



## Lyijy

### PERUSTELUMUISTIO EPÄORGAANISEN LYIJYN BIOLOGISEN ALTI STUMI SINDI KAATTORIN RAJA-ARVON UUSIMI SELLE

#### Yksilöinti ja ominaisuudet

CAS No:	7439-92-1
EINECS No:	231-100-4
Lyijyn kemiallinen merkki	Pb
Molekyyli paino	207,2
Muuntokerroin	1 µmol/l = 20,7 µg/dl 1 µg/dl = 0,048 µmol/l 1 ppm = 8,6 mg/m <sup>3</sup> (101 kPa, 25 °C) 1 mg/m <sup>3</sup> = 0,12 ppm 1% = 10000ppm = 12000mg/m <sup>3</sup>
Tiheys:	11,34g/ cm <sup>3</sup> (20 °C)
Sulamispiste:	327,4 °C
Kiehumispiste:	1740 °C
Höyrynpaine:	1,777, 1000 °C

Lyijy (Pb) on sinertävän hopeanharmaa, pehmeä metalli. Matalan höyrystymislämpötilansa vuoksi lyijyä sisältäviä metalliseoksia kuumennettaessa (esimerkiksi hitsaus ja polttoleikkaus) syntyy helposti lyijyhuuruja, jotka muodostavat lyijyoksidia lämpötiloissa 550-600 °C. Lyijy on vastustuskykyistä korroosiolle ja veteen liukenematonta, mutta liukenee typpihappoon ja kuumaan rikkihappoon. Lyijysuolojen liukenevuus veteen vaihtelee, lyijysulfidi ja lyijyoksidit liukenevat huonosti, sitä vastoin lyijynitraatti, -klooraatti ja -kloridi ovat suhteellisen vesiliukoisia.

#### Esiintyminen ja käyttö

Luonnossa lyijyä tavataan yleisimmin sulfidimineraaleissa, joissa sitä on usein hopean ja sinkin, toisinaan myös kuparin, arseenin ja vismutin kanssa. Yleisimpiä lyijyä sisältäviä työperäisiä altisteita ovat epäorgaaniset lyijyoksidi PbO ja lyijytetraoksidi Pb<sub>3</sub>O<sub>4</sub>, lyijykromaatti PbCrO<sub>4</sub>, (emäksinen) lyijykarbonaatti 2PbCO<sub>3</sub>.Pb(OH)<sub>2</sub>.

Lyijyseoksia käytetään sähkö- ja telekaapeleissa, korroosiota kestävinä seoksina ja pinnoitteina, laakerimateriaalina, juotosmetallina, luodeissa ja hauleissa, melun ja tärinän vaimennukseen sekä säteilysuojana. Messingeissä ja pronsseissa lyijyä käytetään parantamaan valuominaisuuksia ja lastuttavuutta. Lyijyä ja lyijy-yhdisteitä käytetään mm. korroosionestoaineena, väriaineena ja pehmitteenä maaleissa (lyijyoksidi, lyijykromaatti, ja lyijynaftelaatti), lisäaineena kristallilasissa (lyijyoksidi), stabilisaattorina PVC- muoveissa (lyijystearaatti) ja lisäaineena ruudeissa (lyijyasetaatti). Työterveyslaitoksen arvion mukaan lyijylle altistuu Suomessa noin 4500 työntekijää. Altistuneiden määrä on voimakkaasti vähentynyt viimeisen kymmenen vuoden aikana. Suurimmat altistuvat am-



## Työterveyslaitos

mattiryhmät ovat koneen- ja moottorinkorjaajat, valimotyöntekijät, muovituotetyöntekijät, elektronikka- ja teleasentajat, sekä konepaja- ja rakennusmetallityöntekijät. Voimakkaimmin altistuneita ammattiryhmiä ovat valimotyöntekijät, sulatto- ja sulatusuunitönteijät sekä hitsaajat ja kaasuleikkaajat.

