

**Rīgas Stradiņa universitāte**

**Inese Mārtiņšone**

**METINĀTĀJU DARBA VIDES GAISA  
PIESĀRŅOJUMS AR METĀLIEM UN TĀ IETEKME  
UZ NODARBINĀTO VESELĪBU LATVIJĀ**

**Promocijas darbs**

**Specialitāte – aroda un vides medicīna**

**Darba zinātniskais vadītājs:**

**Dr. med. Mārīte Ārija Baķe**

**Rīga - 2011**

Promocijas darbs izstrādāts:

Rīgas Stradiņa universitātes aģentūrā Darba drošības un vides veselības institūtā Higiēnas un arodslimību laboratorijā

Rīgas Stradiņa universitātes Bioķīmijas laboratorijā

Rīgas Stradiņa universitātes Darba drošības un vides veselības institūts

Darba zinātniskie konsultanti:

Profesore, Dr. habil. med. Maija Eglīte

Asociētais profesors, Dr. biol. Andrejs Šķesters

# SATURA RĀDĪTĀJS

<b>Satura rādītājs .....</b>	<b>3</b>
<b>Tekstā lietotie saīsinājumi.....</b>	<b>6</b>
<b>1. Ievads .....</b>	<b>8</b>
Darba aktualitāte .....	8
Darba mērķis .....	9
Darba uzdevumi .....	9
Darba hipotēze .....	10
Darba zinātniskā novitāte.....	10
Darba praktiskā nozīmība .....	10
<b>2. Literatūras apskats.....</b>	<b>11</b>
2.1. Vide un metāli .....	11
2.1.1. Ķīmisko vielu nokļūšana organismā .....	12
2.1.2. Ķīmisko vielu ceļš organismā.....	13
2.2. Biomonitorings un biomarkieri .....	15
2.3. Metālapstrādes procesu daudzveidība .....	17
2.3.1. Plašāk pielietotās metināšanas metodes.....	17
2.3.2. Gāzes griešana .....	22
2.4. Metināšanas aerosols un tā sastāvā esošie metāli darba vides gaisā, to nozīme organismā.....	23
2.4.1. Metināšanas aerosola fizikāli ķīmiskā struktūra un sastāvs.....	23
2.4.2. Mangāna raksturojums un tā ietekme uz cilvēka organismu .....	25
• Mangāna vispārējs raksturojums.....	25
• Mangāna uzņemšana organismā un bioloģiskā iedarbība.....	26
2.4.3. Hroma raksturojums un tā ietekme uz cilvēka organismu.....	30
• Hroma vispārējs raksturojums .....	30
• Hroma uzņemšana organismā un bioloģiskā iedarbība.....	31
2.4.4. Cinka raksturojums un tā ietekme uz cilvēka organismu .....	35
• Cinka vispārējs raksturojums.....	35
• Cinka uzņemšana organismā un bioloģiskā iedarbība .....	35
2.4.5. Vara raksturojums un tā ietekme uz cilvēka organismu .....	37

• Vara vispārējs raksturojums.....	37
• Vara uzņemšana organismā un bioloģiskā iedarbība.....	38
2.4.6. Kadmija raksturojums un tā ietekme uz cilvēka organismu .....	40
• Kadmija vispārējs raksturojums.....	40
• Kadmija uzņemšana organismā un bioloģiskā iedarbība.....	40
2.4.7. Metālu toksicitātes ķīmiskie mehānismi.....	42
2.5. Metināšana un antioksidantu aktivitāte organismā.....	46
2.6. Metināšanas aerosola un tā sastāvā esošo metālu savienojumu ietekme uz metālapstrādē nodarbināto veselību un arodslimību attīstību.....	49
2.6.1. Ietekme uz elpošanas sistēmu .....	49
2.6.2. Ietekme uz centrālo nervu sistēmu .....	51
2.6.3. Ietekme uz ādu un hipersensitivitāte.....	53
2.6.4. Ietekme uz reproduktīvo sistēmu .....	53
2.7. Saslimstība ar arodslimībām metinātājiem Latvijā.....	54
<b>3. Materiāli un metodes.....</b>	<b>58</b>
3.1. Darba vides gaisa mērījumu, analīžu veikšana un rezultātu izvērtēšana .....	58
3.2. Nodarbināto aptauja un pētījuma ietvaros asinīs analizēto metālu un bioķīmisko rādītāju noteikšanas metodes .....	62
3.3. Datu statistiskā apstrāde .....	66
<b>4. Rezultāti.....</b>	<b>67</b>
4.1. Darba vides gaisa kvalitāte un tās raksturojums.....	67
4.1.1. Metināšanas aerosola mērījumu rezultātu apkopojums .....	67
4.1.2. Mangāna mērījumu rezultātu apkopojums.....	72
4.1.3. Hroma mērījumu rezultātu apkopojums .....	76
4.1.4. Laboratorisko datu analīze par laika periodu no 2007. līdz 2009.gadam .....	77
4.2. Metālu līmeņi un bioķīmiskie rādītāji asinīs arodekspozīcijām un neekspozīcijām personām.....	84
4.2.1. Pētījuma grupas vispārējs raksturojums .....	84
4.2.2. Metālu līmeņi asinīs.....	87
• Vecums un metālu līmeņi asinīs .....	90
• Darba stāžs un metālu līmeņi asinīs .....	90
• Smēķēšana, metālu līmeņi asinīs un to mijiedarbība .....	91

4.2.3. Bioķīmisko rādītāju (Cu, Zn-superoksīddismutāzes, glutationperoksidāzes, katalāzes, reducētā glutationa, kopējo antioksidantu) līmeņi asinīs.....	100
4.3. Metālapstrādes darbos nodarbināto veselības stāvokļa pašnovērtējums saistībā ar darba vides riska faktoriem.....	105
<b>5. Diskusija .....</b>	<b>113</b>
<b>6. Secinājumi .....</b>	<b>125</b>
<b>7. Praktiskās rekomendācijas .....</b>	<b>127</b>
<b>8. Izmantotā literatūra .....</b>	<b>128</b>
<b>9. Ar disertācijas tēmu saistīto publikāciju saraksts.....</b>	<b>145</b>
<b>10. Pateicības.....</b>	<b>148</b>
<b>11. Pielikumi.....</b>	<b>149</b>

## Tekstā lietotie saīsinājumi:

AAS	atomabsorcijas spektrofotometrija
Abs.sk.	absolūtais skaits
ABTS	2,2-azino-di-{3-etilbenzotiazolīna sulfonāts}
ACGIH	Amerikas valsts industriālo higiēnistu konference ( <i>American Conference of Governmental Industrial Hygienists</i> )
AER	aroda ekspozīcijas robežvērtība
AES	atomelektrostacija
Aritm. vid.	aritmētiskais vidējais
ASV	Amerikas Savienotās valstis
ATF	adenozīntrifosfāts
BER	bioloģiskais ekspozīcijas rādītājs
CAT	katalāze
DDVVI	Darba drošības un vides veselības institūts
DNS	dezoksiribonukleīnskābe
DTNB	5,5` – ditiobis –(2-nitrobenzoscābe)
EC	Eiropas Komisija
EI	ekspozīcijas indekss
ES	Eiropas Savienība
FCAW	elektriskā loka metināšanas ar pulverstiepli bez gāzes aizsardzības ( <i>Flux-Cored Arc Welding</i> )
FEV <sub>1</sub>	forsētās izelpas tilpums vienā sekundē
GMAW	gāzes elektriskā loka metināšana ( <i>Gas Metal Arc Welding</i> )
GPx	glutationperoksidāze
GR	glutationreduktāze
GSH	glutations
h	stunda
Hb	hemoglobīns
HCL	hemiluminiscence
IARC	Starptautiskā vēžu pētniecības aģentūra ( <i>International Agency for Research on Cancer</i> )
IQR	3. un 1. kvartiļu starpība ( <i>interquartile range; IQR = Q<sub>3</sub> – Q<sub>1</sub></i> )
ISO	Starptautiskā standartizācijas organizācija ( <i>International Organization for Standardization</i> )
K-S tests	Kolmogorova – Smirnova tests
KUS	Klīniskā universitātes slimnīca
l/min.	litri minūtē
LR	Latvijas Republika

LVS	Latvijas Valsts standarts
Max	maksimālā vērtība
Metin. aer.	metināšanas aerosols
Mērv.	mērvienība
mg	miligrami
Min	minimālā vērtība
MK	Ministru kabinets
MMAW	manuālā elektriskā loka metināšana ar elektrodu ( <i>Manual Metal Arc Welding</i> )
MS	tērauds ar zemu oglekļa saturu ( <i>mild steel</i> )
N vai n	mērījumu, atbilžu, vienību vai respondentu skaits izlasē
NADF <sup>+</sup>	nikotīnamīdadenīdinukleotīda fosfāts
NADFH	nikotīnamīdadenīdinukleotīda fosfāta reducētā forma
NIOSH	Nacionālais darba drošības un veselības institūts ( <i>The National Institute of Occupational Safety and Health</i> )
Nos. vien.	nosacītās vienības
not.	noteikumi
Nr.	numurs
OR	izredžu attiecība ( <i>odds ratio</i> )
PR	prevalence ( <i>prevalence ratio</i> )
PVO	Pasaules Veselības Organizācija
ROS	reaktīvie skābekļa savienojumi ( <i>reactive oxygen species</i> )
RSU	Rīgas Stradiņa universitāte
SD	standartnovirze ( <i>Standard Deviation</i> )
SOD	superoksīddismutāze
SS	nerūsējošais tērauds ( <i>stainless steel</i> )
SSK	Starptautiskais slimību klasifikators
t.sk.	tai skaitā
TAS	kopējie antioksidanti ( <i>Total antioxidant status</i> )
TI	ticamības intervāls
TIG	metināšana ar volframa elektrodu aizsarggāzu vidē ( <i>Tungsten Inert Gas Welding</i> )
ug = μg	mikro gramu
UV	ultra violetais
VKMC	Vides konsultāciju un monitoringu centrs

## IEVADS

### Darba aktualitāte

Metāli ir plaši izplatīti dabā. Tie ir Zemes garozas ķīmiskie elementi un piedalās dabas ģeoķīmiskajos un bioķīmiskajos procesos. Šie dabiskie procesi, kā arī cilvēka rūpnieciskā darbībā, ietekmē ķīmisko elementu, arī mikroelementu, migrāciju biosfērā, to izkliedi un koncentrēšanos augsnē, ūdenī, gaisā, augu, dzīvnieku un paša cilvēka organismā.

Darbs ar metāliem ir viena no neatņemamām rūpniecības sastāvdaļām, bez kuras mūsdienās faktiski nav iedomājami tādi ražošanas procesi kā metālapstrāde, metalurģija, kā arī dažādi ražošanas palīgprocesu, piemēram, ražošanas iekārtu un darba aprīkojuma remonts.

Latvijā, kur pārsvarā ir mazie un vidējie uzņēmumi, daudzveidīgajos metālapstrādes procesos, kuros ietilpst arī metināšana un gāzes griešana, iesaistīto nodarbināto skaits ir tuvu 2% no darbspējīgajiem iedzīvotājiem (Martinsone & Skesters, 2009; Mārtiņšone *et al.*, 2010). Atsevišķās valstīs tikai metināšanas un gāzes griešanas procesos iesaistīto nodarbināto skaits sastāda vairāk kā 1 % no darbspējīgajiem iedzīvotājiem (Hewitt, 1996; Antonini, 2003).

Veicot gāzes griešanas un metināšanas darbus, nodarbinātais ir pakļauts virknei kaitīgu faktoru. Darba vides gaisā nonāk metināšanas aerosols, kura sastāvā ir dažādu metālu sāļi un oksīdi, ir iespējama arī veselībai izteikti bīstamu metālu, piemēram, kadmija, niķeļa, hroma (VI) klātbūtne. Pēc laboratorijas pieredzes, daudzās no apsekotajām metinātāju darba vietām, nav piemērotu ventilācijas sistēmu, nodarbinātie strādā aizsargmaskās, kas nepasargā no metināšanas aerosola ieelpošanas, līdz ar to pastāv iespēja attīstīties dažādām arodslimībām. Apkopojot zinātnisko literatūru par metināšanas aerosolā esošu metālu ietekmi uz metinātāju veselību, metālu līmeņiem bioīdēs un to izmaiņu cēloņiem, kā arī iespējamajiem veselības traucējumiem, jāsecina, ka Latvijā šī problēma nav pētīta. Latvijā ir tikai fragmentāri pētījumi par smago metālu piesārņojumu vidē (sūnās, ūdenī, augsnē) un organisma bioīdēs (asinīs, urīnā, matos, nagos un audos) neeksponētajai un eksponētajai populācijai (Brūmelis, 1992; Ruža, 1994; Bake, 1998).

Metālu koncentrācijas cilvēka organisma bioīdēs ir visā pasaulē atzīts vides piesārņojuma indikators, kas atspoguļo gan apkārtējās vides piesārņojuma pakāpi, kopējo uzņemto metālu daudzumu organismā, gan ļauj analizēt darba vides piesārņojuma izraisīto kaitējumu veselībai. Lielākajā daļā pasaules valstu (Zviedrija, Dānija, Vācija, Somija, Japāna, ASV, Ķīna, Polija, Igaunija u.c.) ir noteikti organisma mikroelementu un izplatītāko toksisko

metālu references (vidējā metāla koncentrācija bioloģiskajā materiālā reprezentatīvai iedzīvotāju grupai) līmeņi biovidēs neeksponētai un eksponētai populācijai.

Latvijā nepieciešami kompleksi pētījumi par dabīgo un toksisko elementu koncentrācijām populācijā, un strādājošo organismos saistībā ar darba vidi. Līdz šim Latvijā maz pētītas sakarības starp toksisko metālu un dabīgo metālu līmeņiem organismā, starp saistīto un brīvo elementu koncentrācijām un to izraisīto organisma kaitējuma pakāpi.

Pētījumā iegūtie dati ļaus atklāt kopsakarības starp darba vides piesārņojumu ar metāliem un nodarbināto veselību, kā arī ļaus izstrādāt bioloģiskos indikatorus agrīnai arodslimību diagnostikai, organizēt preventīvo pasākumu kompleksu veselības uzlabošanai. Iegūtos rezultātus ir iespējams salīdzināt ar identiskiem starptautiskiem pētījumiem, kas veikti citās valstīs un iegūt starpvalstu salīdzināmu ainu.

Pētījuma rezultāti var tikt izmantoti kā bāze metālapstrādē nodarbināto veselības uzlabošanas pasākumu pamatotai plānošanai, izglītošanai un dzīves kvalitātes paaugstināšanai.

## **Darba mērķis**

Izpētīt darba vides gaisa piesārņojumu (metināšanas aerosols, Mn, Cr) dažādu metināšanas veidu procesos Latvijas uzņēmumos, noteikt metālu (Mn, Cr, Zn, Cu, Cd) koncentrācijas biovidēs darba vidē eksponētajiem darbiniekiem, novērtēt iespējamo ietekmi uz veselības stāvokli un dot zinātnisku pamatojumu preventīvo pasākumu izstrādei.

## **Darba uzdevumi:**

1. Apkopot pasaulē publicētos literatūras datus par darba vides riska faktoriem metināšanas darbos un to iedarbību uz nodarbināto veselību, tai skaitā uz arodslimību attīstību.
2. Veikt darba vides kvalitātes novērtējumu pēc Rīgas Stradiņa universitātes Higiēnas un arodslimību laboratorijas darba vides gaisa mērījumu datu bāzes.
3. Veikt metālapstrādes procesos nodarbināto aptauju, metālu un oksidatīvā stresa rādītāju izmeklēšanu asinīs.
4. Izvērtēt dažādu faktoru (vecuma, darba stāža, paradumu) iespējamo ietekmi uz metālu koncentrācijām nodarbināto asinīs.

5. Noteikt sakarības starp metālu koncentrācijām biovidēs, antioksidantu aktivitātes izmaiņām aroda eksponētām personām un neeksponētām personām.
6. Izstrādāt zinātniski pamatotus ieteikumus preventīviem pasākumiem metinātāju darba vides un veselības uzlabošanai un priekšlikumus normatīvo aktu papildināšanai darba vides veselības jomā.

### **Darba hipotēze**

Metālu un bioloģisko ekspozīcijas rādītāju monitorēšana dod iespēju agrīni novērtēt iespējamo darba vides ietekmi.

### **Darba zinātniskā novitāte**

Pirmo reizi Latvijā veikta metālapstrādes darbos nodarbināto metinātāju bioloģisko rādītāju noteikšana asinīs un to ietekmējošo darba vides ķīmisko faktoru izpēte:

- higiēniskie mērījumi un bioloģisko paraugu analīze ļāvusi novērtēt darba apstākļu un paradumu ietekmi uz metālu līmeņiem organismā, izmaiņām homeostāzē, oksidatīvā stresa rādītājiem un definēt bioloģisko ekspozīcijas rādītāju (BER) mangānam;
- metināšanā nodarbināto subjektīvo veselības rādītāju un kumulatīvā darba laika korelāciju atklāšana radījusi iespēju pamatot nepieciešamos preventīvos pasākumus darba vides ietekmes uz nodarbināto metinātāju veselību mazināšanai.

### **Darba praktiskā nozīmība**

- Darba rezultāti ļauj darba aizsardzības un arodveselības speciālistiem iepazīties ar detalizētu ķīmisko riska faktoru analīzi metināšanas darbos, lai precīzāk veiktu darba vietu risku novērtējumus un veiktu papildus nepieciešamos darba vides izmeklējumus.
- Darbā ir uzskatāmi pamatota subjektīvās neiroloģisko simptomu aptaujas anketas Q16 izmantojamība nodarbināto metinātāju aptaujai pirms obligāto veselības pārbažu veikšanas, lai agrīni diagnosticētu iespējamās veselības problēmas.
- Zinātniski pamatoti plānot preventīvo pasākumu kompleksu izstrādi metālapstrādē nodarbināto veselības un darba spēju uzlabošanai, kā arī veikt preventīvo pasākumu efektivitātes novērtējumu.

## 2. LITERATŪRAS APSKATS

### 2.1. Vide un metāli

Visa dzīvā daba, arī cilvēks, savu dzīvības procesu norisēs izmanto dažādus ķīmiskus savienojumus un elementus, kurus saņem no ārējas vides. Tā kā mūs interesējošais jautājums ir metāli, tad būtiski ir izprast to apriti vidē. Metāli vidē izplatās divos veidos – bioloģiski un ģeoloģiski. Īpaša nozīme šeit ir Zemes garozā esošajiem ķīmiskajiem elementiem. Atmosfēras nokrišņu ietekmē tiek izskaloti ieži (klintis un rūdu iegulas), izšķīdušās komponentes, tai skaitā, metāli nonāk gruntsūdeņos un virszemes ūdens tecēs un krātuvēs (upēs, ezeros, jūrās un okeānos). Bioloģiskā metālu aprite ir elementu migrācija un uzkrāšanās augos un dzīvniekos caur barības ķēdi.

Cilvēku saimnieciskās darbības rezultātā iežos un rūdās tiek saīsināts dabiskais metālu un to savienojumu atrašanās laiks, kā rezultātā dabā var veidoties jauni un līdz šim nesastapti metālu savienojumi, piemēram, kadmija piesārņojums vidē galvenokārt ir radies cilvēka darbības rezultātā. Kopš industriālās revolūcijas sākuma ļoti palielinājusies metālu izplatība globālajā vidē (augsnē, gaisā un ūdenī), piemēram, svina koncentrācija Grenlandes ledū ir palielinājusies 200 reizes, Ziemeļu ledus okeānā ir novērojamas paaugstinātas dzīvsudraba koncentrācijas, lai gan izmetes avoti atrodas tālu prom (Liu *et al.*, 2008).

