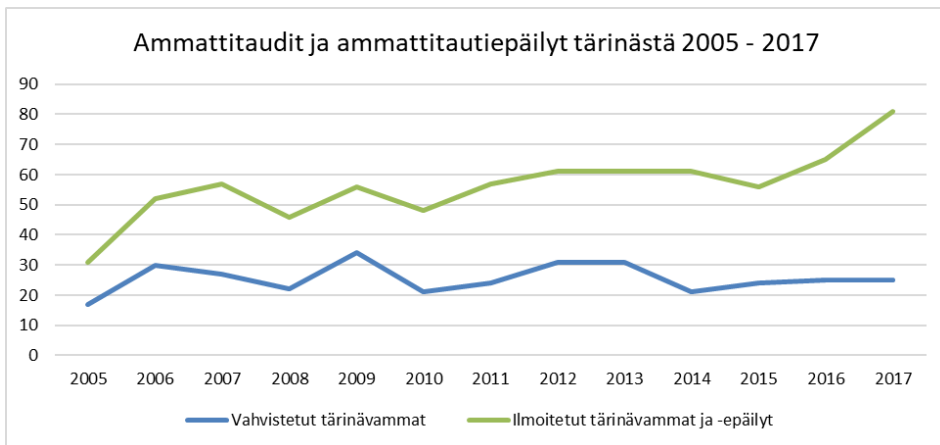
Edellä olevan perusteella voidaan arvioida, että suomalaiset ovat olleet kohtuullisesti esillä kansainvälisesti. Ehkä selvästi Suomea merkittävämpi panos on ollut Ruotsilla, Englannilla ja Italiassa. Euroopan ulkopuolella Japanissa ja Yhdysvalloissa on ollut paljon tärinään liittyvää tutkimusta.

Lähdeviitteet sivulla 58

2. JOHDANTO

Tärinäaltistumista voivat aiheuttaa käsikäyttöiset työvälineet, jolloin tärinä kohdistuu käsiin tai pääasiassa kuljetukseen käytettävät laitteet, jolloin niiden kuljettaja altistuu koko kehon tärinälle. Tilastokeskuksen Työolotutkimusten mukaan tärinäaltistuminen ei näytä vähentyneen, vaan se on pysynyt varsin samana tai jopa lisääntynyt: v. 2013 12% ilmoitti altistuvansa työssään tärinälle, kun vuonna 1977 vastaava luku oli 10%. Tärinän aiheuttamien ammattitautien ja ammattitautiepäilyjen määrä ei ole laskusuunnassa toisin kuin muiden ammattitautien kokonaismäärä. Tärinätauti-tapausten ja niiden epäilyjen määrä on yli kaksinkertaistunut vuodesta 2005 Suomessa. Tähän on vaikuttanut paitsi tärinäasetus, myös tärinän haittoihin ja niiden preventioon keskittynyt tavoitteellinen tiedotuskampanja.

Päämäärä ei luonnollisestikaan ole lisätä ammattitautitapausten määrää, vaan kiinnittää huomioita tärinän riskeihin työssä ja tarjota keinoja, joilla niitä voidaan suunnitelmallisesti torjua. Ihmisten elämän laadun kannalta tärkeää olisi myös löytää mahdollisia tärinän aiheuttamia varhaisoireita. Tutkimuksen taustaksi on huomattu ammattitautitilastoista näkyvä ammattitautiepäilyjen ja vahvistettujen ammattitautien lukumäärän suhde, joka on heikentynyt vuosittain. Onko siis kyse siitä, että vammat eivät Suomessa täytä ammattitautin määritelmää vai että altistumistiedoissa ja niiden kohdentamisessa työhön on puutteita? Vuonna 2005 vahvistettujen osuus oli 55% kaikista ammattitautiepäilyistä ja vuonna 2014 vahvistamisprosentti oli 34% ja vuonna 2015 hieman suurempi, eli 43 %. Vuosien 2016 – 2017 tilastot eivät vielä ole täysin valmiit, mutta suuntaa antavana tietona TVK:n TIKKU-työtapaturmaikkunan tiedoista poimitujen lukumäärien perusteella vuoden 2017 vahvistamisprosentti on tällä hetkellä vain 31%.



Kuva 1. Tärinästä aiheutuneet ammattitaudit ja ammattitautiepäilyt.



Ruotsissa värinätauti on AFA Försäkringin mukaan yleisin korvattu ammattitauti. Se on jopa yleisempi kuin meluvammat. Tavallisimmin sairastunut on 47 – 49 vuotias metalli- tai rakennusmies. Ruotsi on ollut värinäätutkimuksen eturintamassa, mutta Suomella ei ole ollut juurikaan yhteistyötä Ruotsin kanssa (esim. <https://www.afaforsakring.se/globalassets/nyhetsrum/vibrationsforskning-fran-umea-universitet.pdf>). Ruotsi on uusimassa värinäädöksäään.

Värinämittauksia on tehty Suomessa lisääntyvästi, mutta kuitenkin edelleen melko vähän. Valtioneuvoston asetuksen mukaisia värinän torjuntaohjelmia lienee laadittu yrityksissä harvoin. Vuonna 2009 pientyöpaikoille tehdyn selvityksen perusteella työpaikat olivat laatineet värinätorjuntaohjelmia vain noin joka viidennellä työpaikalla, missä se olisi pitänyt tehdä. Värinän mittausmenetelmät ovat myös kehittyneet ja nykyään on mahdollista tehdä mittauksia paljon helpommin kuin aikaisemmin. Kehitystyötä pitää tarkastella kriittisesti siinä suhteessa, että otetaan uutta tietoa huomioon mm. impulssimaisen värinän, taajuusvasteen ja värinän mahdollisten vaikutusten osalta. Edelleen mittauksista olisi hyvä tietää miksi ne on tehty ja mitä niillä on haettu.

Kokonaan haitallisen värinäaltistumisen lopettaminen lienee mahdoton tavoite, mutta sen aiheuttamien riskien hallinta on mahdollista. Uusia värinän hallintakeinoja on muissa maissa haettu mm. vastatärinästä, uusista jousitusratkaisuista ja käsineistä, joiden merkitystä pitäisi kansallisesti tarkastella. Ajoittain myös laitevalmistajat kehittelevät värinähallintaa laitteisiinsa.

Tämän työn tarkoituksena on koota käsi- ja kehotärinää koskeva nykytila Suomessa:

- 1) Työterveyslaitoksen palvelumittausten aineistoon perustuen,
- 2) kartoittaa käytetyt mittaus- ja arviointimenetelmät sekä niiden kehitystarpeet,
- 3) käydä läpi viime aikaista värinään liittyvää kirjallisuutta uusien ratkaisuiden löytämiseksi,
- 4) antaa suosituksia värinäaltistumisen hallintaan sekä
- 5) koota kertynyt aineistosta ohjeita ja suosituksia lähitulevaisuuden kehittämissuunniksi. Työt ovat pääsääntöisesti olemassa olevaa aineistoa hyödyntäviä, uusia työpaikkatarkasteluja on vain muutaman haastattelun verran.

3. KIRJALLISUUDESTA HAETTUA TIETOA

3.1 Taustaa kirjallisuushauista

Kirjallisuushakuja haettiin Pubmedin kautta hakusanoilla whole body vibration, hand-arm vibration ja hand transmitted vibration vuosilta 2014 – 2019, jolloin saatiin otsikkotasolla noin 500 julkaisua, joista poimittiin abstraktit tai myös koko artikkelit, jos ne olivat vapaasti saatavilla. Toinen haku tehtiin samoilla hakusanoilla Research Gate -järjestelmässä. Lisäksi koottiin tärinänimikkeen alle kertyneitä artikkeleita yhteen.

Yksi hakujen kohde oli tärinästä tehdyt käytännön oppaat, joita on erityisesti englantilaisella HSE (Health and Safety Executive), mutta myös monilla kone- ja laitevalmistajilla. Näitä oppaita pystyy internetistä lataamaan usein ilmaiseksi.

Kirjallisuushakujen kriteereinä on käytetty suomalaisissa olosuhteissa hyödynnettäviä tutkimuksia. Esimerkiksi trooppisissa oloissa saatuja ja trooppisiin oloihin soveltuvia tutkimuksia ei otettu mukaan. Lisäksi kirjallisuutta haettaessa on haastateltu joitakin tärinän kanssa paljon tekemisissä olleita henkilöitä, esimerkiksi FT Esko Rytköstä.

Kehotärinäessä julkaisut koskettelivat pääasiassa erilaisia ajoneuvoja ja alaselän oireita, esimerkiksi kaivosalalla ja rakennusteollisuudessa. Käsiin kohdistuvan tärinän osalta julkaisuissa oli käsineiden vaikutustutkimuksia, taajuusvastepohdintoja sekä erilaisia voimakasta tärinää aiheuttavia käsityökaluja. Käsiin aiheutuvan impulssitärinän vaikutukset verisuonistoon ovat monessa jutussa tutkimuksen aihe. Eräs ryhmä tutki älypuhelimien käyttöä tärinämittauksiin.

Kirjallisuudesta löytyi impulssimaisuuteen, taajuusalueisiin, kapeakaistaisuuteen, mittausuuntiin sekä taajuuspainotuksiin liittyviä pohdintoja. Sen sijaan tutkimusraporteista ei löytynyt oppaita lukuun ottamatta yksinkertaisia ohjeita tärinälle altistumisen arvioimiseksi. Myöskään mittaajan pätevyteen liittyvää kirjallisuutta ei löytynyt.

Tärinäaltistumisen arviointia varten etsittiin kirjallisuudesta ja standardeista myös sellaisia dokumentteja, joissa kuvataan muitakin tapoja selvittää tärinäaltistumisia ja tärinän vaikutuksia ihmiskehoon ja raajoihin. Tällaisia ovat esimerkiksi suurtaajuuden tärinän mittaus, kosketukseton värähtelymittaus sekä iskumaisen tärinän altistumisen selvittämismenetelmät, joihin ei vielä ole viittauksia laeissa ja asetuksissa.

Työssä koostui käytännössä artikkeleita vuosilta 2000–2018, yhteensä noin 300 artikkelin aineisto koottiin projektitilaan jatkotutkimuksia varten. Työssä arvioitiin mm. HSE:n ohjeita (Englanti), työhygieenisii ja työterveysalan tieteellisiä lehtiä (mm. AnnOccupHyg, JOSE,

BMJ), pohjoismaisia julkaisuja ja EU tausta-aineistoja. Käytiin keskusteluja Ruotsin tilanteesta DU (Högskolan Dalarna Ruotsi) asiantuntijoiden kanssa (prof Gunnar Rosen ja Ing-Marie Andersson) ja saatiin oppia havainnollistamisesta.

Kirjallisuudessa oli myös tutkimustietoa tärinän torjunnasta, esimerkiksi käsitärinän osalta käsi- ja kädensijat, työkalun kuluminen, työn tehokkuus sekä kehotärinästä istuimien ominaisuudet, ruotsalainen tärinäkirjan luku, tärinän hallinnan asennetutkimukset (esim. Karl Gummesson väitöskirja, KTH Ruotsi).

3.2 Katsaukset ja oppaat

Erlaisia katsauksia, oppaita ja muita materiaaleja on myös julkaistu paljon niin terveysvaikutuksista kuin tärinälle altistumisesta yleensä [1-16]. Erityisesti alan käsikirjana kannattaa mainita ruotsalaisten WHO:lle tekemä katsaus vuodelta 2006 [3]. Tärinästä helpoiten löytää oppaita HSE:n (<http://www.hse.gov.uk/vibration/index.htm>), WHO:n (https://www.who.int/occupational_health/pwh_guidance_no.10_teaching_materials.pdf) sekä EU sivuilta (https://osha.europa.eu/en/publications/reports/8108322_vibration_exposure).

Trukkien käyttö on herättänyt myös tutkimuksia kehoon kohdistuvan tärinän osalta [11-16]. Raporteissa istuimen tärinävaimennus on tärkein, sitten tulevat koulutus, tien laatu, valaistus ja työn organisointi [11]. Johnson et al. [12] tutkivat aktiivisesti ja passiivisesti vaimennettuja istuimia ja heidän päätelmänsä oli, että aktiivisesti vaimennetut näyttivät selvästi paremmilta, mutta molemmat vaimennukset vähensivät työntekijöiden päivittäistä tärinälle altistumista. Saman tutkimusryhmän toisessa artikkelissa [13] todettiin, että altistumisen vähentyminen johti alaselän kipujen vähentymiseen ja muutenkin parempaan terveytilan kokemiseen. Tutkimusryhmän kolmannessa artikkelissa on tarkasteltu myös istuimen ikääntymisen vaikutusta sekä istuimen valmistajien välisiä eroja [14].

Erlainen katsaus on siitä, miten kehoon kohdistuva tärinä parantaa hermojen ja lihasten toimivuutta (neuromuscular improvement) [15]. Kehotärinä voi parantaa lihasvoimaa, lihasten tehoa ja joustavuutta. Kehotärinällä on siis todettu myös parantavia vaikutuksia joissakin tilanteissa ja siitä on tehty harjoittelumenetelmä.

Impulssimaista tärinää on jonkin verran myös katsauksissa [16-17]. Rantaharjun et al. tutkimuksessa vertailtiin viittä erilaista arviointimenetelmää kuljetusvälineiden voimakkaita tärinäarvoja vertailtaessa ja erityisesti iskujen osuutta. Omer ja Bekker tutkivat aaltojen iskuja veneeseen [17]. Tutkimuksessa havaittiin tämänkaltaisen värähtelyn vaikuttavan unta ja aktiivisuutta häiritsevästi.

Terveyteen vaikuttavia katsauksia on myös tehty äskettäinkin [18 - 25] ja myös kansainvälisiä kehotärinän altistumisen vertailuja on koottu [19]. Ehkäpä tärkein havainto artikkelissa

oli se, että kehotärinän altistumisen ja keston lisääntyessä tuki- ja liikuntaelimestön sekä hermoston häiriöt selkärangan alueella lisääntyvät. Hieman saman tyyppiseen johtopäätökseen käsiin kohdistuvan tärinän ja hermovasteiden osalta on päädytty Qamruddinin tutkimuksessa [20], joka tehtiin rengasalalla.

Bovenzi et al. ovat tutkineet verenkierron ongelmia käsiin kohdistuvan tärinän seurauksena [21]. Krajnak et al. ovat tarkastelleet systeemisiä vaikutuksia käsiin kohdistuvan tärinän osalta [22]. Esillä ovat olleet hermostovaikutukset ja oksidatiivinen stressi. Budd et al. [23] ovat tarkastelleet käsiin kohdistuvien haittavaikutuksien seuraamuksia työntekijöiden toimintaan ja toiminnan rajoituksiin. Poole et al. [24] ovat selvittäneet verenkiertoa magneettisen resonanssi angiografian (MRA) avulla. Heaven et al. [25] ovat tarkastelleet käsiin kohdistuvan tärinän aiheuttamia vaaroja yleisellä tasolla ja he kokoavat sairauden patogeeniaa, tunnistamista ja hallintaa. Heidän mukaansa varhainen toteaminen on tässäkin tärkeää.

3.3 Tärinän subjektiivinen kokeminen

Vanhastaan on ollut tunnettua esimerkiksi standardin ISO 2631-1 mukaisesti, että kehotärinän ohjearvot ovat kytketty myös tärinän subjektiiviseen kokemiseen [1]. Tästä esimerkkinä on taulukko 1, missä on esitetty tärinän epämukavuus tehollisen (rms) ja taajuuspainotetun kehotärinän kokonaiskiihtyvyyden funktiona, kun altistuminen tapahtuu jossain liikennevälineessä. Kun havaitaan, että kehotärinän raja-arvo on $1,15 \text{ m/s}^2$ ja toiminta-arvo $0,5 \text{ m/s}^2$ (VNA 48/2005), saadaan näiden arvojen suhteellisiksi tuntemuksiksi vastaavasti epämukava ja kohtalaisen epämukava.

Taulukko 1. Kehotärinän subjektiivinen vaste standardin ISO 2631-1 mukaan (Human exposure to mechanical vibration and shock). Standardi on uusittavana ja sen viimeisin versio on vuodelta 1997 [1].

Koettu vaste	Taajuuspainotettu tärinäkiikkyvyys a_{hw} [m/s^2]
Erittäin epämukava /Extremely uncomfortable	yli 2
Hyvin epämukava /Very uncomfortable	1,25 – 2,5
Epämukava/Uncomfortable	0,8 – 1,6
Lievästi epämukava/Fairly uncomfortable	0,5 – 1
Vähän epämukava/a little uncomfortable	0,315 – 0,63
Ei haittaa/Not uncomfortable	alle 0,315

Käsiin kohdistuvan tärinän osalta harvemmin nähdään subjektiivisia arvioita [2]. Kuitenkin japanilaiset esittivät oheisen taulukon 2, missä nähdään ihmisvasteita taajuuspainotetun tehollisen käsitärinän funktiona. Tässä käsiin kohdistuvan tärinän raja-arvo on $5,0 \text{ m/s}^2$ ja toiminta-arvo $2,5 \text{ m/s}^2$ (VNA 48/2005), saadaan näiden arvojen suhteellisiksi tuntemuksiksi vastaavasti epämukava ja kohtalaisen epämukava. Epämukavuusasteikolla subjektiiviset vasteet ovat tutkimuksen mukaan siis samat. Varmasti kuitenkin tarvitaan lisämäärittelyä, kehoon kohdistuvan tärinän epämukavuudesta samoin kuin käsiin kohdistuvan tärinän epämukavuudesta eivätkä nämä subjektiiviset tuntemukset ole yhteismitallisia.

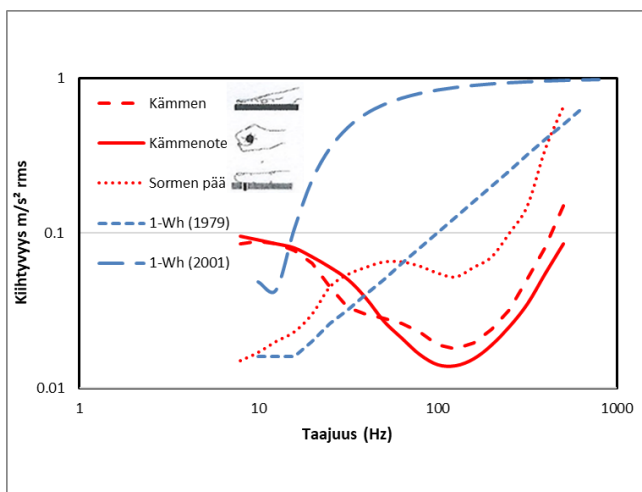
Taulukko 2. Käsiin kohdistuva tärinän kokeminen epämukavuuden käsitteen kautta [2].

Koettu vastekategoria	Taajuuspainotettu tärinäkiikkyvyys $a_{hw} \text{ [m/s}^2\text{]}$
Ei haittaa /Not uncomfortable	alle 0,747
Vähän epämukava /A Little uncomfortable	0,747 – 1,73
Lievästi epämukava /Fairly uncomfortable	1,73 – 3,06
Epämukava /Uncomfortable	3,06 – 6,59
Erittäin epämukava /Extremely uncomfortable	yli 6,59

Kun nykyään kokemuksellisuus on tärkeää kaikilla tasoilla, on hyvä myös tässä yhteydessä arvioida ja luoda kriteeristöä tärinän kokemiselle. Samalla tavalla ympäristötärinässä VTT:n Jari Talja on julkaisuissaan tuonut esiin ympäristötärinän kokemuksellisuutta [2-4].

3.4 Tärinälle altistumisen arviointimenetelmistä kirjallisuudessa

Griffin ja monet muut [1-8] ovat pohtineet käsiin kohdistuvan tärinän taajuuspainotusta. Nykyiset standardit suosittavat W_h taajuuspainotuksen käyttämistä (ISO 5349-1). Yksi pohdinnan syy on tärinän tuntokynnys (kuva 2). Ristiriitaisuuksia nousee siitä, että sormen tuntokynnys on erilainen kuin kämmenen ja edelleen otteen laatu vaikuttaa tuntokynnyksen taajuusvasteeseen. Taajuusvaste noudattelee kohtuullisesti aikaisemman standardin taajuusvastetta taajuusalueella 8 – 60 Hz, mutta sitten kaikkien tuntokynnysten herkkyyden parane huomattavasti taajuusalueella 60 – 500 Hz ja toisaalta standardin herkkyyden nousee lineaarisesti taajuuden lisääntyessä kymmenkertaistuen taajuuden kymmenkertaistumista kohti. Uudempi standardin taajuusvaste W_h käyttäytyy hieman toisin.



Kuva 2. Värinän tuntokynnys kämmenen, otteen ja sormenpäiden suhteen. Kuvassa myös vanhoissa mittauksissa käytettyyn taajuusvasteeseen perustuva käännteinen käsitärinäpainotuskäyrä 1-Wh (1979) [8]. Alkuperäiseen Kuvaan on tässä lisätty nykyisin eniten käytettyyn käsitärinästandardiin ISO 5349-1 perustuva värinäaltistumisen taajuusvaste 1-Wh (2001).

Voidaan edelleen pohtia, muuttuuko taajuusvaste jollakin tavalla värinän voimakkuuden kasvaessa ja tultaessa värinähaittoja aiheuttavalle alueelle. Tästä asiasta näyttää olevan vain vähän tutkimustietoa. Edelleen mittaamisen ja arvioinnin yksi ongelma on, että erilaisilla terveysvasteilla voi olla erilaisia taajuusvasteita, kun ajatellaan esimerkiksi verisuonivaikutuksia, hermoaikutuksia tai vaikutuksia ihoon, luihin, niveliin tai rustoihin.

Yhdellä numerolla annettavalla värinän kokonaiskiihtyvyydellä on etunsa ja esimerkiksi VNA 48/2005 käytännössä perustuu W_h taajuuspainotuksen käyttöön, joten kovin nopeat muutokset voisivat aiheuttaa hämmennystä. Toisaalta uudet tutkimustulokset antavat aina uutta ajateltavaa. Varsinkin jo muualla mainittu kämmenen ja sormien erilaisuus ja näiden vaurioitumisherkkyys on pohdinnan arvoinen asia. Tässä täytyy myös ottaa huomioon, että mittausmenetelmät käytännön tasolla eivät saa muuttua liian monimutkaisiksi, koska silloin myös arvioinnit vähenevät tai jopa loppuvat kokonaan. Tuntokynnys on vain yksi tapa tarkastella värinää, kun taas työsuojelussa pääpaino on käsitärinän haittavaikutusten arvioimisessa. Tällä hetkellä taajuuspainotuksella W_h värinää on mitattu parikymmentä vuotta ja jos mittausmenetelmä muuttuisi, vanhan tiedon ja tietämyksen käyttökelpoisuus voisi ratkaisevasti vähentyä. Sama koskee tuntokynnyksen arviointia, mikä ei välttämättä korreloi esimerkiksi valkosormisuuden, verisuonivaikutuksien tai hermoaikutuksien suhteen. Parasta olisi, että päästäisiin suoraan värinämittauksista käsiin kohdistuviin vaurioihin. Tämän tutkiminen palautuu kuitenkin epidemiologisiin tutkimuksiin, koska eettisistä syistä tätä asiaa ei voi lääketieteellisesti laboratoriossa tutkia. Värinä on tässä suhteessa varsin



herkkä alue, kun jo nykyään tärinä on jäämässä muiden työhygieenisten häirtatekijöiden alle monimutkaisuutensa takia.

Subjektiiivinen tärinäväste, työkyky, karpaalitunnelin vaurioherkkyys, hermomuutokset, verisuonimuutokset tai monet muut terveydelliset västeet suhteessa ohjearvoihin ovat monien tutkimusten aiheena [9-23].

Mittaustekniikan kehittyessä myös tärinän mittausmenetelmät kehittyvät. Esimerkiksi älykellojen tai älypuhelimien hyödyntäminen alkaa olla monissa mittauslaitteista mukana [24-28]. Samoin västeiden mallintaminen etenee [26]. Tarkennuksena vielä, monia mittareita voidaan ohjata matkapuhelimien sovellusohjelmien avulla, mutta on myös ohjelmia, jotka perustuvat siihen, että matkapuhelin itse tai siihen liitetty anturi toimivat matkapuhelimien sovellusten avulla, jolloin kaikki tieto kertyy matkapuhelimeen tai tablettitietokoneeseen. Tällöin on kuitenkin varmistuttava, että saatu tieto on kalibroitu oikean tasoiseksi sekä amplitudin että taajuusvästeen osalta.

Karl Gummesson teki Ruotsissa väitöskirjansa ilman epäpuhtauksien torjuntaperiaatteista, mutta siinä kehiteltyjä ajatuksia voidaan soveltaa myös tärinälle altistumiseen [29]. Tärinän altistumisen hallinta on osa turvallisuuden käyttäytymistä, asenteita ja motivaatiota, mihin pitää vaikuttaa turvallisuuden kouluttamisella ja perehdyttämisellä. Gummessonin väitöskirjassa yksi väline oli videokuvan ja mittauksen yhdistelmä (PIMEX) ja nytemmin ruotsalaisilla on hyvä valmius yhdistää tärinän mittausaineistoa videokuvaan, mistä päästään tekemään pohdintoja myös tärinän hallintaan liittyen. Väitöskirjan mukaan altistuminen vaihtelee paljon erilaisissa työtehtävissä ja samaa voidaan arvioida tapahtuvan myös tärinän osalta.