### I imeytyminen ja poistuminen elimistöstä, aineenvaihdunta

Epäorgaaninen lyijy imeytyy hengitysteistä (lyijyhöyryt, - huuрут ja - pöly) ja vähäisesti ruoansulatuskanavan kautta. Epäorgaanisen lyijyn imeytyminen ihon läpi on vähäistä, mutta orgaaniset alkyylilyijy-yhdisteet imeytyvät tehokkaasti ihon läpi. Alkyylilyijy-yhdisteiden aineenvaihdunnassa vapautuu jonkin verran epäorgaanista lyijyä. Verenkierrassa pääosa lyijystä on punasoluihin sitoutuneena (99%).

Lyijy seuraa aineenvaihdunnassa kalsiumia ja siirtyy verestä luustoon, josta sen poistumisen puoliintumisaika on yli 10 vuotta. Aikuisilla noin 90 % imeytyneestä epäorgaanisesta lyijystä varastoituu luustoon. Raskaus- ja imetysaikana lyijyä voi vapautua luustovarastosta takaisin verenkiertoon kalsiumin aineenvaihduntaa seuraten. Verenkierrassa oleva lyijy läpäisee istukan; vastasyntyneen napaveressä lyijypitoisuus on lähellä äidin veren lyijypitoisuutta. Lyijy erittyy elimistöstä virtsan, ulosteiden, äidinmaidon, hien, kynsien ja hiusten kautta.

### Kinetiikka

Altistumisen päätyttyä veren lyijypitoisuuden lasku näyttää olevan kaksivaiheinen riippuen altistumisen voimakkuudesta ja kestosta. Kahtakymmentä lyijytyöntekijää koskevassa tutkimuksessa altistumisen päätyttyä nopeamman puoliintumisaajan mediaani oli 29 päivää (vaihtelu 7-63 päivää) ja hitaamman 5,6 vuotta (vaihtelu 2,3 -27 vuotta). Toisessa tutkimuksessa altistumisen päätyttyä veren lyijypitoisuuden raportoitiin laskevan pitoisuuksista 2,9 µmol/l pitoisuuksiin 1,9 µmol/l 6-8 kuukauden kuluessa (ACGIH 2001).

### Ei-työperäinen altistuminen

Noin 70-80 % lyijyaltistuksesta tulee ruoasta ja loput hengitysilmosta, pölystä, maaperästä ja juomista (WHO 1987). Ei-työperäisessä altistumisessa voi luhin kerääntyä 80 mg:n lyijykuorma elinkaaren aikana.

Maalit, ruoka, kristallilasi, lasitusmateriaalit ja juomat voivat sisältää lyijyä. Vapaa-ajan harrastuksissa lyijylle altistutaan mm. ammunassa, tiffany-lasitöissä ja pronssivalimoissa.

### Terveysvaikutukset

#### Eläinkokeiden havainnot

Aikuisilla koe-eläimillä on herkimmillään havaittu kognitiivisen toiminnan muutoksia pitkäaikaisessa tasaisessa altistuksessa veren lyijyn tasolla 0,6-1,2 µmol/l (WHO 1995). Koe-eläintutkimuksissa suun kautta annostellut lyijy-yhdisteet ovat aiheuttaneet kasvaimia munuaisissa, joissain kokeissa myös maksassa, aivoissa ja kiveksissä; henkitorven sisäinen ruiskutus on lisännyt keuhkoadenoomien ilmaantuvuutta (IARC 1987, Sakai ym. 1990). IARC:n vuonna 1987 tekemän arvion mukaan lyijyn karsinogeenisuudesta koe-eläimissä on *riittävä näyttö*.



## Ihmisiä koskevat tiedot

Äkilliseen lyijymyrkytykseen liittyy vatsakipuja, oksentelua sekä munuais- ja maksavaurioita. Pitkäaikaisessa lyijymyrkytyksessä esiintyy ääreis- ja keskushermoston toimintahäiriöitä, anemiaa, verenpaineen kohoamista ja vakavissa tapauksissa aivo- ja munuaisvaurioita. Oireellisia lyijymyrkytyksiä ei työperäisen altistumisen seurauksena nykyään Suomessa todeta.