Pieaugot metālu un to savienojumu koncentrācijām vidē, jo īpaši, cilvēka darbības rezultātā, arvien vairāk ir pamats bažām par iespējamajiem ekotoksikoloģiskajiem efektiem.

Metālu toksiskās iedarbības precīzi mehānismi vēl joprojām ir nepietiekami izpētīti, un vienāda iedarbības shēma visiem metāliem nav ticama, jo to ķīmiskās īpašības ir ļoti atšķirīgas.

Nereti ir situācija, kad vielu uzņemot mazās devās, tā pozitīvi ietekmē organismu, bet, palielinot devu, tā iedarbojas negatīvi. Tipiski šādu vielu piemēri ir metāli, piemēram, mangāns, cinks, varš, kuru mikrodaudzumi vitāli nepieciešami organisma vielmaiņas procesu darbībai, bet lielos daudzumos šīs vielas darbojas akūti toksiski, kā arī hroniskā iedarbība var izraisīt novirzes homeostāzē (Kļaviņš & Roska, 1998; Liu *et al.*, 2008).

Par katra metāla piederību makro vai mikro elementu grupai, zinātnieku vidū vēl norit plašas diskusijas. Pašlaik ir nedefinēti 11 makroelementi, kuri ir ļoti būtiski un nepieciešami cilvēku un dzīvās dabas procesiem, tie ir, hlors, fosfors, kalcijs, kālijs, magnijs, nātrijs, sērs, ogleklis, skābeklis, slāpeklis un ūdeņradis. Cilvēkam nepieciešamo mikroelementu grupā ir iedalīti 16 sekojoši elementi: alva, arsēns, bors, cinks, dzelzs, fluors, hroms, jods, kobalts,

mangāns, molibdēns, niķelis, selēns, silīcijs, vanādijs un varš (Eglīte *et al.*, 2008; Klaassen, 2008).

Pēc Pasaules Veselības Organizācijas (PVO) datiem un publikācijām, par cilvēka organismam nevajadzīgām un veselībai bīstamām vielām ir uzskatāmas – dzīvsudrabs, svins, kadmiji un arsēns (Mertz, 1981; Goyer, 1997; Ishaque *et al.*, 2006; WHO, 2007; Amaral *et al.*, 2008; Eglīte *et al.*, 2008).

Vielmaiņas specifiskās novirzes, ko izraisa kāda elementa trūkums vai pārākums, rodas mijiedarbojoties sociālajiem un dabas apstākļiem, piemēram, ūdens un uztura sastāvs, klimatiskie apstākļi, vides piesārņojums ar cilvēku radītām vielām u.c.

Ir rūpīgi jāseko dažādu metālu savienojumiem cilvēka organismā, jo izmaiņas metālu savstarpējā balansā var radīt dažāda veida slimības.

Lai novērtētu kādas ķīmiskās vielas, t. sk. metālu, iespējamo risku veselībai, ar kuru nodarbinātais saskaras darba procesā un tā var tik uzņemta organismā palielinātā daudzumā, ir nepieciešama papildus informācija par šīs ķīmiskās vielas koncentrācijām sadzīves vidē. Vides piesārņojuma ar metāliem raksturojumam plaši izmanto kartes, kur attēlotas elementu izkliedes augsnē, sūnās vai sniegā (Brūmelis, 1992; VKMC, 1996). Šāds datu apkopojums ir daļa no ģeogrāfiskās vides un veselības informācijas sistēmas (WHO, 1996b), kas palīdz noteikt korelāciju: piesārņojuma avots - vide, vide - organisms. Izvēloties rajonus, kas raksturojas ar dažādu piesārņojuma intensitāti un elementu sastāvu, veido salīdzināmas apsekoto personu grupas, kuru izvēlei tiek lietotas dažādas anketas. Viena no šāda veida anketām ir pieejama starptautiskā projekta TRACY publicētajos rezultātos (Vesterberg *et al.*, 1993), šī pētījuma mērķis bija noskaidrot elementu koncentrācijas cilvēku audos un atrast faktoros, kas ietekmē to palielināšanos vai samazināšanos. Pētījuma anketās tika ietverti jautājumi par iedzīvotāju etnisko sastāvu, vecumu, nodarbošanos, apdzīvojamā apgabala piesārņojuma pakāpi, pārtikas un ūdens kvalitātes rādītājiem, veselības stāvokli, kaitīgajiem ieradumiem u.c. (Loon, 1985; Vesterberg *et al.*, 1993).

Darba vides piesārņojuma riska novērtēšanai salīdzina interesējošos rādītājus adekvātās grupās personām, kuras darba procesā saskaras ar pētāmo vielu, un iedzīvotājiem vai citām darbinieku grupām, kas nav pakļautas vielas iedarbībai.

### **2.1.1. Ķīmisko vielu nokļūšana organismā**

Ķīmiskās vielas nodarbināto organismā var nokļūt caur elpošanas orgāniem, kuņģa un zarnu traktu, ādu un acu gļotādu. Ražošanas procesos ķīmiskās vielas nodarbināto organismā nonāk galvenokārt caur elpceļiem. Vielu ieelpošana ir iespējama, ja tehnoloģiskais process ir

nepilnīgs, ja tiek pārkāpti ražošanas tehnoloģijas noteikumi vai ja notiek avārija, un ķīmiskās vielas izdalās darba vides gaisā. Saindēšanās caur elpceļiem ir ļoti bīstama, jo ķīmiskās vielas spēj uzsūkties caur elpceļu gļotādu visā to garumā. Kaitīgo vielu gāzes un tvaiki caur alveolārām membrānām difūzijas ceļā nonāk tieši asinīs, apejot aknas, kuras darbojas kā mehāniskā un bioķīmiskā barjera. Labi šķīstošās vielas uzsūcas jau augšējos elpceļos. Ielpojot aerosolus, liela nozīme ir aerosolu daļiņu dispersitātei (Baķe & Eglīte, 1999).

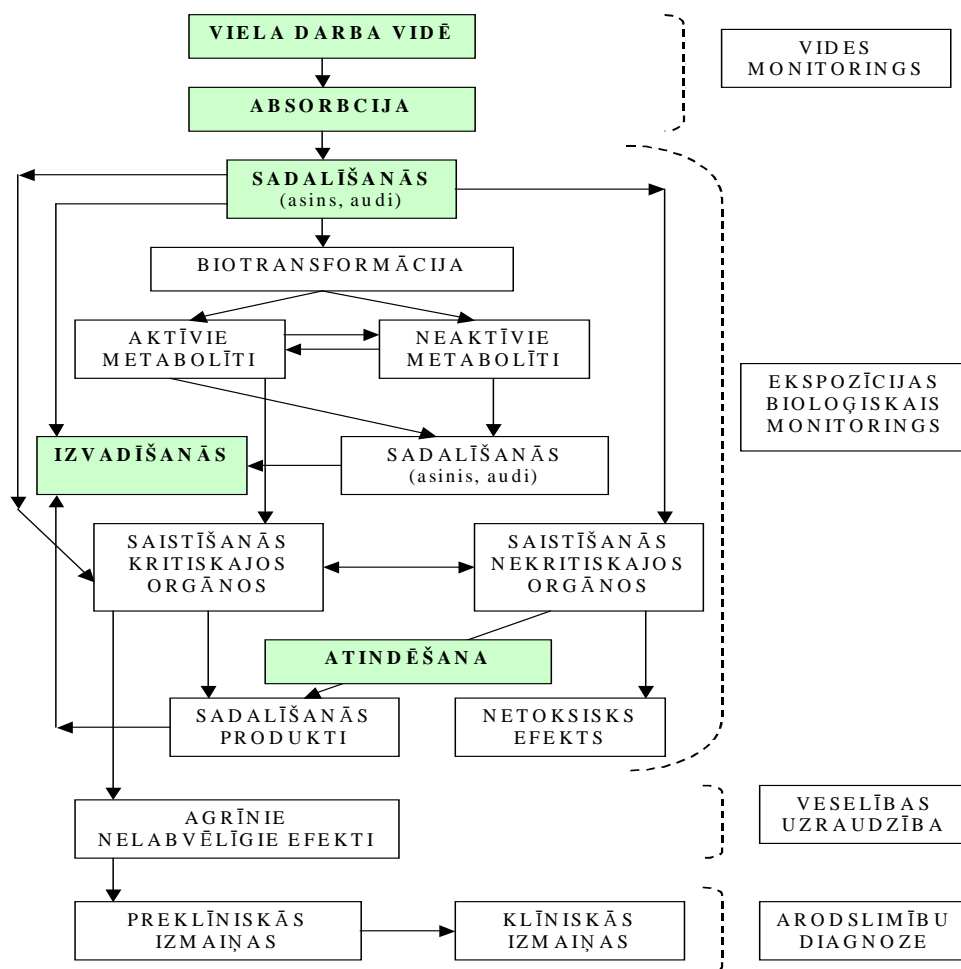
Ķīmisko vielu nokļūšana nodarbināto organismā caur kuņģa un zarnu traktu notiek samērā reti (ar netīrām rokām, cilvēkiem kopā ar gaisu norijot indīgās gāzes, tvaikus vai putekļus). Lielākā daļa indīgo vielu, kas uzsūcas caur kuņģa uz zarnu trakta gļotādu, pa vērtu vēnas sistēmu nonāk aknās, kur tās tiek aizturētas, daļēji izvadītas ar žulti, daļēji neutralizētas (Baķe & Eglīte, 1999).

Vielas, kas labi šķīst taukos, var nokļūt organismā caur nebojātu ādu, t.sk. arī gāzes un tvaiki, jo āda piedalās elpošanas procesos. Elektrolīti, t.i. vielas, kas disociē jonos, organismā caur ādu neiekļūst. Izņēmums ir smagie metāli un to sāļi, kas nelielā daudzumā var uzsūkties organismā arī caur ādu. Ķīmisko vielu nokļūšana organismā caur ādu ir ļoti bīstama, jo indīgās vielas nonāk lielajā asinsrites lokā, apejot aknas. Ķīmiskās vielas organismā var iekļūt arī caur acu gļotādu, ja tajās nonāk ķīmisko vielu šlakatas vai tvaiki (Mārtiņšone, 2006).

### **2.1.2. Ķīmisko vielu ceļš organismā**

Neatkarīgi no ķīmisko vielu uzsūkšanās veida, tās visas nonāk asinīs un pēc tam dažādos orgānos un audos, vielu izplatība organismā ir atkarga no to fizikāli ķīmiskajām īpašībām, spējām uzsūkties caur asinsvadu, šūnu, molekulārām membrānām, kā arī no to mijiedarbības ar organismu dažādos līmeņos, proti, molekulārā, šūnu, audu, orgānu un sistēmu līmenī. Ķīmisko vielu ceļš organismā shematiski redzams attēlā 2.1.1 (Baķe & Eglīte, 1999; Eglīte, 2000).

Gandrīz visas vielas, kas iekļūst organismā, ir pakļautas dažādām pārvērtībām. Daudzi metāli organismā veido savienojumus ar taukskābēm un aminoskābēm. Savienojumus ar aminoskābēm veido, piemēram, svins, dzīvsudrabs, varš, cinks, kadmijs, kobalts. Ar olbaltumvielām veidotie savienojumi ir izturīgāki un ilgāk cirkulē organismā, tādējādi veicina metālu uzkrāšanos mīkstajos audos un parenhimatozos (nierēs, aknās) orgānos. Metāli organismā uzkrājas, galvenokārt tajos audos, kuros tie ir sastopami kā mikroelementi, un orgānos ar intensīvu vielmaiņu (aknās, nierēs, endokrīnos dziedzeros) (Eglīte, 2000; Klaassen, 2008).



**2.1.1. attēls.** Ķīmisko vielu ceļš organismā (pēc Lauwerys, 1991)

Metālu izvadīšanās ceļi no organisma ir dažādi. Daļa no metāliem izvadās caur nierēm ar urīna palīdzību, daļa ar fēcēm. Ar urīna palīdzību izvadās tādi metāli kā hroms, kadmījs un varš (Elinder *et al.*, 1994). Tādas lēni šķīstošās vielas kā arsēns, svins un dzīvsudrabs, galvenokārt izdalās caur žults ceļiem un zarnām, kā arī ar siekalām (Baķe & Eglīte, 1999). Zarnās notiek gan ķīmisko vielu uzsūkšanās, gan to izdalīšanās. Ja ķīmiskās vielas izdalās ar žulti (vai caur zarnu sienām), tās var tūlīt uzsūkties atpakaļ un pa vērtu vēnas sistēmu atkal nonākt asinīs.

Tā kā daudzas ķīmiskās vielas uzkrājas depo orgānos, tās var izdalīties no organisma ilgstoši, dažreiz pat daudzus mēnešus un gadus pēc tam, kad beidzies darbs ar šo vielu. Depo orgānos ķīmiskās vielas var ilgi atrasties bez pārmaiņām. Dažādu faktoru ietekmē (infekcija, saindēšanās ar uzturvielām, alkohola lietošana, trauma) indes no depo orgāniem nonāk asinīs un rada saindēšanās ainu vai arī hroniskas saindēšanās uzliesmojumu.

## 2.2. Biomonitorings un biomarķieri

Ķīmisko vielu ekspozīcijas biomonitorings ir ierasta prakse dažādās rūpniecības nozarēs jau izsenis. Par tā aizsākumu var uzskatīt 1950-to gadu pirmo pusi, kad sāka noteikt svina daudzumu asinīs un urīnā, vienlaicīgi, lai novērtētu svina ietekmes bioloģisko efektu, veica cinka protoporfirīna un  $\delta$ -aminolvulīnskābes analīzes (Boogaard, 2007).

20.gadsimta 80-to gadu sākumā Eiropas Savienībā tika sagatavota direktīva 80/1107/EEC, kas bija pirmais Eiropas līmeņa likumiskais pamatojums biomonitoringam darba vietās. 1982.gadā pamata direktīvai tikai pievienota pakārtotā direktīva, kura definēja prasības svina saturam asinīs (82/605/EEC). 1983. gadā Beļģijā publicēja pirmo izdevumu “Ķīmisko vielu ekspozīcijas rūpniecībā – vadlīnijas bioloģiskajam monitoringam” (“*Industrial Chemical Exposure – Guidelines for Biological Monitoring*”), gadu vēlāk ASV *American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH)* noteica pirmās ekspozīcijas pazīmes. Lai arī ES izdeva virkni direktīvu ar nolūku veicināt darba drošības un veselības uzlabojumus nodarbinātajiem (89/391/EEC) un noteikt saistošas bioloģiskās robežvērtības un veselības novērošanas pasākumus (98/24/EC), nepārtrauktās izmaiņas esošajos normatīvajos aktos un jaunu prasību rašanās būtiski samazināja biomonitoringa ieviešanu un veikšanu darba vietās. Tajā pat laikā, tika pievērsta lielāka uzmanība cilvēka ekspozīcijai vidē, jo īpaši jutīgajām populācijas daļām, t.sk. (nedzimušiem) bērniem. Pasaulē pētījumus (vides) biomarķieru atklāšanai un izmantošanai biomonitoringam atbalsta arī ķīmijas rūpniecība ar savu ilgtermiņa pētījumu programmu (*long-range research initiative (LRI)*) (Boogaard, 2007). Šāda tipa pētījumi ir īpaši svarīgi, jo bieži vien trūkst vides biomonitoringa datu, lai izveidotu zinātniski ticamu riska novērtējumu.

Lai arī analītisko tehnoloģiju arvien pieaugošā pieejamība atļauj salīdzinoši vienkārši iegūt un analizēt cilvēka bioloģiskos paraugus, rezultātu interpretācija joprojām sagādā grūtības. Pati kaitīgo ķīmisko vielu klātbūtne paraugos jau norāda, ka tie organismā ir uzņemti no apkārtējās vai darba vides. Lai novērtētu patieso risku cilvēka veselībai, jābūt vismaz pamata izpratnei par devas un efekta sakarībām. Diemžēl, šī informācija bieži ir nepietiekama. Pat tad, ja tā ir pieejama, ticamai interpretācijai jāņem vērā vairāki citi faktori, kā līdzekspozīcijas un demogrāfiskie dati (Boogaard, 2007).

Biomarķieru izmantošana vides un darba vides veselības novērtēšanā aizvien pieaug, jo palielinās interese par iespēju agrīni atklāt ķīmisko vielu nelabvēlīgo ietekmi uz veselību. Biomarķieri sniedz informāciju par individuālām organismā uzņemtām devām vai to

izraisītām enzimatiskām un funkcionālām izmaiņām organismā, kā atbildes reakciju uz kaitīgo vielu iedarbību (Knudsen & Hansen, 2007; Jēkabsone *et al.*, 2008).

Pašlaik biomonitoringa dati par ekspozīcijām uzkrājas ātrāk, nekā spējam tos izanalizēt, lai noteiktu, vai ekspozīcija vienai ķīmiskai vielai vai to maisījumam var izraisīt veselības risku (Prikle *et al.*, 2005; Needham *et al.*, 2007). Lai pieņemtu pareizus, veselību skarošus lēmumus, ir īpaši jāpalielina dati par ietekmi uz veselību un jāuzlabo biomonitoringa datu interpretācija. Viens no iespējamajiem risinājumiem ir kalibrētu un pārbaudītu modeļu izmantošana, piemēram, fizioloģiski pamatoti farmakokinētiski modeļi (*Physiologically-based pharmacokinetic (PBPK) modeling*). Līdzīgi, galvenā prioritāte piešķirama bīstamām ķīmiskām vielām un jānodrošina, ka ir pieejami pietiekoši līdzekļi informācijas iegūšanai par iekšējo devu biomarkieriem un modelēšanai abos virzienos. Tādējādi, biomonitorings būs pamatā ne tikai datu iegūšanai, bet arī riska novērtējumam (Needham *et al.*, 2007).

Saskaņā ar Latvijas Republikas Ministru kabineta (MK) noteikumiem Nr. 325/2007 „Darba aizsardzības prasības saskarē ar ķīmiskām vielām darba vietās” (pieņemti 15.05.2007., publicēti *Latvijas Vēstnesī* 18.05.2007.) ir noteikts, ka, novērtējot darba vides riska pakāpi, jāņem vērā ķīmisko vielu un produktu bioloģiskās ekspozīcijas rādītāji (BER). Šajos noteikumos BER vērtības ir noteiktas sekojošiem metāliem: svinam, dzīvsudrabam, kadmijam un hromam. Veicot metālapstrādes darbus, nodarbinātā persona saskaras vēl ar citiem metāliem, piemēram, mangānu, niķeli, varu, cinku. Latvijas Republikas Ministru kabineta (MK) noteikumi Nr. 219/2009 „Kārtība kādā veicama obligātā veselības pārbaude” (pieņemti 10.03.2009., publicēti *Latvijas Vēstnesī* 13.03.2009) nosaka kārtību, kādā veicama obligātā veselības pārbaude tiem nodarbinātajiem, kuru veselības stāvokli ietekmē vai var ietekmēt veselībai kaitīgie darba vides faktori. Metālapstrādes darbos viens no būtiskākajiem riska faktoriem ir metināšanas aerosols, kā arī tā sastāvā esošie metāli. MK noteikumi Nr. 219/2009 iesaka noteikt bioloģiskajās vidēs tādus metālus kā – varu, cinku, niķeli, bet nenosaka šo metālu BER. Aktuāls jautājums ir arī mangāna noteikšana biovidēs, šie MK noteikumi norāda, ka mangāna koncentrāciju biovidēs nenosaka, lai gan pasaulē ir virkne pētījumi par mangāna ietekmi uz darba vidē eksponētām personām, analizējot šī elementa koncentrācijas dažādos biomateriālos.