3.5 Alakohtaisia tutkimuksia kirjallisuudesta

Alakohtaisia ja Suomeen sovellettavia tutkimusartikkeleita löytyi kirjallisuudesta jonkin verran [1-20]. Näissä käsiteltyjä ammatteja, työtehtäviä ja altistumistilanteita olivat muun muassa kalkkikiven käsittelijät (travertiini), teiden kunnossapito, postin kuljettaminen, iskuvasaran käyttö, kaivostyö, varusmiesten selkäkivut ajoneuvoissa, trukkien istuinten tärinä ja ruohon leikkaaminen. Ruotsissa ja Suomessa on myös tutkittu automekaanikkojen altistumista tärinälle [3, 19]. Kulmahiomakoneella tehtävän työn altistumisen vaihtelu on ollut yhtenä tutkimuskohteena Ruotsissa [7]. Hammaslääkäreiden altistumista on selvitetty muun muassa suuritaajuuden tärinän aiheuttamien hermo vaikutusten arvioimiseksi [11, 20].

Polkupyöräilijän käsiin kohdistuvaa tärinää on myös tutkittu [18]. Tosin tutkittavat eivät olleet ammatikseen pyöräileviä, vaan enemmänkin pyöräilyä harrastavia.

3.6 Kirjallisuudesta poimittuja ohjeita tärinästä tulevien riskien vähentämiseksi

3.6.1 Käsiin kohdistuva tärinä

Joitakin työkoneiden ja laitteiden tärinäntorjuntamahdollisuuksia näkee, kuten esimerkiksi rekyylittömät vasarat tai vaimennetut kädensijat. Kuitenkaan mitään yleisesti toimivaa ratkaisua ei ole helppoa löytää [1].

Singh ja Khan [2] julkaisivat artikkelin työkoneneen kahvojen päällystämisen tärinän vaimentamiseksi. Heidän mukaansa saatiin merkittäviä tärinän vaimentumisia joissakin suunnissa. Antonucci, Barr, Martin et al. tutkivat työkalun kuluneisuuden vaikutusta iskuvasarasta aiheutuvaa tärinäaltistukseen [3]. Työterän kulumisen ei sinänsä aiheuttanut merkittävästi lisääntyneitä tärinää, mutta porausaikojen pidentyminen vaikutti tärinälle altistumisen lisääntymiseen ja sitä kautta myös tuottavuuden alentumiseen.

Impulssimaista tärinää on tutkittu yllättävän vähän [4-5]. Tiedetään kuitenkin, että iskut vaikuttavat käden ja sormien verenkiertoon. Toistotaajuudella ja piikkien voimakkuudella on vaikutusta verenkiertoon. Tässä koosteessa ei ollut tarkoitus koostaa teoreettisia malleja tärinäntorjuntaan, mutta tarvittaessa sellaista tietoa on saatavilla esimerkiksi kroatialaisen Miljkovicin [6] tutkimuksista.

3.6.2 Kehoon kohdistuva tärinä

Kehoon kohdistuvan tärinän hallinnassa huomiota kiinnitetään yleensä ensin paremmin vaimentaviin istuimiin ja lattian vaimentamiseen [7]. Joskus joudutaan kehittämään aktiivisesti vaimentavia systeemeitä.

Esimerkiksi nykyisissä kuorma-autoissa ajamisesta tulevaa tärinää vaimennetaan ensin jousituksella ja iskunvaimentimilla ja sitten rungosta ohjaamoon pääsevää tärinää vaimennetaan ohjaamon ja rungon välisillä tärinäeristimillä niin, että ohjaamorakenne on irti auton rungosta. Ohjaamon runkoon päässyttä tärinää voidaan edelleen vaimentaa lattian kumimatoilla tai muilla värähtelyä vaimentavilla rakenteilla. Istuimen kiinnitys ohjaamon runkoon voi myös olla tärinävaimennettu ja edelleen istuimen rungosta ja istuinosan välillä on tärinävaimennus. Haasteena istuinosan vaimennukselle on se, että pystysuunnassa kyetään tekemään erilaisia aktiivisia ja passiivisia vaimennusjärjestelmiä, mutta sivusuunnassa vaimentaminen vaikuttaa väistämättä istuimen tukevuuteen ja sitä kautta ajoturvallisuuteen, jolloin ratkaisut eivät yleensä onnistu hyvin.



Esimerkiksi metsäkoneissa on käytetty myös aktiivisia tärinähallintajärjestelmiä, jolloin ajoneuvon akseleihin tulevia iskuja ja värähtelyjä kompensoidaan vastakkaisvärähtelyillä samaan tapaan kuin tehdään vastamelussakin.

Kuten edellä olevasta kuorma-auton esimerkistä nähdään, paikallisia värähtelyjä voidaan vaimentaa mm. etäisyyttä lisäämällä, tosin esimerkiksi metallisissa rakenteissa värähtelyt vaimenevat vain vähän edetessään, mutta värähteleviä osia on mahdollista erottaa muista osista. Tällaisia erottelevia ratkaisuja ovat esimerkiksi kumin, teräsousien, ilmajousien tai mineraalivillan käyttö.

Onnistuneissa teknisissä toimenpiteissä pitää olla ymmärrys värähtelyistä ja niihin vaikuttavista toimenpiteistä. Usein näitä on vaikea toteuttaa jälkikäteen ja joskus toimenpiteet epäonnistuvat, kun osutaan värähtelyjen resonanssikohtiin. Jos vielä resonanssi osuu ihmiselle haitalliselle resonanssialueelle, värähtelyistä aiheutuu epämukavuutta ja epämiellyttäviä tuntemuksia. Tärinän torjumiseksi tehdyt rakenteet voivat myös heikentää työn ergonomiaa tai värähtelyt koneen rungossa lisääntyvät. Koneen rungon lisääntynyt värähtely voi lyhentää koneen tai laitteen käyttöikä.

Lähdeviitteet sivulla 62



4. KOHTEET JA MENETELMÄT

Menetelmät, joita tärinäaltistumisen mittauksissa käytetään, pohjautuvat kansainvälisesti hyväksytyihin standardeihin. Nämä samat standardit ovat myös tärinäaltistumisen selvittämiseen käytettyjä standardeja. Lisäksi on lukuisa määrä konekohtaisia standardeja, joiden avulla vakioidaan samaan käyttötarkoitukseen tarkoitettujen koneiden käyttöolosuhteet testitilanteita varten niin, että mittaustulokset ovat vertailukelpoisia toisiinsa. Tässä koosteessa esitettävät tulokset ja mittausten menettelytavat perustuvat pääosin näiden standardien aikaisempiin versioihin, jotka kuitenkin ovat pääosiltaan pysyneet samanlaisina myös näissä uudemmissa standardeissa.

Tärinäaltistumisen yleisyydestä saatiin tietoa työsuojeluhallinnan VERA-tietokannasta. Vuoden 2010 alusta 6.9.2019 saakka kertyneitä tarkastuksia, joissa asialistalla on ollut tärinä, on ollut 832 kappaletta. Koonti tarkastusten määrästä päätoimialoilla on esitetty taulukossa 3. Eniten tärinää on tarkasteltu teollisuudessa (240 kpl) ja rakentamisessa (182 kpl) sekä maataloudessa (140 kpl). Tärinäaltistumisen hallinnassa on löydetty huomautettavaa keskimäärin noin joka seitsemännessä tarkastuksessa. Erityisesti maatalous näyttäytyy ongelmalliselta, koska lähes joka toisessa tarkastuksessa on huomautettu tärinäaltistumisesta. Tarkastusten sisällöstä, onko huomautukset käsitärinään vai kehotärinään liittyviä, ei kuitenkaan ole tarkempaa tietoa.

Taulukko 3. Työsuojelutarkastajien tarkastuskäyntimäärät vuosilta 1.1.2010-6.9.2019, joissa on asialistalla ollut tärinäaltistuminen.

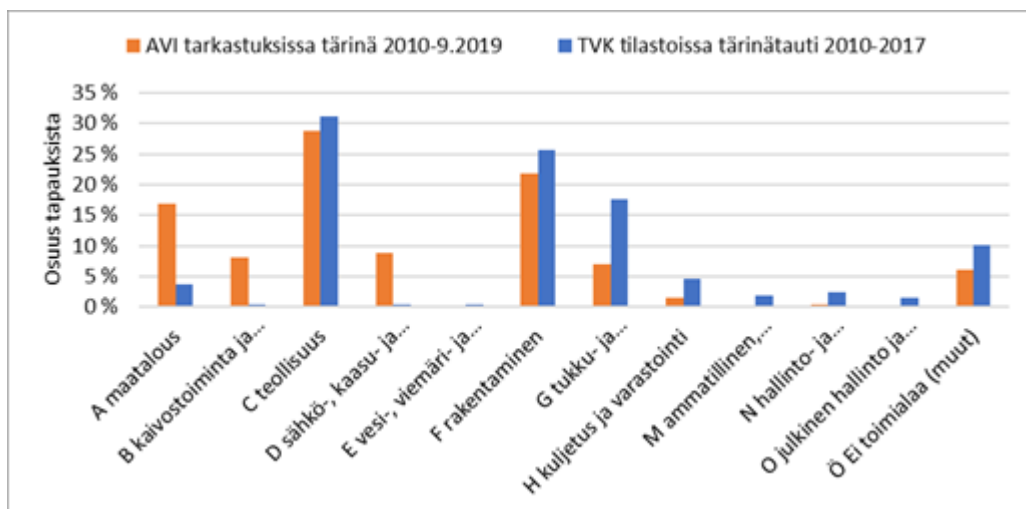
Toimiala	Tarkastuksessa käsitelty tärinää	Tärinästä ei puutteita	Tärinästä korjattavaa	Tärinäaltistumista ei havaittu
A maatalous	140	74	56	10
B kaivostoiminta ja louhintaa	68	44	12	12
C teollisuus	240	191	26	23
D sähkö-, kaasu- ja lämpöhuolto	73	65	0	8
E vesi-, viemäri- ja jätehuolto	1	1	0	0
F rakentaminen	182	142	6	34
G tukku- ja vähittäiskauppa	58	47	6	5
H kuljetus ja varastointi	12	4	3	5
M ammatillinen, tieteellinen ja tekninen toiminta	2	1	0	1
N hallinto- ja tukipalvelutoiminta	4	2	0	2
O julkinen hallinto ja maanpuolustus	2	2	0	0
Ö Ei toimialaa	50	39	7	4
kaikki yhteensä	832	612	116	104

Tärinäaltistumisen yleisyyttä voidaan tarkastella myös TVK:n Tikku-tietokannasta saatavista ammattitautien ja epäilyjen lukumääristä. Vuosina 2010 – 2017 tutkittuja tärinää koskevia ammattitautitapauksia oli 490 kappaletta. Päätoimialoittain kootut lukumäärät ovat taulukossa 4. Myös tässä tarkastelussa eniten tärinätapauksia oli teollisuudessa.

Taulukko 4. Tärinästä aiheutuvien ammattitautitapausten lukumäärät päätoimialoittain vuosilta 2010 – 2017
TVK:n Tikku tietokannan mukaan.

Toimiala	Tapausten lukumäärä	Vahvistetut ammattitaudit	Vahvistamattomat ammattitaudit
A maa- ja metsätalous	18	6	12
B kaivostoiminta	2	0	2
C teollisuus	153	71	82
D Sähkö- kaasu yms. Huolto	2	1	1
E Vesi- ja viemärihuolto	2	0	2
F Rakentaminen	126	42	84
G Tukku- ja vähittäiskauppa	86	49	37
H Kuljetus ja varastointi	23	12	11
M Tieteellinen ja tekninen toiminta	9	4	5
N Hallinto- ja tukitoiminta	12	3	9
O Hallinto ja maanpuolustus	7	1	6
Muut	50	13	37
Yhteensä	490	202	288

Kun näitä kahta tilastointia tarkastellaan kuvan 3 pylväsdiagrammeista, näyttäisi siltä, että maatalouteen, kaivoksiin sekä sähkö-, kaasu- ja lämpöhuoltoon kohdistuneet tärinätautitapausten osuudet ovat yllätyttävän suuria. Syynä lienee kehotärinäaltistumiset, joista aiheutuvia sairastumisia ei ammattitautitilastoissa esiinny.



Kuva 3. Tärinää koskevien työsuojelutarkastusten ja ammattitautitilastoihin kirjattujen tärinätapauksen jakautuminen eri toimialoille..

4.1 Mittausmenetelmät

Tärinäkiihtyvyyttä pyritään aina selvittämään sellaisesta kosketuspisteestä, josta haitallinen tärinä voi siirtyä kehoon tai käteen. Koska tärinän vaikutusmekanismit ovat moninaiset, on kolmesta toisistaan vasten kohtisuorasta suunnasta mitattuja kiihtyvyyssarjoja käsiteltävä eri tavoin riippuen siitä, onko kyse keho- vai käsitärinämittauksesta. Altistumista koskeviin mittauksiin tarkoitettujen laitteiden tulee olla tietyntylaisia, joten niiden ominaisuudet on määritetty standardissa ISO 8041-1 [1].

Tärinäaltistus $A(\beta)$ lasketaan tärinän voimakkuudesta (mittaustulos) ja arvioiduista altistusajoista valtioneuvoston asetuksen VNA 48/2005 edellyttämällä tavalla kahdeksan tunnin työpäivään suhteutettuna. Haitallisen altistumisen raja on nimetty toiminta-arvoksi, jonka ylittyessä on toimittava altistumisen alentamiseksi. Raja-arvo on altistumistasoltaan sellainen, jota työpaikalla ei voi sallia, ja jonka ylittyessä tilanteeseen on välittömästi puututtava, ettei raja pääse ylittymään. Jos altistusaika vaihtelee päivittäin, toinen tapa arvioida riskiä on määrittää laskennallinen aika, jonka jälkeen mitatun tasoiseen tärinälle altistuminen aiheuttaa toiminta- tai raja-arvon ylittävän altistuksen.

4.1.1 Kehotärinämittausten menettelytavat

Kehotärinän mittausmenetelmä ja datan käsittelyssä käytettävät taajuuspainotukset on määritetty standardissa ISO 2631-1 [2, 3]. Kehotärinän yhteydessä kolmea suuntakomponenttia a_{wx} , a_{wy} , ja a_{wz} tarkastellaan erikseen ja altistuminen arvioidaan voimakkuudeltaan

suurimman suunnan mukaan. Vaakasuoran tärinän arvot (a_{wx} ja a_{wy}) kerrotaan luvulla 1,4 ennen suurimman tärinäaltistuksen aiheuttavan suunnan valintaa.

Kehoon kohdistuvan tärinän vaikutus on erilainen selkärangan pitkätaissuunnassa (z-suunta) kuin vaakatasossa selkärangan poikittaissuunnassa (x- ja y-suunnat). Sen sijaan rintamasuuntaisen (x-suunta) ja sivuttaisen (y-suunta) tärinän vaikutukset oletetaan olevan toistensa kaltaisia. Vaikutusmekanismien erilaisuuden takia mittarin signaalinkäsittelyyn on valittu erilaiset taajuuspainotuksia eri suuntia varten, jotta mittaluvut olisivat paremmin mahdollista vaikutusta kuvaavia arvoja.

Koska vaakatasoiset tärinäkomponentit ovat verrannollisia toisiinsa, niitä voitaisiin käsitellä kahden suunnan vektorisummana, mutta mittaustekniikan ja myös varovaisuusperiaatteen takia tätä yhdistämistä ei ole haluttu käyttää, vaan nämä kaksi eri vaakasuuntaa on haluttu pitää erillisinä, jolloin summavektorin sijasta on valittu kummallekin suuntakomponentille summaa kuvaava kerroin 1,4.

Uusi ja toistaiseksi varsin vähän sovellettu menettelytapa toistuvien voimakkaiden tärähdysten vaikutuksen arvioimiseksi on kuvattu standardissa ISO 2631-5 [4]. Impulssimaisen tärinän aliarvioituvuus on ollut perustana pohdinnoille, että impulssimaisuus otettaisiin paremmin huomioon, kuten esimerkiksi VDV menetelmä. Tätä pitäisi Suomessa selvittää.

4.1.2 Käsitärinämittausten menettelytavat

Käsitärinän mittausmenetelmä on määritetty standardissa ISO 5349-1 [5] ja mittausten käytännön toteutustavoista on olemassa myös standardi ISO 5349-2 [6, 7]. Mittausjärjestelmissä on yleensä joko kolmisuuntainen kiihtyvyyssanturi, joka kiinnitetään tärisevään työkaluun mahdollisimman lähelle työntekijän otepestettä tai kämmenen muotoihin sopeva kolmisuuntainen kiihtyvyyssanturi on kiinnitetty työhansikkaisiin kämmenen ja tärinälähteen väliin. Koska työ tehdään monesti työvälillä, jossa on kaksi erilaista käden sijaa, mittauskin pitää näissä tapauksissa tehdä molemmista käsistä erikseen.

Käsitärinässä vaikutusmekanismiin ei ole katsottu olevan eri suunnissa erilainen, joten kaikkia suuntia taajuuspainotetaan samalla tavoin. Tämän takia käsitärinää voidaankin tarkastella kolmen suuntakomponentin vektorisummana, jolloin altistus määritetään tämän yhdistetyn kokonaisarvon perusteella. Altistumisen suuruus määräytyy enemmän altistuvan käden perusteella. Sovellettavien standardien lähteet on koottu kirjallisuusviitteiksi [1-21].

Lähdeviitteet sivulla 70

5. MITATUT TÄRINÄALTISTUMISET SUOMALAISILTA TYÖPAIKOILTA

Työterveyslaitoksen suorittamista käsi- ja kehotärinämittauksista työpaikoilla koottiin tietokanta. Mittausaineistona olleita työhygienisiä lausuntoja katsottiin vuosilta 2011-2019.

5.1 Kehotärinämittausten tuloksia

Kehotärinämittaukset tehtiin siten, että kolmesuuntainen kiihtyvyyssanturi oli asetettu ajoneuvon istuimelle. Kehotärinämittauksia käsittelevä aineisto kerättiin pääosin seuraavilta toimialoilta: kaivokset, metsä-, metalli- ja rakentamisteollisuus. Ajoneuvoilla työskenneltiin sisällä, ulkona tai molemmissa mittausjaksojen aikana. Aineisto sisältää osin samassa ajoneuvossa tehdyistä mittauksista erilaisissa ajotilanteissa (mm. ajo tiellä/ maastoajo, lastaus/ siirtoajo, ajo kuorman kanssa tai ilman). Suurin mittausaineisto ($N = 164$) saatiin trukeista, joita oli useita eri merkkejä (mm. Nissan, Toyota, Caterpillar, Linde, Kalmar). Trukeilla tehtiin eri tyyppisiä työtehtäviä (lastaus, siirtoajo, purku ym.) erilaisilla alustoilla (sisätiloissa betonilattiat ja ulkona pääosin asfaltoidut alueet). Alustojen kunto oli vaihteleva (osa tasaista, osassa kuoppaista). Suurimmassa osassa trukkeja oli säädettävä jousitettu istuin. Enemmistö ulkona suoritetuista mittauksista tehtiin kesäaikana. Trukkien istuimilla vallitsevin tärinäsuunta oli pystysuunta (z -suunta), jollaisia tuloksia oli 45 % mittauksista, mikä todennäköisimmin on seurausta epätasaisesta alustasta. Toiseksi yleisin (34 % mittauksista) oli x -suunta, mikä lienee seurausta trukin nyökkimisliikkeestä edessä olevan taakan takia. Myös lastaustilanteet voivat aiheuttaa tällaista rintamasuuntaista tärinäaltistumista, Sivusuuntaiset (y -suunta) suurimmat tärinäarvot (22 % mitatuista) tulivat tapauksista, joissa tehtiin nopeita kaarroksia kynnysten yli tai vain toinen puoli trukista oli epätasaisella alustalla.

Kehotärinäarvojen mittauksia Työterveyslaitoksella on tehty merkittävimmitä osiltaan trukeista, mutta mukana on myös muutama pyöräkuormaaja sekä muita työkoneita. Kaikkien mittausten keskiarvo oli $0,69 \text{ m/s}^2$, keskihajonta $0,50 \text{ m/s}^2$ ($n=271$). Eli kehotärinän osalta ylittyy hetkellisten mittausten perusteella toiminta-arvo, mutta ei raja-arvo. Kun sitten tähän integroidaan toiminta-aika tai koneen käyttöaika, esimerkiksi 2 tunnin päivittäiselle käytölle saadaan keskimäärin $0,35 \text{ m/s}^2$ ja neljän tunnin käytölle $0,49 \text{ m/s}^2$. Siis näissä olosuhteissa toiminta-arvokaan ei näytä ylittävän. Koonti mittauksista on taulukossa 5.



Taulukkoon 5 on vertailun vuoksi lisätty EU oppaassa (Ohjeellinen opas: Hyvät toimintatavat direktiivin 2002/44/EY (altistuminen tärinälle työssä) täytäntöön panemiseksi, <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/3f9392ff-8975-4139-9ea2-5b168a334664>) esitettyjä tärinätasoja siltä osin, kun niitä löytyi taulukossa 5 esitetyille ajoneuvoille. EU oppaassa annetut tärinätasot perustuvat työpaikalla tehtyihin korkeimpien akselin tärinäarvojen mittauksiin (vuosina 1997 - 2005). Näistä tuloksista on haettu keskiluvut pyöräkuormaajalle, trukille (mm. vastapaino-, työntömosto ja nostotrukin) sekä lastauskoneelle (kaivurit <25t sekä >25t).

Taulukko 5. Kehoon kohdistuvan tärinän mittausten yhteenveto.

laite	a_w	keskihajonta, sd	EU opas
moottorikelkka, $n=6$	1,95	0,52	
mönkijä, $n=4$	0,82	0,44	
pyöräkuormaaja, $n=13$	0,76	0,19	0,95
telapuskutraktori, $n=7$	0,66	0,22	
trukki, $n=164$	0,64	0,25	0,5 – 1,0
moottoripyörä/skootteri, $n=6$	0,64	0,08	
lastauskone, $n=10$	0,60	0,12	0,5 – 0,8
louheauto, $n=10$	0,49	0,10	
siltanosturi, $n=8$	0,23	0,06	
henkilö/pakettiauto, $n=4$	0,26	0,04	
poravaunu, $n=5$	0,14	0,10	

Suuri hajonta mm. moottorikelkkojen kohdalla saaduissa tuloksissa selittyi sillä, että mittauksia oli tehty erilaisista ajotilanteista. Näitä olivat maastoajo, ajo jääuralla ja hankiajo, jolloin maastoajossa saadut tärinätasot olivat selkeästi suurimmat. Samoin mönkijöiden kohdalla tulokset annettiin erikseen tiellä ajoon sekä maastoajoon. Trukeissa tehdyissä mittauksissa aineisto koostui hyvin monenlaisista trukeista, vaihtelevista työtehtävistä ja alustoista. Lisäksi kuljettajien ajotyylit ovat todennäköisesti olleet vaihtelevia (rauhallinen ajo vrt. vauhdikas ajo). Näistä johtuen tuloksissa on hajontaa.



5.2 Käsitärinämittausten tuloksia

Käsitärinämittaukset tehtiin pääasiassa työvälineiden kiinnipitokohdista kolmesuuntaisella kiihtyvyyssanturilla. Muutamia mittauksia tehtiin myös siten, että kiihtyvyyssanturit olivat työhansikkaissa kämmenen ja tärinälähteen välissä tai kiihtyvyyssanturi oli kiinnitettynä ajoneuvon ohjaustankoon. Käsitärinämittauksia käsittelevä aineisto kerättiin pääosin metalliteollisuudesta, kaivostöistä, ajoneuvohuollosta sekä kunnossapito- ja rakentamispalveluista. Aineisto sisältää osin saman työvälineen eri kiinnipitokohdista tehdyistä mittaustuloksista ja/tai samalla työvälineellä erilaisissa työstötilanteissa saaduista mittaustuloksista.

Työterveyslaitoksen tekemistä käsityökaluja koskevista työhygieenisistä mittauksista kerätty koonti on taulukossa 6.

Taulukkoon 6 lisättiin EU oppaassa (Ohjeellinen opas: Hyvät toimintatavat direktiivin 2002/44/EY (altistuminen tärinälle työssä) täytäntöön panemiseksi, <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/3f9392ff-8975-4139-9ea2-5b168a334664>) esitettyjä tärinätasoja siltä osin, kun niitä löytyi taulukossa 6 esitetyille työvälineille. EU oppaassa annetut tärinätasot perustuvat työpaikalla tehtyihin tärinän kokonaisarvojen a_{hv} tärinämittauksiin (vuosina 1997 - 2005). Näistä tuloksista on haettu keskiluvut piikkauskoneelle (purkuvasarat ja lohkausvasarat), iskuvääntimille, poravasarakalle (kiviporat), moottorisahoille, raivaussahoille, kulmahiomakoneille, suorahiomakoneille sekä epäkeskoihiamakoneille (pyörivät hiomakoneet).



