



Tavoitetasoperustelumuistio melulle

Työterveyslaitos
Topeliuksenkatu 41 a A, 00250 Helsinki
puh. 030 4741, faksi 030 474 2779

Tämän asiakirjan osittainen julkaiseminen on sallittu vain Työterveyslaitoksen antaman kirjallisen luvan perusteella.



Sisällysluettelo

Yhteenveto

1 Dokumentin tarkoitus	4
2 Taustaa.....	4
3 Melun haittavaikutukset	5
3.1 Sisäkorvavaikutukset	5
3.2 Onnettomuusriski	7
3.3 Yhteisvaikutukset	8
3.4 Infraääni ja pientaajuinen ääni	9
3.5 Häiritsevyys ja ärsytysvaikutukset	9
4. Tavoitetasot	10
5 Kirjallisuus.....	11

YHTEENVETO

Tämä tavoitetasodokumentti on ensisijaisesti tarkoitettu käytettäväksi työhygieenisessä toiminnassa, jossa sitä voidaan käyttää riskinhallintaa tukemaan.

Melu vaikuttaa kielteisesti monella tavalla työntekijän terveyteen, työssä selviytymiseen ja työhyvinvointiin. Melun aiheuttamia haittavaikutuksia ovat muun muassa:

1. Melun vaikutukset kuuloon
2. Melun vaikutus puheen ymmärrettävyyteen
3. Melun vaikutus häiritsevyyteen
4. Melun aiheuttama onnettomuusriski
5. Melun ja ototoksisten aineiden yhteisvaikutus
6. Melun ja värinän yhteisvaikutus

Melu sisältää informaatiota, joka on työn suorittamisen kannalta tärkeää. Se voi myös peittää häiritsevää, pienivolyyymistä ääntä. Tästä syystä melun torjunnassa tulee pyrkiä työntekijälle optimaaliseen ratkaisuun, jossa saadaan akustisesti paras mahdollinen ympäristö. Sellainen ympäristö, joka on hyvä normaalikuuloiselle, ei välttämättä sovi huonokuuloiselle. Tällöin on pyrittävä yksilöllisiin ratkaisuihin. Työterveyslaitoksen ehdottamat tavoitetasot melulle on esitetty taulukossa 1. Myös alarajalle, jonka alle ei tule pyrkiä, on annettu suositus.

Taulukkoon 2 on vaikutusmekanismeittain koottu eri asettajien viitearvot melulle.

Taulukko 1. Melun tavoitetasot.

	Lakisääteinen/ standardinmukainen taso	Tavoitetaso
Tasainen melu	87 dB(A) (VNa85/2006)	70-75 dB(A) (Mitattuna kuulosuojaimen alla)
Impulssimelu	140 dB(C) (peak) (VNa85/2006)	< 105 dB(C) (peak) (Mitattuna kuulosuojaimen alla)
Varoitusaänen kuuluvuus	13 dB (ISO 7731)	> 13 dB (Mitattuna kuulonsuojaimen alla, ottaen huomioon kuulon aleneman merkitys).
Puheen ymmärrettävyys		SII > 0,5
Yhteisvaikutukset kemikaaleille altistuttaessa		Ainakin styreenillä, toluenilla, rikkihiilellä, lyijyillä, elohopealla ja hiilimonoksidilla esiintyy yhteisvaikutuksia melun kanssa. Jos melutaso on ≥ 75 dB(A) ja kyseisten kemikaalien pitoisuudet ylittävät 10 % HTP-arvosta suositellaan kuulonsuojainten tai "meluvaimennustulppien" käyttöä, jotta melu korvaan jää alle 75 dB.
Raskaana olevan altistuminen melulle		Yllä olevien lisäksi: Tasainen melu: < 115 dB(C) (8 h) (Työtilassa mitattuna). Impulssimelu: < 155 dB(C) (peak) (Työtilassa mitattuna).

Taulukko 2. Eri asettajien viitearvoja melulle

Vaikutus	Metriikka	Arvo ja yksikkö	Arvon luonne
Kuulovaikutukset			
Kuulon alenema	$L_{Aeq,8h}$	87 dB	Lakisääteinen yläraja altistukselle (Vna85/2006)
Kuulon alenema	$L_{C,peak}$	140 dB (peak)	Lakisääteinen yläraja impulssimelun altistukselle (Vna85/2006)
Kuulon alenema	$L_{Aeq,8h}$	80 dB(A)	Lain mukaan tämän yläpuolella kuulonsuojaimet annettava pyydettyäessä (Vna85/2006)
Kuulon alenema	$L_{C,peak}$	135 dB (peak)	Lain mukaan tämän yläpuolella kuulonsuojaimet annettava pyydettyäessä (Vna85/2006)
Kuulon alenema	$L_{Aeq,8h}$	alle 75 dB(A)	Ei kuulon alenemaa (ISO 1999:1990)
Isolaation tunne	L_{Aeq}	70 dB	Tämän alapuolella isolaation tunne, jos käytetään kuulonsuojaimia (EN 458)
Onnettomuusriski			
Varoitusäänen kuuluvuus	Ääni-tausta	13 dB	Vaatus varoitusäänille (ISO 7731:2003)
Puheen ymmärrettävyys			
Puheen ymmärrettävyys	SII tai STI	0,7	Vaativa kommunikaatio (ANSI S 3.5-1997)
Puheen ymmärrettävyys	SII tai STI	0,5	Normaali kommunikaatio, otettava huomioon kuulon alenema ja kuulosuojaimet (ANSI S 3.5-1997)
Häiritsevyys ja fysiologinen vaste			
Taustan ymmärrettävyys	STI	<0,45	IEC 60268
Toimistoympäristö	L_{Aeq}	60 dB	Autonomisen hermoston sympaattisen toiminnan lisääntyminen (Babisch, 2006)