### 2.3. Metālapstrādes procesu daudzveidība

Metāli un to savienojumi tiek plaši izmantoti daudzos rūpnieciskos procesos: metālapstrādē, krāsu un laku ražošanā, koksnes impregnēšanā, lauksaimniecībā un citur. Latvijā metālapstrādes, daudzveidīgajos metināšanas un gāzes griešanas procesos ir iesaistīts ap 2% no nodarbināto skaita (Martinsone, 2009; Martinsone & Skesters, 2009; Mārtiņšone *et al.*, 2010). Darba vidē dažādu metālu savienojumi ir plaši sastopami un to agregātstāvokļi arī ir dažādi (tvaiki, aerosoli, metāliskā forma).

Metālapstrādes nozarē tiek veikti dažādi darba veidi: metāla ražošana, pārstrāde, apstrāde (virpošana, slīpēšana, metāla griešana, metināšana, metāla uzkausējumu radišana) u.c. darbi. Par samērā kaitīgiem varētu uzskatīt metāla gāzes griešanas un metināšanas darbus. Veicot šīs darbības, nodarbinātie ir pakļauti virknei kaitīgo fizikālo un ķīmisko faktoru (Hewitt, 1996; Antonini, 2003), kas var izraisīt gan nelaimes gadījumus darbā, gan arodslimības.

Daudzveidīgajos metināšanas un gāzes griešanas procesos ir iesaistīts liels skaits nodarbināto, atsevišķās valstīs tas sastāda vairāk kā 1 % no darbspējīgajiem iedzīvotājiem (Hewitt, 1996; Lūse, 1999; Matisāne, 2005; Eglīte *et al.*, 2007). Kā piemēru varu minēt, ka Amerikas metinātāju biedrība ir identificējusi vairāk kā 80 dažādus metināšanas veidus un tai radniecīgus, komerciālām vajadzībām izmantojamus, procesus (Antonini, 2003), savukārt *Guidotti et.al* (1992) norāda, ka metināšanas procesu variācijas varētu sasniegt pat 220 dažādus tehnoloģiskos veidus, taču relatīvi maz šo variāciju tiek pielietotas ikdienas darbā un tehnoloģiskajos procesos (*Guidotti et al.*, 1992). Gāzes griešana un biežāk pielietotie metināšanas veidi apskatīti zemāk.

#### 2.3.1. Plašāk pielietotās metināšanas metodes

Metināšana ir neizjaucama, cietu materiālu savienojuma (metināta savienojuma) iegūšana starpatomu mijiedarbības spēku rezultātā, sametināmās virsmas sakausējot vai kopīgi plastiski deformējot. Visbiežāk metina metāliskus materiālu, bet var sametināt arī nemetāliskus materiālus (plastmasas). Mainot metināšanas režīmu, var veikt virsmu uzkausēšanu un sadalošo griešanu (Matisāne, 2005).

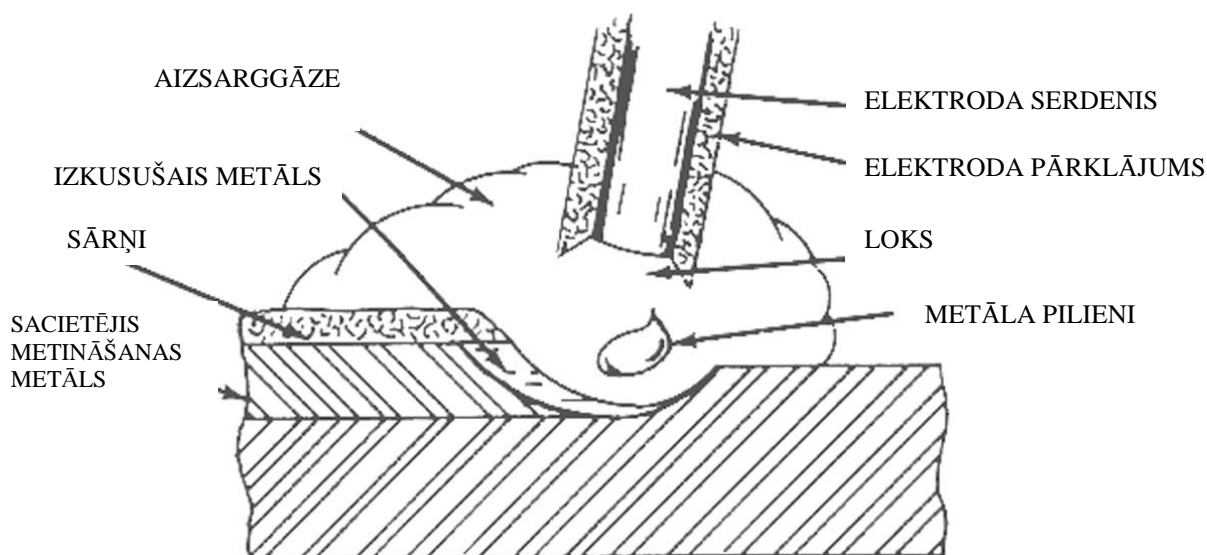
Metināšana un gāzes griešana ir viena no neatņemamām rūpniecības sastāvdaļām, bez kuras mūsdienās faktiski nav iedomājami tādi ražošanas procesi kā metālapstrāde, metalurģija, kā arī dažādi ražošanas palīgprocesu, piemēram, ražošanas iekārtu un darba aprīkojuma remonts.

Metināšanas un gāzes griešanas procesu laikā nodarbinātais ir pakļauts sekojošiem riska faktoriem: spilgtai redzamai gaismai, ultravioletajam un infrasarkanajam starojumam, paaugstinātai temperatūrai, troksnim, vibrācijai, fiziskai slodzei, metināšanas aerosolam un gāzēm (Kaļķis *et al.*, 2001; Antonini, 2003). Metināšanas procesā veidojas tādas toksiskas gāzes kā slāpekļa oksīds un slāpekļa dioksīds, oglekļa dioksīds un oglekļa monoksīds, ozons. No ķīmiskā viedokļa metināšanas aerosols ir ļoti sarežģīts, tas galvenokārt sastāv no šuvi veidojošiem, elektrodu pārklājumā vai serdenī esošiem elementiem (Kolarzyk *et al.*, 2006). Šī aerosola disperso fāzi veido cietās kondensācijas daļiņas (izmēros < 5µm), bet disperso vidi – gaiss un šis aerosols visbiežāk satur dzelzi, silīciju, mangānu, hromu, varu, cinku, niķeli, fluorīdus, alumīniju, kadmiju, svinu, magniju, molibdēnu, titānu, volframu, beriliju (Guidotti *et al.*, 1992; Hewitt, 1996; Kaļķis *et al.*, 2001; Antonini, 2003; Antoneviča, 2007; Eglīte *et al.*, 2007).

Vairums metināšanā izmantoto materiālu ir dzelzs, mangāna, silīcija, hroma, niķeļa un citu elementu sakausējumi. Nerūsējošā tērauda (*Stainless Steel*) metināšanas aerosols parasti satur 20% hroma un 10% niķeļa, tērauda ar zemu oglekļa saturu (*Mild Steel*) metināšanas aerosols - 80% dzelzs, nedaudz mangānu un niķeli, bet nesatur hromu (Antonini, 2003; Fidan *et al.*, 2005; Kolarzyk *et al.*, 2006; Antonini *et al.*, 2009).

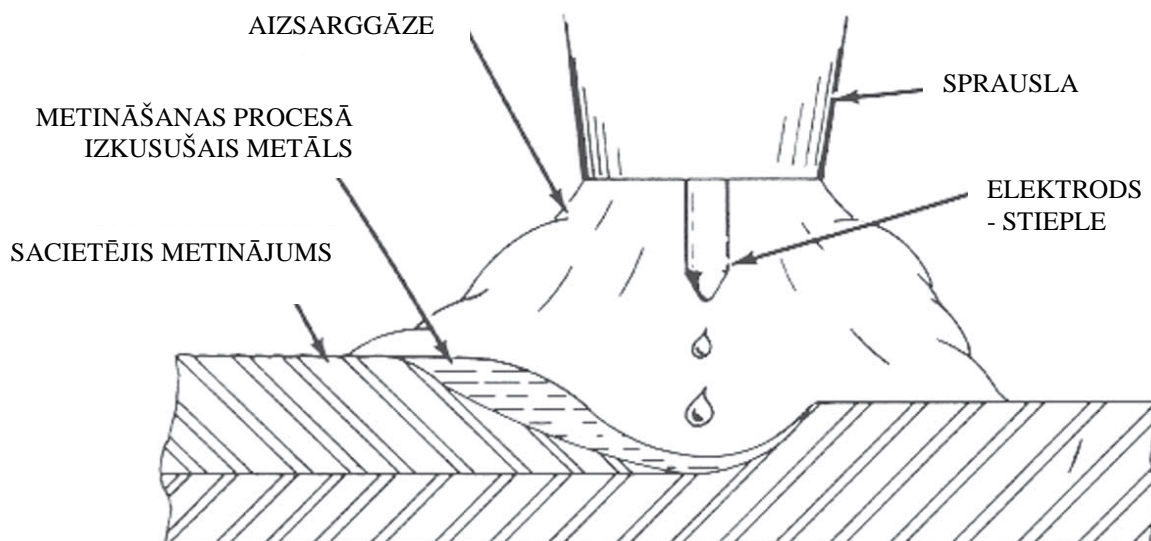
Novērtējot darba vides riska faktoros metināšanas darbos iesaistītām personām, būtiski ir izvērtēt ne tikai metināšanas procesā izmantotos elektrodus, bet arī metināmo materiālu.

Metināšanas ir būtisks ražošanas līdzeklis, kas nodrošina kvalitatīvu dažādu metālisku detaļu savienošanu. Jāatceras, ka ir iespējams metināt visus metālus un to sakausējumus; dažus viegli, citiem nepieciešami īpaši nosacījumi. Četri visbiežāk pielietotie metināšanas veidi ir manuālā elektriskā loka metināšana ar elektrodu (*MMAW*)- attēls 2.3.1., gāzes elektriskā loka metināšana (*GMAW*) - attēls 2.3.2., elektriskā loka metināšanas ar pulverstiepli bez gāzes aizsardzības (*FCAW*) - attēls 2.3.3., metināšana ar volframa elektrodu aizsarggāzu vidē (*TIG*) – attēls 2.3.4., un citi, piemēram, metināšanas zem kušņu kārtas (*submerged arc welding*), plazmas metināšana. Katrai metodei ir savas īpašas metalurģiskās un izpildes priekšrocības, un katrai ir arī savi riski, ieskaitot veselības. Tādējādi, metinātāji nav viendabīga grupa. Metinātāji strādā dažādos apstākļos - ārpus telpām, plašās un šaurās iekštelpās, zem ūdens un augstumā pie metālisku konstrukciju izveides, izmantojot visdažādākos metināšanas un metālu griešanas veidus (Antonini, 2003).



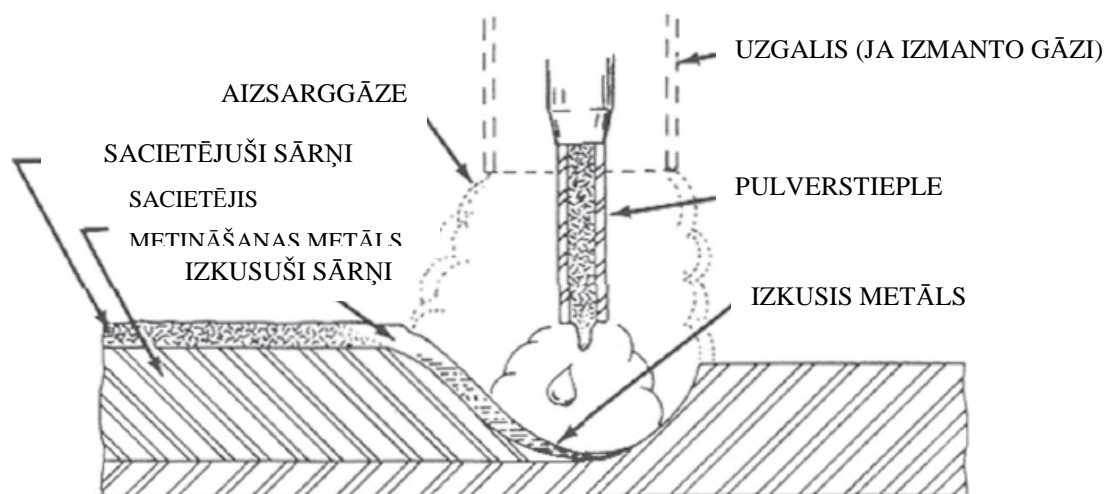
**2.3.1. attēls.** Manuālā elektriskā loka metināšana ar elektrodu (MMAW) (Diagrammas izstrādātājs: Hobarta metināšanas tehnoloģiju institūts, ASV, 1977); (Antonini, 2003; Antonini *et al.*, 2003b).

Vecākais no elektriskā loka metināšanas veidiem atspoguļots 2.3.1. attēlā. Metinājumu veido elektriskais loks starp aizsargātu metāla elektrodu un metināmo materiālu. Ekranējumu (aizsarggāzes) nodrošina elektroda seguma sadalīšanās produkti. Šuves pildījumu veido elektroda materiāls. Process piemērots visu dzelzs sakausējumu metināšanai dažādās pozīcijās.



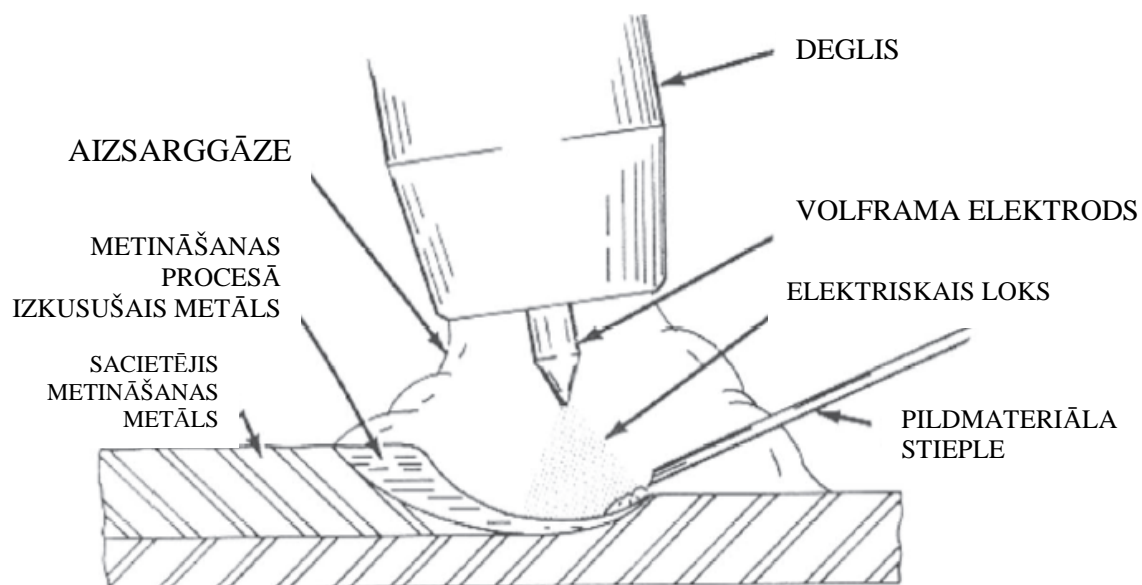
**2.3.2. attēls.** Gāzes elektriskā loka metināšana (GMAW). (Diagrammas izstrādātājs: Hobarta metināšanas tehnoloģiju institūts, ASV, 1977) (Antonini, 2003; Antonini *et al.*, 2003b).

2.3.2. attēlā redzamā metode dažreiz tiek saukta arī par metāla inertās gāzes metināšanu (*MIG*) vai metināšanu ar pusautomātu. Šīs metināšanas principa pamatā ir metāla stieple, kas caur stieples padeves mehānismu un metināšanas pistoli tiek padota uz metināmo virsmu, un elektriskā loka ietekmē tiek nodrošināta gan stieples, gan metināmās virsmas sakausēšana. Stieple darbojas gan kā strāvu vadošs elektrods, gan kā metināmā metāla pildījums. Aizsarggāze, kas plūst caur gāzes sprauslu, aizsargā loku un izkusušo materiālu, veidojas augstas kvalitātes metinājumi visiem metāliem un sakausējumiem. Pēc metināšanas, nav jāvelta daudz pūļu metinājuma tīrīšanai. Process ir ātrs un ekonomisks bez sārņu veidošanās.



**2.3.3. attēls.** Elektriskā loka metināšana ar pulverstiepli, bez vai ar gāzes aizsardzību (*FCAW*). (Diagrammas izstrādātājs: Hobarta metināšanas tehnoloģiju institūts, ASV, 1977) (Antonini, 2003; Antonini *et al.*, 2003b).

Šajā metināšanas veidā (2.3.2. attēls) izmanto pulverstiepli, kas caur stieples padeves mehānismu un metināšanas pistoli tiek padota uz metināmo virsmu, un elektriskā loka ietekmē tiek nodrošināta gan stieples, gan metināmās virsmas sakausēšana. Ekranējumu (aizsarggāzes) nodrošina ap stiepli esošo kušņu sadalīšanās produkti. Šim metināšanas veidam pēc nepieciešamības caur degļa uzgali ir iespēja pievadīt gāzi vai gāzu maisījumu, tādējādi nodrošinot papildu ekranējumu. Veicot metināšanu ar pulverstieples (kušņu) metodi, iegūst gludus, pietiekoši izturīgus un kvalitatīvus metinājumus.



**2.3.4. attēls.** Metināšana ar volframa elektrodu aizsarggāzu vidē (*GTAW*). (Diagrammas izstrādātājs: Hobarta metināšanas tehnoloģiju institūts, ASV, 1977) (Antonini, 2003; Antonini *et al.*, 2003b).

2.3.4. attēlā redzamā metode tiek saukta arī par volframa (tungstena) inertās gāzes metināšanu (*TIG*). *TIG* tika izstrādāta 1940. gadā alumīnija sakausējumu metināšanai. Papildus alumīnija metināšanai šī metode tiek izmantota nerūsējošā tērauda, kā arī oglekļa saturoša un maz leģēta tērauda metināšanai. Metināšana ir iespējama ar metināšanas materiāliem, kuru biezums ir sākot no 0,6 mm. *TIG* metināšanā starp elektrodu un metināmo virsmu veidojas (deg) elektriskais loks, kā rezultātā metāls tiek sakarsēts un kūst. Loks kļūst aktīvs bez pieskāriena, t.i. ar augstvoltu impulsu palīdzību. Pa degļa sprauslu plūstošā aizsarggāze (argons vai hēlijs vai to maisījums) nodrošina izkusušā metāla un volframa elektroda aizsardzību no atmosfēras gaisā esošo gāzu nevēlamās iedarbības. Volframa elektrods ir novietots gāzes degļa vidū. Ar šo metodi var iegūt augstākās kvalitātes metinājumus visiem metāliem un sakausējumiem. Pēc metināšanas vajadzīga minimāla šuves apstrāde, jo procesa laikā praktiski neveidojas metināšanas šļakatas un sārņi.

Par vispopulārākajām metodēm var uzskatīt elektriskā loka metināšanu ar elektrodu un gāzes elektriskā loka metināšanu (Kaļķis *et al.*, 2001).

Katru no šiem metināšanas veidiem var raksturot ar noteiktu metināšanas aerosola daudzuma rašanos vienā minūtē. Elektriskā loka metināšanā ar elektrodiem, šis rādītājs svārstās no 300 līdz 800 mg/minūtē, gāzes elektriskā loka metināšanā – no 200 līdz 500 mg/minūtē, elektriskā loka metināšanā ar pulverstiepli – no 900 līdz 3100 mg/minūtē un metināšana ar volframa elektrodu – no 3 līdz 7 mg/minūtē (Guidotti *et al.*, 1992).