Taulukko 6. Käsien kohdistuvan tärinän mittausten yhteenveto.

laite	a_{hw}	keskihajonta, sd	EU opas
vasara, leka, kirves, $n=7$	23,4	23,1	
liimalasileikkuri, $n=8$	19,1	10,2	
puukkosaha, $n=78$	16,5	4,4	
iskevä ruuvinväännin, $n=10$	15,8	3,6	12
poravasara, $n=8$	15,0	4,1	17
peltisaha, $n=5$	12,1	3,5	
piikkauskoneet, $n=21$	10,7	5,3	11 - 16
epäkeskohiomakone, $n=4$	8,8	4,2	7,5
taltta, $n=13$	7,9	4,1	
mutterinväännin, $n=62$	7,3	3,8	
räikkäväännin, $n=11$	6,8	2,9	
kulmahiomakone, $n=37$	6,0	3,7	5,5
suorahiomakone, $n=7$	6,0	3,3	4,5
tärysauvat, $n=6$	5,9	3,0	
moottorikelkka, $n=6$	5,3	1,2	
moottorisaha, $n=31$	5,3	2,6	6
raivaussaha, $n=14$	4,7	3,4	4
kulmaväännin, $n=31$	3,9	1,2	
mönkijä, $n=4$	3,8	0,6	
niittipyssy/niittauskone, $n=11$	3,4	2,1	
hiomakone, $n=13$	3,3	2,0	
porakone/ruuvinväännin, $n=17$	3,3	1,6	

Suurin mittausaineisto ($N = 78$) saatiin puukkosahoilla tehdyissä mittauksissa, jolloin yhdeksällä eri merkkisellä puukkosahalla työstettiin eri tilanteissa (mm. parrun katkaisu, sahatavaralankun halkaisu, kertopuupalkin halkaisua ym.) ja mittaukset tehtiin sekä etu- että takakahvasta. Aineistossa voimakkaimmat tärinätasot on saatu iskevista työvälaineistä (mm. vasara/leka/kirves, poravasara, iskevä väännin, piikkauskone) sekä sahoista ja leikkureista (mm. liimalasileikkuri, puukkosaha ja peltisaha). Näin suurilla tärinätasoilla, kuten $15 - 23 \text{ m/s}^2$ työpäivän tärinäaltistus ylittää toiminta-arvon $6 - 13$ minuutissa. Mittausten hajonta on kuitenkin kovin suuri, joten selkeää kuvaa iskujen aiheuttamien tärähdysten altistustasosta on vaikea muodostaa.

Koneiden välilläkin on selviä eroja. Käytännön mittauksissa on esimerkiksi havaittu, että peltisahoissa samaa työtä tehtäessä toinen laite aiheutti $9 - 12 \text{ m/s}^2$ tärinätaason ja toisessa tärinäarvo oli 18 m/s^2 . Tässä tapauksessa vähemmän tärisevää laitetta voi käyttää $2 - 4$ kertaa pidempään kuin tärisevämpää laitetta. Uudemman sukupolven laitteissa tärinäpäästöarvoista on kerrottu, että niistä aiheutuva tärinä voisi jäädä alle $2,5 \text{ m/s}^2$.

Altistumisajan arviointiin pitäisi tehdä kehitystyötä ja tähän tarvittaisiin uusia ideoita [21]. Liipaisinajat arvioidaan helposti yläkanttiin (tärinä rengasalalla, julkaistaan 2019 lopulla). Käyttöaikamittareita on mietitty henkilökohtaisiin suojaimiin, joten myös esimerkiksi käsi-neisiin voitaisiin sovittaa tärinän altistumisjaksoja keräävä laite. Tärinäarvoja on mitattu eri tahoilla valtavasti, eikä niistä ole puutetta, mutta luotettavista liipaisinajoista tarvitaan lisää tietoa. Tietysti työt voivat vaihdella merkittävästi ja niiden mukana myös tärinäarvot. Yksi tapa voisi olla joissakin tärinämittareissa käytetty puristusvoiman mittaaminen, jolloin kiihtyvyyssarvojen ja puristuksen yhtäaikaaisuudesta voitaisiin päätellä liipaisinaikaakin.

Kun liipaisinaika tiedetään tai on riittävän tarkasti arvioitu, altistumisen arviointiin on olemassa Excel -taulukkolaskentaohjelmalla tehtyjä tärinälaskureita, joita on tehty ainakin Englannissa ja Suomessa. Englantilaisen käsitärinälaskuri on saatavilla HSE:n internetsivustolta [http://www.hse.gov.uk/vibration/HAV/vibrationcalc.htm#utm_source=govdelivery&utm_medium=email&utm_campaign=Jack knife&utm_term=headline&utm_content=exposure-calc](http://www.hse.gov.uk/vibration/HAV/vibrationcalc.htm#utm_source=govdelivery&utm_medium=email&utm_campaign=Jack%20knife&utm_term=headline&utm_content=exposure-calc). Tällä hetkellä altistumisen arvioinnissa voi hyödyntää myös työsuojeluhallinnon www.Tyosuojelu.fi -sivustolta löytyvää Excel-pohjaista Tärinälaskinta. Laskureita löytyy myös konevalmistajien sivuilta, mm. <https://www.husqvarna.com/fi-fi/palvelut-ratkaisut/tarinalaskuri/>, <https://www.makita.fi/vibration.html> ja <https://www.atlas-copco.com/fi-fi/itba/expert-hub/expert-corner-health-safety/vibration-calculator>. Laskurien avulla konevalmistajat pyrkivät antamaan lisätietoa tärinälle altistumisesta, mitä käyttäjät voivat altistumisensa arvioinnissa hyödyntää.

Tärinämittauksiin pohjautuvia altistumisen arviointeja on käsitelty esimerkeissä 1. ja 2.

Esimerkki 1: Paineilmakäyttöinen mutterinväännin Ingersoll Rand 2135XPA laitteelle valmistaja ilmoittaa "värinäksi" (ISO 28927-2) arvon $13,3 \text{ m/s}^2$. Kun laitteella mitattiin tärinää henkilöauton renkaiden irrotuksessa ja kiinnityksessä, saatiin hetkelliseksi maksimiarvoksi (1 s) kahvasta $3,8 \text{ m/s}^2$, toiminnalliseksi keskiarvoksi (2 min) $1,8 \text{ m/s}^2$ ja päivän keskiarvoksi a_{8h} arvo $1,1 \text{ m/s}^2$. Altistumisen perusteena on rengasyrityksen periaate 15 min/auto, jolloin liipaisinajaksi tulee ruuhka-aikana 3,2 h.

Tässä esimerkissä laitevalmistaja on ollut hyvin varovainen ja ilmoittanut varsin suuren arvon, mutta on myös olemassa monia esimerkkejä, missä tilanne on päinvastainen eli käyttöohjeissa ilmoitettu arvo on hyvin pieni työssä mitattuun nähden, kuten esimerkissä 2.

Esimerkki 2: Sähkökäyttöisen mutterinvääntimen BOSCH GDS 24 valmistajan ilmoittama "värähtelyemissioarvo" a_h on 4 m/s^2 epävarmuudella $K 0,5 \text{ m/s}^2$. Kun laitteen käteen kohdistuvaa tärinää mitattiin teräsrakennehallin pulttiliitosten kiristystyössä, saatiin kahvasta kiristysten liipaisinajalta tärinäarvojen keskiarvoksi $17,6 \text{ m/s}^2$. Liipaisinajaksi arvioitiin noin 10 sekuntia kiristystä kohden ja päivässä kiristettiin noin 150 pulttiliitosta, jolloin päivän altistusajaksi saadaan noin 25 minuuttia. Altistumistasoksi tulee näin laskien $4,0 \text{ m/s}^2$.

Esimerkeissä esitetyt erilaiset tulokset päästöarvojen ja käytännön työtilanteiden välillä voivat olla hämmäntäviä, mutta arvioinnissa on kuitenkin huomioitava, että laitevalmistajien ilmoittamien arvojen pitäisi olla vertailukelpoisia toisten samankaltaiseen työhön tarkoitettujen laitteiden päästöarvojen kanssa. Tämä vertailtavuus on varmistettu standardoimalla konetyyppikohtaisesti standardiolosuhteet, joissa laitetestit tulisi tehdä. Kun käyttöolosuhteet sekä apulaitteet ja ehkä myös käyttötehotkin vaihtelevat töiden mukaan, käytännössä olosuhteet voivat poiketa huomattavasti standardista. Näin myös työntekijöiden altistumistasot käyttötilanteissa voivat poiketa merkittävästi laitetoimittajan arvoista.

Erityisen voimakkaasti iskevien työkalujen yhteydessä joudutaan mittaustuloksiin suhtautumaan varauksellisesti, sillä riippuen käytettävän anturin herkkyydestä, voi suuresta kiihtyvyydsarvosta aiheutuva impulssi ylittää mittalaitteiston toimintakyvyn rajat. Tällaisten mittausten tuloksista ei pysty luotettavasti arvioimaan altistumista. Voiko tulosta käyttää ollenkaan, riippuu mittalaitteen tavasta käsitellä ylioijautuvaa signaalia. Jos mittaustulos kuitenkin osoittaa, että altistumisen rajat tulevat lähelle jo pienelläkin altistumisajalla, on todennäköistä, että altistuminen voidaan tulkita olevan liiallista epäluotettavasta mittaustuloksesta huolimatta.

6. TERVEYSVAIKUTUKSET JA RISKIEN ARVIOINTI

6.1 Terveysvaikutukset

Käsiin kohdistuva tärinä vaikuttaa käden verisuoniin, hermoihin sekä tuki- ja liikuntaelimiin [1-2]. Oireina on kuvattu käsien ohimenevää puutumista, pistelyä tai kylmäämisen tunnetta. Jatkuva, pitkäaikainen tärinäaltistuminen voi aiheuttaa valkosormisuuskohtauksia, sormien jatkuvaa puutuneisuutta ja käden hienomotoriikan kömpelöitymistä. Ammattitautina Suomessa hyväksytään käsiin kohdistuvan tärinän aiheuttama valkosormisuus ja yläraajan polyneuropatia [2-3].

Koko kehon tärinälle altistutaan moottoriajoneuvojen ajossa, metsäkoneet, maansiirtokoneet ja trukit voivat altistaa voimakkaallekin kehotärinälle. Haitallista kehotärinää työssään ilmoittaa noin 140 000 työntekijää Suomessa. Kehotärinä on yhdistetty erilaisiin selkäkipuihin ja iskiasoireisiin [4-7], mutta monien muiden etiologisten tekijöiden vuoksi syy-seuraus-suhde ei ole niin selvä kuin käsitärinässä. Selkäkipujen lisäksi kehotärinä on yhdistetty eri tutkimuksissa mm. väsymykseen, huimaukseen, korkeaan verenpaineeseen ja autonomisen hermoston häiriöihin [8]. Joissakin Euroopan maissa kehotärinäaltistuksen aiheuttamat selkäkiput hyväksytään ammattitaudiksi [9-10], mutta ei Suomessa.

Tärinätauti on alidiagnosoitu [11-12]. Hermostolliset oireet ovat yleisempiä kuin verisuoniperäiset oireet [12-15]. Esimerkiksi metallialan työntekijöillä oli eri tutkimusten mukaan valkosormisuutta 5-52 %:lla ja neurologisia oireita 17-79 %:lla [12]. Metsureilla 19 vuoden seurantatutkimuksessa (1976-1995) valkosormisuuden esiintyvyys väheni 13%:sta 4%:iin [16], mikä selittyy moottorisahojen teknisellä kehityksellä ja työtapojen muuttumisella. Samassa tutkimuksessa todettiin, että puutuneisuusoireet lisääntyivät 23%:sta 40%:iin, mikä oli yhteydessä tuki- ja liikuntaelinoireisiin.

Tärinä kuuluu altisteisiin, joiden vuoksi pitää tehdä työntekijöille määräajoin terveystarkastus [17-18]. Työhöntulotarkastuksessa työtään aloittaville kerrotaan terveysriskeistä ja keinoista suojautua niiltä. Määräaikaistarkastusten tavoitteena on puuttua asiaan mahdollisimman varhain, mikäli terveyshaittoja todetaan. Tällöin työterveyshuollon ja työpaikan tulee ryhtyä toimenpiteisiin, joilla tärinäaltistumista voidaan rajoittaa. Työterveyshuolto ohjaa tutkittavan tarvittaessa jatkotutkimuksiin ja hoitoon.

Käsitärinän on osoitettu aiheuttavan verisuonimuutoksia [19-20]. Pahimmillaan sormien verisuonet sulkeutuvat kohtauksen aikana kokonaan, jolloin sormet muuttuvat valkoisiksi ja kylmiksi, mahdollisesti pisteleviksi. Verenkierron palautuessa tarkkarajainen valkoisuus muuttuu ensin sinertäväksi ihonväriksi ja edelleen punoitukseksi, johon voi liittyä kipua. Tätä reaktiota ei täysin tunneta, mutta mukana voi olla sekä paikallisia että keskushermosto-



totasoisia mekanismeja [21]. Tärinäällä on osoitettu olevan vaikutusta autonomisen hermoston kautta sydämen sykevariaation vähenemiseen ja jopa sydäninfarktirisikin lisääntymiseen [22]. Käsiin kohdistuva tärinä aiheuttaa muutoksia hermojen toiminnassa ja muita muutoksia [23-24]. Tämä aiheuttaa tyypillisesti käsien ja sormien puutuneisuutta ja pistelyä, kosketustunnon alenemista sormissa, käsien kömpelyyttä ja puristusvoiman laskua. Käsitärinälle altistuvilla on yläraajojen tuki- ja liikuntaelinoireita [25-29].

Tässä yhteydessä tavoitteena ei ole ollut lähteä pohtimaan tärinän terveysvaikutuksia, mutta kuitenkin lähdeviitteitä siltäkin osin kerättiin [30-143]. Tässä otoksessa tuli esiin myös vanhempia julkaisuja (vuosilta 1980-2000) ja näytti siltä, että uudempia julkaistaan vuosittain vähemmän kuin ennen vuosituhannen vaihdetta.

Keskustelussa työterveyshuollon ammattilaisten on tullut esiin, että työpaikoilla huomioidaan tärinäaltistuminen hyvin eri tavoin. Joillakin työpaikoilla riskinarvio tehdään hyvin eli tunnistetaan tärinälle altistuvat henkilöt, määritetään tärinää tuottavat työvälineet/ajoneuvot ja arvioidaan tärinäaltistumisen tasot sekä tehdään toimenpiteitä tärinäaltistumisen vähentämiseksi, mutta toisaalta joissakin työpaikoissa ei reagoida lainkaan, vaikka työnteijällä on todettu tärinän aiheuttama ammattitauti.

6.2 Riskien arviointi

Riskien luokittelu on tarkoitettu apukeinoksi työpaikoille, työsuojeluorganisaatioille ja työterveyshuolloille, jotta riskit saadaan luokiteltua tärkeysjärjestykseen ja tarvittavat hallintatoimenpiteet saadaan kohdennettua oikeisiin kohteisiin. Yleisesti käytetyssä Riskien arviointi työpaikalla -menetelmässä [144] haitat ja vaarat luokitellaan seuraamusten vakavuuden ja todennäköisyyden perusteella viiteen riskiluokkaan merkityksettömästä sietämättömään.

Työssä tärinäaltistumisesta aiheutuvat riskit liittyvät pääasiassa altistumisen tasoon ja tärinän vaikutusaikaan, jolloin riskiä arvioidaan henkilön pitkäaikaisesta altistumisesta aiheutuvan vahingoittumisen tai sairastumisvaaran kannalta. Koska kyse on työpaikalla käytettyä menetelmää, arvioinnin pitää olla käytännönläheinen ja kaikkien ymmärrettävissä ilman monimutkaista todennäköisyyslaskentaa. Koska vahingoittumisen todennäköisyys lisääntyy tärinäaltistumisen suuruuden kasvaessa, voidaan vammautumisen todennäköisyys suhteuttaa altistumisen suuruuteen eikä pelkästään altistumisen esiintymistiheyteen.

Tärinästä voi aiheutua ihmiselle myös muita haittoja. Esimerkiksi äkillisestä tapahtumasta aiheutuvaa tapaturmariskiä voitaisiin arvioida, jos esimerkiksi liiallisesti tärisevä kone voi pudota käsistä tai henkilö sinkoutua istuimeltaan ison tärähdyksen vaikutuksesta. Tärinäaltistumisen lisäksi tärisevää konetta käytettäessä työasento voi olla hankala tai kannateltava taakka rasitusta aiheuttava, jolloin riskiä voitaisiin tarkastella fyysisen kuormittumisen kannalta, mikä yhdessä tärinäaltistumisen kanssa voi lisätä riskiä.

Jos tarkastellaan epämukavuutta tai häiritsevää altistumista, mitä voi syntyä pienestäkin tärinästä, voidaan riskiä tarkastella perinteisesti esiintymistiheyden ja kokemusperäisen tuntemuksen perusteella, jolloin tärinäaltistumisen suuruudella ei juurikaan ole merkitystä.

Tässä raportissa rajoitutaan vain pitkäaikaisen tärinäaltistumisen aiheuttamiin riskeihin.

6.3 Tärinäaltistumisen riskit työpaikalla

Tärinäaltistuksen osalta riskiluokitukset voi yhdistää tärinäasetuksessa määritettyihin altistuksen vertailuarvoihin seuraavasti:

- riski on merkittävä kun päivittäinen altistuminen ylittää toiminta-arvon (käsitärinä $2,5 \text{ m/s}^2$ tai kehotärinä $0,5 \text{ m/s}^2$). Tarvitaan tärinäntorjuntaohjelma ja toimenpiteitä altistuksen alentamiseksi. Jos altistus ylittää myös raja-arvon ($5,0 \text{ m/s}^2$ tai $1,15 \text{ m/s}^2$), altistusta vähentävät toimenpiteet pitää toteuttaa välittömästi.
- riski on kohtalainen, kun altistava tärinä voi ylittää toiminta-arvoa vastaavan tason, mutta päivittäinen altistustaso jää alle toiminta-arvon (50–99 %); ja
- vähäinen kun altistuminen on satunnaista ja/tai tasoltaan alhaista (alle 50 % toiminta-arvon tasosta).

6.4 Riskienarviointi koneturvallisudessa

Valtioneuvoston asetuksessa (400/2008) koneiden turvallisuudesta mainitaan muutaman kerran myös tärinä koneenvalmistajan, myyjän tai maahantuojaan näkökulmasta. Varsinaisia rajoituksia tärinän suuruudesta ei kuitenkaan ole säädetty, sillä valmistajan on vain otettava tärinäntorjunnan mahdollisuudet huomioon suunnitellessaan konetta ja ilmoitettava tärinäarvot, jotta ostaja voi niiden perusteella valita itselleen sopivan laitteen.

Esimerkki 3. VNA 400/2008 liite 1, kohta 1.8. *Istuimet*; Jos kone on altis aiheuttamaan tärinää, istuin on suunniteltava ja rakennettava siten, että se vaimentaa käyttäjään kohdistuvan tärinän tason niin alhaiselle tasolle kuin se on kohtuudella mahdollista. Istuinkiinnitysten on kestettävä kaikki kuormitukset, jotka niihin voivat kohdistua.

Tässä esimerkin 3 vaatimuksessa tärinäaltistumista ei konevalmistaja pysty arvioimaan, joten lähtökohta on toiminnallinen vaatimus. Penkillä istuvan kokema tärinä määrittyy pääasiassa ajonopeudesta ja ajoalustan kunnosta, joskin penkin ja konerakenteen jousto-ominaisuudet vaikuttavat henkilöön kohdistuvan tärinän suuruuteen.

Esimerkki 4. VNA 400/2008 liite 1, kohta 1.5.9. *Tärinä*; Kone on suunniteltava ja rakennettava sellaiseksi, että koneen aiheuttamasta tärinästä johtuvat riskit on vähennetty alimmalle mahdolliselle tasolle ottaen huomioon tekniikan kehitys ja käytössä olevat keinot vähentää tärinää erityisesti tärinän lähteeseen kohdistuvien toimenpitein. Tärinäpäästön taso voidaan arvioida käyttäen samankaltaisten koneiden vertailuvia päästötietoja.

Esimerkin 4 yleisluontoisen vaatimuksen osalta konevalmistajan on mietittävä tuotekehitystään, millaiset ratkaisut voisivat tärinää alentaa ja miten asiaa tulisi käsitellä uusissa koneissa. Varsinaisesti altistumiseen työpaikalla tällä ei ole vaikutusta, jos tärinää alentavaa tekniikkaa ei ole vielä käytettävissä.

Esimerkki 5. VNA 400/2008 liite 1, kohta 2.2.1.1. *Koneesta annettavat ohjeet*; Ohjeissa on annettava seuraavat tiedot kannettavan käsikäyttöisen koneen tai käsinohjattavan koneen aiheuttamasta tärinästä:

- 1) käsivarsiin ja käsiin kohdistuvan tärinän kokonaisarvo, jos tämä arvo ylittää $2,5 \text{ m/s}^2$. Jos tämä arvo ei ylitä $2,5 \text{ m/s}^2$, se on mainittava;
- 2) mittauksen epävarmuus.

Edellä mainitut arvot ovat joko kyseisen koneen todellisuudessa mitattuja arvoja tai ne määritetään mittauksista, jotka on tehty teknisesti vertailukelpoiselle koneelle, joka riittävästi edustaa valmistettavaa konetta. Jos yhdenmukaistettuja standardeja ei sovelleta, tärinä on mitattava käyttäen kyseiselle koneelle sopivinta mittausmenetelmää.

Tämän esimerkin 5 tärinäarvot kuuluvat siis käsissä pidettävien työkalujen valmistajan ilmoitusvelvollisuuden piiriin, mutta varsinaisesti niillä ei ole suoraa yhteyttä altistumisen arviointiin. Jos koneen tärinäarvoista käyttötilanteessa ei ole tämän tarkempaa tietoa, voidaan standardin CEN/TR 15350 mukaan riskin arvioinnissa käyttää kertoimia, joilla valmistajan ilmoittama päästöarvo pitäisi kertoa, jottei altistumista aliarvioitaisi. Ohjeelliset kerroin-arvot ovat työkalutyypeissä erilaisia:

- Polttomoottorityökalut: x1
- Paineilmatyökalut: x1,5 ... x2
- Sähkötyökalut: x1,5 ... x2



Esimerkki 6. VNA 400/2008 liite 1, Kohta 3.6.3. Ohjeet, 3.6.3.1. Tärinä; Ohjeissa on ilmoitettava seuraavat tiedot käsi- ja kehotärinästä:

- 1) käsitärinän kokonaisarvo, jos tämä arvo ylittää $2,5 \text{ m/s}^2$. Jos tämä arvo ei ylity, siitä on mainittava;
- 2) koko kehoon kohdistuvan kiihtyvyyden suurin painotettu tehollisarvo (RMS-arvo), jos se ylittää arvon $0,5 \text{ m/s}^2$. Jos tämä arvo ei ylity, siitä on mainittava;
- 3) mittauksen epävarmuus.

Edellä mainitut arvot ovat joko kyseisen koneen todellisuudessa mitattuja arvoja, tai ne määritetään mittauksista, jotka on tehty teknisesti vertailukelpoiselle koneelle, joka riittävästi edustaa valmistettavaa konetta. Jos yhdenmukaistettuja standardeja ei sovelleta, tärinä on mitattava käyttäen kyseiselle koneelle sopivinta mittausmenetelmää.

Esimerkki 6. koskee työkoneita, joissa henkilö voi altistua koko kehoon kohdistuvalle tärinän tai ohjaimista käsiin kohdistuvalle tärinälle. Vastaavasti kuin esimerkissä 5, tärinäpäästöarvot on ilmoitettava, mutta varsinaisesti tärinälle ei ole säädetty ylärajaa. Valinta tärisevästä laitteesta jää näin ollen laitteen ostajalle ja sitä kautta työpaikan vastuulle altistumisen arvioimiseksi.

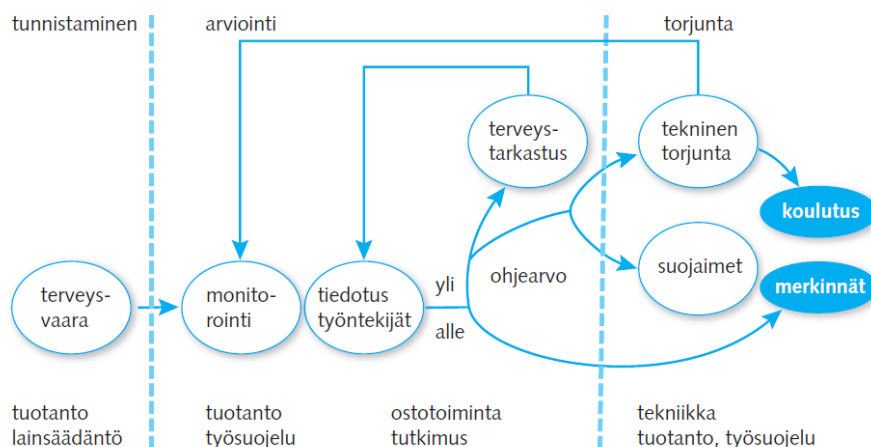
Työkalujen ja -koneiden tärinäarvoista on saatavissa koosteita ja erilaisia tietokantoja, joista voi etsiä tyyppikohtaisia arvoja, mitkä on saatu joko valmistajan ilmoittamista arvoista tai työkohteissa tehdyistä tutkimuksista sekä työpaikkaselvityksistä. Suomessa tällaista tietokantaa ei ole, mutta ainakin ruotsalainen melko laaja tietokanta on käytettävissä, vaikkei se olekaan täysin kattava: <https://www.vibration.db.umu.se/app/>.