Käytetyt yksiköt

L_{Ex} = Elinaikainen altistus (ISO1990:1999)

$L_{Aeq,8h}$ = Päiväaltistuksen energiaekvivalentti taso, Jos $L_{Aeq,8h} = y$ dB, on $L_{Ex} = y + 10 \cdot \log_{10}(T)$, missä T on altistusaika vuosina (ISO 9612:2009)

$L_{C,peak}$ = äänenpaineen C-painotettu huipputaso

SII = speech intelligibility index, tätä käytetään kun mitataan kommunikaatiolinjan häiriöidenmerkki vaikutusta puheen ymmärrettävyyteen

STI = speech transmission index, tätä käytetään, kun mitataan puheen ymmärrettävyyttä työtilassa

1 Dokumentin tarkoitus

Tavoitetasolla tarkoitetaan tässä tasoja ja arvoja, joihin pyrkimällä työpaikat pystyvät kehittämään työympäristöään. Aineistona on tutkimustieto, mutta myös meludirektiivin (EY 2003) ja meluasetuksen (VNa 85/2006) soveltamiseksi tarkoitetut standardit, hyvät käytännöt ja ohjeet. Tämän hetken tilanne on, että yritykset eivät pääse meluasioissa kaikilta osin edes meluasetuksen (VNa 85/2006) mukaiselle tasolle. Tavoitetaso tulisi olla parempi tai pidemmälle kehittynyt kuin lakisääteinen taso, joten tarvitaan joillekin melun osa-alueille soveltamisohjeita. Meluasetuksessa asetetaan vaatimukset sekä työsuojeluorganisaation että työterveyshuollon toiminnalle. Osalle vaatimuksia on annettu mitattavat arvot ja osalle vaatimukset ovat kvalitatiivisia, eli on ilmoitettu, että kyseiset asiat on otettava huomioon riskin arvioinnissa ja -hallinnassa.

Tavoitetasodokumentti on ensisijaisesti tarkoitettu käytettäväksi työhygieenisessä toiminnassa. Se antaa mahdollisuuden ottaa kantaa meluasetuksen kvalitatiivisiin vaatimuksiin, joita tähän asti ei ole yleensä otettu huomioon riskinarvioinnissa. Lähtökohtana on, että melukartoituksen esitiedoissa selvitetään mahdolliset yhteisvaikutukset (täriinä, ototoksiset aineet), onnettomuusriski (kommunikaatio, hälytysäänien kuuleminen, puheen ymmärrettävyys) ja kuinka hyvin suojain sopii työhön. Mittausten ja analysoinnin aikana on lisäksi arvioitava impulssimaisuuden mahdollinen lisäriski, joka listataan lausuntoon. Dokumentti ei ole tarkoitettu kliiniseen käyttöön.

2 Taustaa

Perinteisen määritelmän mukaan melu on vahingollista tai häiritsevää ääntä. Työsuojelussa asia ei ole aivan näin yksinkertainen, vaan melu sisältää aina informaatiota, joka on oleellista työn suorittamisen tai vaarojen väistämisen takia. Esimerkiksi prosessiteollisuudessa melu kertoo paljon siitä, missä kunnossa laitteet ovat. Vastaavasti konttoriympäristössä häiritsevä puhe antaa myös mahdollisuuden seurata, mitä ympärillä tapahtuu. Tästä syystä melun yhteydessä ei tule koskaan pyrkiä mahdollisimman pieneen melutasoon, vaan aina on pyrittävä optimaaliseen tilanteeseen, jossa melun haitat minimoidaan ilman, että hyödyt vähenevät. Optimaalinen alue riippuu henkilön kuulosta. Kuulovammaisella on pienempi dynaaminen alue käytettävissään, joten hänelle voi optimaalinen alue olla korkeammalla kuin normaalikuuloisella. Koska kaikki työskentelevät samoissa tiloissa, tämä voi merkitä eri tavoin säädettyjä kuulon apuvälineitä eri henkilöille. Esimerkkinä tästä ovat passiiviset vs. aktiiviset kuulonsuojaimet. Teollisuusympäristössä on pystyttävä seuraamaan taustamelussa olevaa informaatioita. Esimerkiksi väärin valitut kuulonsuojaimet voivat estää tämän, mikä helposti johtaa meluntorjuntatoimenpiteiden epäonnistumiseen (Toppila ym., 2009).