Epäorgaanisten lyijy-yhdisteiden varhaisimpia vaikutuksia ovat neurofysiologiset ja neuropsykologiset vaikutukset sekä hemisynteesin häiriöt. Kliinistä anemiaa alkaa esiintyä aikuisilla vasta veren lyijypitoisuuksilla 3 µmol/l. Lyijyn on esitetty aiheuttavan muutoksia munuaisen toiminnassa ja eräissä entsyymitoiminnoissa sekä verenpaineen kohoamista jo matalilla altistumistasoilla. Munuaisvaurioita on havaittu työntekijöillä veren lyijypitoisuuksilla 3 µmol/l. Lyijypitoisuuksien ja lyijyn aiheuttamien kliinisten oireiden ja terveysvaikutusten yhteys on jo pitkään tunnettu ja se on hyödynnettävissä ammatillisessa lyijyaltistumisessa (taulukko 1, Vähäkangas ja Savolainen (2003).

Taulukko 1. Lyijypitoisuuksien ja lyijyn aiheuttamien kliinisten oireiden ja terveysvaikutusten yhteys

Vaikutus	Lapset	Aikuiset
	B-Pb, µmol/l	B-Pb, µmol/l
<b>Hemivaikutukset</b>		
Anemia	3,9–4,8	3,9–4,8
Alentunut punasolujen elinikä	> 2,9	
Virtsan ALA-pitoisuus	1,9	1,9
Veren protoporfyrini	0,7	0,7
ALA-dehydrataasin estyminen	0,5	< 0,5
Pyrimidiini-5-nukleotidaasin estyminen	< 0,5	–
<b>Hermostovaikutukset</b>		
Vaikea enkefalopatia	3,9–4,8	4,8–5,8
Subkliininen enkefalopatia		2,4
Vaikutus älykkyydosamäärään	< 1,4	
Sikiövaikutukset	< 0,7	
Perifeerinen neuropatia	1,9	1,9
<b>Munuaisvaikutukset</b>		
Akuutti nefropatia	3,9–4,8	?
Krooninen nefropatia	–	2,9
D-vitamiinin metabolia	< 1,4	–
Verenpaineen nousu miehillä	–	1,4?

## Hermostolliset vaikutukset

Lyijytyöntekijöillä on todettu ääreishermoston mitattavia muutoksia, kuten johtonopeuden aleneminen, kun veren lyijypitoisuus on suunnilleen 1,45 µmol/l (WHO 1995, Chia ym. 1996, Kovala ym. 1997).

Neuropsykologisin testein todennettuja keskushermostovaikutuksia ilmaantuu veren lyijyn tasolla 1,9 µmol/l ja vaikutuksia autonomisen hermoston toimintaan tasolla 1,7 µmol/l. Lyijytyöntekijöillä, joilla on aikaisempi pitkäaikainen, korkea altistuminen veren lyijytasolla >2,4 µmol/l ja matala nykyaltistuminen on kuvattu pitkäaikaisia tai pysyviä vaikutuksia keskushermoston toimintaan (Hänninen ym. 1998). Lieviä subkliinisiä hermostovaikutuksia (oireina ja löydöksinä väsyvyys ja ärtyi-



## Työterveyslaitos

syys, hidastuminen sensorimotorisissa reaktioajoissa, lieviä poikkeavuuksia aivorunkoherätevasteissa ja neuropsykologisissa testeissä) saattaa esiintyä jo veren lyijypitoisuuksilla  $>1,4 \mu\text{mol/l}$  (Hänninen ym. 1998, Meyer-Baron ja Seeber 2000). Lapsuusiässä tapahtuvalla lyijyaltistuksella on käänteinen yhteys älykkyydosamäärään ja eräisiin muihin henkisen kehityksen mittareihin. Vaikutus alkaa suunnilleen veren lyijyn tasolta  $0,5\text{-}0,7 \mu\text{mol/l}$  (JECFA 2000).