Raugoties no arodveselības viedokļa, ir gūti nodalīt, kurš no metināšanas veidiem ir kaitīgāks vai mazāk kaitīgs. Elektriskā loka metināšana ar pulverstiepli (*FCAW*) ir piemērota intensīvas ražošanas apstākļiem, tomēr darba procesā, salīdzinājumā ar citām metodēm, veidojas ne tikai lielāks metināšanas aerosola daudzums, kura sastāvā ir ūdenī labi šķīstoši metālu savienojumi, bet arī rodas ozons (Guidotti *et al.*, 1992). Veicot metināšanu ar volframa inertās gāzes (*TIG*) metodi, izdalās mazāks metināšanas aerosola daudzums salīdzinājumā ar citām metināšanas metodēm, bet ievērojami palielinās ozona koncentrācija. Savukārt metināšanas aerosols, kas veidojas gāzes elektriskā loka metināšanas (*GMAW*) laikā, satur lielāku skaitu respirablo daļiņu nekā metināšanas aerosols, kas rodas, izmantojot elektriskā loka metināšanu ar pulverstiepli. Svarīgi ir atzīmēt, ka, veicot elektriskā loka metināšanu izmantojot elektrodus (*MMAW*), lielas svārstības novērojamas individuālajos ekspozīcijas rādītājos, piemēram, identiskos darba apstākļos stājai un metināšanas pozīcijai (Robinson, 1986).

### 2.3.2. Gāzes griešana

Metālapstrādē konstrukciju un mazlēģēto tēraudu griešanā galvenokārt pielieto skābekļa - deggāzes griešanas (*oxy - fuel*) procesu. Gāzes griešanas process notiek vidē, kurai raksturīga apmēram 3000°C augsta temperatūra, kurā tiek sajaukts skābeklis un deggāze. Pašos pirmsākumos, pirms vēl tika pielietota skābekļa - deggāzes griešana, tēraudu sakarsēja līdz kušanas temperatūrai. Tagad to pašu var panākt ar skābekļa - deggāzes liesmu, turklāt deggāzes izvēlei griešanas procesam ir liela nozīme - tā ietekmē gan griezuma kvalitāti, gan sakarsēšanas laiku, gan arī griežamā materiāla biezuma izvēli (AGA, 2000; Matisāne, 2005).

Acetilēns ir vienīgā deggāze, kas kopā ar skābekli veido maisījumu, kas spēj izkausēt tēraudu (to iespējams sagriezt pat līdz pāris metru biezumam). Citas deggāzes (propānu, ūdeņradi) iespējams izmantot tādu materiālu griešanai, kuriem ir zemāka kušanas temperatūra (piemēram, nerūsējošā tērauda griešanai (Järvisalo *et al.*, 1992).

Metāla virsmas kondīcija nešaubīgi ietekmē griezuma kvalitāti, piemēram, dažāda tipa gruntējumi pret koroziju. Ir iespējams mehanizēt šo procesu, uzreiz veicot vairākus griezumus paralēli. To var panākt, pielietojot automātiskās griešanas mašīnas ar vairākiem degļiem. Iespējams veikt arī sarežģītākas formas griezumus – gan taisnu, gan slīpu griezumu (AGA, 2000).

Veicot gāzes griešanas darbus, darbinieki ir pakļauti dažādiem darba vides riska faktoriem, kas var izraisīt gan nelaimes gadījumus (piemēram, apdegumus), eksploziju (darbs sprādzienbīstamā vidē), arodslimības (piemēram, plaušu slimības un nervu sistēmas slimības,

kurās izraisa darba vidi piesārņojošās vielas), tādēļ darba aizsardzības prasību ievērošanai ir būtiska nozīme arodveselības un darba drošības nodrošināšanā (Matisāne, 2005). Analizējot darba vides piesārņojumu, ir svarīgi novērtēt gaisā esošo metālu kvalitatīvo un kvantitatīvo sastāvu, kas var būt mainīgs un bieži nav noteikts. Tas savukārt traucē zinātniski pamatoti izvērtēt piesārņotājvielu iespējamo ietekmi uz veselību.

## **2.4. Metināšanas aerosols un tā sastāvā esošie metāli darba vides gaisā, to nozīme organismā**

### **2.4.1. Metināšanas aerosola fizikāli ķīmiskā struktūra un sastāvs**

Metināšanas aerosols no ķīmiskā viedokļa ir ļoti sarežģīts un sastāv galvenokārt no šuvi veidojošiem, elektrodu pārklājumā vai serdenī esošiem metāliem. Precīzu metināšanas aerosola sastāvu, kas rodas darba procesā, nosaka apstrādei izmantotā metāla un elektrodu sastāvs (Donaldson *et al.*, 2005; Fidan *et al.*, 2005). Metinātāji metināšanas procesā ir pakļauti ne tikai dažādu elementu aerosola maisījumam, bet arī dažādu gāzu, piemēram, ozona un slāpekļa oksīdu ietekmei. Metināšanas procesā, esošā karstuma rezultātā, metāls iztvaiko un tā sastāvā esošie elementi, piemēram, alumīnijs, kadmijs, mangāns, hroms, varš, kālijs un citi oksidējas un ar pildvielā esošiem halogēniem (fluoru, hloru) bieži vien veido ūdenī šķīstošus savienojumus (Antonini, 2003).

Aerosoli galvenokārt veidojas no homogēni izkliedētu iztvaikojošo elementu atomiem, kuri vēlāk palielinās koagulācijas un kondensācijas ceļā. Liela daļa no metināšanas aerosola pēc izmēra ir nanondaļiņas, t.i. < 100 nm (Donaldson *et al.*, 2005). Daļiņu izmēru sadalījums ir svarīgs faktors ar metināšanas aerosola ieelpošanu saistīto veselības risku novērtēšanā. Daļiņu aerodinamiskais diametrs ir indikators aerosola daļiņu iekļūšanas dziļumam plaušās pēc ieelpošanas. Saskaņā ar elektronu mikroskopa analīzi, metināšanas aerosola atsevišķu daļiņu izmēri, kuri veidojas pie elektroda vai degļa, ir īpaši sīki (0,01–0,10 μm t.i. 10-100 nm). Elektriskā loka metināšanas procesā (MMAW) esošais karstums izraisa intensīvu gaisa turbulenci un veicina metināšanā radušos daļiņu ātru agregāciju lielāku daļiņu ķēdēs (Antonini *et al.*, 2003b; Konarski *et al.*, 2003).

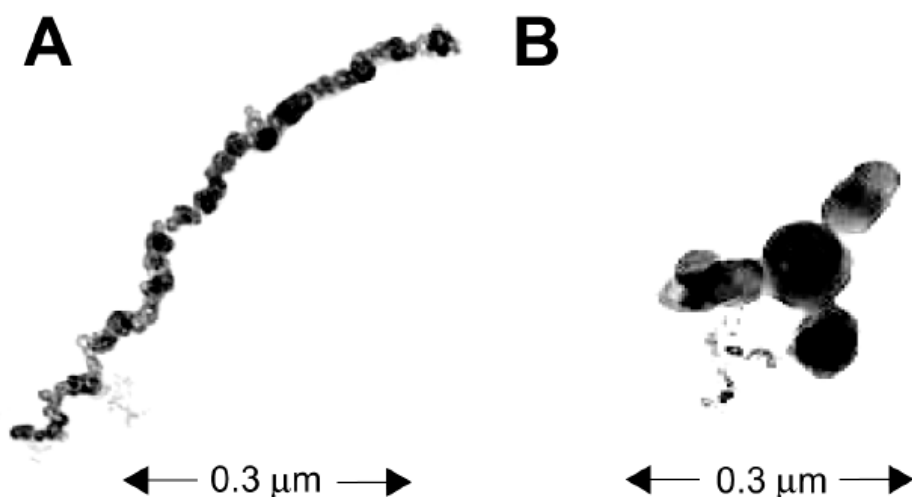
Pētījumos noskaidrots, ka metināšanas procesa tips un izmantotie materiāli ietekmē metināšanas aerosola daļiņu izmērus un sastāvu. Daļiņu veidošanās mehānisms izskaidro daļiņu kodola un virsmas atšķirīgo ķīmisko sastāvu (Zimmer & Biswas, 2001). Izvērtējot modelējošos mērījumus manuālās un gāzes elektriskā loka metināšanā procesos, iegūtie rezultāti liek domāt, ka metināšanas aerosolā lielākā daļa mangāna ir ar oksidācijas pakāpēm

Mn(II) un Mn(III) (Antonini *et al.*, 2003b). Rentgenstaru difrakcijas pētījumi ir atklājuši dažādus mangānu saturošus savienojumus metināšanas aerosolā; piem.  $\text{KMnF}_3$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{K}_2\text{MnO}_4$ ,  $\gamma\text{-Mn}_2\text{O}_3$  un  $\text{Mn}_3\text{O}_4$  (Ellingsen *et al.*, 2006).

Saskaņā ar toksikoloģiskajiem pētījumiem, daļiņas, kuru izmērs ir zem mikrometra var kaitēt plaušām sava nelielā izmēra dēļ. Vēl joprojām ir diskutabls jautājums, vai ieelpoto metināšanas aerosolu daļiņu sakopojumi saskarē ar plaušu šūnām un plaušu virsmas šķidrums sadalās sākotnējās nanodaļiņās (Zimmer & Biswas, 2001).

Elektriskā loka metināšanas procesā sākotnējās daļiņas pārsvarā ir sfēriskas formas un to diametrs svārstās no 50 – 300 nm. Aerosola masas sadalījums ir vienmodāls ar vidējā aerodinamiskā ģeometriskā diametra ekvivalentu no 0,29 līdz 0,59  $\mu\text{m}$ . Daļiņu skaita mērījumi parāda, ka metināšanas procesā izdalīto daļiņu skaits pakļaujas log-normālam sadalījumam ar mediānu, kas atbilst 120 nm (Voitkevich, 1995; Ellingsen *et al.*, 2006). Metināšanas aerosola daļiņas, kuru diametrs ir mazāks par 1  $\mu\text{m}$ , rada augstu risku veselībai, tās nosēžas elpceļu dziļākajā daļā, elpošanas bronhiolās un alveolās un nav viegli izvadāmas no elpošanas trakta ar bronhu epitēlija skropstiņu un plaušu surfaktantu palīdzību (Eglīte, 2000; Zimmer & Biswas, 2001; Konarski *et al.*, 2003; Moroni & Viti, 2009). Daļiņām ar diametru apmēram 0,5  $\mu\text{m}$  (500 nm) minimālā alveolārā depozīta efektivitāte ir apmēram 25%, mazākām daļiņām tas ir ar pieaugošu efektivitāti (Ellingsen *et al.*, 2006).

Zimmer un Biswas (2001) novēroja, ka gāzes elektriskā loka metināšanas (*GMAW*) laikā radītā aerosola daļiņas bija ar mazāku vidējo diametru, salīdzinājumā ar daļiņām, kas veidojās elektriskā loka metināšanas laikā, metinot ar pulverstiepli (*FCAW*). Turklāt, tika novērots, ka *GMAW* un *FCAW* procesos veidoto daļiņu sastāvs bija stipri atšķirīgs (2.4.1. attēls).



**2.4.1. attēls.** Transmisijas elektronmikroskopa attēls diviem metināšanas procesiem (A) gāzes elektriskā loka metināšanai (*GMAW*) un (B) elektriskā loka metināšanai, metinot ar pulverstiepli (*FCAW*) (Avots: Zimmer un Biswas (2001)).

Gāzes elektriskā loka metināšanas procesā veidotie aerosoli pārsvarā izkārtojās homogēnos ķēdei līdzīgos veidojumos (A attēls), šajā metināšanas veidā izmantotie sakausējumi galvenokārt sastāv no dzelzs. Novērots, ka lielākā daļa no primārām daļiņām ir magnetīts ( $\gamma\text{Fe}_3\text{O}_4$ ), kura izkārtošanos lineārās ķēžveida struktūrās diktē magnētiskie spēki. Turpretī metināšanas laikā, izmantojot kušņu serdeni, izveidojušies aerosoli ir sarežģītāki un sastāv no lodveida un ķēžveida struktūrām (B attēls). Literatūrā ir minējumi, ka primāro daļiņu kodoli, kas sastāv galvenokārt no magnetīta, vēlāk kondensācijas un koagulācijas procesā apaug ar vieglākiem elementiem, kas darbojas kā cementējoši aģenti, piemēram, sārnu metāli (kalcijs, magnijs, bārijs) un fluorīdi. Veicot rentgenstaru fotoelektronu spektroskopisko analīzi metināšanas aerosolam, kas rodas metināšanas procesā, izmantojot fluoru saturošus kušņus, iegūtie rezultāti apstiprina, ka daļiņu virsma sastāv gandrīz tikai (~97%) no sarežģītiem fluoru saturošiem savienojumiem (Antonini *et al.*, 2003b). Moroni un Viti (2009) veiktajā pētījumā, analizējot metināšanas aerosola sastāvu, kas rodas metinot nerūsējošo tēraudu ar gāzes elektriskā loka metināšanu (GMAW), konstatēts, ka magnetīta tipa daļas satur nemainīgu un zīmīgu daudzumu dzelzi (Fe), hromu (Cr), mangānu (Mn) un niķeli (Ni) (Moroni & Viti, 2009).

Metināšanas aerosola ietekmes uz veselību izvērtēšana ir komplicēta. Apkopojot iegūto informāciju no citu autoru darbiem, jāsecina, ka veselību ietekmē ne tikai mazie aerosola daļiņu izmēri, bet arī fakts, ka daļa no aerosolā esošajiem savienojumiem ir šķīstoši un, nonākot saskarē ar organisma šķidrums, tie sadalās jonos, tādējādi ietekmējot organisma šūnas.

#### 2.4.2. Mangāna raksturojums un tā ietekme uz cilvēka organismu

- **Mangāna vispārējs raksturojums**

Mangāna ķīmiskais simbols ir Mn. Tas ir pelēks metāls ar sarkanu nokrāsu. Mangāna (II) oksīds (MnO) - zaļi kristāli, mangāna (IV) oksīds ( $\text{MnO}_2$ ) - melns kristālisks pulveris. Šī metāla kušanas temperatūra ir  $1244^\circ\text{C}$  un viršanas temperatūra ir  $2061^\circ\text{C}$ . Mangāns ir viens no 12 uz Zemes visplašāk izplatītajiem metāliem, tas atrodams augsnē, nogulumiežos, bioloģiskajos materiālos (Eglīte, 2000; Kaļķis *et al.*, 2001). Neskatoties uz to, ka mangāns apkārtējā vidē ir izplatīts elements, ir virkne rūpniecisku darbību, kuru rezultātā rodas paaugstinātas šī elementa koncentrācijas. Viens no būtiskākajiem vides piesārņojumiem rodas dažādu sakausējumu, dzelzs izstrādājumu un tēraudu ražošanā. Vēl kā piesārņošanas avotus

var minēt: derīgo izrakteņu ieguvi, minerālmēslu un fungicīdu ražošanu un lietošanu, stikla, krāsu un sērskābes ražošanu, arī mangāna oksīda un sauso galvanisko elementu ražošanu. Lai paaugstinātu oktānskaitli degvielai, kā piedevu lieto mangāna organiskos savienojumus, kas arī ir vides piesārņojuma avots (Elinder *et al.*, 1994; Bader *et al.*, 1999; Eglīte, 2000; Liu *et al.*, 2008). Jo plašāka ir mangāna saturošo savienojumu lietošana, jo lielāka iespēja ar to piesārņot dabu.

Mangāna vidējā masas koncentrācija augsnē svārstās no 21 līdz 4000 mg/kg. Masas koncentrācija jūras ūdenī parasti ir robežvērtībās no 0,1 līdz 10 µg/l. Ziemeļu jūrā un Atlantijas okeāna ziemeļrietumos mangāna koncentrācija svārstās no 0,03 līdz 4,0 µg/l. Šī elementa koncentrācija dabas ūdeņos reti kad pārsniedz 1000 µg/l un parasti ir mazāka kā 200 µg/l (Kļaviņš, 1996; IPCS, 2004).

Relatīvi nepiesārņotos apvidos (Arktikā, Grenlandē, Antarktīdā) mangāna saturs gaisā ir no 0,5 līdz 14 ng/m<sup>3</sup>, lauku apvidos vidējā koncentrācija ir 40 ng/m<sup>3</sup>, bet pilsētās tā koncentrācija gaisā svārstās robežās no 65 līdz 166 ng/m<sup>3</sup>, lietuvis tuvumā no 200 līdz 300 ng/m<sup>3</sup>, bet stipri piesārņotos apvidos virs 500 ng/m<sup>3</sup> (Kļaviņš, 1996; IPCS, 2004). Latvijā ir veikti pētījumi par metālu uzkrāšanos sūnās. Vislielākā vidējā mangāna koncentrācija, kas noteikta sūnās, ir bijusi Liepājas rajonā - 664 mg/kg, Valmieras apkārtnē mangāna vidējā koncentrācija ir bijusi 464 mg/kg. Kopsummā pa Latviju, lielākās mangāna koncentrācijas sūnās ir novērojamas Ventas un Gaujas baseinos (Brūmelis, 1992).

Mangāna koncentrācijas vidē var kalpot kā indikators, kas apstiprina rūpnieciskās darbības ietekmi ne tikai apkārtējā vidē, bet arī uz strādājošo individu. Tā kā Latvijā ir tikai viens liels metalurģijas uzņēmums, kas atrodas Liepājā, tad ir likumsakarīgi, ka arī mangāna koncentrācija sūnās Liepājas rajonā ir augstāka nekā Valmieras apkārtnē.

Latvijas likumdošanā darba vides gaisā noteiktā arodekspozīcijas robežvērtība mangānam metināšanas aerosolos (kondensācijas aerosols) ir 0,1 mg/m<sup>3</sup> (LR MK noteikumi Nr. 325/2007 „Darba aizsardzības prasības saskarē ar ķīmiskām vielām darba vietās” (pieņemti 15.05.2007., publicēti *Latvijas Vēstnesī* 18.05.2007.)).

- **Mangāna uzņemšana organismā un bioloģiskā iedarbība**

Mangāns ir organisma mikroelements. Tas ietekmē fermentu, hormonu un vitamīnu aktivitāti un veicina virkni organisma svarīgu funkciju realizāciju (asinsradi, vielu maiņu, augšanu, vairošanos). Tas ir nepieciešams normālam kaulu veidošanās procesam, pareizai

melanocītu darbībai un kateholamīnu maiņai smadzenēs (Loon, 1985; Eglīte, 2000; Aschner *et al.*, 2006).

Mangāns organismā iekļūst putekļu aerosola veidā, visbiežāk caur elpošanas orgāniem, retāk caur gremošanas traktu un ādu. Metināšanas aerosolā mangāns ir smalki dispersa ( $< 5 \mu\text{m}$ ) kondensācijas aerosola veidā kā  $\text{KMnF}_3$ ,  $\text{MnO}$ ,  $\text{K}_2\text{MnO}_4$ ,  $\gamma\text{-Mn}_2\text{O}_3$  un  $\text{Mn}_3\text{O}_4$  (Ellingsen *et al.*, 2006). Kā rāda pētījumi, šķīstošo mangāna savienojumu pulmonārā absorbcija žurkām ir labāka nekā mazāk šķīstošajiem savienojumiem. Līdzīga situācija varētu būt ar mangāna sakausējumu ražošanā iesaistītiem strādājošajiem. Mazāk ir ziņu par mangānu saturošu metināšanas aerosola daļiņu šķīdību plaušās, bet ir zināms, ka, palielinoties fluora un kālija daudzumam metināšanas aerosolā, tā šķīdība pieaug (Ellingsen *et al.*, 2006).