Lähdeviitteet sivulla 72.

7. TÄRINÄN TORJUNTA

Koneturvallisuudessa on ohjeita ja standardeja koneiden ja laitteiden valmistajille, myyjille ja maahantuojille, joiden perusteella laitteet tulisi saattaa käyttäjälleen turvallisiksi [1, 2]. Tärinän osalta ohjeistossa on kuitenkin puutteita. Monet vastuuntuntoiset laitevalmistajat tunnollisesti ilmoittavat tärinäpäästöarvoja, mutta vaikeutena niissä on se, että koneita ja laitteita käytetään niin monella tavalla ja niin monissa töissä, ettei laitevalmistajilla ole mitään mahdollisuutta saada kaikille soveltuvia luotettavia arvoja. Tästä seuraa, että viime kädessä vastuu jää työturvallisuuslain mukaan työnantajan velvollisuudeksi, missä hänen pitäisi käyttää asiantuntijoita tai ainakin ottaa tämäkin asia mukaan työterveyshuollon työpaikkaselvitykseen ja työpaikan riskinarviointiin.

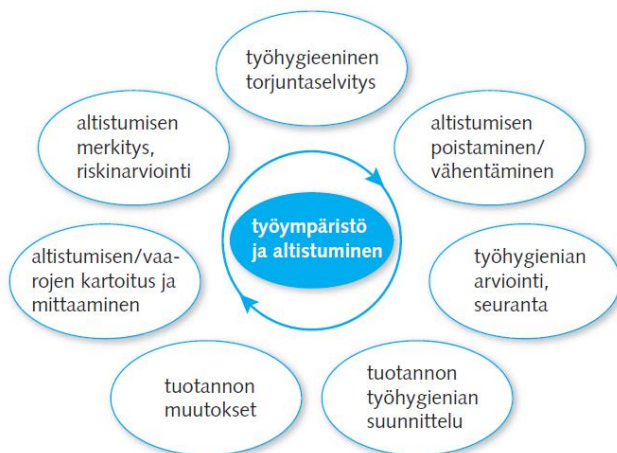
Työpaikan tärinätorjuntatyöhön yleisesti soveltuva työhygieenisen toiminnan prosessikuvaus [3] on esitetty kuvassa 4.



Kuva 4. Työhygieeninen toimintaprosessi, joka soveltuu myös tärinälle [3]

Lainsäädäntö on melko hyvässä kunnossa, mutta käytännössä työpaikoilla tärinään liittyvät näkökulmat jäävät vähälle huomiolle. Tästä syystä pitäisi jollakin tavalla saada käytännön työpaikan osaamista parannettua esimerkiksi turvavarteissa tai työpaikkaselvityksissä. Tämä tarkoittaa, että asiantuntijoiden pitäisi tehdä käytännönläheisiä oppaita, jotka voisivat olla työalakohtaisia tai jopa yksittäisiin työtehtäviin sovellettavia. Samoin työterveyshuollon koulutuksissa tärinälle arviointia pitäisi tuoda esiin, jotta tunnistettaisiin mahdollisimman aikaisessa vaiheessa tärinään liittyviä varhaisoireita.

Tärinän riskien arviointiin ja haittojen torjuntaan työpaikalla voi soveltaa yleistä työhygieenisen toiminnan kokonaisuutta kuvaavaa jatkuvan parantamisen kehää, jonka vaiheet ovat kuvassa 5.



Kuva 5. Työhygieeninen toiminta altistumisen tunnistamisesta, haitan arviointiin, riskiin ja haittojen hallintaan [3]

7.1 Ohjeita tärinästä tulevien riskien vähentämiseksi

Työterveyshuollon henkilöiden mukaan työssä on tullut vastaan käsitärinää aiheuttavista työkaluista mm. piikkaus- ja porakoneet, sekä kehotärinää tuottavista mm. pyöräkuormaajat ja maanviljelytyössä käytettävät koneet. Tärinäaltistumisen vähentämiseksi käsitärinän osalta on työpaikoilla käytettyjä keinoja olleet mm. työn tautus ja kylmältä suojautuminen. Kehotärinän osalta altistumista on pyritty rajoittamaan mm. uudistamalla konekanta ja huomioimalla tärinävaimennus (jousitukset istumissa ja/tai ohjaamotiloissa). Työterveyshuolto on havainnoinut työpaikoilla tärinän haittavaikutuksia lisääviä tekijöitä käsitärinään liittyen mm. melu, elintapatekijät (tupakointi, metabolinen oireyhtymä), kylmyys sekä tapaturmariskit (hankalat työasennot), ja kehotärinään liittyen mm. elintapatekijät (lihavuus, tupakointi) ja kylmyys.



Työntekijän suojeleminen on työnantajan vastuulla [4], mutta työntekijän kannattaa olla aktiivinen ja kysyä esimerkiksi seuraavia kysymyksiä tärinää aiheuttavaa työtä arvioitaessa.

- Pyydä tärinän suhteen vähäpäästöisiä työkaluja.
- Käytä oikeaa työhön tarkoitettua työkalua (työ nopeutuu ja altistut vähemmän).
- Tarkasta työkalut ennen käyttöä ja käytä huollettuja ja korjattuja työkaluja.
- Tarkista, että leikkaavat terät ovat kunnossa ja tehokkaita.
- Yritä tauottaa työtä esimerkiksi tekemällä muita töitä tärinälle altistavan työn välissä.
- Älä käytä liikaa puristusvoimaa tai pakota työkalua enempää kuin mihin se on tarkoitettu.
- Varastoi työkalut niin, että kädensijat ovat huoneenlämpöiset, kun otat koneen käyttöön;

Pidä huolta verenkierrosta:

- pidä itsesi lämpimänä ja kuivana;
- lopeta tupakointi työpäivän ajaksi, koska tupakointi heikentää verenkiertoa käsissä;
- hiero ja liikuttele sormiasi taukojen aikana;
- Kerro heti ongelmista käsissäsi työnantajalle tai työterveyshuollolle.
- Käytä työnantajan työohjeissa antamia toimenpiteitä, joilla alennat tärinälle altistumista.
- Kysy, onko työsuojeluvälineillä opastusta tai ohjeita tärinään liittyen.

7.2 Tärinätorjuntaohjelma työpaikoilla

Tärinätorjuntaohjelmalle ei ole määritetty vakioitua muotoa, joten valmiita malleja ei ole, mistä voi aiheutua, ettei työpaikoilla ole riittävästi kiinnitetty huomiota tärinälle altistumiseen erilaisista kampanjoista huolimatta. Oleellista kuitenkin on, että ohjelma kattaa kaikki ne työt ja työntekijäryhmät, joita ongelma koskee, ja että se on ratkaisujen ja tavoitteiden osalta käytännönläheinen.

Työturvallisuuslainsäädäntö [4] lähtee siitä olettamasta, että työpaikan ongelmat osataan parhaiten ratkaista yhteistyönä työnantajan, työntekijöiden, työsuojelun ja työterveyshuollon kesken (Kuva 6).

Tärinän torjuntaohjelma

- 1) Altistumisen selvittäminen
 - Tärinää aiheuttavat koneet
 - Tärinälle altistuminen eri töissä
- 2) Altistumisen arviointi ja torjuntaohjelman kohteet
 - Henkilöt ja työt, joilla toiminta-arvo ylittyy
- 3) Torjuntaohjelman laatiminen
 - Toimenpiteiden pohdinta
 - Uusien laitteiden hankinta ja tärinä
- 4) Ohjelman seuranta ja päivittäminen

Kuva 6. Tärinän torjuntaohjelman kulku työpaikalla

Lähtökohtana pitää olla tulevien ongelmien ennakointi sekä nykyisten ja tulevien riskien asteittainen poistaminen. Ennakointi tarkoittaa sitä, että investoinneissa, kuten uudet tehtaot tai tuotantolinjat otetaan huomioon työsuojelunäkökulmat. Myös laitehankinnoissa tulee ottaa huomioon laiteominaisuudet, jotka vaikuttavat altistumiseen. Nykyään kaikissa laitteissa on ilmoitettava niiden aiheuttamat päästöt. Tätä tulee käyttää yhtenä ostokriteerinä.

Jo toteutuneiden tuotantolinjojen osalta altistuminen tulee selvittää. Altistuminen ei saa ylittää raja-arvoa. Mikäli se ylittää haittatekijäkohtaisen toiminta-arvon, on ensin pyrittävä vähentämään altistumista ja mikäli se ei ole mahdollista, on informoitava työntekijöitä, järjestettävä terveystarkastukset ja annettava työhön sopivat suojaimet, joita on myös käytettävä. Vaikka altistuminen alittaa toiminta-arvon, on tilannetta kuitenkin syytä seurata: toiminta-arvo takaa, että ammattitaudin todennäköisyys on pieni, mutta se ei takaa sitä, ettei muita haittoja esiinny. Esimerkiksi tärisevien työkalujen käyttäjillä on todettu tavallista useammin niska- ja yläraaja oireita. Ne vaikeuttavat työskentelyä, lisäävät sairauspoissaoloja, mutta eivät täytä ammattitaudin tunnusmerkkejä.

Torjuntaohjelman tavoitteena on vähentää työntekijän altistumista tärinälle ja sen aiheuttamille haitoille ja vaaroille. Tärinätorjuntaohjelmat tulisi aina perustua tietoon altistumisesta ja siitä aiheutuvista riskeistä sekä tekniikan kehitymisestä.

Jotta torjuntasuunnitelma toimii käytännössä, on se jalkautettava. Toisin sanoen kaikkien altistujien on tunnettava ammattinsa riskit, osattava suojautua oikein ja he myös tekevät



sen. Tämä vaihe on kaikkein haastavin, koska se ei ole dokumentointia, vaan toimeenpanoa. Se ei onnistu pelkällä työntekijöiden käskytyksellä tai ohjeistuksella. Käytettyjen ratkaisujen tulee olla sellaisia, että niiden käyttö on mahdollisimman mukavaa ja haittaa vain vähän työntekoa. Se onnistuu vain, jos kaikesta saadaan jatkuvasti palautetta ja tietoa altistumista alentavista keinoista hankitaan aktiivisesti.

Tärinäntorjunnassa vaikutetaan joko alustan tai kosketuspisteessä vaikuttavan tärinän vähentämiseen. Altistumisen hallinnassa keskeistä on tärisevässä kohteessa kiinnittyneenä olevan ajan pienentäminen.

Seuraavien väliotsikoiden alle on koottu asiat, jotka ohjelmassa tulee huomioida.

7.2.1 Työpaikan ja henkilökunnan käsitärinäaltistuksen kuvaus

Tehtyjen selvitysten ja muiden käytössä olevien tietojen perusteella kuvataan työpaikan työntekijöiden altistuminen käsitärinälle. Työpaikalla tehtyä työhygieenistä selvitystä ja esimerkiksi työterveyshuollon havaintoja käytetään lähtökohtana.

Mahdolliset paikalliset tai yksilölliset erityispiirteet huomioidaan, jos sellaisia havaitaan:

- erityisen voimakkaasti tärisevät työkalut ja niiden käyttäjät
- tietolähteenä
 - valmistajan ilmoitus tärinätasosta
 - käyttäjien kokemukset
 - tarvittaessa mittaukset
- altistavien tehtävien keskittyminen pienelle tekijäryhmälle, olipa syynä osaamisen keskittyminen tai työntekijöiden keskinäiset sopimukset.

7.2.2 Tärkeimpien tärinän lähteiden tunnistaminen

Tärinäaltistus on tärinätason ja altistusajan, eli koneen tai työkalun käyttöajan, muodostama kokonaisuus. Näin ollen merkittäviä tärinäaltistuksen aiheuttajia voivat olla jonkin verran tärinää aiheuttavat ja paljon käytetyt laitteet, kuten

- mutterinvääntimet
- räikkävääntimet
- hiomakoneet, erityisesti kova käyttö (korikorjaamo ja maalaamo)

tai voimakkaasti tärisevät koneet, vaikka päivittäinen käyttö olisi vähäisempää:

- peltisaha (vanhat mallit, yli 20 m/s²)
- talttasara (yli 10 m/s²)
- liimalasileikkuri (yli 10 m/s²)
- 3/4" tai isommat mutterinvääntimet (yli 10 m/s²)

Osa tärinälähteistä aiheuttaa myös iskevää tärinää. Näiden merkitys on huomioitava etenkin, jos oireita esiintyy. Tavanomaisia iskeviä konetyökaluja ovat iskevät mutterinvääntimet ja talttavasarat.

Lähteiden luokittelu voidaan tehdä sen mukaan, kuinka suuri niiden vaikutus on kokonaisaltistukseen, käytön määrän ja tärinän tason perusteella. Luokittelussa voi hyödyntää Työsuojelu.fi-sivustolta löytyvää Excel-pohjaista Tärinälaskinta. Laskureita löytyy myös konevalmistajien sivuilta.

7.2.3 Mahdollisten ratkaisujen määrittäminen

Seuraavassa luettelossa [5] on tärinäasetuksessa mainittuja tai kokemukseen perustuvia keinoja tai menetelmiä tärinäaltistuksen vähentämiseksi:

- Vaihtoehtoisten, vähemmän tärinää aiheuttavien työmenetelmien ja/tai välineiden käyttöönotto.
- Ergonomialtaan ja ominaisuuksiltaan sellaisten työvälineiden valinta, jotka aiheuttavat mahdollisimman vähän tärinää kyseinen työ huomioon ottaen:
 - tärinän huomioiminen työkalujen hankinnassa – valmistajien ilmoittamat tärinäarvot ovat suuntaa-antava tietolähde laitteiden vertailussa;
 - ei-iskevien vääntimien käyttö mahdollisuuksien mukaan;
 - kehityksen seuraaminen – uudemmat paineilmasahat ovat esimerkiksi erittäin suuresta kehitysaskelista hyvään suuntaan;
 - paino ja muotoilu vaikuttavat työotteeseen ja voiman tarpeeseen ja sen myötä tärinän välittymiseen koneesta käteen;
- Tärinälle altistumista tehokkaasti vähentävien lisälaitteiden kuten istuinjousitus-ten ja vaimennettujen kädensijojen käyttäminen,
- Työpaikalla käytettävien työvälineiden kunnossapito:
 - valmistajan ohjeiden mukainen säännöllinen huolto ja kunnossapito;
 - työkalujen ja terien väljät liitokset, vähänkin vääntynyt kara ja muut pienetkin puutteet voivat moninkertaistaa käsiin kohdistuvat tärinän, vaikka laite olisi vielä muuten käyttökelpoinen.
- Työntekijöiden opastamiseen työvälineiden oikeaan ja turvalliseen käyttöön tärinälle altistumisen vähentämiseksi mahdollisimman alhaiselle tasolle:
 - työasennot ja -otteet: tiukka puristus tai muu voimankäyttö tehostaa tärinän välittymistä koneesta käteen;
 - koneiden tehon säätö tai ajonopeuden muutos tilanteen mukaan.
- Altistuksen keston ja tärinän voimakkuuden rajoittamiseen:
 - työn suunnittelu siten, että tärinä aika ajoittain vähenee tai keskeytyy;
 - altistavien tehtävien jakaminen.



- Kylmyydeltä ja kosteudelta suojaavan vaatetuksen antaminen tärinälle altistuvien työntekijöiden käyttöön, sekä
 - kylmenevien metallirunkoisten koneiden välttäminen;
 - ilmapuhallusten suuntaus pois päin käyttäjästä.

7.2.4 Torjuntaratkaisujen toteutus

Mahdollisia ratkaisuehdotuksia arvioidaan tapauskohtaisesti sen perusteella, kuinka monen ja miten paljon altistuminen kunkin ratkaisun ansiosta vähenee, eli kuinka suuri hyöty toteutuksella saavutetaan.

Ratkaisun kustannukset ovat hyväksyttävä valintaperuste, mutta taloudellisessa tarkastelussa tulee ottaa huomioon myös ratkaisun mukanaan tuomat hyödyt. Lisäksi ratkaisujen vaikutus työntekijään ja työturvallisuuteen muutoin kuin tärinäaltistuksen osalta kannattaa arvioida ja huomioida valinnassa.

Ratkaisujen toteutusjärjestys määräytyy etupäässä sen mukaan, kuinka suureen haittaan ratkaisut kohdistuvat (tärinän voimakkuus, altistuksen kesto ja toistuvuus) tai kuinka moni vaaralle altistuu (altistuneiden lukumäärä). Helpot ja halvat ratkaisut, jos sellaisia löydetään, kannattaa toki toteuttaa välittömästi.

Torjuntaohjelmassa ongelmat ja toteuttamiskelpoisiksi todetut ratkaisut asetetaan järjestykseen ja niiden toteutukselle määritetään aikataulu, jonka mukaan ratkaisut toteutetaan. Torjuntaohjelma edellyttää päätöksiä.

Tärinätorjuntaohjelmassa esitetään myös se, kenen vastuulla ohjelman tai sen osien toteuttaminen on. Lisäksi määritetään tarvittaessa, millä tavoin ja miten usein kunkin ongelman ratkaisun etenemistä seurataan. Etukäteen määritellään myös, miten toimenpiteiden tuloksia arvioidaan.

Altistukseen vaikuttavien muutosten jälkeen altistusarvio pitää toistaa ja tärinätorjuntaohjelmaa päivittää tarpeen mukaan. Vaikuttavia muutoksia voivat olla esimerkiksi laitehankinnat, työmenetelmien vaihtuminen tai tehtäväkuvien muutokset.

7.2.5 Perehdyttäminen

Valtioneuvoston asetuksessa sanotaan, että työskentely tärisevillä työkaluilla edellyttää ainakin tiedottamista työnantajalta (VNA 48/2005, 17§). Työnantajan on annettava työssään tärinälle altistuville työntekijöille tarpeelliset tiedot tärinän riskinarvioinnin tuloksista sekä opetusta ja ohjausta erityisesti:

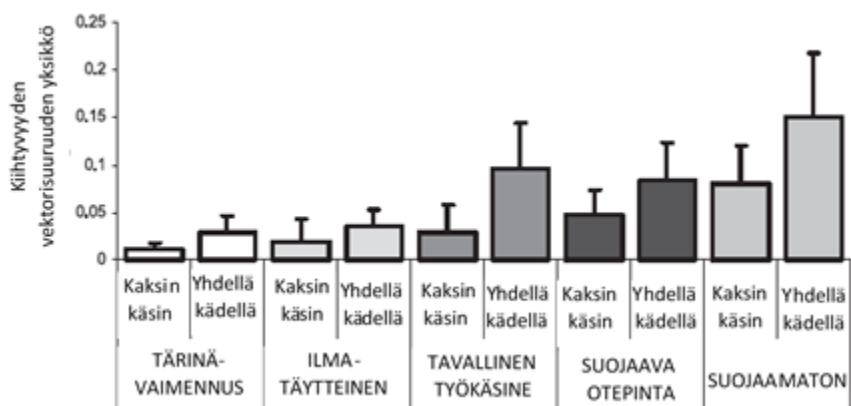
- 1) tärinästä aiheutuvien vaarojen tai haittojen poistamisesta tai vähentämisestä mahdollisimman alhaiselle tasolle;
- 2) tärinäaltistuksen raja- ja toiminta-arvoista;

- 3) tärinän arviointi- ja mittaustuloksista;
- 4) terveydellisistä haitoista ja vaaroista, joita työvälineet mahdollisesti aiheuttavat työntekijän turvallisuudelle tai terveydelle;
- 5) turvallisista työtavoista;
- 6) tärinästä aiheutuvien vammojen ja oireiden tunnistamisesta ja ilmoittamisesta;
- 7) työterveyshuollosta ja sen toiminnasta.

7.3 Käsineiden vaikutus tärinälle altistumiseen

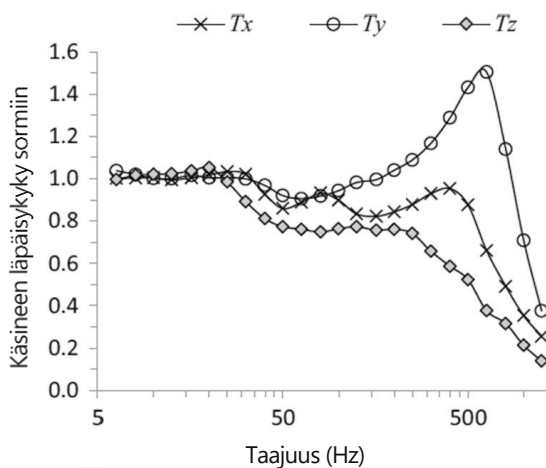
Käsineiden vaikutusta tärinälle altistumiseen on tutkittu paljon, mutta tulokset ovat jossain määrin ristiriitaisia.

Tutkimuksista löytyy kuvan 7 mukaisia tuloksia [1], missä selvästi saadaan altistumisen vähentyminen näkyviin, kun käytetään erilaisia käsineitä.



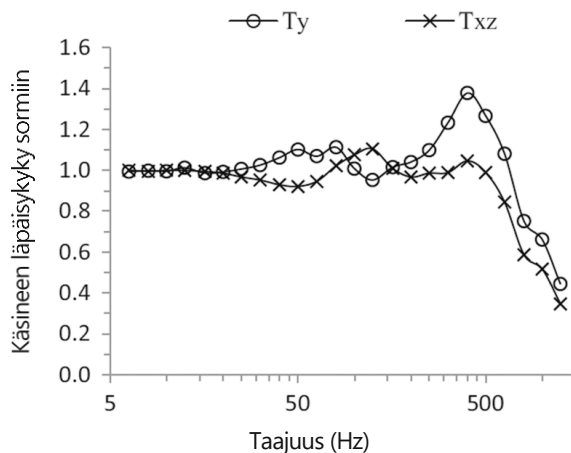
Kuva 7. Henkilön altistuminen tärinän kiihtyvyydelle, kun hän käyttää erilaisia käsineitä. Pääsääntöisesti havaitaan, että käsineet vähentävät tärinälle altistumista [1]

Kun sitten tutkitaan käsineiden tärinän läpäisyä (tai vaimennusta) [6], huomataan, että y-suunnassa tapahtuu resonanssi taajuudella noin 600 Hz, jolloin tärinä vahvistuu, mutta muissa suunnissa tärinä vaimenee, kun taajuus lisääntyy. Edelleen pienillä taajuuksilla alle 50 Hz käsineen vaikutus on vähäinen (Kuva 8).



Kuva 8. Esimerkki ilmakennokäsineeseen kohdistuvan värinän läpäisystä kämmeneen [6]

Jos tarkastellaan sormiin kohdistuvaa värinää, tilanne taas muuttuu [2]. Kuvassa 9 on esitetty tulokset, mistä nähdään, että sormien osalta värinän vaimentumista tapahtuu vasta taajuusalueen 500 Hz yläpuolella. Tosin tässäkin y-suunnassa on pieni vahvistuminen taajuudella noin 500 Hz.



Kuva 9. Esimerkki ilmakennokäsineeseen kohdistuvan värinän läpäisystä sormiin [2]. Värinää on mitattu useista sormista.

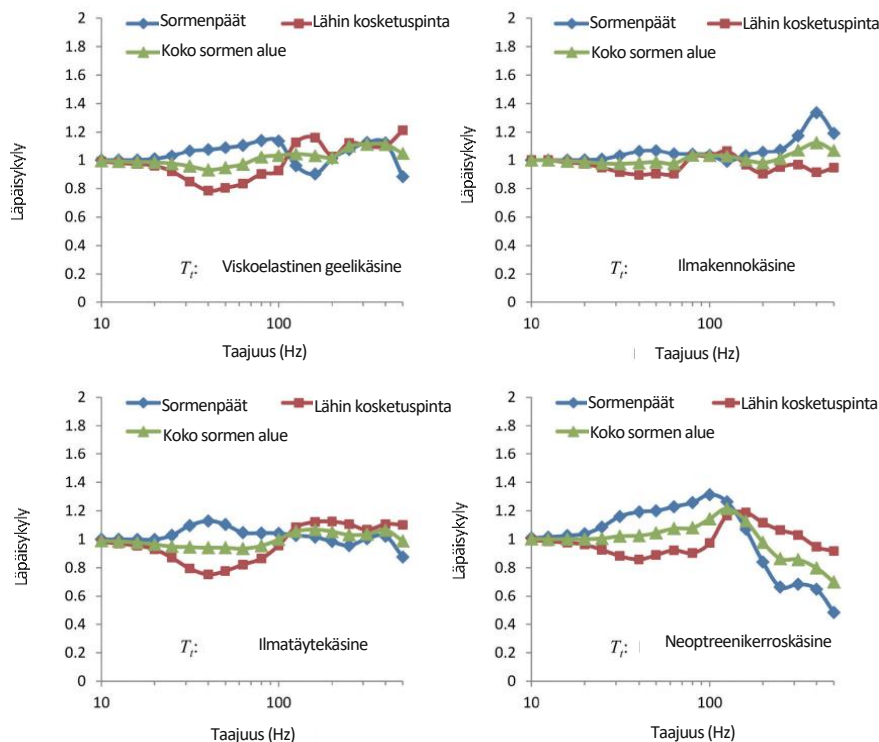
Sormiin kohdistuvan tärinän suhteen on saatu myös toisenlaisia tuloksia, missä sormiin kohdistuva tärinäaltistuminen suurenee enemmän kuin kämmeneen kohdistuva altistuminen. Siis jos kämmeneen kohdistuva tärinä vaimenee käsinettä käytettäessä, voi käydä niin, että sormiin kohdistuva tärinälle altistuminen lisääntyy. Tietääksemme tästä ei ole Suomessa tehty tutkimusta, joka saattaisi olla tarpeen ainakin valkosormisuuden epäilytapauksissa.