Melulle altistutaan esimerkiksi teollisissa töissä ja käytettäessä käsikäyttöisiä moottorilla toimivia laitteita. Prosessiteollisuudessa voidaan yrittää saavuttaa suositusarvoja teknisin torjuntatoimenpitein, kuten koteloinnilla. Käsikäyttöisellä laitteella ääni on useimmiten työstön aiheuttamaa joten sitä ei voida käytännössä vähentää. Siksi tässä tilanteessa on pyrittävä saavuttamaan tavoitetasot kuulonsuojaimilla.

Meludirektiivin (EY 2003) mukaan vahingollisuudessa otetaan huomioon vain sisäkorvavaikutukset ja vaikutukset onnettomuusriskiin. Direktiivin johdantotekstissä todetaan, että melulla on muitakin terveysvaikutuksia, mutta käytössä oleva tieto ei ole vielä riittävän tarkkaa.

Työsuojeluorganisaatiolle asetetut vaatimukset melun arvioinnin suhteen ovat: (VNa 85/2006)

1. Meluallistuksen arviointi ja vertaaminen raja- ja toiminta-arvoihin (taulukot 3 ja 4). Mittaukset tulisi tehdä standardin ISO 9612 mukaisesti.
2. Melun impulssimaisuuden vaikutus kuulovammariskiin (taulukko 4)
3. Melun aiheuttama onnettomuusriskin arviointi (taulukot 5 ja 6). Puheen ymmärrettävyys voidaan mitata standardin ANSI S3.5-1997 mukaisesti.
4. Melun ja ototoksisten aineiden (luku 4) sekä melun ja tärinän yhteisvaikutusten arviointi
5. Kuulonsuojainten sopivuus
 - riittävä vaimennus
 - suuri käytettävyys

Kohdissa 2-4 joudutaan arvioimaan mittausten tarpeellisuutta kvalitatiivisen menetelmin. Kohdat 1 ja 2 sisältävät myös melun aiheuttaman herkkyuden onnettomuuksille. Tässä dokumentissa ei käsitellä kohtaa 1.

Tässä dokumentissa tarkastellaan vain niitä tekijöitä, joille altistutaan työssä ja joista on olemassa riittävä näyttö. Riittävällä näytöllä tarkoitetaan tässä sitä, että vaikutusmekanismi tunnetaan ja voidaan antaa vähintään jokin mittaussuure, jonka perusteella suositus voidaan tehdä. Dokumentti on tarkoitettu riskinarvioita ja preventiota varten, mutta ei kliiniseen käyttöön.

Melun suhteen riittävää tieteellistä/lainsäädännöllistä perustetta antaa suosituksia seuraaville melun vaikutuksille on arvioitu seuraavassa:

- sisäkorvavaikutukset (lakisääteiset raja-arvot perustuvat näihin)
- melulle erityisen alttiiden henkilöiden osoittaminen (ei raja-arvoa) (ISO 1999:1990)
- melun aiheuttama onnettomuusriski (ei lakisääteisiä arvoja, mutta laki velvoittaa arvioimaan) (Toppila ym., 2009)
- melun impulssimaisuuden vaikutus riskiin (ei lakisääteisiä arvoja, mutta laki velvoittaa arvioimaan) (Toppila ym., 2000)
- yhteisvaikutukset (ei lakisääteisiä arvoja, mutta laki velvoittaa arvioimaan)
 - melu ja ototoksiset aineet (Sliwinska-Kowalska ym., 2007)
 - melu ja tärinä (Pyykkö ym., 1987)
- psykososiaaliset vaikutukset (annettu asumisterveysohjeessa, ei työturvallisuuslainsäädännössä suoraan mainittuna); keskittymiskyvyn heikkeneminen (ei lakisääteisiä arvoja, Landström ym., 1999)
- puheen ymmärtämisen heikkeneminen [ei lakisääteisiä arvoja, WHO Community Noise (Berglund ym., 1999)]

3 Melun haittavaikutukset

3.1 Sisäkorvavaikutukset

Melun sisäkorvavaikutukset aiheutuvat joko kemiallisten vaikutusten tai mekaanisten vaurioiden kautta (Pyykkö ym., 2007). Melu lisää karvasolujen metaboliaa, mikä saattaa johtaa kemiallisiin vaurioihin. Metabolian seurauksena muodostuu oksidantteja, jotka voivat aiheuttaa solukuoleman pääasiallisesti apoptoosin (ohjelmoitu solukuolema) kautta. Meluallistumisen seurauksena voi myös syntyä mekaanisia mikroaurioita, joita solu saattaa pystyä korjaamaan. Mikäli näin ei käy, voivat vauriot johtaa solukuolemaan nekroosin kautta. Nekroottiseen solukuolemaan liittyy runsaammin kuulo-oireita kuten tinnitusta (Pyykkö ym., 2007). Taulukkoon 3 on koottu tasaiseen meluun liittyvät vaikutukset eri melutasoilla.