Mangāna uzsūkšanās no kuņģa un zarnu trakta ir neliela, aptuveni 1 – 5%, bet tā var palielināties personām ar dzelzs deficītu (Eglīte, 2000; Liu *et al.*, 2008). Mangāna absorbcija ieelpojot ir atkarīga no daļiņu izmēra, proti, ja daļiņu izmērs diametrā ir mazāks vai vienāds ar  $1 \mu\text{m}$ , absorbcija ir tuvu 100% (Andersen *et al.*, 1999; Aschner *et al.*, 1999).

Mangāna saturs organismā ir stabils. Cilvēks ar uzturu dienā saņem no 2 līdz 9 mg mangāna (Aschner *et al.*, 2006; Liu *et al.*, 2008). Asinīs mangāns cirkulē nestabila olbaltuma kompleksa veidā un nogulsņējas orgānos mazšķīstošu fosfātu veidā. Mangāns galvenokārt nogulsņējas smadzenēs, iekšējās sekrēcijas dziedzeros, aknās, nierēs. Literatūrā aprakstīti divi veidi mangāna nokļūšanai smadzenēs, caur kuņģa zarnu traktu mangāna uzņemšana ir daudz zemāka nekā ieelpojot, jo, nokļūstot organismā caur elpceļiem, viela apiet organisma kontroles mehānismus un nonāk tieši asinsritē. Ieelpotais mangāns organismā oksidējas un pārvēršas mangāna trivalentajā formā, saistās ar dzelzs pārneses proteīnu – transferīnu. Mangāna uzņemšana smadzenēs notiek caur transferīna receptoriem, kas atrodas dažādos smadzeņu apgabalos (Andersen *et al.*, 1999; Aschner *et al.*, 1999). Otrs ceļš, ieelpotās mangāna daļiņas tieši caur ožas nervu tiek transportētas uz smadzenēm (Liu *et al.*, 2008).

No organisma tas izdalās caur kuņģa un zarnu traktu ar žulti. Mangāna daudzums urīnā nav atkarīgs no tā, cik ilgu laiku cilvēks ir atradies ekspozīcijas zonā. Ar urīnu izvadās aptuveni tikai 1% Mn un var būt grūtības atrast lineāru sakarību starp mangāna koncentrāciju asinīs un urīnā (Elinder *et al.*, 1994; Santamaria, 2008). Aptuveni 85% no visa ķermenī esošā Mn ir saistīts ar hemoglobīnu un atrodas eritrocītos (Barceloux, 1999). Elementa bioloģiskais pusizvadīšanas periods no organisma ir 10 - 37 dienas, bet, tā kā mangānam piemīt spēja viegli šķērsot asins-smadzeņu barjeru, smadzenēs tas saglabājas ilgāk (WHO, 1981; Nelson *et al.*, 1993; Elinder *et al.*, 1994; Klaassen, 2008; Santamaria, 2008). Pētījumos ar radioaktīvi iezīmētu mangānu makaku pērtiķiem noskaidrots, ka pēc ieelpošanas pusizvadīšanās periods

no smadzenēm bija 223 - 267 dienas, bet, ievadot subkutāni, pusizvadīšanās periods bija 54 dienas (Newland *et al.*, 1987).

Mangāna koncentrācija asinīs personām, kuras nav tiešā saskarē ar mangānu vai tā savienojumiem, parasti nepārsniedz 250 nmol/l (14 µg/l), serumā - 20 nmol/l (1µg/l), un urīnā 20 nmol/l (1 µg/l) (Järvisalo *et al.*, 1992; Roels *et al.*, 1992). 2.4.1. tabulā apkopoti dažādu valstu autoru darbos norādītie normālie (references) mangāna līmeņi biovidēs.

**2.4.1. tabula.** Normālie mangāna līmeņi biovidēs arodneeksponētām personām

Literatūras avots	Valsts	Biovide	Mērv.	$\bar{x} \pm SD^1$	Koncentrācijas intervāls
(Barceloux, 1999)		Asinis	µg/l		4 – 15
(Santamaria, 2008)		Asinis	µg/l		7 – 12
(Wu, 2006)		Asinis	µg/l	10,9 ± 0,6	
(Rodrigues <i>et al.</i> , 2008)	Brazīlija	Asinis	µg/l	8,9 ± 4,1	7,5 <sup>2</sup> (5,1 – 14,7)
(Ellingsen <i>et al.</i> , 2006)	Krievija	Asinis	µg/l	8,6	3,7 – 24,0
(Bake, 1998)	Latvija	Asinis	µg/l	15,6 ± 5,0	
(Kristiansen <i>et al.</i> , 1997)	Dānija	Asinis	µg/l	9,1 ± 2,8	8,6 <sup>2</sup> (4,1 – 20,4)
(Minoia <i>et al.</i> , 1990)	Itālija	Asinis	µg/l	8,8 ± 0,2	7,1 – 10,5
(Hamilton <i>et al.</i> , 1994)	Lielbritānija	Asinis	µg/l	13,6	
(Barceloux, 1999)		Serums	µg/l		0,4 – 0,85
(Santamaria, 2008)		Serums	µg/l		0,6 – 4,3
(Minoia <i>et al.</i> , 1990)	Itālija	Serums	µg/l	0,6 ± 0,014	0,3 – 0,9
(Cornelis <i>et al.</i> , 1994)	Beļģija	Serums	µg/l	0,70	0,67 – 0,73
(Barceloux, 1999)		Plazma	µg/l		1 – 8
(Rodrigues <i>et al.</i> , 2008)	Brazīlija	Plazma	µg/l		2,0 <sup>2</sup> (0,07 – 8,62)
(Santamaria, 2008)		Mati	µg/g		< 4
(Rodrigues <i>et al.</i> , 2008)	Brazīlija	Mati	µg/g		0,7 <sup>2</sup> (0,05 – 6,71)
(Santamaria, 2008)		Urīns	µg/l		< 1
(Minoia <i>et al.</i> , 1990)	Itālija	Urīns	µg/l	1,02±0,05	0,12 – 1,90
(White & Sabbioni, 1998)	Lielbritānija	Urīns	µg/l	0,3	0,09 – 1,89

<sup>1</sup> - aritmētiskais vidējais ± standartnovirze ( $\bar{x} \pm SD$ ); <sup>2</sup> - koncentrācijas mediāna

D. *Barceloux* norāda, ka normālais mangāna līmenis asinīs neeksponētām personām svārstās no 4 līdz 15 µg/l, serumā no 0,4 līdz 0,85 µg/l un plazmā no 1 līdz 8 µg/l (*Barceloux*, 1999). *R.Lauwerys* iesaka, vērtējot mangāna savienojumu aroda ekspozīcijas risku, izmantot kā normālo mangāna līmeni asinīs koncentrāciju mazāku nekā 10 µg/l, bet koncentrāciju 10 µg/l uzskatīt par bioloģiskās ekspozīcijas robežvērtību (maksimāli pieļaujamo līmeni) (*Lauwerys*, 1991).

Somu zinātnieku veiktajā pētījumā mangāna koncentrācijas augšējā robeža (97,5‰) asinīs neeksponētai populācijai bija 0,38 µmol/l (20,86 µg/l) (*Järvisalo et al.*, 1992).

Vācijas darba vides kaitīgo ķīmisko vielu pētniecības komisija profesora Dr. H. Greima vadībā rekomendē bioloģisko ekspozīcijas rādītāju mangānam asinīs – 20 µg/l, nosakot kā hronisku ekspozīciju pēc vairākām maiņām vai maiņas beigās (*DFG*, 2003).

Mangāna biomonitoringa iespējas un pielietojums vēl joprojām pētnieku vidū ir ļoti diskutabls jautājums (*Bader et al.*, 1999; *Halatek et al.*, 2005; *Santamaria*, 2008). Latvijas normatīvajos aktos un standartos nav noteikts mangāna līmenis asinīs darba vidē eksponētām un neeksponētām personām.

Mangāna toksiskā iedarbība vērsta galvenokārt uz nervu sistēmu (*WHO*, 1981), tā izpaužas funkcionālos un organiskos bojājumos. Mangāns tiek vērtēts kā politropa inde, kas bojā arī plaušas, sirds muskuļi, aknas, žultspūsli, iespaido eritrocītu veidošanos, embrio un spermatogēnēzi, izsauc alerģiskus un mutagēnus efektus. Mangāna toksicitāte palielinās, ja ir novērojami blakusfaktori, kas ietekmē nervu sistēmas darbību: tvana gāze, varš, fluors, vibrācija (*Lüse*, 1999; *Eglite*, 2000; *Liu et al.*, 2008). Literatūrā ir atšķirīgi dati par sakarībām starp neiroloģisko testu rezultātiem un mangāna līmeni asinīs vai urīnā (*WHO*, 1981; *Roels et al.*, 1992; *Elinder et al.*, 1994), līdz ar to tā vēl joprojām ir aktuāla izpētes tēma.

Saindēšanas ar mangānu notiek ilgstošā laika procesā, simptomi var parādīties pēc 1 – 2 darba gadiem, bet dažreiz tikai pēc 10 gadiem (*Santamaria*, 2008). *Roels et al.* pētījums apliecina, ja darba vidē esošā mangāna savienojumu aerosola vidējā koncentrācija ir 1 mg/m<sup>3</sup> un darba stāžs mazāks par 20 gadiem, ir iespējams konstatēt pirms klīniskās intoksikācijas pazīmes (*Roels et al.*, 1987). Slimība sākas ar sūdzībām par galvas sāpēm, reiboni, nogurumu, apātiju, sliktu apetīti, vājuma sajūtu kājās, roku trīcēšanu un jušanas traucējumiem. Vēlāk novērojami centrālās nervu sistēmas darbības traucējumi.

Amerikas pētnieku grupa *R. Bowler* vadībā veikusi plašus pētījumus par mangāna ekspozīcijas ietekmi uz neiroloģiskām un neiropsiholoģiskām funkcijām 43 tiltu konstrukciju metinātājiem. Pētījumā konstatētā vidējā (laikā izsvartā) mangāna koncentrācija darba vides

gaisā metinātāju elpošanas zonā bija 0,11 – 0,46 mg/m<sup>3</sup> (55% > 0,20 mg/m<sup>3</sup>). 43% metinātāju mangāna līmenis asinīs bija mazāks par 10 µg/l. Tomēr liela daļa pētījuma dalībnieku atzīmēja dažādus neiroloģiskus simptomus: trīci (41,9%), nejutīgumu (60,5%), miega traucējumus (79,1%), toksiskas halucinācijas (18,6%), depresiju (53,5%) un nemieru (39,5%). Turklāt devas un efekta sakarība bija statistiski ticama nogurumam (p<0,05), depresijai (p<0,05), galvassāpēm (p<0,05) un seksuālas funkcijas traucējumiem (p<0,05) (Bowler *et al.*, 2006; Bowler *et al.*, 2007a; Bowler *et al.*, 2007b).

Norvēģijas un Krievijas pētnieku grupa D. Ellingsen vadībā veikuši pētījumu divās Sanktpēterburgas rūpnīcās, novērtējot darba vides gaisa piesārņojumu un mangāna koncentrāciju metinātāju asinīs. Kopumā izanalizēti 175 metināšanas aerosola paraugi, un ģeometriski vidējā mangāna koncentrācija ir 0,097 mg/m<sup>3</sup>, koncentrāciju intervāla svārstības no 0,003 līdz 4,620 mg/m<sup>3</sup>, aritmētiski vidējā mangāna koncentrācija asinīs metinātājiem ir par 25% augstāka nekā kontroles grupai, attiecīgi, 8,6 µg/l (3,7 – 24,0) un 6,9 µg/l (2,5 – 14) (Ellingsen *et al.*, 2006). Pētījuma turpinājumā metinātājiem tika veikti dažādi neiroloģiskie testi un tika konstatēts, ka nodarbinātajiem, kas pakļauti augstām mangāna koncentrācijām darba vidē (no 0,204 līdz 2,322 mg/m<sup>3</sup>), veicot motoro funkciju pārbaudi ar „*Finger tapping*” testu, salīdzinot ar kontroles grupu, ir statistiski ticami vājāki rezultāti. Metinātājiem ar augstāku mangāna līmeni asinīs (12,6 µg/l), veicot kognitīvo funkciju pārbaudi ar „*Digit Symbol*” testu, arī iegūti statistiski ticami vājāki rezultāti nekā kontroles grupai. Pētnieki secina, ka vājāki rezultāti pārbaudes testos varētu liecināt par akūtu mangāna ietekmi (Ellingsen *et al.*, 2008).

Diagnozi, ja ir notikusi saindēšanās ar mangānu, nevar uzstādīt, ja nav notikušas izmaiņas smadzenēs (Nelson *et al.*, 1993). Cilvēkam, kuram ir smaga hroniska saindēšanās ar mangānu, seja kļūst maskveidīga. Ieelpojot mangāna putekļus, var attīstīties aroda pneimonija (Eglīte, 2000). Ja mangāna aerosola ieelpošana turpinās ilgstoši un netiek pārtraukta, tad neiroloģiskās izmaiņas var būt neatgriezeniskas (Jankovic, 2005).

### 2.4.3. Hroma raksturojums un tā ietekme uz cilvēka organismu

- **Hroma vispārējs raksturojums**

Hroma ķīmiskais simbols ir Cr, tas ir ciets, plastisks, tēraudpelēks metāls, tā kušanas temperatūra ir 1907°C un viršanas temperatūra 2482°C. Hroms ir ļoti izturīgs pret gaisu un ūdens iedarbību (Eglīte, 2000; Kaļķis *et al.*, 2001; Jankovic, 2005).

Dabā hroms ir plaši izplatīts, tas ir 21. izplatītākais elements Zemes garozā, tā oksidācijas formas var būt no  $\text{Cr}^{2+}$  līdz  $\text{Cr}^{6+}$  (Miksche & Lewalter, 1997). Bioloģiski nozīmīgi ir tikai hroma trīsvērtīgie un sešvērtīgie savienojumi. Dabiskais trīsvērtīgais hroma oksīds sastopams rūdās kopā ar dzelzs oksīdu –  $\text{FeO} \cdot \text{Cr}_2\text{O}_3$ . Hroma rūdas iegūst Krievijā, ASV un Dienvidāfrikā (WHO, 1996a; Eglīte, 2000).

Hromu un tā savienojumus plaši lieto ķīmiskajā, krāsu, ādu, tekstiliju un citās rūpniecības nozarēs, kā arī ar metālapstrādi saistītos procesos (hromētā tērauda, hroma saturošu elektrodu, galvanisko elementu, slīpēšanas pastu izgatavošanā) (Eglīte, 2000; Klaassen, 2008).

Apkārtējā vidē hroms nokļūst ar industriālām izmetēm (metālapstrāde un iegūšana, cementa ražošana, fosilā kurināma sadedzināšana), tā koncentrācijas gaisā svārstās 0,01 – 0,03  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  robežās, bet lauku apvidos tās nepārsniedz 0,1  $\text{ng}/\text{m}^3$  (Klaassen, 2008).

Par lielu skaitu hromu saturošu savienojumu ir neapgāžami pierādījumi, ka tie ir toksiski cilvēkam, turklāt sešvērtīgo hromu saturošie savienojumi ir kancerogēni. Pēc IARC klasifikācijas sešvērtīgā hroma savienojumi ir klasificēti kā kancerogēni cilvēkam (klasifikācijas 1. grupa), bet metāliskais hroms un trīsvērtīgā hroma savienojumi nav kancerogēni (klasifikācijas 3. grupa).

Latvijas likumdošanas darba vides gaisā noteiktā arodekspozīcijas robežvērtība hroma (III) oksīdam (pēc hroma) ir 1  $\text{mg}/\text{m}^3$ , hroma (VI) oksīdam ir 0,01  $\text{mg}/\text{m}^3$  (LR MK noteikumi Nr. 325/2007 „Darba aizsardzības prasības saskarē ar ķīmiskām vielām darba vietās” (pieņemti 15.05.2007., publicēti *Latvijas Vēstnesī* 18.05.2007.)).

- **Hroma uzņemšana organismā un bioloģiskā iedarbība**

Bioloģiskajos materiālos hroms parasti ir trīsvērtīgā formā. Trīsvērtīgais hroms ir cilvēka mikroelements. Lielā koncentrācijā hroms sastopams DNS. Nedaudz hroma ir cilvēka organisma “glikozes tolerances faktorā”, un tas ir arī insulīna darbības kofaktors (Eglīte, 2000). Vidējais hroma daudzums, ko pieaudzis cilvēks dienā uzņem ar pārtiku, ir aptuveni 25  $\mu\text{g}$  (WHO, 1996a).

Ražošanas apstākļos hroms un tā savienojumi visbiežāk organismā nokļūst pa elpceļiem, kā arī caur ādu. Uzņemtā hroma daudzums ir atkarīgs no tā jonu valences. Cilvēkam nepieciešams ir trīsvērtīgais hroms. Neskatoties uz to, tā absorbcija caur kuņģa – zarnu traktu ir ļoti zema tikai 0,2 – 2,0 % no saņemtās devas. Sešvērtīgā hroma uzņemšana ir augstāka, ap 2 – 10% (Elinder *et al.*, 1994; Christensen, 1995; Liu *et al.*, 2008).

Valda uzskats, ka  $\text{Cr}^{6+}$  savienojumi ir kairinošāki un kodīgāki par  $\text{Cr}^{3+}$  savienojumiem. Kaut gan to grūti pateikt, jo ražošanas apstākļos vienlaicīgi iedarbojas dažādi hroma

savienojumi. Kā labi šķīstošs un kodīgs savienojums minams hroma trioksīds ( $\text{CrO}_3$ ) jeb hromskābes anhidrīds, kas var izraisīt ādas čūlas un alerģiskas reakcijas (Miksche & Lewalter, 1997; Mārtiņšone, 2006).

Ir zināms, ka sešvērtīgā hroma savienojumi izraisa toksiskus efektus gan uz ķermeņa virsmām, gan pēc absorbcijas. Galvenā atšķirība  $\text{Cr}^{6+}$  un  $\text{Cr}^{3+}$  toksicitātē ir to dažādā spēja šķērsot šūnu membrānas. Kā norādīts daudzu autoru darbos (Aaseth *et al.*, 1982; Wiegand *et al.*, 1984; Flora & Wetterhahn, 1989; Sugiyama, 1991; Corbett *et al.*, 1999; Eglīte, 2000), cilvēka veselībai bīstamāks ir sešvērtīgais hroms, kas daudz labāk par trīsvērtīgo hromu uzsūcās organismā. Organismā  $\text{Cr}^{6+}$  viegli caur šūnu membrānai ar anjonu kanāla proteīna palīdzību iekļūst šūnā un reducējas intracelulārā kancerogēnā –  $\text{Cr}^{3+}$ , savukārt trīsvērtīgajam hromam šādas īpašības nepiemīt (Miksche & Lewalter, 1997; Eglīte, 2000; Salnikow & Zhitkovich, 2008). Organismā hroms sastopams daudzos audos, bet galvenokārt tas uzkrājas aknās liesā, kaulos, muskuļos un taukaudos (Liu *et al.*, 2008).

Ilgstoša hroma savienojumu ieelpošana sākumā izraisa elpceļu gļotādas kairinājumu, iesnas, nelielu deguna asiņošanu. Vēlāk rodas čūlas elpceļu gļotādā un deguna starpsienas perforācija. Gļotāda ir sausa, atrofējusies, balss saites – sabiezētas (Eglīte, 2000).

Papildus veselības risku izraisa hroma savienojumiem piemītošā sensibilizējošā iedarbība (Miksche & Lewalter, 1997; Proctor *et al.*, 2002; Proctor *et al.*, 2003).