Käsineiden vaikutuksista sormien tärinäaltistumiseen on tutkittu mm. viskoelastisella geelillä, ilmapussilla tai ilmapupilla varustettuja käsineitä ja neopreeniin kastettuja käsineitä [3] Taulukossa 7. on esitetty tässä tutkimuksessa käytetyt käsineityypit. Taulukossa on myös näkyvissä, kuinka otevoima muuttuu erilaisia käsineitä käytettäessä.

Taulukko 7. Tärinäaltistumistutkimuksessa käytetyt käsineityypit [3]

Käsine	Rakenne	Standardiasetelma (ISO 10819:2013)	Otevoiman vähennys
A	Viskoelastinen geeli	Ei luokiteltu vaimennuskäsineeksi	40%
B	Ilmakenno	Luokiteltu vaimennuskäsineeksi	30%
C	Ilmatäyte	Osin luokiteltu vaimennuskäsineeksi	34%
D	Neopreenipintainen	Ei luokiteltu vaimennuskäsineeksi	26%

Kuvassa 10 on lisää tietoa erilaisten käsineiden vaikutuksista sormien tärinäaltistumiseen [3-4]. Kuvasta nähdään, että vain neopreenikäsineillä saatiin jonkin verran vaimennusta taajuusalueella yli 200 Hz. Neopreenikäsine oli taas sillä tavalla hankala, että sormenpäiden alueella taajuuksilla 20-100 Hz tapahtui tärinän vahvistumista. Muilla käsineillä vaikutus oli vähäinen eli alle 20 %.



Kuva 10. Tärinän läpäisy käsineen sisällä oleviin sormiin, missä suureena on kokonaistärinän a_{xyz} vektorisumma [3].

Shibata [5] tutki käsineiden ikääntymiseen liittyvää tärinän vaimentumista. Tulosten mukaan kahden vuoden ikääntyminen heikensi selvästi ilmatäytteisien käsineiden vaimennuskykyä.

Bud ja House tutkivat myös käsineiden vaimennusominaisuuksia [6]. Heidän mukaansa käsineiden vaikutus käsiin kohdistuvan tärinän oireille on ristiriitainen, koska asia riippuu käsityökalun tärinäominaisuuksista ja myös paljolti konetta käyttävän antropometrisistä ominaisuuksista konetta käytettäessä. Riskinä on vielä, että käsineet antavat työntekijöille ja työnantajille virheellisen kuvan suojauksesta. Edelleen heidän mukaansa standardit voivat myös antaa puutteellisen kuvan käsineiden testaamisesta ja rajoituksista eikä näin tapauskohtaiseen arviointiin päästä.

Hewitt ym. [7] päätyivät myös pitämään käsineitä epäluotettavina, kun tarkastellaan tärinän vaimennusominaisuuksia. Heidän mukaansa vaihtoehtoiset tuotantomenetelmät, vähäpäästöiset laitteet, hyvä koneiden ja laitteiden huolto sekä altistumisen keston jatkuvat tarkastelut ovat paljon tehokkaampia ja niitä pitäisi edistää nykyistä enemmän. Tärinää



vaimentavat käsineet voivat lisäksi tuoda uusia haittoja kuten lisääntyneen otteen voimakkuuden ja käsien tarkkuuden. Näin ollen pitäisi aina arvioida käsineiden hyötyä suhteessa niiden haittoihin.

Jack päätyi siihen, että käsineet vaimentavat selvästi käsiin kohdistuvaa tärinää niin tärinän voimakkuuden kuin taajuusvasteenkin osalta [8].

Edellä olevien artikkelien perusteella käsineiden suositteluissa pitää olla varovainen. Suuritaajuiselle tärinälle saadaan vaimennusta, mutta suurimmaksi osaksi käsineiden vaikutus tärinää vaimentavana keinona näyttää jäävän vähäiseksi. Suomalaisissa oloissa täytyy tietysti muistaa käsineiden lämmöneristävyyttä, jolloin kädet pysyvät lämpiminä käsineitä käytettäessä ja siten ylläpitävät käsien verenkiertoa. Kylmässä käsien tuntokynnys saattaa nousta, mikä osaltaan saattaa välillisesti lisätä tärinälle altistumista. Tässäkin taitaa toteutua työsuojelun prioriteetti, että tekniset ja toiminnalliset keinot edeltävät henkilökohtaisia suojaimia ja lienee turvallisinta olettaa, että käsineiden vaikuttavuus perustuu enemmän lämmöneristävyyteen kuin tärinän vaimentamiseen.

Tärinähaittojen torjunnan kannalta tehokkainta olisi, että konevalmistajat koneturvallisuuden riskien arviointinsa yhteydessä eivät enää esittäisi torjuntakeinoksi tärinäeristävien työvälineiden käyttöä, vaan keskittyisivät torjuntakeinoin, kuten kädensijojen jousto-ominaisuuksien parantamiseen. Tällöin varmistuisi oikean tärinäeristykseen mitoitukseen mukaisiksi.

Lähdeviitteet sivulla 85



8. TULEVAISUUDEN NÄKYMÄT

8.1 Toiminta työpaikoilla

Vahingollista altistumista ei pitäisi sallia, jotta pysyvän vammautumisen mahdollisuuttaan ei syntyisi. Tärinäaltistumisen haittoihin liittyvät riskit ovat kuitenkin työpaikoilla vielä huonosti tunnistettuja. Koska haitat ilmenevät hitaasti, välitöntä tarvetta altistumisen vähentämiseen ei välttämättä pidetäkään tärkeänä.

Osasyinä altistumistiedon puutteisiin olemme tunnistaneet mittauksiin tarvittavan erikoisosaamisen saatavuusongelmat sekä mittaustekniset vaikeudet. Tärinäaltistumisen arviointiin pätevyitä työtterveyshuollon asiantuntijoita on Suomessa kovin vähän, eikä heidän osaamistaan osata aina edes kysyä. Näihin tieto- ja taito-puutteisiin on etsittävä juurisyitä monesta suunnasta. Puutteena olemme nähneet myös työvälaineiden hankinnassa käytetyt päätöskriteerit, joissa mahdollisen haitallisen altistumisen ilmaisevia tärinäpäästöilmoituksia ei huomioida.

Ratkaisuksi työpaikoille ehdotamme tärinäaltistumiseen liittyvää osaamistason nostamista kaikilla organisaation tasoilla: Johdossa tehdään päätöksiä, henkilöstöosastolla käsitellään osaamisvaatimuksia, ostotoiminnassa tehdään hankintavalintoja, työnjohdossa määritetään työsuorituksen tavat ja lopulta työntekijä vastaa työn suorittamisesta parhaan tietämyksensä mukaan. Kunkin tahon tulisi yhteistoiminnassa ja työsuojeluhenkilöstön avustuksella huolehtia, että työntekijät voivat päästä töistä terveinä kotiin.

Työpaikoilla on jo otettu työtaturmat vakavasti ja 0-taturmaa tavoitteet ovat lähes jokaisessa yrityksessä mielletty tarpeellisiksi. Sama ajattelumalli olisi syytä ulottaa myös vahingollisten altistumisten ehkäisemiseen. Kun tavoite on kirkas, voivat työpaikat saada torjuntaohjelmistaan toimivia ja samalla päästäisiin käsiksi juurisyihin, jotka mahdollistavat vammautumisia aiheuttavan toiminnan.

8.2 Terveydellinen arviointi

Voimakkaasta tärinästä kehittyvä terveyshaitta ilmenee varsin nopeasti oirehdintana, joka vuosien saatossa lopulta johtaa vammautumiseen. Kun työpaikan riskienarvioinnissa löydetään työt, joissa riski on olemassa, tulisi sen heti johtaa työpaikalla tarkempaan tärinäaltistumisen määrittämiseen ja työtterveyshuollossa altistumisesta aiheutuvien terveysvaikutusten arviointiin. Kun työpaikat yhdessä työtterveyshuoltonsa pääsevät vaikuttamaan riskiin mahdollisimman varhain, saadaan tärinätorjuntaohjelmista työkalu ennakoivasti vammautumisten ehkäisyyn.

8.2.1 Käsitärinän terveysseuranta

Työterveyslaitoksella on laadittu käsitärinän terveysseurantaohje (<https://www.ttl.fi/wp-content/uploads/2016/11/kasitarinan-terveysseurantaohjeet.pdf>), jonka liitteinä ovat alkutarkastuksessa ja terveysseurannassa tehtävät kyselylomakkeet tärinätyön määrästä ja oirehinnasta.

Kaikesta ennakkoinnista huolimatta vammautumisia kuitenkin edelleen tapahtuu, jolloin työterveyshuolto ohjaa tärinälle altistuneen henkilön tarvittaessa jatkotutkimuksiin ja hoitoon. Jotta tärinätauti voitaisiin diagnosoida ammattitautina, tarvitaan erikoissairaanhoidon tutkimuksia, jotka voidaan tehdä työlääkätieteen poliklinikoiden kautta. Kun jatkotutkimustarvetta pohditaan, huomioidaan oireet (kylmässä esiintyviä valkosormisuusoireita tai sormien puutuneisuutta tai pistelyä ja kömpelyyttä), joille ei löydy muita syitä kuin työperäinen tärinäaltistuminen. Lisäksi huomioidaan työuran aikainen tärinäaltistuminen eli onko henkilö altistunut työssään siinä määrin käsitärinälle, että se olisi voinut aiheuttaa tärinätaudin.

Tärinätaudin todennäköisyys riippuu päiväaltistuksesta ja altistuksen kestosta. Standardin ISO 5349-1:2001 altistusmallilla lasketaan aika, jonka jälkeen valkosormisuusoireen esiintyvyys altistuvilla on 10 %. Todennäköisyys sille, että muista syistä saa valkosormisuusoireen on noin 5 %. Ammattitautien arvioinnissa perussääntönä on ollut se, että jos altiste aiheuttaa vähintään kaksinkertaisen riskin sairastua normaaliväestöön verrattuna, sen voidaan katsoa olevan taudin todennäköinen aiheuttaja.

Koko työuran aikaisen tärinäaltistuksen arvioinnissa on omat haasteensa. Harvoin on mitaustietoa tärinätasosta käytettävissä, koneiden käyttöajat usein yliarvioidaan eikä työkaluista välttämättä ole tarpeeksi tietoa. Näissä ammattitautiarvio eroaa työpaikalla tehtävästä tärinäaltistumisen arvioinnista. Työpaikalla saadaan mittaustietoa työkalujen tärinätasosta kyseisissä työtehtävissä sekä seurannalla määritettyä liipaisinajat tarkemmin. Useat tutkimukset ovat kuitenkin osoittaneet, että standardin ISO 5349 mukaisesti arvioitu valkosormisuusriski on vastannut huonosti havaittuja valkosormisuusriskejä erilaisissa ammattiryhmissä. Standardi ISO 5349 aliarvioi impulssimaisen tärinän riskin. Lisäksi tärinätaudin riskin arvioinnissa tulisi huomioida otteen merkitys.

8.2.2 Kehotärinän terveysvaikutukset

Kehotärinän suoranaiset terveysvaikutukset ovat vaikeasti arvioitavissa, sillä koko kehoon kohdistuva tärinä on yleensä vain myötävaikuttava tekijä selän ja tukielinten oirehintaan. Pelkästään epäedulliset työskentelyasennot ja työn haitallinen kuormittavuus voivat aiheuttaa aivan samoja oireita ilman tärinääkin. Kuitenkin oireiden pahentumisen estämiseksi liialliseen kehotärinäaltistumiseenkin olisi kiinnitettävä huomiota.



Merkittävin terveysvaikutusten arviointi koko kehon tärinässä on lisääntymisterveysvaikutukset, joista on kuitenkin kovin vähän tutkimustietoa. Suomessa tärinälle altistuminen ei ole perusteena erityisäitiyspäivärahalle. Kuitenkin työturvallisuuslaki L 738/2002 edellyttää, että työnantajan on tunnistettava altistumisista aiheutuvat riskit ja toimittava niin, ettei työntekijöiden turvallisuus eikä terveys vaarannu. Tällöin on otettava huomioon mm. mahdollinen lisääntymisterveydelle aiheutuva vaara ja jos vaaraa ei voi poistaa tai välttää, altistumisesta saattaa aiheutua raskaana olevalle työntekijälle tai sikiölle erityistä vaaraa. Yleisohjeena on, että raskaana oleville ei sovi työ, jossa esiintyy merkittävässä määrin pientaajuista kehotärinää, tai jossa on mahdollista altistua vatsan seudulle kohdistuville iskuille tai tärähdyksille. Tällöin työntekijä tulisi pyrkiä siirtämään raskautensa ajaksi hänen työkykynsä ja ammattitaitonsa huomioiden muihin sopiviin tehtäviin.

Liikesairaus on yleensä kuljetusvälineiden heilahtelusta aiheutuva oire, joka ei aiheuta sairastumista, vaikka onkin epämukavaa. Matkapahoinvointiin vaikuttaa myös henkilöiden suuret herkkyyserot. Joissakin tapauksissa liikesairautta vastaan on käytetty tablettihoitoa tai lääkelaastareita. Matkapahoinvointia aiheuttavia ovat esimerkiksi laivat, lentokoneet, autot, ja sellaiset kuljetusvälineet, mistä ei näe ulos. Liikesairautta voi aiheutua myös siitä, että yrittää tehdä tarkkaa työtä (esimerkiksi lukeminen) ja altistuu samanaikaisesti heilahteluille.

Valtioneuvoston asetuksessa oli siirtymäkauden ajan myös ohjeavot impulssimaiselle tärinälle, mutta nykyään impulssimaisista tärinää arvioidaan lainsäädännössä samojen perusteiden mukaan kuin jatkuvaa värähtelyä. Impulssimaisuuden kautta lisääntyvää riskiä on yritetty selvittää, mutta luotettavia tuloksia on vähän. Edelleen tärinän mittareiden aikavakiot impulssimaisille tärinöille vaihtelevat paljon anturista, mittalaitteesta, taajuuspainotuksista ja monista muista syistä johtuen. Impulssimaisen tärinän vaikutuksia ja mittaamista tulisi tutkia lisää. Ainakin aiheeseen liittyvää kirjallisuutta pitää seurata.

8.2.3 Muut tärinään liittyvät vaikutukset

Tärinästä aiheutuvien oireiden ja ammattitautien lisäksi vaikutusten arvioinnissa joudutaan pohtimaan tärinän häiritsevyyttä ja epämiellyttävyyttä, mihin liittyen kirjallisuusosassa on tähän liittyvä havaintoja sekä käsitärinän että kehotärinän subjektiivisistä vasteista. Laajempi vasteiden pohtiminen voisi tuoda uusia näkökulmia tärinän merkitykseen ja sisältöön. Ympäristöpuolelta tähän olisi saatavissa sovellettavaa tietoa.

Jalkojen ja varpaiden suora altistuminen tärinälle ei ole yleistä, eikä valkovarpaisuus sinälään ole käsitärinään verrattava oire. Käsitärinälle altistuvalla valkovarpaisuus viittaa myös moneen muuhun syyhyn tai sairauteen ja tärinä on vain yksi tekijä. Tärinän välittyessä jalkojen kautta, voidaan ajatella suoraa vaikutusta paitsi varpasiin ja jalkaterään, myös jalkojen alueelle yleensä.

8.3 Mittaustekniikoiden kehittyminen

Tärinämittareita varmaan tulee markkinoille koko ajan. Mahdollisesti mittaussuureisiinkin saadaan korjauksia ja kehitymistä. Kuitenkin samanlaisia kysymyksiä on ilmassa kuin aikaisemminkin:

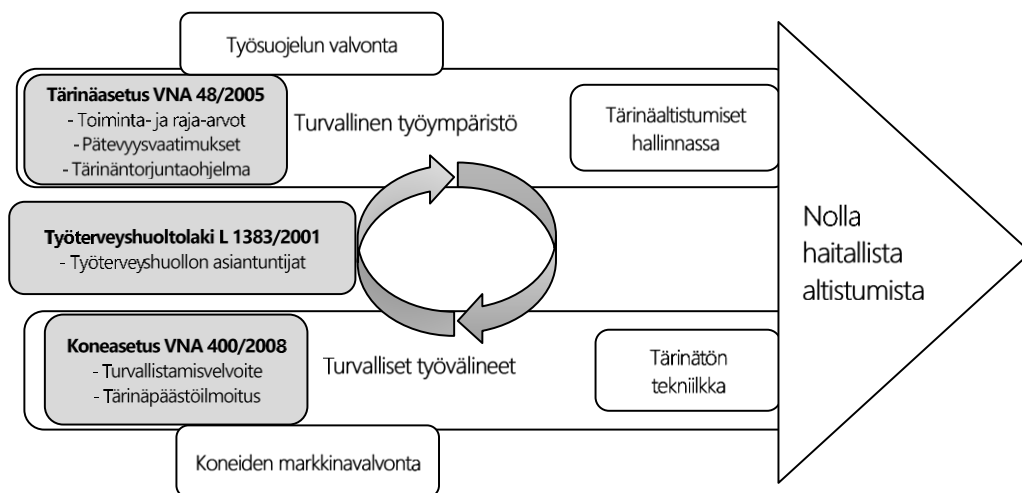
- Tarvitaanko esim. taajuustietoa, jotta voitaisiin taajuusvastetiedon muuttuessa vaihtaa myös vanha tieto uudelleenlaiseksi?
- Onko puristusaineella merkitystä mittauksissa?
- Voiko puristusvoiman mittaamisella saada seurantatietoa tärinätaudin edistymisestä?
- Mistä löytyvät oikean ja luotettavan tärinätiedon lähteet ja tietokannat?
- Mikä on markkinavalvonnan tulevaisuus ja merkitys
- Mitä tärinän ammattitautiarvioinnin altistumistiedoista voisi saada näkyviin, mihin pitäisi keskittyä tulevaisuudessa?
- Impulssimaisen tärinän mittauslaitteiden ominaisuudet

Joidenkin tutkimusten perusteella voi olla perusteltua kehittää menettelytavat myös yli 1 kHz ylittävälle suurtaajuisemmalle tärinälle. Tällainen altistuminen voi syntyä esimerkiksi hammaslääkäreiden käyttämistä porista, joiden on epäilty voivan aiheuttaa sormien ja käsien neurologisia oireita ja verisuonisairauksia, käden voimien vähentymistä, vapinaa sekä käsien ja niskan kipeytymistä. Suuritaajuisen tärinän mittaamisen ongelma on anturin riittävän jäykkä liittäminen kosketuskohtaan, sillä väljä tai liian joustava kiihtyvyyssanturin asennus on herkkä resonanssille, mikä voi vääristää tulosta merkittävästi. Kiihtyvyyssanturien toiminnallinen resonanssitaajuus osuu myös usein suurille taajuuksille, mikä pitää ottaa huomioon mittausanturia valittaessa. Toinen ongelma on vaikutusmekanismien tuntemattomuus ja sitten myös sopivan taajuuspainotuksen valinta vaatii lisätutkimusta.

Kosketukseton lasersäteen (LDA=laser-dopler accelerometer) avulla mitattava tärinä voisi olla ratkaisu suurtaajuisen tärinän mittaamiseen, jolloin anturin kiinnitys ei vaikuttaisi tärisevään pintaan tai käyttäjän otteeseen haitallisesti. Tällainen laite on ollut jo vuosia markkinoilla, mutta se soveltuu vain paikallaan pidettävien laitteiden pinnan tärinän mittaamiseen, joten työpaikan vaihteleviin altistumismittauksiin tekniikka ei vielä sovellu.

8.4 Lainsäädännön mahdollisuudet

EU-direktiivi tärinästä ja sen perusteella annettu asetus antavat selkeät altistumisrajat ja ohjeet yhtä hyvin käsiin kohdistuvalle tärinälle kuin koko kehon tärinällekin. Kansalliseen lainsäädäntöön tuodut asetukset työpaikan ja työvälineiden turvallisuudesta sekä työterveyshuoltolaki ja valvontaan liittyvät lait ovat toisiaan tukevia, joita noudattamalla altistumisten pitäisi olla hallittuja eikä sairastumisia altistumisten takia pitäisi syntyä (kuva 11).



Kuva 11. Tärinäaltistumisiin vaikuttavat lait ja asetukset ja niiden väliset vaikutusmekanismit.

Tärinäaltistumisten hallitsemiseksi on säädetty ensinnäkin tärinäasetus, jossa määritellään työpaikalta vaadittavat toimet. Kun työpaikalle tarvitaan tärinätorjuntaohjelma, voidaan vähemmän tärisevät työvälineet valita koneasetuksessa mainittujen tärinäpäästöilmoitusten avulla. Jos tekniikkaa ei vielä ole, tulisi sen saatavuutta seurata ja antaa aloitteita konevalmistajalle, jotta he voisivat tehdä työpaikalle sopivia työvälineitä. Usein työpaikat eivät kuitenkaan osaa hyödyntää tärinäpäästöilmoituksia, josta syystä tarvittaisiin riittävän teknisen osaamisen hallitseva välittäjätaho, joka osaa tulkita tärinäpäästöilmoituksia sekä pystyy niiden perusteella arvioimaan tärinäaltistumista.

Tärinäasetus VNA 48/2005 edellyttää selkeästi, että arvioijan ja mittajaan tulee olla työterveyshuollon asiantuntija tai muu työnantajan palveluksessa oleva tai ulkopuolinen henkilö, jolla on tarvittava kyky ja taito arvioida ja mitata värinää. Tässä yhteydessä työterveyshuoltolain L 1383/2001 mukaisina työterveyshuollon asiantuntijoina työhygieenikot voisivat olla sopivin yhteistyökumppani matkalla kohti "Vision Zero"-ajattelun mukaista Nolla Haitallista Altistumista -tavoitetta. Työterveyshuollon ammattihenkilöiden, kuten työterveyshoitajien ja työterveyslääkärien tehtäväksi jäisi tässä kokonaisuudessa tarkempi terveydellisen merkityksen arviointi ja värinälle erityisen herkkien työntekijöiden tunnistaminen terveystarkastusten yhteydessä.

Vaikka työympäristön tärinätorjunta ja koneiden turvallistaminen pitäisi onnistua oma-avontaisesti, tarvitaan työtä tukemaan viranomaisia. Valvonnalla tietysti ensisijaisesti var-



mistetaan, että lakeja ja asetuksia noudatetaan, mutta jos valvonta keskittyy vain lainkirjaimen noudattamiseen, menetetään lain hengen toteutuminen. Mitä paremmin valvonnan tavoite ja valvontalain L 44/2006 tarkoitus: "varmistaa työsuojelua koskevien säännösten noudattaminen sekä parantaa työympäristöä ja työolosuhteita työsuojelun viranomaisvalvonnan sekä työnantajan ja työntekijöiden yhteistoiminnan avulla" mielletään, sitä tehokkaammin jatkuvan parantamisen kehä pyörii ja vaikuttavuus näkyy työolojen kohenemisena ja työperäisten sairauksien esiintyvyyden pienenemisenä.

8.5 Miten voitaisiin tärinälle altistumista vähentää ja soveltaa erilaisia vaimennuskeinoja?

Vastaus otsikon kysymykseen on: uudenlainen asenne ja ennakkoluuloton asioihin tarttuminen.

Varsinaisia uusia keinoja tärinäaltistumisten vähentämiseen emme löytäneet, mutta työn edetessä huomasimme, että jo käytettävissä olevia keinojakin tulisi hyödyntää nykyistä paremmin. Työpaikoilla, jotka tärkeitä työvälineitä käyttävät, voisivat nolla-tapaturmaa ajattelulla, eli kaikki tapaturmat voidaan estää -tavoitteen mukaisesti tavoitella myös sitä, että vahingollista altistumista ei sallita – "Vision Zero" tulisi asettaa samalle tasolle kuin tapaturmissa.

Jotta tähän päästäisiin, tulisi ensisijaisesti löytää menettelytavat, joilla varmistetaan käytön otettavien työvälineiden vähätärinäisyys. Jos tällaista ei ole saatavissa nyt, pitäisi työpaikoilta löytyä seurantamenetelmät ja yhteistoimintatavat laitetoimittajien kanssa, jotta uusissa laitteissa otettaisiin vähätärinäisyys suunnittelukriteeriksi ja tuotekehityksen arvoiseksi asiaksi. – Laitehankinnoissa vähätärinäisyys on ostokriteeri.