Impulssimaisessa melussa on havaittu kuulovamman pahentumista, jota ei voi selittää standardimallilla ISO 1999:1990 (Starck ym., 1988). Mikäli melutaso on matala ja impulssit siis ovat myös heikkoja, ei kyseistä ilmiötä havaita (Toppila ym., 2000). Piikkiarvoa, jonka jälkeen melupiikeistä tulee lisäriski, ei tunneta. Tasolla 115 dB(C) kuulovamman pahentuminen on todettavissa (Scheibe ym., 1992). Ilmeisesti 105 dB(C) on se raja, jonka alla piikkiarvo ei ole merkittävä (Toppila ym., 2000). Impulssimaiseen meluun liittyy aina kohonnut tinnituksen riski (Axelsson ja Prasher, 2000). Melu katsotaan impulssimaiseksi vain jos altistutaan tuhansille impulsseille työpäivän aikana. Esimerkkejä tästä ovat hitsaus tai rumpujen soitto. Impulssimeluun liittyy akuutin kuulovamman riski. Sille ei ole olemassa annos-vastesuhdetta. Myöskään alarajaa ei tunneta (Taulukko 4). Eläinkokeiden perusteella, myös sikiön kuuloelinhaittojen riski saattaa kasvaa korkeilla, yli 155 dB(C) impulsseilla (NEHC-TM92-2, ACGIH 2012).

Optimaalisen alueen käsite on otettu huomioon kuulonsuojainten valintaohjeessa (EN 458-2004). Mikäli melua vaimennetaan kuulonsuojaimilla, on muistettava, että liian voimakas vaimennus johtaa eristäytyneisyyden tunteeseen, vaikeuttaa vaarasta varoittavien signaalien kuulemistä ja kommunikointia. Tästä syystä kuulonsuojaimilla korvaan menevä melutason ei tulisi olla alle 70 dB (EN 458-2004).

Meluasetus edellyttää, että työterveyshuolto osoittaa melulle erityisen alttiit henkilöt. Heillä melu alkaa heikentää kuuloa jo 75 dB(A) arvosta lähtien (ISO 1999:1990). Täten heille tulisi melutaso rajata välille 70-75 dB(A). Standardissa EN 458 mainitaan että suojainten valinnassa on otettava huomioon huono kuulo.

Taulukkoihin 3 ja 4 on koottu tasaiseen ja impulssimaiseen meluun liittyviä viitearvoja.

Taulukko 3. Tasainen melu: viitearvoja

Arvo (L_{Ex}) dB	Vaikutus	Viite
87	Raja-arvo, aiheuttaa muutosta kuuloon noin 5-10 %:lla	ISO 1999:1990
85	Ylempi toiminta-arvo, aiheuttaa muutosta kuuloon noin 5 %:lla väestöstä	ISO 1999:1990
80	Alempi toiminta-arvo, melulle erityisen alttiit saavat muutosta kuuloon	ISO 1999:1990
75	Ei pysyviä muutoksia kuuloon	ISO 1999:1990
70	Tämän alapuolelle ei tulisi altistuksen mennä kuulonsuojaimilla	EN 458

Taulukko 4. Impulssimainen melu: viitearvoja

Arvo ($L_{C,peak}$) dB	Vaikutus	Viite
140	Ylempi raja-arvo (mitataan suojaimen sisäpuolelta)	VNa 85/2006
137	Ylempi toiminta-arvo (ilman suojaimia)	VNa 85/2006
135	Alempi toiminta-arvo (ilman suojaimia)	VNa 85/2006
105	Impulssimaisuus ei enää lisää kuulovaurioriskiä (mitataan suojaimen sisäpuolelta)	Toppila ym., 2000

3.2 Onnettomuusriski

Melun aiheuttama onnettomuusriski johtuu siitä, että melu peittää varoitussignaalit ja/tai se heikentää puheen ymmärrettävyyttä. Varoitussignaalien kuuluvuus on määritelty standardissa ISO 7713. Se antaa riittävän tason normaalikuuloiselle, mutta kuulonsuojainten käyttö ja huono kuulo voivat heikentää oleellisesti kuuluvuutta. Hälytysäänten kuuluvuuksien mittauksissa on otettava nämä seikat huomioon. Toisin sanoen, spektrit tulee korjata kuulokäyrällä ja suojaimen vaimennuksella. Onnettomuusriski ei johdu pelkästään melusta, vaan tarvitaan olosuhteet, joissa melu kasvattaa onnettomuuden todennäköisyyttä.