Lēni vai vidēji ātri šķīstošu sešvērtīgā hroma savienojumu ieelpošana darba vietā var izraisīt plaušu vēzi. Tas var attīstīties pēc 15 – 20 gadu ilga darba stāža ar  $\text{Cr}^{6+}$  savienojumiem. Pētījumos ir apstiprināta elpošanas orgānu ļaundabīgo audzēju rašanās hroma pigmentu ražošanā nodarbinātām personām un hromētājiem (Langard & Norseth, 1986; Salnikow & Zhitkovich, 2008). Vēža risks pastāv arī elektrometinātājiem, jo metināšanas aerosolā kušņu izmantošanas rezultātā var veidoties sešvērtīgā hroma savienojumi. Jāatzīmē, ka tabakas dūmiem un hromam piemīt sinerģisks efekts, kas pastiprina vēža rašanās iespēju (Salnikow & Zhitkovich, 2008).

No plaušām hroms var tikt izvadīts ar asinīm, limfu un attīroties gļotādām (Bragt & Dura, 1983; Perrault *et al.*, 1995). Galvenie absorbētā hroma izvadīšanas ceļi ir urīns un fēces. Tas var notikt arī ar matu un nagu palīdzību (Stearns *et al.*, 1995; Eglīte, 2000).

Hroma pusizvadīšanās laiks caur urīnu ir īss, proti, pēc ieelpošanas 4 – 10h (Kiilunen *et al.*, 1983), pēc orālās ekspozīcijas  $\text{Cr}^{3+}$  - 10h un  $\text{Cr}^{6+}$  - 40h (Christensen, 1995; Kerger *et al.*, 1997; Liu *et al.*, 2008). Apskatot hroma ekspozīciju caur ādu, tā hroma daļa, kas nav uzsūkusies un nokļuvusi asinsritē, saglabājas uz ādas virsmas, līdz brīdim, kad to nomazgā (Christensen, 1995; Liu *et al.*, 2008).

Domājams, ka sistēmiskais hroms organisma audos ilgi neuzglabājas. Pētījumi cilvēkiem ar vienreizējām vai atkārtotām ekspozīcijām atklāj, ka pēc norīšanas pusizvadīšanās laiks ir robežās ap 36h (Kerger *et al.*, 1997). Tomēr šis pusizvadīšanās laiks ir pietiekami ilgs, lai pēc regulāras, atkārtotas ekspozīcijas notiktu hroma uzkrāšanās. Pēc ekspozīcijas ielpojot, no plaušām neizvadītie nešķīstošie hroma savienojumi var saglabāties ilgstošu laiku (Eglīte, 2000).

2.4.2. tabulā apkopoti dažādu valstu autoru darbos norādītie normālie (references) hroma līmeņi biovidēs.

Atšķirībā no mangāna, hromam Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumos nr. 325/2007 „Darba aizsardzības prasības saskarē ar ķīmiskām vielām darba vietās” (pieņemti 15.05.2007., publicēti *Latvijas Vēstnesī* 18.05.2007) ir noteikts bioloģiskais ekspozīcijas rādītājs urīnā arodekspozīcijai un urīnā un asinīs arodekspozīcijai.

**2.4.2. tabula.** Normālie hroma līmeņi biovidēs arodekspozīcijai personām

Literatūras avots	Valsts	Biovide	Mērv.	$\bar{x} \pm SD^1$	Koncentrācijas līmenis (intervāls)
(WHO, 1996a)		Asinis	µg/l		< 0,5
LR MK not. 325/2007	Latvija	Asinis <sup>3</sup>	µg/l		< 0,5
(Stridsklev <i>et al.</i> , 2004)	Norvēģija	Asinis	µg/l		0,37 (< 0,3 – 1,5)
(Minoia <i>et al.</i> , 1990)	Itālija	Asinis	µg/l	0,61 ± 0,11	0,04 – 1,5
(White & Sabbioni, 1998)	Lielbritānija	Asinis	µg/l	0,19	0,1 – 0,6
(Minoia <i>et al.</i> , 1990)	Itālija	Serums	µg/l	0,17 ± 0,01	0,04 – 0,41
(WHO, 1996a)		Urīns	µg/l		< 1
(Ellingsen <i>et al.</i> , 2006)	Krievija	Urīns	µg/g kreatinīna	0,35	0,04 – 13,00
LR MK not. 325/2007	Latvija	Urīns <sup>3</sup>	µg/l		< 0,5
LR MK not. 325/2007	Latvija	Urīns <sup>4</sup>	µg/ g kreatinīna		10
(Kristiansen <i>et al.</i> , 1997)	Dānija	Urīns	µg/l	0,27 ± 0,21	0,22 <sup>2</sup> (0,197–1,35)
(Minoia <i>et al.</i> , 1990)	Itālija	Urīns	µg/l	0,23 ± 0,01	0,01 – 0,45
(White & Sabbioni, 1998)	Lielbritānija	Urīns	µg/l	0,13	0,04 – 0,96

<sup>1</sup> - aritmētiskais vidējais ± standartnovirze ( $\bar{x} \pm SD$ ); <sup>2</sup> - koncentrācijas mediāna <sup>3</sup> - LR likumdošanā noteiktais bioloģiskās ekspozīcijas rādītājs arodekspozīcijai; <sup>4</sup> - LR likumdošanā noteiktais bioloģiskās ekspozīcijas rādītājs arodekspozīcijai

Pēc *ACHIG* rekomendācijām ar hroma (VI) savienojumiem eksponētām personām ir iespējami divējādi novērtēt bioloģisko ekspozīcijas rādītāju (BER), nosakot kopējo hroma daudzumu urīnā maiņas laikā un darba nedēļas laikā. Noteikšanai maiņas laikā nepieciešams paņemt vienu urīna paraugu pirms maiņas sākuma un otru darba maiņas beigās, izmaiņas nedrīkst pārsniegt 10 µg/g kreatinīna. Lai izvērtētu iespējamo hroma koncentrācijas pieaugumu darba nedēļas laikā, urīna paraugi tiek paņemti pirms maiņas darba nedēļas sākumā un pēc maiņas darba nedēļas beigās. Hroma koncentrācijas BER pieļaujamās izmaiņas darba nedēļai ir 30 µg/g kreatinīna (WHO, 1996a).

Hroms ir viens no metināšanas aerosola komponentiem. Sešvērtīgā hroma emisija darba vides gaisā, metinot nerūsējošo tēraudu (*SS*) ar volframa inertās gāzes metināšanas metodi (*TIG*), ir daudz zemāka, nekā ja metināšanai tiek izmantota manuālā elektriskā loka metināšana (*MMAW*) (Bonde & Christensen, 1991; Christensen, 1995).

*Bonde et.al.* veica pētījumu un konstatēja, ka kopējā hroma koncentrācija darba vides gaisā ir augstāka ( $0,011 \pm 0,011 \text{ mg/m}^3$ ), metinot nerūsējošo tēraudu (*SS*) ar volframa inertās gāzes metināšanu, nekā metinot ar šo pašu metodi tēraudu ar zemu oglekļa saturu (*MS*) ( $0,003 \pm 0,008 \text{ mg/m}^3$ ), arī  $\text{Cr}^{6+}$  koncentrācija darba vides gaisā bija augstāka metinot, nerūsējošo tēraudu (*SS*), proti,  $0,003 \pm 0,002 \text{ mg/m}^3$ , nekā metinot tēraudu ar zemu oglekļa saturu (*MS*)  $0,001 \pm 0,001 \text{ mg/m}^3$ . Rezultāti par atsevišķiem metināšanas veidiem parādīja, ka *MMAW/SS* metinātājiem hroma koncentrācija urīnā bija 1,38 nmol/mmol kreatinīna (1,9 µg/g kreatinīna), bet asinīs – 17,31 nmol/l (0,9 µg/l), *TIG/SS* metinātājiem – 2,07 nmol/mmol kreatinīna (1,1 µg/g kreatinīna) un 17,25 nmol/l (0,89 µg/l), *TIG/MS* metinātājiem – 1,31 nmol/mmol kreatinīna (0,68 µg/g kreatinīna) un 14,46 nmol/l (0,75 µg/l). Iegūtie rezultāti tika salīdzināti ar kontroles grupas personām, kas nekad nav veikušas metināšanas darbus (elektriķi un metālapstrādē nodarbinātie). Elektriķiem hroma koncentrācija urīnā bija 0,68 nmol/mmol kreatinīna (0,35 µg/g kreatinīna), bet asinīs - 8,17 nmol/l (0,42 µg/l), metālapstrādē nodarbinātajiem – 0,76 nmol/mmol kreatinīna (0,39 µg/g kreatinīna) un 8,77 nmol/l (0,46 µg/l). Pētnieku grupa secināja, ka *SS* metinātājiem, izmantojot *TIG* metodi, ir novērojamas statistiski ticamas ( $p < 0,05$ ) augstākas hroma koncentrācijas biovidēs, un tas liecina par hroma iekšējas devas palielināšanos ekspozīcijas rezultātā (Bonde & Christensen, 1991).

*Edme et. al.* savā pētījumā, veicot hroma noteikšanu darba vides gaisā dažādiem metināšanas veidiem kopā ar šajos darbos iesaistīto metinātāju biomonitoringu, konstatēja, ka metinātājiem, kas veic metināšanas darbus ar manuālo elektriskā loka metināšanu (*MMAW*), hroma līmenis biovidēs ir viennozīmīgi augstāks nekā metinātājiem, kuri metina, izmantojot citas metodes (Edmé *et al.*, 1997).

Kā norāda S. Langard, tā kā nerūsējošā tērauda metinātāji ir pakļauti sešvērtīgā hroma ietekmei, tad šajā grupā ir nepieciešami plašāki epidemioloģiski plaušu vēža riska pētījumi. Tāpat ir svarīgi veikt hroma biomonitoringu dažādos biomateriālos, tas ļauj precīzāk noteikt saņemto ekspozīcijas devu un kvalitatīvāk novērtēt hroma radīto veselības risku (Langard & Norseth, 1986; Christensen, 1995; Lucchini *et al.*, 1995).

#### **2.4.4. Cinka raksturojums un tā ietekme uz cilvēka organismu**

- **Cinka vispārējs raksturojums**

Cinka ķīmiskais simbols ir Zn, tas ir zilganpelēks, amfotērs metāls, tā kušanas temperatūra ir 419,5°C un viršanas temperatūra 907°C. Cinks ir samērā aktīvs metāls, tāpēc dabā nav sastopams brīvā veidā. Cinku jau kopš seniem laikiem izmanto sakausējumos un medicīnā. Cinks ir bioloģiski būtisks elements un tā trūkums izraisa nopietnus veselības traucējumus. Savukārt saindēšanās ar cinku ir novērojama reti un tikai pie lielām ekspozīcijas devām. Cinks atrodas visur, tas atrodams vairumā pārtikas produktu, gaisā un ūdenī. Galvenokārt cinku uzņem ar pārtiku, no 5,2 līdz 16,2 mg diennaktī (ATSDR, 2005). Ieteicamā diennakts deva ir 11 mg vīriešiem un 8 mg sievietēm (Eglīte, 2000; Liu *et al.*, 2008).

Cinka putekļu un tvaiku arodekspozīcijai pakļautas personas, kas iesaistītas cinka ieguves un kausēšanas procesos. Daudzās valstīs arodekspozīcijas robežvērtības cinka oksīda tvaikiem un putekļiem ir robežās no 5 līdz 10 mg/m<sup>3</sup> (WHO, 1998b).

- **Cinka uzņemšana organismā un bioloģiskā iedarbība**

Cinks ir organismam nepieciešams mikroelements. Tas ietilpst vairāku enzīmu un insulīna sastāvā, kā arī ir dažādu fermentu aktivizētājs. Tas nepieciešams fotoķīmiskajiem procesiem acs tīklenē un krēslas redzes nodrošināšanai. Cinkam ir nozīme insulīna uzkrāšanā un šūnu membrānu stabilizēšanā (Eglīte, 2000; Zellāne, 2009).

Cinka absorbcija no zarnu trakta tiek regulēta homeostatiski. No zarnu traktā nonākušā cinka uzsūcas apmēram 20-30%, tā uzsūkšanos traucē pārtikā esošās šķiedrvielas, fitāti, kalciji un fosfors, turpretī aminoskābes, pikolīnskābe un prostaglandīns E2 veicina (Liu *et al.*, 2008). Pēc uzsūkšanās cinks ātri izplatās pa visu ķermeni. Kopējais cinka daudzums cilvēka organismā ir 1,5-3g. Vairums no tā atrodas muskuļos (60%), kaulos (30%), ādā un matos (8%), aknās (5%) un aizkuņģa dziedzerī (3%). Asins plazmā cinka koncentrācija ir apmēram 1 mg/l, kur tas piesaistīts albumīnam (60-80%), un tā ir metaboliski aktīvākā cinka daļa.

2.4.3.tabulā apkopoti dažādu valstu autoru darbos norādītie normālie (refereneces) cinka līmeņi biovidēs.

**2.4.3. tabula.** Normālie cinka līmeņi biovidēs arodneeksponētām personām

Literatūras avots	Valsts	Biovide	Mērv.	$x \pm SD^1$	Koncentrācijas līmenis (intervāls)
(Minoia <i>et al.</i> , 1990)	Itālija	Asinis	µg/l	6340 ± 210	4076 - 7594
(Hamilton <i>et al.</i> , 1994)	Lielbritānija	Asinis	µg/l	6500	
(Cornelis <i>et al.</i> , 1994)	Beļģija	Serums	µg/l	873	854 - 891
(Minoia <i>et al.</i> , 1990)	Itālija	Plazma	µg/l	922 ± 68	587 - 1215
(Minoia <i>et al.</i> , 1990)	Itālija	Urīns	µg/l	456 ± 58	266 - 846
(Cornelis <i>et al.</i> , 1994)	Beļģija	Urīns	µg/g kreatinīna	607,8	183,0 - 1699

<sup>1</sup> - aritmētiskais vidējais ± standartnovirze ( $x \pm SD$ )

Cinka izdalīšanās no organisma ir lēna un notiek galvenokārt ar žulti caur kuņģa un zarnu traktu. Cinka koncentrācija asins plazmā nav precīzs cinka koncentrācijas rādītājs un neatspoguļo devas/efekta sakarību starp cinka daudzumu ķermenī un tā iedarbības izpausmēm. Cinka joni kalpo par signālu nesējiem gan starpšūnu, gan iekššūnas saziņā un organisms precīzi regulē tā homeostāzi (WHO, 1998b).

Cinks ir efektīvs metalotioneīna sintēzes ierosinātājs, un, kad metalotioneīna daudzums zarnu šūnās ir sasniedzis maksimālo koncentrāciju, cinka uzsūkšanās samazinās. Cinks piedalās ļoti daudzveidīgos metaboliskos procesos, un ir būtisks imunitātes nodrošināšanā, augšanas un attīstības procesos grūtniecības laikā, bērnībā un pieaugušajiem. Cinka deficīts organismā saistīts ar tā trūkumu pārtikā, fitātu daudzumu pārtikā, hroniskām slimībām, kā arī ar pārmērīgu dzelzs un vara daudzumu pārtikā (Liu *et al.*, 2008).

Cinks labi uzsūcas no kuņģa un zarnu trakta, bet ražošanas apstākļos tas nav raksturīgi. Ražošanā cinka tvaiki vai cinka daļiņas visbiežāk tiek ieelpoti metinot, griežot ar gāzi cinkotus izstrādājumus, kausējot cinku saturošus sakausējumus vai slīpējot dažādus priekšmetus. Cinka oksīda tvaiku ieelpošana var izraisīt lietuves drudzi, kam raksturīgas sāpes krūtīs, drebuļi, klepus, apgrūtināta elpošana, nelabums, sāpes muskuļos, nogurums un leukocitoze (WHO, 1998b; Eglīte, 2000; Antonini, 2003; ATSDR, 2005). Ilgstoša cinka

ekspozīcija ar zemākām devām izraisa simptomus, kas saistīti ar samazinātu vara uzņemšanu no pārtikas, samazinātu eritrocītu skaitu (Liu *et al.*, 2008).

Pētījumi ir pierādījuši, ka cinks neitralizē kadmija toksiskos efektus. Vīriešiem liels kadmija daudzums mazās devās var izraisīt izmaiņas sēklinieku darbībā, bet to var novērst, ja tiek injicēta liela deva cinka. Ir pierādījumi, ka ar gadiem, palielinoties kadmija koncentrācijai nierēs, palielinās arī cinka koncentrācija (Telišman *et al.*, 2001; Beyersmann & Hartwig, 2008). Varš un cinks ir svarīgi mikroelementi. Abi ietilpst tādu svarīgu enzīmu sastāvā kā: superoksīda dismutāze, liziloksidāze un ceruloplazmīns, kuri aizsargā šūnu pret oksidatīviem bojājumiem (Kouremenou-Dona *et al.*, 2006; Maret & Sandstead, 2006). Ēšanas paradumi un vides apstākļi var daļēji ietekmēt šo mikroelementu daudzumu ķermeņa audos un šķidrums, kas savukārt izmaina šo elementu izmantošanu daudzos bioķīmiskos mehānismos (Kouremenou-Dona *et al.*, 2006). Vara/cinka attiecība ir jutīgāks rādītājs, lai raksturotu vides piesārņojuma ietekmi uz veselību (Klaassen, 2008).

#### **2.4.5. Vara raksturojums un to ietekme uz cilvēka organismu**

- **Vispārējs vara raksturojums**

Vara ķīmiskais simbols ir Cu, tā kušanas temperatūra 1084,6°C un viršanas temperatūra 2562°C. Varš ir sarkanbrūns metāls un tam piemīt arī ļoti laba elektrovadītspēja un siltumvadītspēja. Savienojumos varš var būt vienvērtīgs vai divvērtīgs. Dabā varš ir plaši izplatīts un sastopams brīvā veidā, tomēr lielāko daļu vara iegūst no sulfīdu un oksīdu rūdām (WHO, 1998a; Eglīte, 2000).

Varš ir būtiski nepieciešams elements, tā galvenie avoti ir pārtika, dzērieni un dzeramais ūdens. Pieaudzis cilvēks dienā uzņem no 0,9 līdz 2,2 mg, bērns no 0,6 līdz 0,8 mg (WHO, 1998a). Diennakts ieteicamā deva varam ir atkarīga no vecuma, grūtniecības stāvokļa un zīdīšanas, pieaugušam cilvēkam 0,9 mg diennaktī (Liu *et al.*, 2008).

Vara ekspozīcijas cēlonis rūpniecībā ir galvenokārt daļiņu un tvaiku ieelpošana kalnrūpniecībā un metālkausēšanā, kā arī metināšanā un citos līdzīgos darbos. Vara pārmērīgs daudzums ūdeņos ir riska faktors ūdens iemītņiem, zivīm izraisa endokrīnos traucējumus un citus toksiskus efektus (Handy, 2003).

Latvijas likumdošanā darba vides gaisā noteiktā vara arodekspozīcijas robežvērtība ir 0,5 mg/m<sup>3</sup> (LR MK noteikumi Nr. 325/2007 „Darba aizsardzības prasības saskarē ar ķīmiskām vielām darba vietās” (pieņemti 15.05.2007., publicēti *Latvijas Vēstnesī* 18.05.2007.)).

- **Vara uzņemšana organismā un bioloģiskā iedarbība**

Ražošanas apstākļos varš un tā savienojumi caur kuņģa un zarnu traktu tiek uzņemti ļoti reti. Tomēr, norijot lielus daudzumu šķīstošo vara sāļu, tiek kairināta kuņģa un zarnu trakta gļotāda, tiek izraisīta vemšana un dažkārt arī caureja (Eglīte, 2000; Pizarro *et al.*, 2001). Vara savienojumi visbiežāk organismā nokļūst caur elpceļiem. Tvaiku un putekļu ieelpošana izraisa elpceļu gļotādas kairinājumu, iesnas, čūlošanu un deguna starpsienas perforāciju, kā arī metālisku un saldu garšu mutē, bet dažkārt arī ādas un matu krāsas maiņa. Visbiežāk hroniskas saindēšanās gadījumā tiek skartas aknas un plaušas (Eglīte, 2000).