Laitevalmistajilla ja maahantuojilla on luonnollisesti keskinäinen kilpailu markkinoista, joilla hinta ja tehokkuus ovat usein määräävät kilpailuargumentit. Kun työpaikoilta tulee painetta ja vaatimuksia paremmista työvälineistä, syntyy uudenlainen kilpailuasetelma, jossa laitteiden käyttöominaisuudet ja käyttäjäkokemukset voisivat tuoda kilpailuetua. Monet valmistajat kertovat lainsäädännön vaatimusten mukaisesti tuotteittensa tärinäarvot ja jäännösriskin, jonka perusteella tärinähaittojen torjumiseksi käyttöohjeissa kehoitetaan käyttämään tärinävaimennuskäsitteitä. Lähtökohtaisesti tämä on tärinäaltistumisen hallinnassa väärä lähtökohta. Vaimennus voitaisiin saada parhaiten aikaan siten, että tuo käsi-neeltä odotettava vaimennus suunnitellaan koneeseen integroituna vakiovarusteena – Turvallistavalla tekniikalla tulisi henkilönsuojaintarpeesta päästä eroon.

Tärinän torjuntaa ja altistumisesta aiheutuvaa riskiä ei voi arvioida, jos tärinäaltistumista ei tiedosteta ja sen johdosta selvitetä, kuinka suuret altistumiset ovat. Työterveyshuollot ovat työpaikoille tärkeä kumppani terveyden seurannan kannalta, jolloin haitalliselle tärinälle



altistuvat voidaan tunnistaa ennen kuin vammoja pääsee syntymään. Tämä edellyttäisi kuitenkin sitä, että myös tärinäaltistumiset selvitettäisiin asiantuntevasti ja pätevin menetelmin. Kun työterveyshuollot käyttävät työhygienian asiantuntemusta, he voivat olla varmoja, että altistumisten mittaajalla ja arvioijalla on tähän tehtävään riittävä kyky ja taito. Työhygieenikon ammattitaitoon kuuluu myös tietämys tekniikasta, jolla tärinäaltistumista voitaisiin vähentää.

Haastattelujen perusteella selvisi, että työsuojelutarkastuksissa tärinää käsitellään, mutta ei kuitenkaan riittävästi. Tärinätorjuntaohjelmien laatuun ei juurikaan puututa eikä markkinavalvonnassakaan tärinäpäästöarvojen tai tärinän alentamiskeinojen saatavuuteen tai käyttöönottoon oteta kantaa. Työpaikkatarkastuksissa ja markkinavalvonnassa tulisi tavoitella työturvallisuuslain henkeä, jossa keskeistä on eri tahojen yhteistoimintaa tukeva ja ohjaava valvonta.

Näillä keinoin uskomme tärinäaltistumisten alenevan ja johtavan ennen aikaisia sairauseläköitymisiä ehkäisevään työolojen parantumiseen

9. LÄHTEET

Lähteet esitetään tässä luvuittain ja alaluvuittain, koska lähteitä on niin paljon, että ne ovat näin helpommat löytää.

Luku 1. Esipuhe, suomalaisia artikkeleita

1. Burström, L, Hyvärinen, V., Johnsen, M., Pettersson, H. (2016). Exposure to whole-body vibration in open-cast mines in the Barents region. *International Journal of Circumpolar Health*, 75: 29373
<http://dx.doi.org/10.3402/ijch.v75.29373>.
2. Koskela K, Lehtimäki L, Toivio P, ym. Ammattitaudit ja ammattitautiepäilyt 2014 Työperäisten sairauksien rekisteriin kirjatut uudet tapaukset. Työterveyslaitos, Helsinki 2017
3. Pääkkönen R, Ikäheimo M, Vänni T & Kalliolinna H: Melu ja tärinätilanteen valvonta. Raportti sosiaali- ja terveysministeriölle. Työterveyslaitos. Tampere 2009.
4. Pääkkönen R. (2013). Fysikaaliset tekijät. Teoksessa: T. Kauppinen ym. Työ ja terveys Suomessa 2012. Seurantatietoa työoloista ja työhyvinvoinnista. Helsinki: Työterveyslaitos. 2013. 129–134.
5. Pääkkönen R: Käsiin kohdistuva tärinä. Neuvoja käsityökaluja käyttäville autokorjaamossa. Työturvallisuuskeskus, Helsinki 2014. https://ttk.fi/files/4638/Kasiin_kohdistuva_tarina_Neuvoja_kasityokaluja_kayttaville_autokautokorjaa.pdf
6. Pääkkönen R: Käsiin kohdistuva tärinä. Neuvoja käsityökaluja käyttäville metallialalla. Työturvallisuuskeskus, Helsinki 2014. https://ttk.fi/files/4639/Kasiin_kohdistuva_tarina_pdf.pdf
7. Sauni R, Humalajoki R, Pääkkönen R, Peltoniemi N, Lindholm T, Uitti J. Kengäntekijän tärinätauti. *Duodecim*. 2009;125(12):1289-93.
8. Sauni R1, Pääkkönen R, Virtema P, Toppila E, Uitti J. Dose-response relationship between exposure to hand-arm vibration and health effects among metalworkers. *Ann Occup Hyg*. 2009 Jan;53(1):55-62. doi: 10.1093/annhyg/men075. Epub 2008 Nov 14.
9. Sauni R1, Virtema P, Pääkkönen R, Toppila E, Pyykkö I, Uitti J. Quality of life (EQ-5D) and hand-arm vibration syndrome. *Int Arch Occup Environ Health*. 2010 Feb;83(2):209-16. doi: 10.1007/s00420-009-0441-6. Epub 2009 Jul 11.



10. Sauni, R., Toivio, P., Malmström, J., Pääkkönen, R., Uitti, J.: Work ability after diagnosis of hand-arm vibration syndrome. 30th International Congress on Occupational Health. March 18-23 2012. Cancun Mexico. Abstract A1258.
11. Sauni, R., Toivio, P., Pääkkönen, R., Malmström, J. & Uitti, J.: Work disability after diagnosis of hand-arm vibration syndrome. *Int Arch Occup Environ Health* 2015. DOI 10.1007/s00420-015-1034-1. Published online 21 February 2015.
12. Sauni, R., Toivio, P., Toppila, E., Pääkkönen, R., Uitti, J.: Effective information campaign for management of exposure to hand-arm vibration in the metal and construction industries. *JOSE*, 21(2015);2, 158-165.
13. Sauni, R., Uitti, J., Sainio, M., Pääkkönen, R.: Käsiin kohdistuvan tärinän terveyshaitat. *Katsaus. Suomen lääkärilehti* 66(2011); 36, 2579-2583.
14. Rosén, G., Andersson, I-M., Walsh, P., Clark, R., Säämänen, A., Heinonen, K., Riiipinen, H. and Pääkkönen, R.: A Review of Video Exposure Monitoring as an occupational Tool. *Review. Ann.Occup.Hyg. Apr;49(2005);3*, 201-17.
15. Sauni, R., Pääkkönen, R., Virtema, P., Jäntti, V., Kähönen, M., Toppila, E., Pyykkö, I. & Uitti, J.: Vibraton induced white finger syndrome and carpal tunnel syndrome among Finnish metal workers. *Int Arch Occup Environ Health*. 2009 Mar;82(4):445-53.
16. Hanhela, R. & Pääkkönen, R.: Occupational safety and health in Finland. In: Hörte, S. & Christmansson, C. (eds). *Perspektive på arbetsmiljöarbetet. For-skning i Halmstad nr 20. Högskolan i Halmstad. Halmstad 2009. ss. 189-210.*
17. Toni Hyytinen & Juha Vasara: Tärinäntorjunta koneurakointiyrityksissä. Loppuraportti. Tampereen teknillinen yliopisto, Tampere 2007.
18. Tomi Peräsaari Juhani Orkas Uuden tärinädirektiivin vaikutus valimotyöhön. Teknillisen korkeakoulun Valimotekniikan laboratorion julkaisu. Espoo 2007 TTK-VAL-1/2007.
19. Ohjeellinen opas: Hyvät toimintatavat direktiivin 2002/44/EY (altistuminen tärinälle työssä) täytäntöön panemiseksi. Euroopan komissio Työllisyyden, sosiaali- ja tasa-arvoasioiden pääosasto Yksikkö F.4. Käsikirjoitus valmistunut elokuussa 2007.
20. Talja, A. 2004. Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta. VTT Tiedotteita 2278. Espoo: VTT. 50 s. + liitt. 15 s. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2004/T2278.pdf>.



21. Talja, A., Toratti, T. & Järvinen, E. 2002. Lattioiden värähtelyt. Suunnittelu ja ko-keellinen arviointi. VTT Tiedotteita 2124. Espoo: VTT. 50 s. + liitt. 12 s.
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2002/T2124.pdf>.
22. Törnqvist, J. & Talja, A. 2006. Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa. VTT Working Papers 50. VTT: Espoo. 46 s. + liitt. 33 s.
<http://www.vtt.fi/inf/pdf/workingpapers/2006/W50.pdf>.
23. Työturvallisuuskeskus, Rengasalan tärinäopas. Työturvallisuuskeskus, Helsinki 2019.
24. Rytkönen E., High-frequency vibration and noise in dentistry. Väitöskirja, Kuopion yliopiston julkaisuja C. Luonnontieteet ja ympäristötieteet 180. Kuopion yliopisto, Kuopio 2005. 80 s.
25. Starck J. Characteristics of vibration, hand grip force, and hearing loss in vibration syndrome. Alkuperäistutkimukset 4/1984. A thesis. Department of mathematics, Physics and Chemistry, University of Kuopio, 1984.
26. Pyykko I (1974) The prevalence and symptoms of traumatic vasospastic disease among lumberjacks in Finland. A field study. *Work Environ Health* 11:118–131PubMedGoogle Scholar
27. Pyykko I, Farkkila M, Korhonen O, Starck J, Jantti V (1986) Cold provocation tests in the evaluation of vibration-induced white finger. *Scand J Work Environ Health* 12:254–258PubMedGoogle Scholar
28. Virokannas H, Rintamaki H (1991) Finger blood pressure and rewarming rate for screening and diagnosis of Raynaud's phenomenon in workers exposed to vibration. *Br J Ind Med* 48:480–484PubMedGoogle Scholar
29. Markula T, Lahti, T & Peltonen T: Ammunnan ja räjäytysten aiheuttama tärinä. Akustiikkapäivät. Suomen akustinen seura 2013.
30. Pääkkönen, R.: Vibrations. In Elgstrand, K., Pettersson, N (ed.): OSH for development. Royal Institute of Technology, Industrial Economy. Elanders Sverige AB. Stockholm 2009, 255-264.
31. Lü, X, Takala, EP, Toppila, E, Marjanen, Y, Kaila-Kangas, L & Lu, T 2017, 'An optimal sampling approach to modelling whole-body vibration exposure in all-terrain vehicle driving' *Ergonomics*, vol. 60, no. 8, pp. 1074-1084.
<https://doi.org/10.1080/00140139.2016.1250957>

32. Rytkönen E, Sorainen E, LeinoArjas P, Solovieva S: Hand-arm vibration exposure of dentists, The 11th International Hand-Arm Vibration Conference, Jun 3-3 2007, Bologna, Italy
33. Sorainen, E. & Rytkönen, E.: Determination of Propagation Paths of Vibration in the Floor of a Control Room Using Vibration Intensity Measurements. *Applied Acoustics* 26(1989). 1-7.
34. Sorainen E, Penttinen J, Kallio M, Rytkönen E, Taattola K. Lannerankaan välittyvät iskut traktorityössä. Kuopio: Kuopion aluetyöterveyslaitos, 1993.
35. Sorainen E, Penttinen J, Kallio M, Rytkönen E, Taattola K. Whole-body vibration of tractor drivers during harrowing. *Am Ind Hyg Assoc J* 1998; 59:642-4.
36. Sorainen E, Rytkönen E. Whole-body vibration of locomotive engineers. *Am Ind Hyg Assoc J* 1999; 60:409-11.
37. Rytkönen E, Sorainen E. Vibration of dental handpieces. *AIHAJ* 2001; 62:477-81.
38. Rytkönen E, Sorainen E. High frequency vibration of new and used dental hand pieces. In: *Proceedings of Seventh International Congress on Sound and Vibration*; 2000 July 4-7; Garmisch-Partenkirchen. Garmisch-Partenkirchen: Giafranco Guidati, Hugh Hunt, Hanno Heller and Alois Hess, 2000:2435-8.
39. Taneli Rantaharju, Neil J. Mansfield, Jussi M. Ala-Hiiri & Thomas P. Gunston: Predicting the health risks related to whole-body vibration and shock: a comparison of alternative assessment methods for high-acceleration events in vehicles. *Ergonomics*. 2015;58(7):1071-87. doi: 10.1080/00140139.2014.959071. Epub 2014 Oct 14.
40. Sirpa Laitinen, Esko Rytkönen, Mika Jumpponen, Kari Ojanen: Työympäristöriskien hallinta tienvarsihaketuksessa. Työterveyslaitos 2014. <http://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/134975/Ty%c3%b6ymp%c3%a4rist%c3%b6riskien%20hallinta%20tienvarsihaketuksessa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>



Luku 2. Johdanto

Ei viitteitä

Luku 3. Kirjallisuudesta haettua tietoa

Katsaukset ja oppaat

1. Su A, Darus A, Bulgiba A, Maeda S and Miyashita K: The Clinical Features of Hand-arm Vibration Syndrome in a Warm Environment—A Review of the Literature. *J Occup Health* 2012; 54: 349–360.
2. Sue Hewitt and Howard Mason: A critical review of evidence related to hand-arm vibration syndrome and the extent of exposure to vibration. HSE Books. Health and Safety Executive. © Crown copyright 2015, First published 2015.
3. Lage Burström, Greg Neely, Ronnie Lundström and Tohr Nilsson: Occupational exposure to hand-transmitted vibration - Teaching Guide. WHO Geneva Switzerland 2006.
4. Bovenzi, M.: Exposure-response relationship in the hand–arm vibration syndrome: an overview of current epidemiology research. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 71, 509–519 (1998) CrossRefGoogle Scholar
5. R. Dong, E. Sinsel, D. Welcome, C. Warren, X. Xu, T. McDowell, J. Wu: Review and Evaluation of Hand Arm Coordinate Systems for Measuring Vibration Exposure, Biodynamic Responses, and Hand Forces. Review Article. *Safety and Health at Work* 6 (2015) 159-173.
6. Nilsson T, Wahlström J, Burström L: (2017) Hand-arm vibration and the risk of vascular and neurological diseases - systematic review and meta-analysis. *PLoS ONE* 2017, 12(7): e0180795. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0180795>.
7. Mahbub, M.H., Toibana, N., Harada, N.: Review of different quantification methods for the diagnosis of digital vascular abnormalities in hand-arm vibration syndrome. *J. Occup. Health* 53(4), 241–249 (2011) CrossRefGoogle Scholar
8. Harada, N., Mahbub, M.H.: Diagnosis of vascular injuries caused by hand-transmitted vibration. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 81(5), 507–518 (2008) Cross-RefGoogle Scholar
9. Harada, N.: Cold-stress tests involving finger skin temperature measurement for evaluation of vascular disorders in hand-arm vibration syndrome: review of the literature. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 75(1–2), 14–19 (2002) Google Scholar

10. Mahbub, M.H., Kurozawa, Y., Ishitake, T., Kume, Y., Miyashita, K., Sakakibara, H., Sato, S., Toibana, N., Harada, N.: A systematic review of diagnostic performance of quantitative tests to assess musculoskeletal disorders in hand–arm vibration syndrome. *Ind. Health* 53(5), 391–397 (2015) CrossRefGoogle Scholar
11. Rahimdel MJ, Mirzaei M., Prioritization of practical solutions for the vibrational health risk reduction of mining trucks using fuzzy decision making. *Arch Environ Occup Health*. 2019 Mar 12:1-15. doi: 10.1080/19338244.2019.1584085. [Epub ahead of print]
12. Johnson PW, Zigman M, Ibbotson J, Dennerlein JT, Kim JH., A Randomized Controlled Trial of a Truck Seat Intervention: Part 1-Assessment of Whole Body Vibration Exposures. *Ann Work Expo Health*. 2018 Oct 15;62(8):990-999. doi: 10.1093/annweh/wxy062.
13. Kim JH, Zigman M, Dennerlein JT, Johnson PW., A Randomized Controlled Trial of a Truck Seat Intervention: Part 2-Associations Between Whole-Body Vibration Exposures and Health Outcomes. *Ann Work Expo Health*. 2018 Oct 15;62(8):1000-1011. doi: 10.1093/annweh/wxy063.
14. Kim JH, Zigman M, Aulck LS, Ibbotson JA, Dennerlein JT, Johnson PW., Whole Body Vibration Exposures and Health Status among Professional Truck Drivers: A Cross-sectional Analysis. *Ann Occup Hyg*. 2016 Oct;60(8):936-48. doi: 10.1093/annhyg/mew040. Epub 2016 Jul 6.
15. Alam MM, Khan AA, Farooq M., Effect of whole-body vibration on neuromuscular performance: A literature review. *Work*. 2018;59(4):571-583. doi: 10.3233/WOR-182699.
16. Rantaharju T, Mansfield NJ, Ala-Hiiri JM, Gunston TP., Predicting the health risks related to whole-body vibration and shock: a comparison of alternative assessment methods for high-acceleration events in vehicles. *Ergonomics*. 2015;58(7):1071-87. doi: 10.1080/00140139.2014.959071. Epub 2014 Oct 14.
17. Omer H, Bekker A., Human responses to wave slamming vibration on a polar supply and research vessel. *Appl Ergon*. 2018 Feb; 67:71-82. doi: 10.1016/j.apergo.2017.09.008. Epub 2017 Sep 28.
18. Sundstrup E, Hansen ÅM, Mortensen EL, Poulsen OM, Clausen T, Rugulies R, Møller A, Andersen LL., Cumulative occupational mechanical exposures during working life and risk of sickness absence and disability pension: prospective cohort study. *Scand J Work Environ Health*. 2017 Sep 1;43(5):415-425. doi: 10.5271/sjweh.3663. Epub 2017 Aug 7.



19. Johanning E1., Whole-body vibration-related health disorders in occupational medicine--an international comparison. *Ergonomics*. 2015;58(7):1239-52. doi: 10.1080/00140139.2015.1005170. Epub 2015 Feb 6.
20. Qamruddin AA, Husain NRN, Sidek MY, Hanafi MH, Ripin ZM, Ali N., Lifetime Vibration Dose (LVD) Correlates with Severity of Neurological Component of HAVS among Tyre Shop Workers in Kelantan, Malaysia. *Int J Occup Saf Ergon*. 2019 Apr 3:1-9. doi: 10.1080/10803548.2019.1600872. [Epub ahead of print]
21. Bovenzi M, Pinto I, Picciolo F., Risk assessment of vascular disorders by a supplementary hand-arm vascular weighting of hand-transmitted vibration. *Int Arch Occup Environ Health*. 2019 Jan;92(1):129-139. doi: 10.1007/s00420-018-1363-y. Epub 2018 Oct 1
22. Krajnak K1, Waugh S., Systemic Effects of Segmental Vibration in an Animal Model of Hand-Arm Vibration Syndrome. *J Occup Environ Med*. 2018 Oct;60(10):886-895. doi: 10.1097/JOM.0000000000001396.
23. Budd D, Holness DL, House R., Functional limitations in workers with hand-arm vibration syndrome (HAVS). *Occup Med (Lond)*. 2018 Sep 13;68(7):478-481. doi: 10.1093/occmed/kqy097.
24. Poole CJ1, Cleveland TJ2., Vascular hand-arm vibration syndrome-magnetic resonance angiography. *Occup Med (Lond)*. 2016 Jan;66(1):75-8. doi: 10.1093/occmed/kqv151. Epub 2015 Oct 15.
25. Heaver C1, Goonetilleke KS, Ferguson H, Shiralkar S., Hand-arm vibration syndrome: a common occupational hazard in industrialized countries. *J Hand Surg Eur Vol*. 2011 Jun;36(5):354-63. doi: 10.1177/1753193410396636. Epub 2011 Feb 10.

Tärinän subjektiivinen kokeminen

1. SFS-EN ISO 2631-1:1997. Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 1: General requirements
2. MAEDA S and SHIBATA N: Subjective Scaling of Hand-Arm Vibration. *Industrial Health* 2008, 46, 118–124.
3. Talja, A. 2004. Suositus liikennetärinän mittaamisesta ja luokituksesta. VTT Tiedotteita 2278. Espoo: VTT. 50 s. + liitt. 15 s. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2004/T2278.pdf>.



4. Talja, A., Toratti, T. & Järvinen, E. 2002. Lattioiden värähtelyt. Suunnittelu ja ko-keellinen arviointi. VTT Tiedotteita 2124. Espoo: VTT. 50 s. + liitt. 12 s. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/tiedotteet/2002/T2124.pdf>.
5. Törnqvist, J. & Talja, A. 2006. Suositus liikennetärinän arvioimiseksi maankäytön suunnittelussa. VTT Working Papers 50. VTT: Espoo. 46 s. + liitt. 33 s. <http://www.vtt.fi/inf/pdf/workingpapers/2006/W50.pdf>.

Tärinälle altistumisen arviointimenetelmistä kirjallisuudessa

1. Pitts P, Mason B, Pool K & Young C: Relative performance of frequency weighting W_h and candidates for alternative frequency weightings for predicting the occurrence of hand transmitted vibration-induced injuries. *Industrial Health* 50(2012), 388-396.
2. Bovenzi M: Epidemiological evidence for new frequency weightings of hand transmitted vibration. *Industrial Health* 50(2012), 370-388.
3. Pitts P & Brammer A: Frequency weightings for hand transmitted vibration – results of the Ottawa workshop. *Industrial Health* 50(2012), 425-427.
4. Bovenzi M, Pinto I, Picciolo F, Mauro M, Ronchese F: Frequency weightings of hand-transmitted vibration for predicting vibration-induced white finger. *Scand J Work Environ Health* 2011;37(3):244-252. doi:10.5271/sjweh.3129.
5. Jay Kim, Daniel E. Welcome, Ren G. Dong, Won Joon Song, Charles Hayden: Time-frequency analysis of hand-transmitted vibration of impact tools using analytic wavelet transform. Research gate. Cdc 8392_DS1.
6. R. DONG, D. WELCOME, T. MCDOWELL, X. XU, K. KRAJNAK and J. WU: A Proposed Theory on Biodynamic Frequency Weighting for Hand-Transmitted Vibration Exposure. *Ind Health*. 2012; 50(5): 412–424.
7. X. Xu, R. Dong, D. Welcome, C. Warren and T. McDowell: An examination of an adapter method for measuring the vibration transmitted to the human arms. *Measurement (Lond)*. 2015 September; 73: 318–334. doi:10.1016/j.measurement.2015.05.039.
8. Griffin M: Frequency dependence of psychophysical and psycho-physiological responses to hand transmitted vibration. Review. *Industrial Health* 50(2012), 354-369.
9. MAEDA S and SHIBATA N: Subjective Scaling of Hand-Arm Vibration. *Industrial Health* 2008, 46, 118–124.