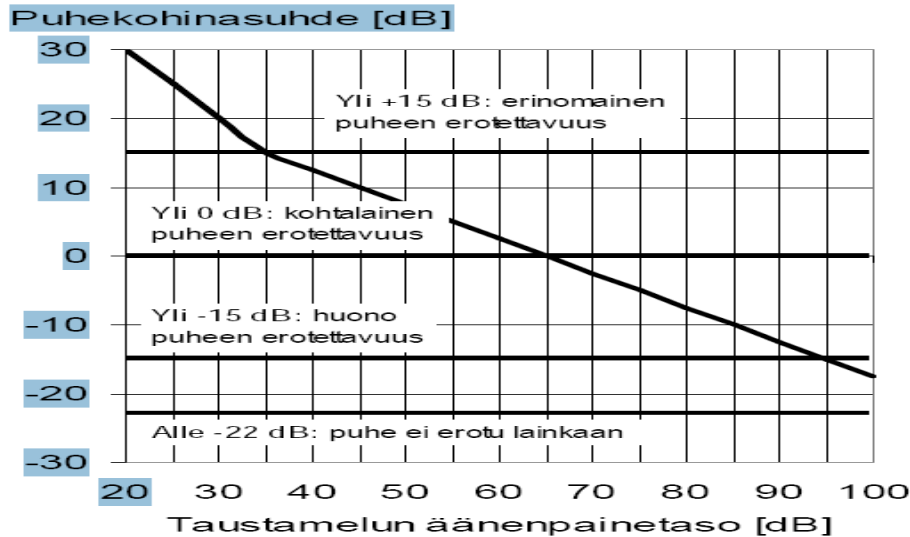
Varoitussignaalien kuuluvuuteen liittyviä viitearvoja ja suositeltu tavoitetaso on esitetty taulukossa 5.

Taulukko 5. Viitearvot ja tavoitetaso varoitussignaalien kuuluvuudelle

Arvo (dB)	Vaikutus	Viite
13 dB (ilman suojaimia)	Varoitussäänten kuuluvuus yli taustan kahdella kaistalla	ISO 7731:2003 Lakisääteinen minimi
13 dB (suojaimilla)	Sama kuin yllä mutta korjattuna kuulonsuojainten vaikutuksella ja käyttäjien kuulokäyrällä	Tavoitetaso
3.6 dB /oktaavi	Kuulonsuojainten vaimennus, melun maskivaikutuksen vähentämiseksi	BGI 673

Puheen ymmärrettävyys edellyttää sitä, että puhe erottuu taustamelusta riittävän hyvin. Signaalikohinasuhde on yksinkertainen arviointimenetelmä. Yleensä arvioidaan, että puheen erottuvuus on erinomainen, jos signaalikohinasuhde on yli 15 dB (kuva 1). Arvio on voimakas yksinkertaistus tilanteesta, koska arviossa ei oteta huomioon taustamelun ja puheen spektrin merkitystä. Puhealueen lähellä oleva melu voi aiheuttaa peittovaikutuksen, joka heikentää ymmärrettävyyttä. Myös kuulonsuojaimet usein heikentävät signaalikohinasuhdetta. Teollisissa tiloissa signaali-kohinasuhde on erittäin harvoin yli 15 dB. Huonollakin signaalikohinasuhteella ymmärrettävyys voi olla hyvä, jos puheen ja melun spektrit eroavat riittävästi. Tätä voidaan analysoida käyttäen standardia ANSI S3.5, joka ottaa kaikki tekijät huomioon, mukaan lukien kuulonsuojainten ja kuulon aleneman vaikutus. Siinä mittaustulos on puheen ymmärrettävyysindeksi SII (taulukko 6). SII ja STI mittaavat puheen ymmärrettävyyttä siten, että ne arvioivat kuinka paljon puhe on taustamelun yläpuolella kaistoittain. Kullakin kaistalla on

painoarvo, joka vastaa kaistan merkitystä puheen ymmärtämisessä. SII on tarkoitettu kommunikaatiolinjoille ja STI huoneakustiikkaan.



Kuva 1. Puheen erottuvuus (RIL)

Taulukko 6. Tavoitetasot puheen ymmärrettävyydelle

Arvo (puheen ymmärrettävyys- indeksi SII, STI)	Vaikutus	Viite
0.7	Puheen ymmärrettävyys erinomainen, vaativa kommunikaatio	ANSI S3.5
0.5	Puheen ymmärrettävyys kohtalainen, teollisuuslaitoksissa riittävä	ANSI S3.5
0.45	Puheen ymmärrettävyys heikko, taustamelun yläraja	ANSI S3.5

Melun aiheuttama onnettomuusherkyys edellyttää aina työhygieenisiä mittauksia, joissa tarvitaan kuulokäyrää pohjatietona. Siksi tarvitaan työhygieenikon ja työterveyshuollon yhteistyötä. Taulukko 6 antaa mahdollisuuden arvioida suojainten ja kuulon aleneman yhteisvaikutuksen puheen ymmärrettävyyteen. Taulukko 5 antaa mahdollisuuden arvioida varoitusäänien kuuluvuuden.