### Lisääntymisterveyden haitat

Lyijy ja sen epäorgaaniset yhdisteet on luokiteltu lisääntymiselle, raskaudelle tai sikiölle vaaraa aiheuttavien tekijöiden luetteloon (Työministeriön päätös 1044/1991).

Valtioneuvoston asetuksen (1335/2004) mukaan altistuttaessa lyijylle tai sen johdannaisille voidaan arvioida sikiön tai raskaana olevan terveyden vaarantuvan.

TTL:n epidemiologisissa tutkimuksissa on saatu viitteitä lyijyn vaikutuksista miesten lisääntymisterveyteen jo verrattain matalilla altistumistasoilla. Miehen altistuessa vaikutuksia siittiöiden määrään ja laatuun on todettu veren lyijyn tasolla  $>1,9 \mu\text{mol/l}$ . Lieviä vaikutuksia voi olla tätä pienemmilläkin pitoisuuksilla. On lisäksi olemassa viitteitä keskenmenojen, kuolleena syntymisen ja lapsisyövän vaaran suurenemisesta työssään lyijylle altistuneiden miesten perheissä (WHO 1995, Sallmen 2000, Anttila ja Sallmén 1995, Lindbohm ym. 1996). Suomalaisessa tutkimuksessa suurentunut keskenmenoriski havaittiin niiden miesten perheissä, joiden veren lyijy oli  $1,5 \mu\text{mol/l}$  tai enemmän (Lindbohm ym. 1991).

Raskaana olevien tai hedelmällisyysikäisten naisten altistuessa kriittisenä on pidetty mahdollisia neurotoksisia vaikutuksia sikiöön. Raskauden aikana sikiön neurotoksisten vaikutusten raja on  $0,5\text{-}0,7 \mu\text{mol/l}$ . Tätä "kriittistä" arvoa suurempi raskaudenaikainen lyijyaltistus voi lisätä myös keskenmenon ja ennenaikaisen synnytyksen vaaraa (WHO 1995). Hedelmällisyysikäisillä naisilla on myös otettava huomioon lyijyn kerääntyminen elimistöön, erityisesti luustoon, josta sitä voi vapautua raskauden ja imetyksen aikana.

### Syöpäsairaudet

Lyijytyöntekijöiden syöpäriskiä selvittäneiden tutkimusten mukaan on perusteltua syytä epäillä, että keuhko-, munuais- ja aivosyöpäriski on lisääntynyt lyijylle altistuneilla (Fu ja Boffetta 1995, Gerhardsson ym. 1995, Anttila ym. 1995 ja 1996, Lundström ym. 1997). Suomalaisessa tutkimuksessa seurattiin noin 20 000 työntekijää, joille oli aiemmin tehty veren lyijymääritys. Tutkimuksessa saatiin viitteitä lisääntyneestä keuhko- ja aivokasvainten ilmaantuvuudesta niillä, joiden veren lyijy oli yli  $0,7 \mu\text{mol/l}$  ja altistumisen kesto oli vähintään 10 vuotta (Anttila ym. 1995 ja 1996).

Kansainvälinen syöväntutkimuslaitos IARC on luokitellut metallisen lyijyn ja sen epäorgaaniset yhdisteet mahdollisesti syöpää aiheuttaviksi (WHO/IARC 2004, luokka 2B). IARC:n luokitus perustuu mm. tutkimuksiin keuhko-, vatsa-, munuais- ja aivosyövän esiintyvyydestä altistuneilla työntekijöillä viidessä eri maassa. Suomessa luokitus perustuu toisaalta EU-luokitukseen ja toisaalta erillis-säädökseen syöpävaarallisten aineiden luettelosta, johon kuuluvat eräät lyijy-yhdisteet, kuten lyijyasetaatti, -subasetaatti, -fosfaatti ja -ortofosfaatti sekä lyijykromaatti (Työministeriön päätös 838/1993).