10. S. Gillibrand, G. Ntani and D. Coggon: Do exposure limits for hand-transmitted vibration prevent carpal tunnel syndrome? *Occupational Medicine* 2016; 66: 399–402. Advance Access publication 9 May 2016 doi:10.1093/occmed/kqw025.
11. M. Burgess and G. Foster: Overview of the occupational exposure limits for hand-arm and whole-body vibration. *Proceedings of Acoustics 2012 - Fremantle* 21-23 November 2012, Fremantle, Australia. Australian Acoustical Society.
12. Keith T Palmer, Barbara Haward, Michael J Griffin, Holly Bendall, David Coggon: Validity of self reported occupational exposures to hand transmitted and whole body vibration. *Occup Environ Med* 2000; 57:237–241.
13. Bovenzi, M., Pinto, I., Picciolo, F., Mauro, M., Ronchese, F.: Frequency weightings of hand-transmitted vibration for predicting vibration-induced white finger. *Scand. J. Work Environ. Health* 37(3), 244–252 (2011) CrossRefGoogle Scholar
14. Harada N (2005b) Effect of hand-arm vibration on health, and prevention. *Jpn J Hyg* 60:156–160 (in Japanese) Google Scholar
15. Burgess, M., Foster G.: Overview of the occupational exposure limits for hand-arm and whole-body vibration. In: *Proceedings of Acoustics, Fremantle, Australia (2012)* Google Scholar
16. Devine, R.: Hand–arm vibration exposure in warm climates: promoting awareness of health effects and controls to employees, management and contractors. *Acoust. Aust.* 44, 107–112 (2016) CrossRefGoogle Scholar
17. Sauni, R., Toivio, P., Paakkönen, R., Malmstrom, J., Uitti, J.: Work dis-ability after diagnosis of hand-arm vibration syndrome. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 88, 1061–1068 (2015) CrossRefGoogle Scholar
18. Griffin, M.J., Bovenzi, M., Nelson, C.M.: Dose response patterns for vibration-induced white finger. *Occup. Environ. Med.* 60, 16–26 (2003) CrossRefGoogle Scholar
19. Lindsell, C.J., Griffin. M.J.: Standardised diagnostic methods for as-sessing components of the hand–arm vibration syndrome. *Contract Research Report 197*, Institute of Sound and Vibration Research, University of Southampton (1998) Google Scholar
20. Ye, Y., Griffin, M.J.: Assessment of two alternative standardised tests for the vascular component of the hand-arm vibration syndrome (HAVS). *Occup. Environ. Med.* 73, 701–708 (2016) CrossRefGoogle Scholar

21. Sadeghi, F., Bahrami, A., Fatemi, F.: The effects of prioritize inspections on occupational health hazards control in workplaces in Iran. *J. Res. Health Sci.* 14(4), 282–286 (2014) Google Scholar
22. Rolke, R., Rolke, S., Vogt, T., Birklein, F., Geber, C., Rolf-Detlef, Treede, Letzel, S., Voelter-Mahlknecht, S.: Hand–arm vibration syndrome: clinical characteristics, conventional electrophysiology and quantitative sensory testing. *Clin. Neurophysiol.* 124, 1680–1688 (2013) CrossRefGoogle Scholar
23. Griffin, M.J., Bovenzi, M.: Protocol for epidemiological studies of hand-transmitted vibration, Annex 1 to VIBRISKS final technical re-port, Institute of Sound and Vibration Research, University of Southampton (2007) Google Scholar
24. Luis Francisco Sigcha, I. Pavón, Pedro M. Arezes and Nelson Costa: Occupational Risk Prevention through Smartwatches: Precision and Uncertainty Effects of the Built-In Accelerometer Article in *Sensors* November 2018. DOI: 10.3390/s18113805.
25. L. Sigcha, I. Pavón, J.Lopez and G. Arcas: Smartwatch’s usefulness for hand - arm vibration exposure assessment. *Industriales research meeting 17*. Poster April 2017 DOI: 10.13140/RG.2.2.17570.02248.
26. Almagirby A, Rongong JA, Carré MJ., The development of a new artificial model of a finger for assessing transmitted vibrations. *J Mech Behav Biomed Mater.* 2018 Feb; 78:20-27. doi: 10.1016/j.jmbbm.2017.11.005. Epub 2017 Nov 4.
27. Bovenzi M, Prodi A, Mauro M., Relationships of neurosensory disorders and reduced work ability to alternative frequency weightings of hand-transmitted vibration. *Scand J Work Environ Health* 2015; 41(3):247-258, doi:10.5271/sjweh.3490
28. Markula T, Lahti, T & Peltonen T: *Ammunnan ja räjäytysten aiheut-tama tärinä. Akustiikkapäivät. Suomen akustinen seura* 2013.
29. Gummesson K. *Training measures and technologies for air contaminant risks.* (Doctoral dissertation). Kungliga tekniska högskolan, Industriell ekonomi och organization, Stockholm 2017, 76 s + artikkelit.

Alakohtaisia tutkimustuloksia kirjallisuudesta

1. M Bovenzi, A Franzinelli, L Scattoni, L Vannuccini: Hand-arm vibration syndrome among travertine workers: a follow up study. *Occupational and Environmental Medicine* 1994; 51:361-365.

2. Bast-Pettersen R, Ulvestad B, Færden K, Clemm T, Olsen R, Ellingsen D and Nordby K-C: Tremor and hand-arm vibration syndrome (HAVS) in road maintenance workers. *Int Arch Occup Environ Health* (2017) 90:93–106. DOI 10.1007/s00420-016-1175-x.
3. L Barregard, L Ehrenström, K Marcus: Hand-arm vibration syndrome in Swedish car mechanics. *Occup Environ Med* 2003; 60:287–294.
4. Mattioli S, Graziosi F, Bonfiglioli R, Barbieri G, Bernardelli S, Acquafresca L, Violante S, Farioli A and Hagberg M: A case report of vibration-induced hand comorbidities in a postwoman. *BMC Musculoskeletal Disorders* 2011, 12:47.
5. Zack O, Levin R, Krakov A, Finestone A and Moshe S: The relationship between low back pain and professional driving in young military recruits. *BMC Musculoskeletal Disorders* (2018) 19:110.
6. N. A. Azmir, M. N. Yahya: Prevalence of Hand-transmitted Vibration Exposure among Grass-cutting Workers using Objective and Subjective Measures. *International Conference on Applied Science (ICAS2016)* IOP Publishing. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 165 (2017) 012026 doi:10.1088/1757-899X/165/1/012026.
7. Liljelind I, Wahlström J, Nilsson L, Persson M, Nilsson T: Can we explain the exposure variability found in hand-arm vibrations when using angle grinders? – A Round Robin laboratory study. *International Archives of Occupational and Environmental Health*, December 2009 83(3):283–90. DOI: 10.1007/s00420-009-0498-2.
8. Burström L, Hyvärinen V, Johnsen M and Pettersson H: Exposure to whole-body vibration in open-cast mines in the Barents region. *Int J Circumpolar Health* 2016, 75: 29373 - <http://dx.doi.org/10.3402/ijch.v75.29373>.
9. Yamada S, Sakakibara H: Occupational disease induced by hand transmitted vibration – The relationship between characteristics of case and kind of tool. *Journal of low frequency noise, vibration and active control* Vol. 20 No. 4 2001. 209 – 216.
10. S. Aziz, M. Nuawi, M. Nor: Monitoring Of Hand-Arm Vibration. *International Journal of Acoustics and Vibration*, Vol. 22, No. 1, 2017 (pp. 34-43). <https://doi.org/10.20855/ijav.2017.22.1448>.
11. M. Cherniack, A. Brammer, T. Nilsson, R. Lundstrom, J. Meyer, T. Morse, G. Neely, D. Peterson, E. Toppila, N. Warren, M. Atwood-Sanders, C. Michalak-Turcotte, U.

- Abbas, H. Bruneau, M. Croteau and R.W. Fu: Nerve Conduction and Sensorineural Function in Dental Hygienists Using High Frequency Ultrasound Handpieces. *American journal of industrial medicine* 49:313–326 (2006).
12. T. McDOWELL, C. WARREN, D. WELCOME and R. DONG: Laboratory and field measurements and evaluations of vibration at the handles of riveting hammers. *Ann Occup Hyg.* 2012 October ; 56(8): 911–924. doi:10.1093/annhyg/mes022.
 13. T. McDowell, X. Xu, C. Warren, D. Welcome and R. Dong: The effects of feed force on rivet bucking bar vibrations. *Int J Ind Ergon.* 2018 September; 67: 145–158. doi:10.1016/j.ergon.2018.05.011.
 14. Paul Pitts and Paul Brereton: The Development and Use of Tools to Support Workplace Hand-Arm Vibration Exposure Evaluation. *Acoust Aust* (2016) 44:113–120. DOI 10.1007/s40857-016-0043-x.
 15. Yung M, Lang AE, Stobart J, Kocielek AM, Milosavljevic S, Trask C (2017): The combined fatigue effects of sequential exposure to seated whole body vibration and physical, mental, or concurrent work demands. *PLoS ONE* 12(12): e0188468. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0188468>.
 16. Sultan T. Al-Otaibi: Prevention of occupational Back Pain. *J Family Community Med.* 2015 May-Aug; 22(2): 73–77. doi: 10.4103/2230-8229.155370: 10.4103/2230-8229.155370. PMCID: PMC4415130. PMID: 25983601.
 17. Rita Bast-Pettersen and Karl-Christian Nordby: Tremor and hand-arm vibration syndrome (HAVS) in road maintenance workers. *International Archives of Occupational and Environmental Health* January 2017
 18. John Bayram, Mark Dunlop Taylor and Chris Oliver: A study of cyclists hand-arm vibration exposure. Conference Paper · October 2018. <https://www.researchgate.net/publication/328027252>.
 19. Työturvallisuuskeskus, Rengasalan tärinäopas. Työturvallisuuskeskus, Helsinki 2019.
 20. Rytönen E., High-frequency vibration and noise in dentistry. Väitöskirja, Kuopion yliopiston julkaisu C. Luonnontieteet ja ympäristötieteet 180. Kuopion yliopisto, Kuopio 2005. 80 s.

Kirjallisuudesta poimittuja ohjeita tärinästä tulevien riskien vähentämiseksi

1. Control the risks from hand-arm vibration. Advice for employers on the Control of Vibration at Work. Regulations 2005. www.hse.gov.uk/vibration/hav .



2. Singh J, Khan AA., Effect of coating over the handle of a drill machine on vibration transmissibility. *Appl Ergon.* 2014 Mar;45(2):239-46. doi: 10.1016/j.apergo.2013.04.007. Epub 2013 May 2.
3. Antonucci A, Barr A, Martin B, Rempel D, Effect of bit wear on hammer drill handle vibration and productivity. *J Occup Environ Hyg.* 2017 Aug;14(8):642-651. doi: 10.1080/15459624.2017.1316385.
4. Ye Y, Mauro M, Bovenzi M, Griffin MJ, Acute effects of mechanical shocks on finger blood flow: influence of shock repetition rate and shock magnitude. *Int Arch Occup Environ Health.* 2012 Aug;85(6):605-14. doi: 10.1007/s00420-011-0704-x. Epub 2011 Oct 2.
5. Starck J. Characteristics of vibration, hand grip force, and hearing loss in vibration syndrome. *Alkuperäistutkimukset 4/1984.* A thesis. Department of mathematics, Physics and Chemistry, University of Kuopio, 1984.
6. Miljković J: Review of Active Vibration Control. *MIPRO 2009/CTS*, 100-108.
7. Pääkkönen, R.: Vibrations. In Elgstrand, K., Pettersson, N (ed.): *OSH for development.* Royal Institute of Technology, Industrial Economy. Elanders Sverige AB. Stockholm 2009, 255-264.

Luku 4. Kohteet ja menetelmät

Standardit ja ohjeet

1. SFS-EN ISO 8041-1:2017. Human response to vibration. Measuring instrumentation. Part 1: General purpose vibration meters (ISO 8041-1:2017)
2. ISO 2631-1:1997. Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 1: General requirements
3. ISO 2631-1:1997/Amd 1:2010. Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 1: General requirements
4. ISO 2631-5:2018. Mechanical vibration and shock – Evaluation of human exposure to whole-body vibration – Part 5: Method for evaluation of vibration containing multiple shocks
5. SFS-EN ISO 5349-1. Mechanical vibration. Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration. Part 1: General requirements (ISO 5349-1:2001)



6. SFS-EN ISO 5349-2. Mechanical vibration. Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration. Part 2: Practical guidance for measurement at the workplace (ISO 5349-2:2001)
7. SFS-EN ISO 5349-2/A1. Mechanical vibration. Measurement and evaluation of human exposure to hand-transmitted vibration. Part 2: Practical guidance for measurement at the workplace (ISO 5349 2:2001/Amd 1:2015)
8. ISO 5982:2019. Mechanical vibration and shock – Range of idealized values to characterize human biodynamic response under whole-body vibration
9. ISO 6897:1984. Guidelines for the evaluation of the response of occupants of fixed structures, especially buildings and off-shore structures, to low-frequency horizontal motion (0,063 to 1 Hz)
10. ISO 8727:1997. Mechanical vibration and shock – Human exposure – Biodynamic coordinate systems
11. ISO 8727:1997/Amd 1:2015. Mechanical vibration and shock – Human exposure – Biodynamic coordinate systems
12. ISO 9996:1996. Mechanical vibration and shock – Disturbance to human activity and performance – Classification
13. ISO 10068:2012. Mechanical vibration and shock – Mechanical impedance of the human hand-arm system at the driving point
14. ISO 10227:1996. Human/human surrogate impact (single shock) testing and evaluation – Guidance on technical aspects
15. SFS-EN ISO 10326-1:2016. Mechanical vibration – Laboratory method for evaluating vehicle seat vibration – Part 1: Basic requirements
16. ISO 10326-2:2001. Mechanical vibration – Laboratory method for evaluating vehicle seat vibration -- Part 2: Application to railway vehicles
17. ISO/TR 10687:2012. Mechanical vibration – Description and determination of seated postures with reference to whole-body vibration
18. SFS-EN ISO 10819. Mechanical vibration and shock – Hand-arm vibration – Measurement and evaluation of the vibration transmissibility of gloves at the palm of the hand. (ISO 10819:2013)
19. SFS-EN ISO 10819:2013/A1:2019. Mechanical vibration and shock – Hand-arm vibration – Measurement and evaluation of the vibration transmissibility of gloves at the palm of the hand. Amendment 1.



20. SFS-EN ISO 13090-1. Mechanical vibration and shock – Guidance on safety aspects of tests and experiments with people – Part 1: Exposure to whole-body mechanical vibration and repeated shock. (ISO 13090-1:1998)
21. Toppila, E., Pääkkönen, R. & Sauni, R.: Method to evaluate the running time of pneumatic tools in a car workshop. *Canadian acoustics* 39(2011)2; 34-35.

Luku 5. Mitatut tärinäaltistumiset suomalaisilta työpaikoilta

Ei viitteitä

Luku 6. Terveysvaikutukset ja riskien arviointi

1. Mason H, Poole K. Evidence review on the clinical testing and management of individuals exposed to hand transmitted vibration. Faculty of Occupational Medicine of the Royal College of Physicians. 2004.
2. Sauni R, Uitti J, Sainio M & Pääkkönen R: Käsiin kohdistuvan tärinän terveyshaitat. *Lääkärilehti* 36/2011, 2579-2583.
3. Sauni R, Frilander H & Sainio M: Tärinä. In Karvala K, Leino T ym. (toim): Altistelähtöinen työterveysseuranta. Työterveyslaitos ja Duodecim, Helsinki 2019, ss. 109-113.
4. Lings S, Leboeuf-Yde C. Whole-body vibration and low back pain: a systematic, critical review of the epidemiological literature 1992–1999. *Int Arch Occup Environ Health* 2000; 73:290–297.
5. Waddell G, Burton A K. Occupational health guidelines for the management of low back pain at work; evidence review. London: Faculty of Occupational Medicine, 2000.
6. Bovenzi M, Hulshof CT. An updated review of epidemiologic studies on the relationship between exposure to whole-body vibration and low back pain (1986-1997). *Int Arch Occup Environ Health*. 1999; 7:351-65.
7. Burström L, Nilsson T, Wahlström J. Whole-body vibration and the risk of low back pain and sciatica: a systematic review and meta-analysis. *Int Arch Occup Environ Health*. 2015 May;88(4):403-18
8. Bovenzi M. Health risks from occupational exposures to mechanical vibration. *Med Lav*. 2006 May-Jun;97(3):535-41



9. Hulshof C T J, van der Laan G, Braam I T J, Verbeek JHAM. The fate of Mrs Robinson: Criteria for recognition of whole-body vibration injury as an occupational disease. *J Sound Vib* 2002; 253:185–194.
10. Johanning E Whole-body vibration-related health disorders in occupational medicine--an international comparison. *Ergonomics*. 2015;58(7):1239-52.
11. Weir E, Lander L. Hand-arm vibration syndrome. *CMAJ*. 2005 Apr 12;172(8):1001-2
12. Sauni R, Pääkkönen R, Virtema P, Jäntti V, Kähönen M, Toppila E, Pyykkö I, Uitti J. Vibration-induced white finger syndrome and carpal tunnel syndrome among Finnish metal workers. *International Archives of Occupational and Environmental Health* 2009; 82(4):445-53.
13. Nilsson T, Wahlström J, Burström L. Hand-arm vibration and the risk of vascular and neurological diseases-A systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2017 Jul 13;12(7):e0180795. doi: 10.1371/journal.pone.0180795.
14. McGeoch K, Gilmour W. Cross sectional study of a workforce exposed to hand-arm vibration: with objective tests and the Stockholm workshop scales. *Occup Environ Med* 2000; 57:35-42.
15. Sauni R, Pääkkönen R, Toppila E, Uitti J. Prevalence of vibration-induced white finger in a population of Finnish metal workers. *Proceedings of 11th International Conference on Hand-Arm Vibration, June 3-7, Bologna, Italy, 2007*
16. Sutinen P, Toppila E, Starck J, Brammer A, Zou J, Pyykkö I. Hand-arm vibration syndrome with use anti-vibration chain saws: 19-year follow-up study of forestry workers. *Int Arch Occup Environ Med* 2006; 79(8):665-671.
17. Valtioneuvoston asetus työntekijöiden suojelemisesta tärinästä aiheutuvilta vaaroilta. Suomen asetuskoelma 48/2005.
18. Valtioneuvoston asetus terveystarkastuksista erityistä sairastumisen vaaraa aiheuttavissa töissä. Suomen asetuskoelma 1485/2001.
19. Griffin MJ. *Handbook of human vibration*. 1990. London: Academic Press; s. 553-608.
20. Pyykkö I, Gemne G. Pathophysiological aspects of peripheral circulatory disorders in the vibration syndrome. *Scand J Work Environ Health* 1987; 13:313-316.
21. Sakakibara H, Yamada S. Vibration syndrome and autonomic nervous system. *Cent Eur J Public Health* 1995;3S:11-14.

22. Björ, B. Myocardial infarction and cardiac regulation in relation to vibration exposure. Umeå Univ. 2008
23. Nilsson T. Neurological diagnosis: aspects of bedside and electrodiagnostic examinations in relation to hand-arm vibration syndrome. *Int Arch Occup Environ Health*. 2002;75(1-2):55-67
24. Takeuchi T, Takeya M, Imanishi H. Pathological changes observed in the finger biopsy of patients with vibration-induced white finger. *Scand J Work Environ Health* 1986; 12:280-3.
25. Hagberg M. Clinical assessment of musculoskeletal disorders in workers exposed to hand-arm vibration. *Int Arch Occup Environ Health* 2002; 75:97-105.
26. Bovenzi M, Della Vedoca A, Nataletti P, Alessandrini B, Poian T. Work-related disorders of the upper limb in female workers using orbital sanders. *Int Arch Occup Environ Health* 2005; 78:303-10.
27. Åström C, Rehn B, Lundström R, Nilsson T, Burström L, Sundelin G. Hand-arm vibration syndrome (HAVS) and musculoskeletal symptoms in the neck and upper limbs in professional drivers of terrain vehicles - a cross sectional study. *Appl Ergon* 2006; 37(6): 793-799.
28. Wahlström J, Burström L, Hagberg M, Lundström R, Nilsson T. Musculoskeletal symptoms among young male workers and associations with exposure to hand-arm vibration and ergonomic stressors. *Int Arch Occup Environ Health* 2008; 81(5): 595-602.
29. Sauni R, Virtema P, Pääkkönen R, Toppila E, Pyykkö I, Uitti J. Quality of life (EQ-5D) and hand-arm vibration syndrome. *Int Arch Occup Environ Health* 2010; 83(2):209-216
30. Allen JA, Doherty CC, McGrann S (1992) Objective testing for vasospasm in the hand-arm vibration syndrome. *Br J Ind Med* 49:688–693PubMedGoogle Scholar
31. Bovenzi M (1987) Finger thermometry in the assessment of patients with VWF. *Scand J Work Environ Health* 13:348–351PubMedGoogle Scholar
32. Bovenzi M (1988a) Finger systolic blood pressure during local cooling in normal subjects aged 20 to 60 years: reference values for the assessment of digital vasospasm in Raynaud's phenomenon of occupational origin. *Int Arch Occup Environ Health* 61:179–181PubMedCrossRefGoogle Scholar

33. Bovenzi M (1988b) Vibration white finger, digital blood pressure, and some biochemical findings on workers operating vibrating tools in the engine manufacturing industry. *Am J Ind Health* 14:575–584CrossRefGoogle Scholar
34. Bovenzi M (1990) Autonomic stimulation and cardiovascular reflex activity in the hand-arm vibration syndrome. *Kurume Med J* 37:85–94Google Scholar
35. Bovenzi M (1992) Response of finger systolic blood pressure to cold provocation in healthy subjects and in Raynaud's phenomenon of occupational origin. In: Dupuis H, Christ E, Sandover D, Taylor W, Okada A (eds) *Proceedings of the 6th international conference on hand-arm vibration*. Druckzentrum Sutter & Partner, Essen, Bonn, pp 75–80Google Scholar
36. Bovenzi M (1993) Digital arterial responsiveness to cold in healthy men, vibration white finger and primary Raynaud's phenomenon. *Scan J Work Environ Health* 19:271–276Google Scholar
37. Bovenzi M (1998) Vibration-induced white finger and cold response of digital arterial vessels in occupational groups with various pat-terns of exposure to hand-transmitted vibration. *Scand J Work Environ Health* 24:138–144PubMedGoogle Scholar
38. Bovenzi M (2002) Finger systolic blood pressure indices for the diagnosis of vibration-induced white finger. *Int Arch Occup Environ Health* 75:20–28PubMedGoogle Scholar
39. Bovenzi M, Della Vedova A, Negro C (2005) A follow up study of vibration induced white finger in compensation claimants. *Occup Environ Med* 62:237–242PubMedCrossRefGoogle Scholar
40. Carnicelli MVF, Griffin MJ, Rice CG (1992) Repeatability of finger systolic blood pressure and finger rewarming. In: Dupuis H, Christ E, Sandover D, Taylor W, Okada A (eds) *Proceedings of the 6th inter-national conference on hand-arm vibration*. Druckzentrum Sutter & Partner, Essen, Bonn, pp 101–109Google Scholar
41. Cederlund R, Iwarsson S, Lundborg G (2003) Hand function tests and questions on hand symptoms as related to the Stockholm workshop scales for diagnosis of hand-arm vibration syndrome. *J Hand Surg* 28:165–171Google Scholar
42. Chang CP (1976) Cold water immersion test in patients with vibration disease. *Sangyo Igaku* 18:453–463PubMedGoogle Scholar
43. Coffman JD (1994) Effects of endothelium-derived nitric oxide on skin and digital blood flow in humans. *Am J Physiol* 267:H2087–H2090PubMedGoogle Scholar

44. Coughlin P (2004) Comment on: cold provocation testing and hand-arm vibration syndrome—an audit of the results of the Department of Trade and Industry for the evaluation of miners (Br J Surg 2003; 90:1076–1079). Br J Surg 91:124PubMedCrossRefGoogle Scholar
45. Coughlin PA, Chetter IC, Kent PJ, Kester RC (2001) The analysis of sensitivity, specificity, positive predictive value and negative predictive value of cold provocation thermography in the objective diagnosis of the hand-arm vibration syndrome. Occup Med 51:75–80CrossRefGoogle Scholar
46. Dupuis H (1987) Thermographic assessment of skin temperature during a cold provocation test. Scand J Work Environ Health 13:352–355PubMedGoogle Scholar
47. Ekenvall L, Lindbland LE (1982) Digital blood pressure after local cooling as a diagnostic tool in traumatic vasospastic disease. Br J Ind Med 39:388–391PubMedGoogle Scholar
48. Ekenvall L, Lindbland LE (1986) Vibration white finger and digital systolic pressure during cooling. Br J Ind Med 43:280–283PubMedGoogle Scholar
49. Fagrell B (1990) Peripheral vascular disease. In: Shepherd AP, Oberg PA (eds) Laser-Doppler blood flowmetry. Kluwer, Boston, pp 201–213Google Scholar
50. Futatsuka M, Inaoka N, Ueno T (1990) Validity of function tests on the upper extremities in establishing a prognosis in vibration syndrome. Ind Health 28:41–52PubMedCrossRefGoogle Scholar
51. Gautherie M (1995) Clinical studies of the vibration syndrome using a cold stress test measuring finger temperature. Cent Eur J Public Health 3:5–10PubMedGoogle Scholar
52. Gautherie M, Meyer S, Walter JP (1992) Multicenter use of computerized chronothermodynamic examinations for the early detection and follow-up of neurovascular disturbances associated with the hand-arm vibration disease. In: Dupuis H, Christ E, Sandover D, Taylor W, Okada A (eds) Proceedings of the 6th international conference on hand-arm vibration. Druckzentrum Sutter & Partner, Essen, Bonn, pp 793–810Google Scholar
53. Gemne G, Pyykko I, Taylor W, Pelmear PL (1987) The Stockholm Workshop scale for the classification of cold-induced Raynaud's phenomenon in the hand-arm vibration syndrome (revision of the Taylor Pelmear scale). Scand J Work Environ Health 13:275–278PubMedGoogle Scholar