3.3 Yhteisvaikutukset

Ototoksiset aineet

Ototoksisuudesta on selvää näyttöä ihmisissä ainakin styreenin, tolueenin, rikkihiilen, lyijyn, elohopean ja hiilimonoksidin osalta (European Risk Observatory, 2009; Johnson ja Morata, 2010; ACGIH, 2012). Ruotsissa 1.7.2012 voimaan astuneessa työhygieenisten raja-arvojen luettelossa on yllä mainituille aineille annettu meluhuomautus, jonka mukaan samanaikainen altistuminen näille aineille pitoisuuksissa, jotka ovat lähellä raja-arvoa, sekä lähellä 80 dB olevalle melulle, saattaa aiheuttaa kuulovaurion (Arbetsmiljöverket, 2011). ACGIH suosittelee vuosittaista kuulontarkastusta

sellaisille työntekijöille, jotka säännöllisesti altistuvat yllä mainituille kemikaaleille pitoisuuksissa, jotka ovat ≥ 20 % kyseisten aineiden työhygieenisistä raja-arvoista (ACGIH, 2012).

Meluasetus velvoittaa arvioimaan melun ja ototoksisten aineiden yhteisvaikutuksen. Tällä hetkellä siihen ei kuitenkaan löydy selkeätä menetelmää. Toistaiseksi on näyttöä siitä, että liuottimilla yhteisvaikutukset alkavat noin 83 dB:n melutasoista lähtien (Dudarewicz ym., 2010).

3.4 Infraääni ja pientaajuinen ääni

Infraäänellä tarkoitetaan alle 20 Hz:n taajuista ääntä. Pientaajuinen ääni on taajuudeltaan rajattu useimmiten alueelle alle 500 Hz. Pientaajuinen melu voi aiheuttaa VAD-oireyhtymän (Vibro Acoustic Disease). Tyypillisiä altistuneita ovat ilmailun ja raskaan teollisuuden työntekijät. Taudin aiheuttajana on solun ulkopuolisten matriisien (kollageeni, elasiini) epänormaali kasvu, jota tapahtuu verisuonistossa, keuhkoissa ja munuaisissa. (Alves-Pereira ja Castelo Branco, 2007) Oireyhtymä on erittäin vaikea diagnosoida, koska tavallisissa kokeissa esimerkiksi EEG löydökset, ovat normaalit. Annosvastesuhdetta ei tunneta. Alves-Pereira ja Castelo-Branco (2007) suosittelevat rajaksi lineaarisena äänitasona 90 dB, mutta myöntävät, että sama altistustaso eri ryhmillä antaa erilaiset tulokset. Tämä johtuu todennäköisesti erilaisista taajuusjakautumista. Siksi aikuiselle ei voi antaa pientaajuiselle melulle tavoitetasoja terveystasteiden näkökulmasta.

3.5 Häiritsevyys ja ärsytysvaikutukset

Psykososiaaliset vaikutukset syntyvät keskushermoston eri toimintojen välisistä interaktioista. Herkkyys muutosten havaitsemiseen ja turtuminen jatkuvaan tai toistuvaan ilmiöön (= habituaatio) ovat hermojärjestelmän fysiologisia perusominaisuuksia, jotka ovat olleet ihmiskunnan kehityksen aikana tarpeen. Vaarallinen ilmiö pystytään tunnistamaan siten, että sille annetaan neutraalin leiman sijasta vaarallisen leima. Aivoissa tämä toteutuu siten, että havaintohahmosta rakentuu hermoyhteyksistä tunnekeskukseen (limbinen systeemi) ja autonomiseen hermostoon (stressihormonivälitys, adrenaliini). Tällöin aistimus laukaisee pahanolon tunnetta, ahdistusta, hätäntymistä, vihaa ym. vahvoja tunteita, syke nopeutuu ja veri ohjautuu lihaksiin. Samalla alitajuisen kuuloradan toiminta kiihtyy ja hälytyssignaali kuuluu selvemmin (Ylikoski, 2009). Tämä selittää myös sen, että kovin hiljaiset tilat tuntuvat häiritseviltä. Tätä alarajan problematiikkaa on vähän tutkittu.

Näitä reaktioita voidaan vähentää pitämällä taustamelu mahdollisimman neutraalina. Asumisterveysohje antaa arviointitekniikat häiritsevyydelle impulssimaisen äänen ja kapeakaistaisen äänen suhteen (Asumisterveysohje, 2003) (Taulukko 7). Tämän lisäksi on otettava huomioon, että taustamelun informaatio sisältö voi häiritä (kts Taulukko 6).

Taulukko 7. Häiritsevyyteen ja stressiin liittyviä lukuarvoja

Arvo	Vaikutus	Viite
95 dB pitkän aikaa	Stressihormonien lisääntyminen	Ising ja Kruppa 2006
60 dB	Autonomisen hermoston sympaattisen toiminnan lisääntyminen	Ising ja Kruppa 2006

4. Tavoitetasot

Suositus

Tasainen melu: Melutasossa tulee pyrkiä aina alle 85 dB(A). Erinomainen taso on alle 80 dB(A), mutta melulle erityisen alttiille henkilöille¹ (meluasetuksen vaatimus) taso on 75 dB(A). Jos käytetään suojaimia, alle 70 dB(A) tasoja on vältettävä, koska isolaation tunne lisää onnettomuusriskiä.