## HTP-arvo

0.10 mg/m<sup>3</sup> (8 h) TWA. Valtioneuvoston päätös sitovaksi raja-arvoksi 1154/93. EU direktiivi työntekijöiden suojelemisesta kemiallisilta tekijöiltä työssä (EU 1998) asettaa sitovaksi työhygieeniseksi raja-arvoksi 0.15 mg/m<sup>3</sup> (8 h) TWA. Direktiivin arvoa matalammat arvot on asetettu paitsi Suomessa, myös Tanskassa, Saksassa, Ranskassa ja Puolassa. USA:ssa (ACGIH 2007) TLV arvo on 0,05 mg/m<sup>3</sup> (8 h) TWA.

## Veren lyijy altistumisen indikaattorina ja biomonitorointi

Veren lyijy on ensisijainen, luotettava työperäisen lyijyaltistumisen indikaattori viimeaikaisessa lyijyaltistumisessa ja se kuvaa parhaiten elimistön lyijykuormaa ja terveydellistä riskiä. Ilman lyijypitoisuuden yhteys veren lyijypitoisuuteen on hyvin vaihteleva eivätkä ilmapitoisuudet ennusta hyvin terveysvaikutuksia.

Työterveyslaitoksella vuonna 2006 tehtyjen veren lyijymittausten perusteella kaikista mitatuista näytteistä (761 kpl) veren lyijypitoisuuden 1,4 µmol/l ylityksiä oli 35 kpl. Toimenpiderajoista 1,9 µmol/l ylittyi 13 henkilöllä, ja 2,4 µmol/l ylittyi 8 henkilöllä. Ylitykset olivat valimotyössä, ampumaradalla ja sorvauksessa. Suurin mitattu pitoisuus oli 5,3 µmol/l. Työssään altistumattomien viiterajan 0,3 µmol/l ylityksiä mitattiin 280 kpl (37 %). Altistumattomien viiteraja ylittyi mm. sorvaajilla, valimotyöntekijöillä, valajilla ja sulattajilla, saastuneen maan käsittelyssä, ampumaradalla, lentokonemekaanikoilla, huoltomiehillä, asentajilla, varastomiehillä, laitosmiehillä sekä työnjohtotehtävissä (Biologinen monitorointi, vuositilasto 2006).

Ammatillinen altistuminen on vähentynyt 10-30 vuoden aikana kaikissa niissä maissa, joissa lyijyn biologista monitorointia on suoritettu. Suomessa veren lyijypitoisuustaso (mediaani) on laskenut työpaikoilla 20 vuoden aikana arvosta 1,0 µmol/l (n= 3488) arvoon 0,20 µmol/l (n=761). Huolimatta altistumisen vähenemisestä tullaan työpaikoilla edelleen altistumaan lyijylle, mm. valimoissa, metallituotteiden ja muovin valmistamisessa ja juotostöissä.

## Analyttiset menetelmät ja näytteenotto

Yleisimmät analyysitekniikat veren lyijyn määrittämiseksi ovat liekitön atomiabsorptiometri (GFAAS) ja induktiivisesti kytketty plasma - massaspektrometri (ICP-MS). Ne ovat käytössä myös Työterveyslaitoksessa. Nämä määritysmenetelmät ovat herkkiä määritysrajan ollessa <0,1 µmol Pb/l ja ne ovat Mittatekniikan keskuksen akkreditoimia laboratoriotunnuksella T013. Näyte voidaan ottaa mihin vuorokauden aikaan tahansa. Kontaminaatiota näytteenotossa ja säilytyksessä tulee välttää, sillä se voi nostaa veren lyijypitoisuutta jopa 150 %.