Epidemioloģiskos pētījumos nav apstiprināta vēža un vara ekspozīcijas saistība (WHO, 1998a).

Varš ir organisma mikroelements, tomēr palielināts tā daudzums uzturā vai ūdenī var radīt aknu bojājumus. Zarnu traktā uzsūcas apmēram 55 līdz 75% no uzņemtā vara, tas notiek, galvenokārt, divpadsmitpirkstu zarnā. Vara uzsūkšanos kavē cinks, dzelzs, molibdēna savienojumi un fruktoze (Liu *et al.*, 2008). Vara metabolismu un šūnu transportu veido vairāki varu saistoši proteīni un īsie peptīdi – albumīns, ceruloplazmīns, glutations, matalotioneīns un citosoliskie vara kaperoni, kas kopā ar vara ATF-āzēm uztur vara homeostāzi (Harris, 2000; Liu *et al.*, 2008). Vara līmeni uztur galvenokārt tā ekskrecijas regulācija, lai arī aknās var uzkrāties aknu metalotioneīnam piesaistītais varš. Zīdītājiem galvenais vara ekskrecijas ceļš ir žults, mazāk urīns. Vara līdzsvaru uztur žults sekrēcija, atkārtota izmantošana aknās un uzsūkšanās no zarnām (WHO, 1998a).

Varš ietilpst vairāku nozīmīgi metālenzīmu sastāvā. Vairums šūnu satur vara/cinka superoksīda dismutāzi, īpaši smadzenes, vairogdziedzeris, aknas, plaušas, un asinis, kas pasargā no skābekļa toksiskās iedarbības, reducējot superoksīda radikāļus līdz peroksīdam (WHO, 1998a; Valko *et al.*, 2005).

Vara deficīts cilvēkiem ir novērojams reti. Vara trūkums var rasties nepietiekama uztura rezultātā, vai kā sekas molibdēna pārdozēšanai vai pārmērīgam cinka daudzumam uzturā (Maret & Sandstead, 2006). Klīniski, vara deficīts izpaužas kā pastiprināta uzņēmība pret infekcijām un hipohromiskā, mikrocistiskā anēmija, kurai nepalīdz dzelzi saturoši preparāti. Vara trūkumu dažkārt pavada kaulu patoloģijas. Vara trūkuma biomarķieri ietver vara daudzumu serumā un urīnā, ceruloplazmīna koncentrāciju un vara atkarīgo fermentu aktivitāti (Liu *et al.*, 2008). Ceruloplazmīns satur vairāk par 90% no plazmā cirkulējošā vara. Ceruloplazmīna sintēzi un atbrīvošanu ietekmē estrogēni, kortikosteroīdi un organisma stress (Hinks *et al.*, 1983).

2.4.4. tabulā apkopoti dažādu valstu autoru darbos norādītie normālie (references) vara līmeņi biovidēs.

**2.4.4. tabula.** Normālie vara līmeņi biovidēs arodneeksponētām personām

Literatūras avots	Valsts	Biovide	Mērv.	$\bar{x} \pm SD^1$	Koncentrācijas līmenis (intervāls)
(Minoia <i>et al.</i> , 1990)	Itālija	Asinis	µg/l	1225 ± 64,3	807 - 1643
(Hamilton <i>et al.</i> , 1994)	Lielbritānija	Asinis	µg/l	970	
(Minoia <i>et al.</i> , 1990)	Itālija	Serums	µg/l	985 ± 36	601 - 1373
(Cornelis <i>et al.</i> , 1994)	Beļģija	Serums	µg/l	1009	973 - 1045
(White & Sabbioni, 1998)	Lielbritānija	Urīns	µg/l	11,70	4,7 – 29,3
(Cornelis <i>et al.</i> , 1994)	Beļģija	Urīns	µg/dienā		11,5 - 34
(Cornelis <i>et al.</i> , 1994)	Beļģija	Urīns	µg/g kreatinīna	19,7	5,7 – 49,5
(Minoia <i>et al.</i> , 1990)	Itālija	Urīns	µg/l	23 ± 6,9	4,2 - 50

<sup>1</sup> - aritmētiskais vidējais ± standartnovirze ( $\bar{x} \pm SD$ )

Vara un to sakausējumu metināšanas procesā darba vietās ir iespējami augsti ekspozīcijas līmeņi, otrs ekspozīcijas avots ir ar varu pārklāti manuālas elektriskā loka metināšanas elektrodi. Metināšanas aerosolā esošie vara tvaiki ir vieni no tiem, kuru ieelpošana var izraisīt gripai līdzīgu saslimšanu – metālu tvaiku jeb lietuves drudzi (Antonini, 2003).

Polijā tika veikts pētījums smēķētāju un nesmēķētāju grupā, kur tika salīdzinātas dzelzs, cinka un vara koncentrācijas asins serumā un matos. Rezultāti parādīja, ka smēķētājiem ir ievērojamāki zemāka vara koncentrācija asins serumā, salīdzinot ar nesmēķētājiem. Pētījuma rezultāti pierādīja, ka smēķēšana būtiski ietekmē vara metabolismu organismā (Suliburska *et al.*, 2007).

## 2.4.6. Kadmija raksturojums un ietekme uz cilvēka organismu

- **Vispārējs kadmija raksturojums**

Kadmija ķīmiskais simbols ir Cd, kušanas temperatūra 321°C, viršanas temperatūra 767°. Tas ir mīksts, sudrabaini balts metāls ar zilganu spīdumu, toksisks metāls (WHO, 1996a). Vēl neilgu laiku atpakaļ kadmiju rūpniecībā izmantoja maz, taču pēdējos 30 gados tam ir atrasti jauni pielietojuma veidi. Apmēram 75% no saražotā kadmija izmanto baterijās, īpaši niķeļa-kadmija baterijās. Kadmiju izmanto arī galvanizēšanas sakausējumu izgatavošanā, kurus pielieto metālu aizsardzībai pret koroziju (Järup *et al.*, 1998; ATSDR, 1999).

Iedzīvotāji uzņem kadmiju galvenokārt ar uzturu. Daudzi augi akumulē kadmiju no augsnes. Augsnes piesārņošanā iesaistīti gan antropogēni, gan dabiski faktori, no kuriem minami rūpnieciskie izmeši, augsnes uzlabotāji un vairāki mēslojuma veidi, kadmiju saturoša ūdens izmantošana irigācijai. Rezultātā gadu gaitā kadmija saturs kultūraugos pieaug lēni, taču vienmērīgi. Rūpniecisko izmešu avotu tuvumā gaiss var būt tiešas ekspozīcijas un vides piesārņojuma nozīmīgs avots (Järup *et al.*, 1998). Smēķēšana ir nozīmīgs kadmija ekspozīcijas avots, kas nav saistīts ar arodu. Smēķēšana apmēram divas reizes palielina kadmija līmeni organismā (Eglīte, 2000; Satarug & Moore, 2004; Liu *et al.*, 2008; Satarug *et al.*, 2010).

- **Kadmija uzņemšana organismā un bioloģiskā iedarbība**

Ieelpošana ir galvenais kadmija arodekspozīcijas ceļš. Mūsdienu darba telpās, vidējā kadmija koncentrācija gaisā ir 5 µg/m<sup>3</sup> vai mazāk. Augsts kadmija arodekspozīcijas risks pastāv nodarbinātajiem, kas iesaistīti cinka un svina rūdu bagātināšanas procesos, dzelzs un cementa ražošanā, kā arī nozarēs, kurās notiek fosilā kurināmā sadedzināšana. Šajās visās nozarēs darba vides gaisā ir iespējami kadmiju saturoši putekļi un aerosoli, kas ar gaisu tiek ieelpoti un tādējādi absorbēti organismā (WHO, 1990; ATSDR, 1999).

Caur zarnu traktu uzsūcas ne vairāk kā 5 līdz 10% no uzņemtā kadmija. Tā uzņemšanu pastiprina kalcija vai dzelzs trūkums pārtikā, kā arī diēta ar zemu olbaltumvielu saturu (Bergiund *et al.*, 1994; WHO, 1996a). Ieelpotā kadmija uzņemšana parasti ir efektīvāka, 5 līdz 35%, atkarībā no savienojuma, daļiņu izmēra, un iekļūšanas dziļuma elpceļos. Piemēram, var uzsūkties līdz 50% no cigarešu dūmos esošā kadmija. Ir pamats domām, ka līdz pat 100% no alveolās nonākušā kadmija nokļūst asinīs (Satarug & Moore, 2004).

Pēc uzsūkšanās tas izdalās ļoti lēni, diennaktī apmēram 0,001% no ķermenī esošā daudzuma. Izdalīšanās no organisma notiek gan ar urīnu, gan ar fēcēm (ATSDR, 1999; Satarug & Moore, 2004). Kadmija, pateicoties molekulārai līdzībai ar kalciju (Zalups & Ahmad, 2003), nokļūst šūnās caur kalcija kanāliem (Liu *et al.*, 2008). Izdalīšanās caur kuņģa-zarnu traktu notiek ar žulti, glutaciona kompleksa veidā. Kadmija izdalīšanās ar urīnu pieaug proporcionāli esošajam kadmija līmenim organismā (ATSDR, 1999). Kadmija ir nefrotoksisks, nieru patoloģiju gadījumos kadmija ekskrecija ar urīnu pieaug, jo nierēs ir samazināta izfiltrētā kadmija atkārtota uzņemšana (Zalups & Ahmad, 2003).

Kadmija daudzums asinīs cilvēkiem, kas nesmēķē un nav pakļauti kadmija piesārņojumam darbā, parasti nepārsniedz 1 µg/l. Apmēram 50-75% no ķermenī uzkrātā kadmija atrodas nierēs un aknās. Bioloģiskais pusizvadīšanās laiks no cilvēka organisma nav precīzi zināms, bet zinātnieki pieļauj, ka tas varētu būt robežās starp 10 un 30 gadiem (Eglīte, 2000; Liu *et al.*, 2008).

Mūsdienās, akūta un smaga saindēšanās ar kadmiju ir novērojama reti. Simptomi ir nelabums, vemšana un vēdera sāpes. Kadmija vai to saturošu savienojumu karsēšana un tvaiku ieelpošana var izraisīt akūtu pneimoniju ar plaušu edēmu (ATSDR, 1999). Galvenie ilgtermiņa veselības traucējumi, ko var izraisīt zemu kadmija koncentrāciju ekspozīcija, ir nieru darbības traucējumi, obstruktīva plaušu slimība, osteoporozē un sirds - asinsvadu slimības (Liu *et al.*, 2008).

2.4.5. tabulā apkopoti dažādu valstu autoru darbos norādītie normālie (references) kadmija līmeņi bioīdēs.

Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumos nr.325/2007 „Darba aizsardzības prasības saskarē ar ķīmiskām vielām darba vietās” (pieņemti 15.05.2007., publicēti *Latvijas Vēstnesī* 18.05.2007.) noteiktais bioloģiskais ekspozīcijas rādītājs kadmijam arodekspozētām personām asinīs ir 5 µg/l un urīnā 5 µg/g kreatinīna jeb 6 µg/l. Darba vides gaisā noteiktā aroda ekspozīcijas robežvērtība kadmijam un tā neorganiskiem savienojumiem ir 0,01 mg/m<sup>3</sup> (8 stundu) un 0,05 mg/m<sup>3</sup> (īslaicīgā – 15 minūtes).

#### 2.4.5. tabula. Normālie kadmija līmeņi biovidēs arodneeksponētām personām

Literatūras avots	Valsts	Biovide	Mērv.	$x \pm SD^1$	Koncentrācijas līmenis (intervāls)
LR MK not. Nr. 327/2007	Latvija	Asinis <sup>2</sup>	µg/l		< 1
(White & Sabbioni, 1998)	Lielbritānija	Asinis <sup>3</sup>	µg/l	0,61	0,2 – 3,2
(White & Sabbioni, 1998)	Lielbritānija	Asinis <sup>4</sup>	µg/l	0,37	0,16 – 0,8
(Minoia <i>et al.</i> , 1990)	Itālija	Asinis	µg/l	$0,6 \pm 0,3$	0,1 – 1,7
(Minoia <i>et al.</i> , 1990)	Itālija	Serums	µg/l	$0,2 \pm 0,008$	0,04 – 0,36
(Cornelis <i>et al.</i> , 1994)	Beļģija	Serums	µg/l	0,182	0,154 – 0,227
(White & Sabbioni, 1998)	Lielbritānija	Urīns	µg/l	0,38	0,06 – 1,64
(Minoia <i>et al.</i> , 1990)	Itālija	Urīns	µg/l	$0,86 \pm 0,06$	0,38 – 1,34

<sup>1</sup> - aritmētiskais vidējais  $\pm$  standartnovirze ( $x \pm SD$ ); <sup>2</sup> - LR likumdošanā noteiktais bioloģiskās ekspozīcijas rādītājs aroda neeksponētai populācijai (nesmēķētājiem); <sup>3</sup> - smēķētāji; <sup>4</sup> - nesmēķētāji

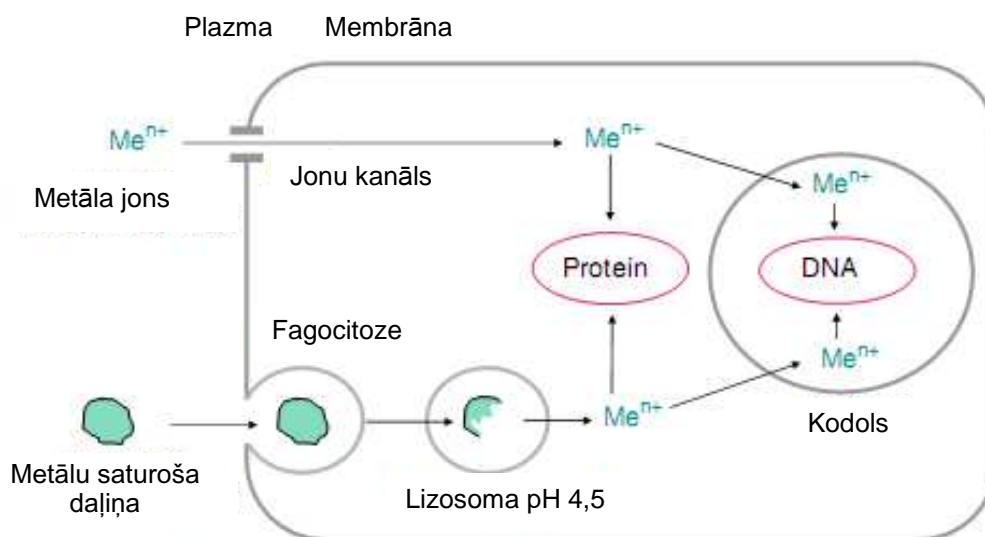
#### 2.4.7. Metālu toksicitātes ķīmiskie mehānismi

Precīzs ķīmiskais pamatojums metālu toksicitātei nav pietiekami izpētīts, taču maz ticams, ka visu metālu iedarbībai ir kopējs mehānisms, jo tiem ir ļoti atšķirīgas ķīmiskās īpašības un toksiskās ietekmes lokalizācija. Jonu formā, metāli var būt ļoti reaģētspējīgi un var ietekmēt bioloģiskās sistēmas dažādos veidos. Šai kontekstā, šūna satur ļoti daudzus ligandus, kas var saistīt metālus (Liu *et al.*, 2008). Kadmijijs un dzīvsudrabs visvairāk pievienojas sēram sēru saturošajās olbaltumvielās. Šis ķīmiskās iedarbības mehānisms ir svarīgs veids, kādā eksogēni metāli izmaina biomolekulu telpisko konfigurāciju un traucē funkcijas (Kasprzak, 2002). Bioloģiski svarīgu enzīmu inhibēšana ir nozīmīgs metālu toksicitātes mehānisms. Metālu un to savienojumu toksicitātē liela nozīme ir to biopieejamībai, tas ir, spējai šķērsot šūnu membrānu, izkļūst šūnas iekšienē un spējai saistīties ar makromolekulām (skatīt 2.4.2. attēlu). Piemēram, hromu (VI) saturošs anjons, izmantojot anjonu kanālu, iekļūst šūnā, kur iekššūnas reducētāji to noreducē par hromu (III), trīsvērtīgais jons nekavējoties tiek saistīts un akumulēts (Beyersmann & Hartwig, 2008).

Metāli var ietekmēt reakcijas ar molekulārās mimikrijas palīdzību. Šajā gadījumā toksiskais metāls ieņem bioloģiski esenciālā metāla vietu molekulā. Bioloģiski nozīmīgie metāli ir iesaistīti daudzos svarīgos vielmaiņas un signālu pārnesei procesos (Kasprzak, 2002;

Cousins *et al.*, 2006). Izmantojot mimikriju, toksiskie metāli var nonākt daudzās ļoti svarīgās ar esenciālo metālu palīdzību uzturētās šūnu funkcijās un traucēt tās. Piemēram, cinka mimikrija un aizvietošana ir pamatā kadmija, niķeļa un vara toksicitātei. Mangāna toksicitātes pamatā attiecīgi ir dzelzs aizvietošana (Bridges & Zalups, 2005). Svins kaulos var stāties kalcija vietā (Williams *et al.*, 2000).

Vēl viena būtiska metālu toksicitātei raksturīga īpašība ir metālu izraisītie oksidatīvie bojājumi. Daudzi metāli var kalpot par katalītiskas reakcijas centru molekulārajam skābeklim un citiem endogēniem oksidantiem, oksidatīvi pārveidojot olbaltumus un DNS molekulas. Šis efekts ir būtisks dažu metālu kancerogēno īpašību pamatā (Kasprzak, 2002; Beyersmann & Hartwig, 2008).



**2.4.2. attēls.** Šķīstošu un cietu metāla daļiņu uzņemšana šūnā, sadalījums šūnas iekšienē un piesaiste (pēc Beyermann 2008)

Toksiskie metāli šūnas ligandos var aizvietot bioloģiski aktīvos metālus, izraisot šūnu oksidatīvos bojājumus. Piemēram, oksidatīvi neaktīvais kadmija var izraisīt oksidatīvo stresu, atbrīvojot oksidatīvi aktīvo endogēno dzelzi (Valko *et al.*, 2007).

Jo būtiskāks ir metāls, jo lielāka tā potenciālā toksicitāte. Jebkurš „brīvs” metāls jona veidā ir potenciāli toksisks jau reaktivitātes dēļ vien. Nepieciešamība uzkrāt būtiskos mikro un makro metālus ir organismos radījusi dažādas drošas to transportēšanas, uzglabāšanas un izmantošanas sistēmas, kā arī ierobežotas pārmērīga daudzuma izvadīšanas iespējas. Piemēram, metalotioneīns ir metālus saistošs proteīns, kas var piedalīties cinka homeostāzes kontrolē (Cousins *et al.*, 2006) un var izpildīt cinka uzglabāšanas un transporta funkciju.

Bioloģiski nevajadzīgie toksiskie metāli var aizvietot nozīmīgos elementus un traucēt homeostāzi, piemēram, kadmijam aizvietojo cinku transkripcijas faktoros un enzīmos (Liu *et al.*, 2008).

Daudz pētīta, izmantojot dzīvnieku modeļus, metālu Cd, Cu un Zn savstarpējā mijiedarbība. Ir pierādīts, ka Cd var nelabvēlīgi ietekmēt Cu un Zn absorbciju, aizturi, izplatību un biopieejamību organismā. Cinks un varš var antagoniski ietekmēt viens otra uzsūkšanās apjomus un metabolismu, savukārt Zn samazina Cd toksicitāti. Izmainoties normālajiem metālu līmeņiem organismā, paaugstinās saslimšanu risks (Telišman *et al.*, 2001; Pizent *et al.*, 2008).