Impulssimaisen äänen huipputaso tulisi aina vaimentaa alle 105 dB(C) (peak). Yksittäisten huipputasojen tulisi jäädä alle 130 dB(C) tason. Kuulonsuojaimia käytettäessä on muistettava, että nopeiden impulssien vaimennus on yleensä suurempi kuin tasaisen melun. Mikäli tasaisen melun vaimennus menee alle 70 dB, on parempi tinkiä impulssien huippuarvojen vaimennuksesta (Esimerkki tilanteesta: MIG hitsaus).

Kun väärin ymmärrys voi aiheuttaa onnettomuuden, puheen ymmärrettävyyssindeksin tulisi olla $SII > 0.5$ ottaen huomioon kuulonsuojaimet ja kuulon aleneman.

Varoitusäänien kuuluminen: Noudatetaan standardia ISO 7731, ottaen huomioon kuulonsuojainten ja kuulon aleneman vaikutus. (Huom. standardin vaatimukset on kirjoitettu normaalikuuloiselle, joka ei käytä kuulonsuojaimia. Tämä voi johtaa tietyissä tilanteissa onnettomuusriskiin.).

Monien kemikaalien kohdalla yhteisvaikutuksia melun kanssa saattaa esiintyä jo nykyisten HTP arvojen alueella. Tästä syystä tavoite on, että melutaso on alle 75 dB kun työtilassa on ototoksisia aineita, joilla on yhteisvaikutuksia melun kanssa. Ototoksisuudesta on selvää näyttöä ainakin styreenillä, toluenilla, rikkihiilellä, lyijyillä, elohopealla ja hiilimonoksidilla (Johnson ja Morata, 2010). Jos melutaso on ≥ 75 dB(A) ja kyseisten kemikaalien pitoisuudet ylittävät 10 % HTP-arvosta (noudatetaan varovaisuusperiaatetta, käyttäen 10-kertaista turvamarginaalia, koska yhteisvaikutusta melun kanssa ei ole huomioitu HTP-arvoja asetettaessa), suositellaan kuulonsuojainten tai heikompitehoisempien "meluvaimennustulppien" käyttöä, jotta melu korvaan jää alle 75 dB(A). Aineiden ototoksisuudesta löytyy tietoa Johnson ja Moratan (2010) raportissa sekä osoitteessa <http://www.irsst.qc.ca/en/ototoxicite.html>.

Raskaana olevat: Pyritään siihen, että sikiö ei altistu korkeammalle melutasolle kuin mitä suositellaan aikuiselle. Yllä olevien tavoitetasojen lisäksi suositellaan, huomioiden vatsan ääntä eristävä vaikutus, tavoitetasona tasaiselle melulle < 115 dB(C) ja impulssimelulle < 155 dB(C) (peak) työtilassa mitattuna (ACGIH, 2012) Käytännössä tämä estää esimerkiksi raskaana olevien naisten ammuntharjoitukset tai valvojana toimimisen.

¹ Melulle erityisen alttiilla henkilöillä tarkoitetaan henkilöitä, joilla melu aiheuttaa kuulon aleneman poikkeuksellisen nopeasti ja alemmilla melutasoilla.

5 Kirjallisuus

ACGIH (2012). 2012 TLVs® and BEIs® with 7th Edition Documentation, CD-ROM, Cincinnati, USA.

Alves-Pereira, M. ja Castelo Branco, N.A. (2007). Vibroacoustic disease: Biological effects of infrasound and low-frequency noise explained by mechanotransduction cellular signalling, *Progress in Biophysics and Molecular Biology* 93, 256–279

ANSI S 3.5-1997. (1997). Methods for calculation of the speech intelligibility index, American standards Institute.

Arbetsmiljöverket (2011). Hygieniska gränsvärden, AFS 2011:18. Arbetsmiljöverket, Sverige.
<http://www.av.se/teman/hygieniska>

Asumisterveysohje (2003). Sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskus 2003:1, Sosiaali- ja terveystieteiden tutkimuskeskus, Helsinki, (<http://pre20090115.stm.fi/pr1063357766490/passthru.pdf>)

Axelsson A. ja Prasher D. (2000). Tinnitus induced by occupational and leisure noise, *Noise and Health*, 2, 47-54.

Babisch, W. (2011), Cardiovascular effects of noise, *Noise and Health*13, 201-204

Berglund, B., Lindvall, T., Schwela, D. (1999). Community noise guidelines. World Health Organization, WHO.
<http://www.who.int/docstore/peh/noise/guidelines2.html>. luettu 19.11.2011

BGI 673. (2003). Recommendation for use of hearing protectors during participation in road traffic, Köln, Carl Heinmans Verlag.