## Muut biologiset indikaattorit

Muita lyijyaltistumisen indikaattoreita ovat virtsan lyijymääritys ja vaikutuksen mittaajina virtsan delta-aminolevuliinihappo- ja koproporfyrini-, veren ALAD-aktiivisuus, sekä punasolujen protoporfyrinimääritykset. Virtsan lyijymääritystä on käytetty indikaattorina orgaanisten lyijy-yhdisteiden (alkyyli-lyijy) altistuksessa, jossa lyijyn erityis virtsaan on nopeaa. Mikään lyijyn biologisen vaikutuk-



sen mittaajista ei lisää merkittävästi veren lyijymäärityksestä saatua tietoa altistumisesta tai siihen liittyvistä riskeistä.

## Mittaustulosten tulkintaan vaikuttavia tekijöitä

Analyysimenetelmät, näytteenoton ajankohta, ei-työperäinen altistuminen ja näytteen kontaminoituminen voivat vaikuttaa mittaustuloksiin ja niiden tulkintaan.

## Altistumattomien viitearvot

Työssään lyijylle altistumattomien veren lyijypitoisuudet Suomessa jäävät yleensä alle viiterajan 0,3  $\mu\text{mol/l}$ . Työssään altistumattoman väestön veren lyijypitoisuuksien lasku heijastaa ympäristön lyijykuorman vähenemistä johtuen mm. lyijyttömään bensiinin käyttöönotosta. Useimmissa Euroopan maissa on työssään altistumattomassa väestössä veren lyijypitoisuus alle 0,2  $\mu\text{mol/l}$ .

## Eri maiden biologiset raja-arvot

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH 2007), 1,4  $\mu\text{mol/l}$ .

EU direktiivi työntekijöiden suojelemisesta kemiallisilta tekijöiltä työssä (EU1998) 3,4  $\mu\text{mol/l}$ . Scientific Committee on Occupational Exposure Limits of the European Commission (SCOEL 2002), suosittelee arvoa 1,4  $\mu\text{mol/l}$  perustuen keskushermostohaittoihin.

Euroopan Unionin jäsenmaissa (14 kpl) sitovat raja-arvot ja toimenpiderajat terveystarkastuksille vaihtelevat 1,0  $\mu\text{mol/l}$ - 3,9  $\mu\text{mol/l}$  (taulukko 2, Taylor ym. 2006). Hollannissa sallitaan arvo 3,9  $\mu\text{mol/l}$  mikäli lyijyn vaikutusmittaukset ovat tietyissä rajoissa.



Taulukko 2. Sitovat raja-arvot ja toimenpiderajat terveystarkastuksille Euroopan Unionin jäsenmaissa

Maa	Sitova biologinen raja-arvo		Toimenpideraja terveystarkastukselle	
	µmol Pb /l		µmol Pb /l	
Ruotsi	2,0	1,2*	1,5	0,8*
		1,8	0,8*	
	raja työhygieenisille toimenpiteille altistumisen alentamiseksi			
Belgia	3,4		1,9	
Saksa	1,9	0,5 <sup>b</sup>	- <sup>c</sup>	
Tanska	1,0		1,9	
Espanja	3,4		1,9 (M)	1,4 (N)
Suomi	2,4		1,9	
Ranska	1,9 (M)	1,4 (N)	1,0 (M)	0,5 (N)
Unkari	2,4	1,4 <sup>b</sup>	2,4	1,4 <sup>b</sup>
Irlanti	3,4		- <sup>c</sup>	
Italia	2,9	1,9 <sup>b</sup>	1,9	
Liettua	3,4		1,9	
Hollanti	3,4 <sup>a</sup>		1,4	
Puola	2,4		1,9	1,0 <sup>b</sup>
Portugali	3,4		2,9	
Englanti	2,9		2,4	1,9 <sup>f</sup> 1,2 <sup>b</sup>

\*Naiset alle 50 v.