54. Griffin MJ, Lindsell CJ (1998) Cold provocation tests for the diagnosis of vibration-induced white finger: standardization and repeatability. Contract research report 173/1998. Health and Safety Executive, LondonGoogle Scholar
55. Hack M, Boillat MA, Schweizer C, Lob M (1986) Assessment of vibration induced white finger: reliability and validity of two tests. *Br J Ind Med* 43:284–287PubMedGoogle Scholar
56. Harada N (1987) Esthesiometry, nail compression test and other function tests used in Japan for evaluating the hand-arm vibration syndrome. *Scand J Work Environ Health* 13:330–333PubMedGoogle Scholar
57. Harada N (2002) Cold-stress tests involving finger-skin temperature measurement for evaluation of vascular disorders in hand-arm vibration syndrome: review of the literature. *Int Arch Occup Environ Health* 75:14–19PubMedCross-RefGoogle Scholar
58. Harada N (2005a) Foreword to Yamaguchi workshop 2004 on standardization of vascular assessment methods. *Environ Health Prev Med* 10:339Google Scholar
59. Harada N, Iwamoto M, Laskar MS, Hirosawa I, Nakamoto M, Shirono S, Wakui T (1998) Effects of room temperature, seasonal condition and food intake on finger skin temperature during cold exposure test for diagnosing hand-arm vibration syndrome. *Ind Health* 36:166–170PubMedCrossRefGoogle Scholar
60. Harada N, Takahashi S, Shirono S, Fujimura H, Morita H, Inagaki J (2001) Occupational exposure limit for hand-arm vibration of the Japan Society for Occupational Health. In: Proceedings of the 9th international congress on hand-arm vibration. NS 242 Note Science & Technique, INRS, Paris, pp 90–95Google Scholar
61. Ho ST, Yu HS (1986) A study of neurophysiological measurements and various function tests on workers occupationally exposed to vibration. *Int Arch Occup Environ Health* 58:259–268PubMedCrossRefGoogle Scholar
62. Howarth HV, Griffin MJ (1989) Assessment of an objective measure of the circulatory function of the fingers. ISVR Memorandum No. 696, University of SouthamptonGoogle Scholar
63. Ishitake T, Ando H (2005) Significance of finger coldness in hand-arm vibration syndrome. *Env Health Prev Med* 10:371–375CrossRefGoogle Scholar
64. Ishitake T, Nakagawa K, Iwamoto J, Mori C, Matoba T (1992) A 4 degrees C-1min method of cold water immersion test for peripheral circulatory function in fingers (in Japanese with English abstract). *Sangyo Igaku* 34:560–564PubMedGoogle Scholar



65. Ishitake T, Kihara T, Matoba T (1995) Application of Stockholm criteria to patients with hand-arm vibration syndrome in a follow-up study. *Cent Eur J Public Health* 3:31–33PubMedGoogle Scholar
66. Ishitake T, Miyazaki Y, Kano M, Ando H, Tsutsumi A, Matoba T (1998) Test room temperature effects on the recovery of skin temperature, vibrotactile threshold and thermal pain perception in cold provocation test. In: Lundstrom R, Lindmark A (eds) *Proceedings of the 8th international conference on hand-arm vibration*. Arbetslivsinstitutet, Stockholm, pp 419–424Google Scholar
67. ISO 14835: Part 1 (2005a) Mechanical vibration and shock—cold provocation tests for the assessment of peripheral vascular function—Part 1: Measurement and evaluation of finger skin temperature. International Organization for Standardization, Geneva, SwitzerlandGoogle Scholar
68. ISO 14835: Part 2 (2005b) Mechanical vibration and shock—cold provocation tests for the assessment of peripheral vascular function—Part 2: Measurement and evaluation of finger systolic blood pressure. International Organization for Standardization, Geneva, SwitzerlandGoogle Scholar
69. Juul C, Nielsen SL (1981) Locally induced digital vasospasm detected by delayed rewarming in Raynaud's phenomenon of occupation-al origin. *Br J Ind Med* 38:87–90PubMedGoogle Scholar
70. Kent P (2003) Comment on: cold provocation testing and hand-arm vibration syndrome—an audit of the results of the Department of Trade and Industry for the evaluation of miners (*Br J Surg* 2003; 90:1076–1079). *Br J Surg* 90:1451–1452PubMedCrossRefGoogle Scholar
71. Kurozawa Y, Nasu Y (2005) Factors influencing finger systolic blood pressure test for diagnosis of vibration-induced white finger. *Environ Health Prev Med* 10:366–370CrossRefGoogle Scholar
72. Kurozawa Y, Nasu Y, Oshiro H (1992) Finger systolic blood pressure measurements after finger cooling. Using the laser-Doppler method for assessing vibration-induced white finger. *J Occup Med* 34:683–686PubMedGoogle Scholar
73. Labour Standards Bureau, Japanese Ministry of Health, Labour and Welfare (1986) *Guidelines for medical treatment of hand-arm vibration syndrome (in Japanese)* Google Scholar
74. Laskar MS, Harada N (2005) Different conditions of cold water immersion test for diagnosing hand-arm vibration syndrome. *Environ Health Prev Med* 10:351–359CrossRefGoogle Scholar

75. Lawson IJ, McGeoch KL (2003) A medical assessment process for a large volume of medico-legal compensation claims for hand-arm vibration syndrome. *Occup Med* 53:302–308CrossRefGoogle Scholar
76. Letz R, Cherniack MG, Gerr F, Hershman D, Pace P (1992) A cross sectional epidemiological survey of shipyard workers exposed to hand-arm vibration. *Br J Ind Med* 49:53–62PubMedGoogle Scholar
77. Lewis T (1930) Observations upon the reactions of the vessels of the human skin to cold. *Heart* 15:177–208Google Scholar
78. Lindsell CJ (2003) Comment on: cold provocation testing and hand-arm vibration syndrome—an audit of the results of the Department of Trade and Industry for the evaluation of miners (*Br J Surg* 2003; 90:1076–1079). *Br J Surg* 90:1451PubMedCrossRefGoogle Scholar
79. Lindsell CJ (2005) Test battery for assessing vascular disturbances of fingers. *Environ Health Prev Med* 10:341–350CrossRefGoogle Scholar
80. Lindsell CJ, Griffin MJ (2000) A standardized test battery for assessing vascular and neurological components of the hand-arm vibration syndrome. In: Lundstrom R, Lindmark A (eds) *Proceedings of the 8th international conference on hand-arm vibration*. Arbetslivsinstitutet, Stockholm, pp 133–141Google Scholar
81. Lindsell CJ, Griffin MJ (2001) Interpretation of the finger skin temperature response to cold provocation. *Int Arch Occup Environ Health* 74:325–335PubMedCrossRefGoogle Scholar
82. Lindsell CJ, Griffin MJ (2002) Normative data for vascular and neurological tests of the hand-arm vibration syndrome. *Int Arch Occup Environ Health* 75:43–54PubMedGoogle Scholar
83. Maricq HR, Valter I, Maricq JG (1998) An objective method to estimate the severity of Raynaud’s phenomenon: digital blood pressure response to cooling. *VascMed* 3:109–113PubMedGoogle Scholar
84. Mason HJ, Poole K, Saxton J (2003) A critique of a UK standardized test of finger rewarming after cold provocation in the diagnosis and staging of hand-arm vibration. *Occup Med* 53:325–330CrossRefGoogle Scholar
85. McGeoch KL, Gilmour WH (2000) Cross sectional study of a work-force exposed to hand-arm vibration: with objective tests and the Stockholm workshop scales. *Occup Environ Med* 57:35–42PubMedCrossRefGoogle Scholar

86. Mirbod SM, Yoshida H, Jamali M, Miyashita K, Takada H, Inaba R, Iwata H (1998) Finger skin temperature and laser-Doppler finger blood flow in subjects exposed to hand-arm vibration. *Ind Health* 36:171–178PubMedCrossRefGoogle Scholar
87. Nakamoto M (1990) Responses of sympathetic nervous system to cold exposure in vibration syndrome subjects and age-matched healthy controls. *Int Arch Occup Environ Health* 62:177–181PubMedCrossRefGoogle Scholar
88. Nakamoto M, Harada N, Toibana N (1993) A study on plasma catecholamines and endothelin in vibration syndrome subjects and healthy controls. *Jpn J Ind Health* 35: S299 (in Japanese) Google Scholar
89. Nielsen SL, Lassen NA (1977) Measurement of digital blood pressure after local cooling. *J Appl Physiol* 43:907–910PubMedGoogle Scholar
90. Nielsen SL, Sorensen CJ, Olsen N (1980) Thermostated measurement of systolic blood pressure on cooled fingers. *Scand J Clin Lab Invest* 40:683–687PubMedCrossRefGoogle Scholar
91. Olsen N (1988) Diagnostic tests in Raynaud's phenomena in workers exposed to vibration: a comparative study. *Br J Ind Med* 45:426–430PubMedGoogle Scholar
92. Olsen N (2002) Diagnostic aspects of vibration-induced white finger. *Int Arch Occup Environ Health* 75:6–13PubMedGoogle Scholar
93. Olsen N (2005) Standardization of finger systolic blood pressure (FSBP) cooling tests. *Environ Health Prev Med* 10:360–365CrossRefGoogle Scholar
94. Olsen N, Nielsen SL (1979) Diagnosis of Raynaud's phenomenon in quarrymen's traumatic vasospastic disease. *Scand J Work Environ Health* 5:249–256 Google-Scholar
95. Olsen N, Nielsen SL, Voss P (1982) Cold response of digital arteries in chain saw operators. *Br J Ind Med* 39:82–88PubMedGoogle Scholar
96. Olsen N, Hagberg M, Ekenvall L, Futatsuka M, Harrison J, Nasu Y, Welsh C, Yamada S, Yoshida M (1995) Clinical and laboratory diagnostics of vascular symptoms induced by hand-arm vibration (report from discussions in a working group). In: Gemne G, Brammer AJ, Hagberg M, Lundstrom R, Nilsson T (eds) *Proceedings of the Stockholm Workshop 94. Hand-arm vibration syndrome: diagnostics and quantitative relationships to exposure.* 25–28 May 1994. *Arbete Och Halsa* 5:181–186Google Scholar

97. Palmer KT, Coggon DN (1997) Deficiencies of the Stockholm vascular grading scale for hand-arm vibration. *Scand J Work Environ Health* 23:435–439PubMedGoogle Scholar
98. Palmer KT, Griffin MJ, Syddall H, Cooper C, Coggon D (2002) The clinical grading of Raynaud's phenomenon and vibration-induced white finger: relationship between finger blanching and difficulties in using the upper limb. *Int Arch Occup Environ Health* 75:29–36PubMedGoogle Scholar
99. Pelmeur PL (2004) Comment on: hand-arm vibration syndrome. *Occup Med* 54:128–130CrossRefGoogle Scholar
100. Pelmeur PL, Taylor W (1992) Clinical evaluation. In: *Hand-arm vibration. A comprehensive guide for health professionals*. Van Nostrand Reinhold, New York, pp 77–97Google Scholar
101. Pelmeur PL, Taraschuck I, Leong D, Wong L (1985) Cold water immersion test in hand-arm vibration exposure. *J Low Freq Noise Vib* 4:89–97Google Scholar
102. Pelmeur PL, Roos J, Leong D, Wong L (1987) Cold provocation test results from a 1985 survey of hard-rock miners in Ontario. *Scand J Work Environ Health* 13:343–347PubMedGoogle Scholar
103. Pelmeur PL, Wong L, Dembek B (1992) Laboratory tests for the evaluation of hand-arm vibration syndrome. In: Dupuis H, Christ E, Sandover D, Taylor W, Okada A (eds) *Proceedings of the 6th inter-national conference on hand-arm vibration*. Druckzentrum Sutter & Partner, Essen, Bonn, pp 817–827Google Scholar
104. Poole K, Elms J, Mason H (2004) The diagnostic value of finger systolic blood pressure and cold-provocation testing for the vascular component of hand-arm vibration syndrome in health surveillance. *Occup Med* 54:520–527Cross-RefGoogle Scholar
105. Poole K, Elms J, Mason H (2006) Modification of Stockholm vascular scale. *Occup Med (Epub ahead of print)* Google Scholar
106. Proud G, Burke F, Lawson IJ, McGeoch KL, Miles JN (2003) Cold provocation testing and hand-arm vibration syndrome—an audit of the results of the Department of Trade and Industry scheme for the evaluation of miners. *Br J Surg* 90:1076–1079PubMedCrossRefGoogle Scholar
107. Pyykko I (1974) The prevalence and symptoms of traumatic vasospastic disease among lumberjacks in Finland. A field study. *Work Environ Health* 11:118–131PubMedGoogle Scholar

108. Pyykko I, Farkkila M, Korhonen O, Starck J, Jantti V (1986) Cold provocation tests in the evaluation of vibration-induced white fin-ger. *Scand J Work Environ Health* 12:254–258PubMedGoogle Scholar
109. Sakakibara H (1994) Sympathetic responses to hand-arm vibration and symptoms of the foot. *Nagoya J Med Sci* 57:99–111PubMedGoogle Scholar
110. Sakakibara H (1998) Pathophysiology and pathogenesis of circulatory, neurological, and musculoskeletal disturbances in hand-arm vibration syndrome. In: Pel-mear PL, Wasseman DE (eds) *Hand-arm vibration*. OEM Press, Beverly Farms, Massachusetts, pp 45–72Google Scholar
111. SakakibaraH, Akamatsu Y, Miyao M, Kondo T, Furuta M, Yamada S, Harada N, Miyake S, Hosokawa M (1988) Correlation between vibration-induced white fin-ger and symptoms of upper and lower extremities in vibration syndrome. *Int Arch Occup Environ Health* 60:285–289CrossRefGoogle Scholar
112. Sakakibara H, Luo J, Zhu SK, Hirata M, Abe M (2002) Autonomic nervous activity during hand immersion in cold water in patients with vibration-induced white finger. *Ind Health* 40:254–259PubMedCrossRefGoogle Scholar
113. Sparks HV Jr (1999) Learning the regulation of peripheral blood flow. *Am J Physiol* 277: S164–S173 PubMedGoogle Scholar
114. Spurr GB, Hutt PT, Horvath SM (1955) The effects of age on finger temperature responses to local cooling. *Am Heart J* 50:551–555PubMedCrossRefGoogle Scholar
115. Stoyneva Z, Lyapina M, Tzvetkov D, Vodenicharov E (2003) Current pathophysiological views on vibration-induced Raynaud’s phenomenon. *Cardiovasc Res* 57:615–624PubMedCrossRefGoogle Scholar
116. Suizu S, Harada N (2005) Effects of waterproof covering on hand immersion tests using water at 10 degrees C, 12 degrees C and 15 degrees C for diagnosis of hand-arm vibration syndrome. *Int Arch Occup Environ Health* 78:311–318 PubMedCrossRefGoogle Scholar
117. Virokannas H, Rintamaki H (1991) Finger blood pressure and re-warming rate for screening and diagnosis of Raynaud’s phenome-non in workers exposed to vibration. *Br J Ind Med* 48:480–484PubMedGoogle Scholar
118. Voelter-Mahlknecht S, Letzel S, Dupuis H (2005) Diagnostic significance of cold provocation test at 12°C. *Environ Health Prev Med* 10:376–379CrossRefGoogle Scholar

119. Voelter-Mahlknecht S, Krummenauer F, Koulele D, Mahlknecht U, Escobar Pinzon LC, Dupuis H, Letzel S (2006) First experiences with DIN ISO 14835-1 in the context of vibration-induced white finger disease. *Int Arch Occup Environ Health* 79:427–432PubMedCrossRefGoogle Scholar
120. von Bierbrauer A, Schilk I, Lucke C, Schmidt JA (1998) Infrared thermography in the diagnosis of the Raynaud's phenomenon in vibration-induced white finger. *Vasa* 27:94–99Google Scholar
121. Yamada S, Sakakibara H, Futatsuka M, Harada N, Nakamoto M (1994) Correlations among examination findings, subjective symptoms and classification of stages in vibration syndrome. *Nagoya J Med Sci* 57:49–57PubMedGoogle Scholar
122. Yoo C, Lee JH, Lee CR, Kim Y, Lee H, Choi Y, Kim YW, Chae CH, Kim H, Koh SB, Kim E, Lee LJ, Lee K (2005) Occupational hand-arm vibration syndrome in Korea. *Int Arch Occup Environ Health* 78:363–368PubMedCrossRefGoogle Scholar
123. Yu HS, Yao TH, Tseng HM, Ho ST, Chien CH (1988) Vibration syndrome-with special reference to the effects of temperature on vibration-induced white finger. *J Dermatol* 15:466–472
124. Edlund, M., Gerhardsson, L., Hagberg, M.: Physical capacity and psychological mood in association with self-reported work ability in vibration-exposed patients with hand symptoms. *J. Occup. Med. Toxicol.* 7, 1–7 (2012) CrossRefGoogle Scholar
125. Poole, K., Mason, H.: The Value of the WEST Monofilaments in Detecting Neurosensory Deficit Caused by Hand-arm Vibration Exposure. Health and Safety Laboratory, Harpur Hill Buxton Derbyshire SK17 9JN (2009) Google Scholar
126. Laskar, M.D.S., Harada, N.: Different conditions of cold water immersion test for diagnosing hand-arm vibration syndrome. *Environ. Health Prev. Med.* 10, 351–359 (2005) CrossRefGoogle Scholar
127. Gerhardsson, L., Burstrom, L., Hagberg, M., Lundstrom, R., Nilsson, T.: Quantitative neurosensory findings, symptoms and signs in young vibration exposed workers. *J. Occup. Med. Toxicol.* 8, 1–7 (2013) CrossRefGoogle Scholar
128. Gemne, G., Pyykko, I., Taylor, W., Pelmeur, P.L.: The Stockholm work-shop scale for the classification of cold-induced Raynauds-phenomenon in the hand-arm vibration syndrome (revision of the Taylor-Pelmeur scale). *Scand. J. Work Environ. Health* 13(4), 275–278 (1987) CrossRefGoogle Scholar

129. Griffin, M.J.: Measurement, evaluation, and assessment of peripheral neurological disorders caused by hand-transmitted vibration measurement. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 81(5), 559–573 (2008)CrossRefGoogle Scholar
130. Bovenzi, M., Prodi, A., Mauro, M.: Relationships of neurosensory dis-orders and reduced work ability to alternative frequency weightings of hand-transmitted vibration. *Scand. J. Work Environ. Health* 41(3), 247–258 (2015)CrossRefGoogle Scholar
131. Poole, C.J.M., Mason, H., Harding, A.H.: The relationship between clinical and standardized tests for hand–arm vibration syndrome. *Occup. Med.* 66, 285–291 (2016)CrossRefGoogle Scholar
132. Harada, N., Mahbub, M.H.: Diagnosis of vascular injuries caused by hand-transmitted vibration. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 81, 507–518 (2008)Cross-RefGoogle Scholar
133. Mahbub, M.H., Ishitake, T., Kurozawa, Y., Toibana, N., Ide, F., Ohnari, H., Tanigawa, K., Takahashi, Y., Harada, N.: Diagnostic performance of cold provocation test with hands immersion in water at 10 C for 5 min evaluated in vibration induced white finger patients and matched controls. *Int. Arch. Occup. Environ. Health* 84, 805–811 (2011)Google Scholar
134. Anderson, A.M., Croft, R.P.: Reliability of Semmes Weinstein monofilament and ballpoint sensory testing, and voluntary muscle testing in Bangladesh. *Lepr. Rev.* 70(3), 305–313 (1999)Google Scholar
135. Van Brakel, W.H., Khawas, I.B., Gurung, K.S., Kets, C.M., Van Leerdam, M.E., Drever, W.: Intra- and inter-tester reliability of sensibility testing in leprosy. *Int. J. Lepr. Other Mycobact. Dis.* 64(3), 287–298 (1996)Google Scholar
136. Edlund M, Gerhardsson L and Hagberg M: Physical capacity and psychological mood in association with self-reported work ability in vibration-exposed patients with hand symptoms. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology* 2012, 7:22.
137. Gerhardsson L, Burstrom L, Hagberg M, Lundstrom R and Nilsson T: Quantitative neurosensory findings, symptoms and signs in young vibration exposed workers. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology* 2013, 8:8.
138. Priscila A. de Araújo, Maria Lúcia M. Duarte*, Frederico C. Horta, Lucas A. Penna de Carvalho, Guilherme G. Roca Arenales: The effect of exposure duration on whole-body vibration comfort. Conference paper 2016, Research gate

139. R Campbell, M. Janko, R. Hacker: Hand-arm vibration syndrome: A rarely seen diagnosis. *J Vasc Surg Cases and Innovative Techniques* 2017;3:60-2.
140. M J Griffin, M Bovenzi, C M Nelson, Dose-response patterns for vibration-induced white finger. *Occup Environ Med* 2003;60:16–26
141. Krause A, Lee K, Freyler K, Bührer T, Gollhofer A, Ritzmann R., Whole-body vibration impedes the deterioration of postural control in patients with multiple sclerosis. *Mult Scler Relat Disord.* 2019 Apr 3;31:134-140. doi: 10.1016/j.msard.2019.03.026. [Epub ahead of print]
142. Centner C, Ritzmann R, Schur S, Gollhofer A, König D., Blood flow restriction increases myoelectric activity and metabolic accumulation during whole-body vibration. *Eur J Appl Physiol.* 2019 Apr 4. doi: 10.1007/s00421-019-04134-5. [Epub ahead of print].
143. Harada, M. H. Mahbub., Diagnosis of vascular injuries caused by hand-transmitted vibration. *International Archives of Occupational and Environmental Health.* April 2008, 81:507
144. Murtonen, Riskien arviointi työpaikalla. Sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskus ja Työturvallisuuskeskus, 2015.

Luku 7. Tärinän torjunta

1. Koneasetus VNA 400/2008. Finlex, asetuskokoelma. <https://www.finlex.fi/fi/laki/smur/2008/20080400> , luettu 16.12.2019.
2. Siirilä T., Pahkala J.: EU-määräysten mukainen koneiden turvallisuus. 5. painos Fimtekno Oy, Inspecta Oy, 2004.
3. Rantanen, S., Pääkkönen, R.: Työhygienian käytännön toteutus työpaikalla. In: Starck, J., Kalliokoski, P., Kangas, J., Pääkkönen, R., Rantanen, S., Riihimäki, V. & Karhula A-L: Työhygieniä. Työterveyslaitos, Helsinki 2008, 81-112.
4. Työturvallisuuslaki 738/2002, Finlex, asetuskokoelma. <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2002/20020738> , luettu 26.11.2019
5. Pääkkönen, R.: Vibrations. In Elgstrand, K., Pettersson, N (ed.): OSH for development. Royal Institute of Technology, Industrial Economy. Elanders Sverige AB. Stockholm 2009, 255-264.



Käsineiden vaikutus tärinälle altistumiseen

1. Milosevic M and McConville K: , Evaluation of Protective Gloves and Working Techniques for Reducing Hand-arm Vibration Exposure in the Workplace. *J Occup Health* 2012; 54: 250–253.
2. S. Hewitt, R. Dong, T. McDowell and D. Welcome: The Efficacy of Anti-vibration Gloves. *Acoust Aust*. 2016 April ; 44(1): 121–127. doi:10.1007/s40857-015-0040-5.
3. D. Welcome, R. Dong, X. Xu, C. Warren and T. McDowell: Tool-specific performance of vibration-reducing gloves for attenuating fingers-transmitted vibration. *Occup Ergon*. 2016 ; 13(1): 23–44. doi:10.3233/OER-160235.
4. D. Welcome, R. Dong, X. Xu, C. Warren, T. McDowell and J. Wu: An examination of the vibration transmissibility of the hand-arm system in three orthogonal directions. *Int J Ind Ergon*. 2015 February ; 45: 21–34.
5. Nobuyuki SHIBATA: Shelf aging of anti-vibration glove. *Industrial Health* 2017, 55, 575–579 Short Communication. ©2017 National Institute of Occupational Safety and Health.
6. Budd D, House R, Examining the Usefulness of ISO 10819 Anti-Vibration Glove Certification. *Ann Work Expo Health*. 2017 Mar 1;61(2):137-140. doi: 10.1093/annweh/wxx018.
7. Sue Hewitt, Ren G. Dong, Daniel E. Welcome and Thomas W. McDowell: Anti-Vibration Gloves? Commentary. *Ann. Occup. Hyg.*, 2014, 1–15. doi:10.1093/annhyg/meu089.
8. Robert J. Jack: The effectiveness of using two different types of anti-vibration gloves compared to bare hand condition at dampening the frequencies associated with hand-arm vibration syndrome. *Work* 25 (2005) 197–203. IOS Press.

Luku 8. Tulevaisuuden näkymät

Ei viitteitä

Työkoneiden ja työkalujen tärinä on kasvava ammattitauteja aiheuttava altiste. Keinoja altistumisten hallintaan on kuitenkin varsin vähän, kun työvälineitä käytetään niiden pitkäikäisyyden takia vuosia ja uusien hankinnassa tärinäpäästöarvoja ei osata riittävästi hyödyntää.

Tämä raportti kokoaa viimeisimmän tiedon tärinäaltistumisen selvittämisestä, vaikutuksista ihmiseen ja keinoista hallita altistumista.

Raportti sisältää suosituksia ja tietopohjaa työpaikkojen riskienarviointiin ja tärinätorjuntaohjelmien laadintaan, työsuojeluhenkilöstön ja työsuojelutarkastajien toimintaan, työterveyshuollon terveydellisen merkityksen arviointiin sekä työhygieenikoille altistumisen selvittämiseen. Myös laitevalmistajille ja laitteita myyville tahoille raportissa on toimintaohjeita altistumisten hallitsemiseksi.



Työterveyslaitos
Arbetshälsainstitutet
Finnish Institute of Occupational Health
PL 40, 00032 Työterveyslaitos
www.ttl.fi

ISBN 978-952-261-888-7 (PDF)