Dudarewicz A., Toppila E., Pawlaczyk–Łuszczynska M., Sliwinska–Kowalska M. (2010). The Influence of Selected Risk Factors on the Hearing Threshold Level of Noise Exposed Employees, *Arch. Acoust.*, 35, 131–142.

EN 458:2004 (2004) Hearing protectors. Recommendations for selection, use, care and maintenance. Guidance document, CEN Brussel

European risk observatory (2009). Combined exposure to noise and chemicals, European agency for health and safety at work, Bilbao.
http://osha.europa.eu/en/publications/literature_reviews/combined-exposure-to-noise-and-ototoxic-substances

EY (2003). EUROOPAN PARLAMENTIN JA NEUVOSTON DIREKTIIVI 2003/10/EY, terveyttä ja turvallisuutta koskevista vähimmäisvaatimuksista työntekijöiden suojelemiseksi altistumiselta fyysikaalisista tekijöistä (melu) aiheutuville riskeille.

IEC 60268-16 2003-05 (2003) Sound system equipment – Part 16: Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index

Ising H. ja Kruppa B. (2006). Stress effects of noise. Kirjassa *Noise and its effects*, Toim. Luxon L, Prasher D, John Wiley & Sons.

ISO 9612:2009 (2009). Acoustics -- Determination of occupational noise exposure -- Engineering method, International organization of standardization, Geneva.

ISO 7731:2003 (2003). Ergonomics - Danger signals for public and work areas, International organization of standardization, Geneva.

ISO 1999:1990 (1990). Acoustics -- Determination of occupational noise exposure and estimation of noise-induced hearing impairment.

Johnson A.C. ja Morata T. (2010). Occupational exposure to chemicals and hearing impairment, The Nordic Expert Group for Criteria Documentation of Health Risks from Chemicals, *Arbete och hälsa*;44(4), http://gupea.ub.gu.se/bitstream/2077/23240/1/gupea_2077_23240_1.pdf

Landström, U., Arlinger, S., Hygge, S., Johansson, Ö., Kjellberg, A., Persson Waye, K. (1999) Störande buller Kunskapsöversikt för kriteriedokumentation. *Arbete och hälsa* 27, Arbetslivsinstitutet. Stockholm. http://gupea.ub.gu.se/bitstream/2077/4203/1/ah1999_27.pdf

NEHC-TM92-2 (2006). Reproductive and developmental hazards: A guide for occupational health professionals, US navy manual NEHC-TM92-2. <http://www.ehs.washington.edu/ohsreprohaz/USNavyReprodev2006.pdf>

Passchier-Vermeer W., Passchier W.F. (2000). Noise Exposure and Public Health, *Environ Health Persp* 108, Suppl.1, 123-31.

Pierson L.L. (1996). Hazards of Noise Exposure on Fetal Hearing, *Seminars in Perinatology*, 20, 21-29.

Pyykkö, I., Pekkarinen J., Starck, J. (1987). Sensory-neural hearing loss during combined noise and vibration exposure, *Int Arch Occup Environ Health*, 59, 439-454.

Pyykkö I., Toppila E., Zou J., Kentala E. (2007). Pharmacotherapy of the inner ear, (220-238), *Genes, Hearing and Deafness, From Molecular Biology to Clinical Practice*. Editors Martini A., Stephens D. Read A., Informa Healthcare.

Scheibe F., Haupt H., Ludwig C. (1992). Intensity-dependent changes in oxygenation of cochlear perilymph during acoustic exposure. *Hear Res*; 63, 19–25.

Sliwiska-Kowalska M, Prasher D, Rodrigues CA, Zamysłowska-Szmytko E, Campo P, Henderson D, Lund SP, Johnson AC, Schäper M, Odkvist L, Starck J, Toppila E, Schneider E, Möller C, Fuente A, Gopal KV. (2007). Ototoxicity of organic solvents - from scientific evidence to health policy. *Int J Occup Med Environ Health* 20, 215–222.

Starck J., Pekkarinen J, Pyykkö I. (1988). Impulse noise and hand–arm vibration in relation to sensory neural hearing loss. *Scand J Work Environ Health* 14, 265–71.

Toppila E., Pyykkö I., Pääkkönen R. (2009). Evaluation of the Increased Accident Risk From Workplace Noise, *Int J Occup Safety Ergon (JOSE)*, 15, 155–162

Toppila E., Pyykkö I., Starck J., Kaksonen R., Ishizaki H. (2000). Individual Risk Factors In The Development Of Noise-Induced Hearing Loss. *Noise & Health* 8, 59-70.

VNa 85/2006 (2006). Valtioneuvoston asetus työntekijöiden suojelemisesta melusta aiheutuivilta vaaroilta 26.1.2006/85

Ylikoski J. (2009). Tinnitus. Duodecim 125, 1859–67.

ASIAANTUNTIJAT

Tämän perustelumuistion ovat toimittaneet Esko Toppila ja Rauno Pääkkönen, 2012.