<sup>a</sup>3,9 (jos ALAU, ZPP tai ALAD ovat tietyissä rajoissa)<sup>b</sup> < 45 vuotiaat<sup>c</sup> Terveystarkastus riippuu ilman Pb pitoisuuksista tai erityisistä altistumisolosuhteista<sup>f</sup> alle 18 vuotiaat

M=miehet, N=naiset

## Nykyiset biologiset raja-arvot

Veren lyijyn (B-Pb) Valtioneuvoston päätöksen 1154/1993 mukaiset toimenpiderajat ovat 2,4 µmol/l ja 1,9 µmol/l. Työntekijää ei saa käyttää työhön, jossa altistutaan lyijylle, jos B-Pb ylittää 2,4 µmol/l. Jos yhdenkin työntekijän veren lyijypitoisuus ylittää 1,9 µmol/l, on työnantajan erityisesti tarkkailtava lyijyaltistumista ja lyijyn mahdollisten terveysvaikutusten ilmenemistä. /l.

## Uusi raja-arvo lyijyn biologiselle altistumisindikaattorille

Terveysvaikutuksiin perustuvaksi uudeksi biologiseksi raja-arvoksi ehdotetaan veren lyijylle pitoisuutta 1,4 µmol/l. Tämä perustuu nykytietämykseen, jonka mukaan lieviä hermoston häiritseviä vaikutuksia saattaa alkaa esiintymään jo >1.4 µmol/l veren lyijypitoisuuksilla.

Nykyiset raja-arvot eivät riittävästi suojaa työntekijää laajalti raportoiduilta terveydellisiltä haittavaikutuksilta



## Viitteet

Aitio A, Hakala E, Kiilunen M, Laitinen J, Mikkola J, Valkonen S. (toim.). Biologinen Monitorointi Vuositilasto 2006. Työympäristötutkimuksen raporttisarja 25. Helsinki : Työterveyslaitos, 2007.

Aitio A, Luotamo M, Kiilunen M (toim.). Kemikaalialtistumisen biomonitorointi. Helsinki : Työterveyslaitos, 1995.

American Conference of Governmental Industrial Hygienists. TLVs and BEIs for Chemical Substances and Physical Agents. Cincinnati, OH : ACGIH, 2007.

American Conference of Governmental Industrial Hygienists (2001) LEAD, Documentation of the TLVs and BEIs with other worldwide occupational exposure values CD-ROM 2006, LEAD, Elemental and Inorganic.

Anttila A, Heikkilä P, Pukkala E, Nykyri E, Kauppinen T, Hernberg S, Hemminki K. Excess lung cancer among workers exposed to lead. *Scand J Work Environ Health* 1995; 21: 460-469.

Anttila A, Heikkilä P, Pukkala E, Nykyri E, Kauppinen T, Hernberg S, Hemminki K. Risk of nervous system cancer among workers exposed to lead. *J Occup Environ Med* 1996; 38: 131-136.

Anttila A, Sallmén M. Effects of parental occupational exposure to lead and other metals on spontaneous abortion. *Occup Environ Med* 1995; 37: 915-921.

Biologisten altistumismittausten rekisteri (v. 2004). Helsinki : Työterveyslaitos. (julkaisematon).

Chia S-E, Chia K-S, Chia H-P, Ong C-N, Jeyaratnam J. Three-year follow-up of serial nerve conduction among lead-exposed workers. *Scand J Work Environ Health* 1996; 22: 374-380.

European Union (1998) Council Directive 98/24/EC of 7 April 1998 on the protection of the health and safety of workers from the risks related to chemical agents at work (fourteenth individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC) Official Journal L 131: 11–23.

FINJEM-altistumistietojärjestelmä (v.2003). Helsinki : Työterveyslaitos. (julkaisematon).  
Valtioneuvoston päätös lyijytyöstä (1154/1993).

Fu H, Boffetta P. Cancer and occupational exposure to inorganic lead compounds: A meta-analysis of published data. *Occup Environ Med* 1995; 52: 73-81.

Gerhardsson L, Hagmar L, Rylander L, Skerfving S. Mortality and cancer incidence among secondary lead smelter workers. *Occup Environ Med* 1995; 52: 667-672.

Hänninen H, Aitio A, Kovala T, Luukkonen R, Matikainen E, Mannelin T, Erkkilä J, Riihimäki V. Occupational exposure to lead and neuropsychological function. *Occup Environ Med* 1998; 55: 202-209

International Agency for Research on Cancer (IARC). Overall evaluations of carcinogenicity: An updating of IARC monographs, volumes 1-42. IARC monographs on the evaluation on carcinogenic risks to humans, suppl. 7. IARC, Lyon 1987. Re-evaluation , volume 87, 2003.





## Työterveyslaitos

JECFA (2000) Safety evaluation of certain food additives and contaminants. Prepared by the fifty third meeting of the joint FAO/WHO expert committee on food additives (JECFA). WHO Food Additives series: 44: Lead. WHO, Geneva, 2000. Available at: <http://www.inchem.org/documents/jecfa/jecmono/v44jec12.htm>

Jaakkola J, Anttila A. Lyijy. Altisteet työssä n:o 26. Helsinki : Työterveyslaitos ja Työsuojelurahasto, 1992: 1-67.

Kovala T, Matikainen E, Mannelin T, Erkkilä J, Riihimäki V, Hänninen H, Aitio A. Effects of low-level exposure to lead and neurophysiological functions among lead battery workers. *Occup Environ Med* 1998;54:487-493

Lindbohm M-L, Sallmén M, Anttila A, Taskinen H, Hemminki K. Paternal occupational lead exposure and spontaneous abortion. *Scand J Work Environ Health* 1991;17:95-103.

Lindbohm M-L, Sallmén M, Anttila A. Male reproductive effects. In: Waldron HA, Edling C (eds.). *Occupational Health Practice*. Oxford : Butterworth-Heinemann, 1997.

Lundström N-G, Nordberg G, Englyst V, ym. Cumulative lead exposure in relation to mortality and lung cancer morbidity in a cohort of primary smelter workers. *Scand J Work Environ Health* 1997;23:24-30.

Meyer-Baron M, Seeber A. A meta-analysis for neurobehavioural results due to occupational lead exposure with blood lead concentrations <70 µg/100 ml. *Arch Toxicol* 2000;73:510-18.

Sakai K, Suzuki M, Yamane Y, Takahashi A, Ide G. Promoting effect of basic lead acetate administration on the tumorigenesis of lung in N-nitroso-dimethyl-amine-treated mice. *Bull Environ Contam Toxicol* 1990;44:707-714.

Sallmén M: Fertility among workers exposed to solvents or lead. *People and Work* , Research Reports 37. Helsinki : Finnish Institute of Occupational Health, 2000.

SCOEL (2002) Recommendation from the Scientific Committee on Occupational Exposure Limits for lead and its inorganic compounds, SCOEL, Sum 83 final January 2002, 1-24, European Commission, Luxembourg.

Taskinen H, Lindbohm M-L, Frilander H (toim.). Ohjeet vaaran arvioimisesta erityisäitiysvapaan tarvetta harkittaessa. Helsinki : Työterveyslaitos, 1996.

Taylor A, Angerer J, Arnaud J, Claeys F, Kristiansen J, Mazarrasa O, Menditto A, Patriarca M, Pineau A, Valkonen S, Weykamp C. Differences in national legislation for the implementation of lead regulations in the European directive for the protection of the health and safety of workers with occupational exposure to chemical agents (98/24/EC). *Int Arch Occup Environ Health* 2007;80(3):254-64.

Vähäkangas K, Savolainen K, Työtoksikologia. Kirjassa: Pelkonen O, Ruskoaho H, toim. *Lääketieteellinen farmakologia ja toksikologia*, s.961-983. Helsinki: Duodecim, 2003.

World Health Organisation. *Environmental Health Criteria 165, Inorganic lead*. Geneva : WHO, 1995.