Kadmija ekspozīcija izraisa pārmērīgu metalotioneīna ekspresiju, kas saista kadmiju, un ir kā pielāgošanās reakcija tā toksicitātes mazināšanai (Liu *et al.*, 2008). Metālu ekspozīcija organismā var izraisīt veselu kaskādi ar molekulārām un ģenētiskām atbildes reakcijām, kas cenšas samazināt toksisko ietekmi, piemēram, palielinās oksidatīvā stresa enzimatiskie marķieri (Valko *et al.*, 2007). Skaidrs, ka adaptācija metāliem, lai arī ļauj izdzīvot šūnām īstermiņā, var būt toksicitātes faktors ilgtermiņā (Beyersmann & Hartwig, 2008).

Metālu piesaiste olbaltumvielām ir būtiskākais faktors bioloģiski nozīmīgo un toksisko metālu metabolismā (Zalups & Ahmad, 2003). Metālu atrašanās vietas noteikšanā organismā piedalās daudz dažādu tipu olbaltumvielas. To transportā un sadalē audos liela nozīme ir nespecifiski saistošajiem proteīniem, tādiem kā, seruma albumīnam un hemoglobīnam. Proteīni, kuri piedalās bioloģiski esenciālo metālu transportā, to vietā var piesaistīt toksiskos metālus. Metālus saistošie proteīni ir svarīga, jauna tēma toksisko metālu fizioloģijā un toksikoloģijā, zemāk pieminēti tikai daži no tiem:

- 1) metalotioneīni ir ļoti nozīmīga metālus saistoša proteīnu grupa, kam liela nozīme bioloģiski aktīvo metālu homeostāzē un metālu detoksikācijā (Liu *et al.*, 2008). Šie tiolu ligandi veic aktīvu esenciālo un toksisko metālu piesaisti, ieskaitot cinku, kadmiju, varu un dzīvsudrabu. Metalotioneīnus aktivizē daudzi metāli un citi stimulējoši faktori;
- 2) transferīns ir glikoproteīns, kas plazmā saista lielāko daļu trīsvērtīgās dzelzs un piedalās dzelzs transportā caur šūnapvalkiem. Tas transportē arī alumīniju un mangānu.
- 3) ferritīns pārsvarā pilda dzelzs uzglabāšanas funkcijas. Domājams, ka ferritīns ir vispārējais nozīmes detoksikators, jo spēj piesaistīt daudz dažādus metālus, tai skaitā kadmiju, cinku, beriliju un alumīniju;

- 4) ceruloplazmīns ir plazmā esoša varu saturoša glikoproteīna oksidāze, kas pārveido Fe(II) par Fe(III), kurš pēc tam saistās ar transferīnu. Šis proteīns arī veicina dzelzs uzņemšanu ar transferīnneatkarīgu mehānismu (Liu *et al.*, 2008).

Kobayashi *et al.* pētījums pierāda, ka mangāns ir unikāls metāls, kas izraisa hepatisko metalotioneīna sintēzi, pilnībā atkarīgu no interleikīna IL-6 ražošanas bez sekojošiem aknu bojājumiem. Šis metalotioneīns veido tiešu savienojumu ar cinku, bet ar mangānu neveido (Kobayashi *et al.*, 2007).

Aknām ir vitāli svarīga nozīme mangāna līmeņa regulācijā bioīdēs, jo tās ir galvenais izvades ceļš, ko savukārt, ietekmē mangāna transferīna kompleksu veidošanās asins serumā. Tā kā aknas piedalās mangāna līmeņa regulācijā bioīdēs, tad to darbība var tieši ietekmēt mangāna līmeni smadzenēs, bet, ja pastāv augsta hroniska mangāna ekspozīcija (kā tas ir metinātājiem), aknas nespēj nodrošināt normālo homeostatisko koncentrāciju (Roth, 2006).

Visās šūnās darbojas metālu homeostāzes uzturēšanas mehānismi, kas regulē līdzsvaru starp metālu uzņemšanu un izdalīšanu. Tiek atklāti aizvien jauni proteīni, kas veic metālu pārvietošanu caur šūnas apvalku un organelās šūnas iekšpusē. Metālu transportētājiem ir liela loma šūnas izturībā pret metāliem un metaloīdiem (Rosen, 2002).

## 2.5. Metināšana un antioksidantu aktivitāte organismā

Metināšanas laikā darba vides gaisā veidojas dažādu metālu oksīdu un sāļu, kā arī gāzes saturošs aerosols, tam piemīt fibrogēna, toksiska, kairinoša un sensibilizējoša iedarbība (Kaļķis *et al.*, 2001).

Metināšanas aerosols un tā komponentes nonāk plaušu audos un kļūst par hroniska kairinājuma perēkli. Pēc makrofāgu un leukocītu aktivizācijas seko ieelpoto metālu daļiņu fagocitoze, tādējādi izraisot proteāžu, iekaisuma mediatoru un skābekļa aktīvo radikāļu rašanos (Han *et al.*, 2005; Beyersmann & Hartwig, 2008).

Brīvo radikāļu darbības sekas ir nesabalansēta situācija starp brīvo radikāļu un antioksidantu produkcijas daudzumu jeb „oksidatīvais stress”. Oksidatīvajam stresam ir nozīmīga loma šūnu ģenētiskajās pārmaiņās un dažādu slimību patoģenēzē. Antioksidantu enzīmu līmenis var atspoguļot oksidatīvā stresa pakāpi (Kolarzyk *et al.*, 2006; Chia *et al.*, 2008; Eglīte *et al.*, 2008).

Pret oksidatīvo stresu sevišķi jutīgi ir sarkanie asins ķermenīši, tāpat kā citām aerobu organismu šūnām, tām ir antioksidantu aizsardzības mehānisms, lai pretotos skābekļa radikāļu toksiskai iedarbībai. Aizsardzība tiek nodrošināta ar tādiem enzīmiem kā superoksīda dismutāze (*SOD*), katalāze (*CAT*) un glutations peroksidāze (*GPx*). Cu,Zn – superoksīddismutāzes pamatdarbība ir superoksīdanjonradikāļu ( $O_2^-$ ) dismutācija (šķelšana), šajā procesā veidojas neradikālas dabas savienojums  $H_2O_2$ , kuru tālāk par  $H_2O$  un  $O_2$  šķel katalāze. Ja  $O_2^-$  šķelšanā *SOD* aktivitāte ir nepietiekama, tad procesam pieslēdzas *GPx*. Ūdeņraža peroksīda ( $H_2O_2$ ) šķelšanā ir iesaistīti arī glutations (*GSH*), tas iznīcina arī citus skābekļa, oglekļa, slāpekļa un sēra bāzes radikāļus (Toplan *et al.*, 2005; Butkiene *et al.*, 2007).

Metināšanas gāzu sastāvā esošās oksidējošās gāzes, kā ozons un slāpekļa oksīdi var izraisīt reakcijas bioķīmiskā, fizioloģiskā un metaboliskā līmenī (Kolarzyk *et al.*, 2006). Brīvie skābekļa radikāļi, kas veidojas normālā aerobā metabolisma procesā, ir iesaistīti dažādos patofizioloģiskos procesos. Aktīvo skābekļa formu veidošanās var izraisīt lipīdu peroksidāciju un aktīvi reaģējošu produktu veidošanos, kas var izraisīt smagus šūnu molekulu un to struktūru bojājumus (Fidan *et al.*, 2005; Toplan *et al.*, 2005).

Daudzi autori savos pētījumos (Stepniewski *et al.*, 2003b; Zhu *et al.*, 2004; Fidan *et al.*, 2005; Kolarzyk *et al.*, 2006; Pizent *et al.*, 2008) veikuši virkni bioķīmisko rādītāju analīzes, meklējot saistības starp izmaiņām antioksidatīvajā aizsardzībā un plaušu funkciju mērījumos metinātājiem. Kaitīgās gāzes rada bīstamību elpošanas sistēmai, taču jautājums par

to, vai elpceļu bojājumu cēlonis ir antioksidatīvo mehānismu traucējumi, ir strīdīgs; elpceļu bojājumi noved pie vismaz dažu antioksidatīvo mehānismu bojājumiem (Kolarzyk *et al.*, 2006).

Netieša ietekme uz metālu toksiskumu var būt tādiem kaitīgiem ieradumiem kā smēķēšana un alkohola lietošana. Smēķējot cigareti, izdalās daži toksiski metāli, piemēram, kadmiji. Bez tam smēķēšana atstāj ietekmi uz elpceļiem un tas savukārt var veicināt metālu uzsūkšanos organismā. Alkohola lietošana var ietekmēt metālu toksiskumu netieši, piemēram, samazinot organismam nepieciešamo minerālvielu uzņemšanu (Eglīte *et al.*, 2008).

Smēķēšana ir viens no faktoriem, kas var palielināt oksidatīvo stresu un ROS (reaktīvo skābekļa savienojumu) veidošanos organismā, tomēr, salīdzinot antioksidantu enzīmu aktivitātes starp smēķētājiem un nesmēķētājiem vērojama liela individuāla nepatstāvība. Bolzan *et al.* un Leonard *et al.* veiktajos pētījumos nekonstatēja smēķēšanas ietekmi uz antioksidantu enzīmu rādītājiem (SOD un GPx) smēķētāju asinīs (Leonard *et al.*, 1995a; Leonard *et al.*, 1995b; Bolzán *et al.*, 1997).

Fidan *et al.* (2005) pētījumā metinātāju un kontroles grupā smēķējošo personu skaits bija maz atšķirīgs (74,5% un 61,3% smēķētāji), tomēr metinātāju grupā konstatēto hronisko bronhītu skaits (35,3%) bija statistiski ticami augstāks nekā kontroles grupā (12,9%) ( $p < 0,05$ ). 23,5% no pētījumā iesaistītajiem metinātājiem, respiratorie simptomi saasinājās, veicot metināšanas darbus un samazinājās no darba brīvajās dienās. Eritrocītos reducētais glutations (GSH) metinātāju grupā ( $1,4 \pm 0,8 \mu\text{mol} / \text{g Hb}$ ) bija statistiski ticami ( $p < 0,001$ ) zemāks nekā kontroles grupai ( $3,2 \pm 1,6 \mu\text{mol} / \text{g Hb}$ ). Šajā pētījumā netika konstatēta korelācija starp elpošanas (pulmonāro) funkciju un oksidantu – antioksidantu līdzsvara marķieriem (Fidan *et al.*, 2005).

Stepnievski *et al.* pētījumā konstatēja, ka tērauda ar zemu oglekļa saturu metinātājiem ir pazemināts kopējais antioksidantu statuss (TAS), kā arī samazināta katalāzes (CAT) un superoksīda dismutāzes (SOD) enzīmu aktivitāte (Stepnievski *et al.*, 2003a). Arī Zhu *et al.* pētījuma rezultāti liecina, ka SOD un GPx līmeņi eritrocītos metinātājiem ir ievērojami zemāki nekā kontroles grupai (Zhu *et al.*, 2004). Mongiat *et al.* veiktajā pētījumā, analizējot hronisku metināšanas aerosola ietekmi uz eritrocītu antioksidantu sistēmu dažādu metināšanas veidu metinātājiem ( $n=44$ ), nekonstatēja klīniskas izmaiņas superoksīddismutāzes (SOD), katalāzes (CAT), glutationperoksidāzes (GPx) un reducētā glutaciona līmeņos (Mongiat *et al.*, 1992).

Imamoglu *et al.* veiktajā pētījumā analizēja metālu hroma, mangāna, vara līmeņus plazmā un oksidatīvo stresu elektriskā loka metinātājiem. Zināms, ka smēķēšana ir viens no

faktoriem, kas ierosina oksidatīvo stresu, tāpēc pētnieku grupa savstarpēji salīdzināja smēķējošo metinātāju (*SOD* 2011,17±701,35 U/gHb), smēķējošo kontroles grupas (*SOD* 1539,60±326,94 U/gHb), nesmēķējošo metinātāju (*SOD* 1480,52±795,19 U/gHb) un nesmēķējošo kontroles grupas (*SOD* 1291,68±227,25 U/Hb) pārstāvju vidējos *SOD* līmeņus, un konstatēja, ka smēķējošiem metinātājiem tas ir visaugstākais. Šie iegūtie dati atklāj, ka smēķēšana ietekmē antioksidantu enzīma *SOD* aktivitāti gan smēķējošo metinātāju, gan smēķējošo kontroles grupas pārstāvju vidū. Turklāt, ir konstatētas būtiskas atšķirības starp antioksidantu enzīmu līmeņiem smēķētāju metinātāju un smēķētāju kontroles grupā (*SOD*:  $p < 0.01$ ), nesmēķētāju metinātāju un nesmēķētāju kontroles grupā (*CAT*:  $p < 0.05$ ). Metālu Cr, Mn un Cu koncentrācijas plazmā metinātājiem bija statistiski ticami augstākas ( $p < 0,05$ ) nekā kontroles grupai (Imamoglu *et al.*, 2008).

*Dursun et al.* pētīta lipīdu peroksidācijas izmaiņas ar svīnu darba vidē eksponētām personām un konstatēja, ka svīna ietekmei pakļautajā grupā lipīdu peroksidācijas līmeņi plazmā ( $2,67 \pm 0,69 \mu\text{M}$ ) un eritrocītos ( $27,53 \pm 6,28 \text{ nmol/g Hb}$ ) bija augstāki nekā kontroles grupai, attiecīgi plazmā ( $1,23 \pm 0,61 \mu\text{M}$ ) un eritrocītos ( $14,35 \pm 2,08 \text{ nmol/g Hb}$ ). Svīna daudzums asinīs strādājošajiem –  $15,00 \pm 10,15 \mu\text{g/dl}$ , kontrolei  $2,37 \pm 0,89 \mu\text{g/dl}$ . Daudzas cilvēku slimības ir saistītas ar šūnapvalku bojājumiem, tas izpaužas kā pašas šūnas membrānas lipīdu peroksidācija, paātrinot tās strukturālo un funkcionālo degradāciju. Kad lipīdu peroksīdi sasniedz noteiktu līmeni, tie nonāk asinsritē, paaugstinot lipīdu peroksidāzes daudzumu serumā vai plazmā. Pārmērīgais asinīs esošo lipīdu peroksīdu daudzums neizvadās ar urīnu, tas paliek asinsritē līdz tiek noārdīts ar antioksidantu enzīmiem, glutaciona reduktāzi, glutaciona s-transferāzi, superoksīda dismutāzi un katalāzi. Tādējādi lipīdu peroksīdu daudzumu asinīs nosaka to veidošanās un noārdīšanās ātrumi organismā (*Dursun et al.*, 2001).

Kā redzams, starp veiktajiem pētījumiem nav viennozīmīgas atbildes, kas notiek ar oksidatīvā stresa marķieriem metinātāju organismā, ir pētījumi, kur konstatēta enzīmu līmeņu paaugstināšanās un ir pētījumi, kur konstatēta pazemināšanās, tāpēc ir nepieciešami jauni pētījumi.

## 2.6. Metināšanas aerosola un tā sastāvā esošo metālu savienojumu iespējamā ietekme uz metālapstrādē nodarbināto veselību un arodslimību attīstību

### 2.6.1. Ietekme uz elpošanas sistēmu

Daudzi pētījumi jau kopš 20.gadsimta 70-tajiem gadiem ir vēltīti metināšanas aerosola ietekmei uz metinātāju plaušu ārējās elpošanas funkciju. Plaušu funkciju testus izmanto tādu slimības procesu kā fibrozes un emfizēmas konstatēšanai, kuras attiecīgi ierobežo plaušu izplešanos un samazina plaušu elastību. Ir pamats domāt, ka hroniska metināšanas aerosola ieelpošana būtiski samazina plaušu ārējās elpošanas funkciju (Palmer & Eaton, 1998; Eglīte, 2000; Antonini, 2003; Antonini *et al.*, 2003a; Antonini *et al.*, 2003b; Kim *et al.*, 2005), tomēr zinot faktu, ka metinātāju vidū ir liels smēķētāju skaits, starp zinātniekiem nav vienprātības. Lai to novērstu, *Hunnikuts et al.* veica pētījumu, kurā gan eksperimentālās, gan kontroles grupas dalībnieki bija smēķētāji. Iegūtie rezultāti ļāva secināt, ka pastāv nozīmīga atšķirība forsētas izelpas tilpumam vienā sekundē (FEV<sub>1</sub>) starp metinātājiem, kas smēķē un kontroles grupu, kuras dalībnieki arī smēķē (Hunnicut *et al.*, 1964).

*J. Antonini* veidotajā literatūras apkopojumā par metināšanas ietekmi uz veselību ir konstatēts, ka daudzos pētījumos par metināšanas aerosola ietekmi uz plaušu ārējās elpošanas funkcijām ir novērojami atšķirīgi rezultāti. Daži pētījumi notikuši rūpīgi kontrolētos darba vides apstākļos, citi reālās darba vietās un vēl citi laboratorijās. Tādējādi metināšanas aerosola ekspozīcijām ir atšķirīga intensitāte, jo bijuši atšķirīgi metināšanas apstākļi, izmantotie materiāli, ekspozīcijas ilgums, ventilācijas apstākļi un laiks no ekspozīcijas līdz plaušu funkcijas mērījumiem (Antonini, 2003). Pētījumos ar doku metinātājiem, kuri parasti strādā noslēgtās, slikti vēdināmās telpās, un tāpēc ieelpo koncentrētāku metināšanas aerosolu, strādniekiem novērota spēcīgāka negatīva ietekme uz plaušām nekā tiem metinātājiem, kuri strādā labāk vēdināmās telpās (Chinn *et al.*, 1990; Akbar-Khanzadeh, 1993; Hewitt, 1996; Antonini, 2003; Halatek *et al.*, 2005).

Veicot metināšanas darbus ar noteiktām metināšanas metodēm, var attīstīties aroda etioloģijas astma. Aroda astmu izraisa specifisku sensibilizējošu aģentu ieelpošana darba vietā un tā atšķiras no nearoda astmas ar vēlīnāku saslimšanas vecumu, simptomi nav atkarīgi no sezonas un uzturoties ārpus darba vietas notiek veselības stāvokļa uzlabošanās (Palmer & Eaton, 2001). Nerūsējošā tērauda metināšanā par elpceļu sensibilizācijas aģentiem uzskata hromu un niķeli saturošas komponentes metināšanas aerosolā (Cohen *et al.*, 1998; Huvinen *et al.*, 2002; Antonini, 2003; Antonini *et al.*, 2003b). Lielākajā daļā gadījumu iespējamā aroda

astmas saistība ar ekspozīciju metināšanas procesa laikā parasti paliek neskaida. *Sferlazza un Beckett* savā pētījumā norāda, ka nav neapgāžamu pierādījumu, ka aroda astmu izraisa tieši metināšanas aerosols (*Sferlazza & Beckett, 1991*). Lielbritānijā tika veikts pētījums, kurā piedalījās 1024 kuģu būves darbinieki un tika secināts, ka tērauda ar zemu oglekļa saturu ( $C < 0,15\%$ ) metinātājiem pēc 5 gadu ekspozīcijas pastāv paaugstināts risks attīstīties aroda astmai (*Beach et al., 1996*). Zviedrijā veiktā pētījumā turklāt tika secināts, ka vīriešiem metinātājiem vecumā no 20 – 64 gadiem aroda astmas risks ir 7 reizes lielāks nekā strādājošo vīriešu populācijai kopā (*Toren, 1996*). Pēc Latvijas Arodslimību reģistra datiem 158 metinātājiem (arodslimniekiem) laika periodā no 1993. – 2005. gadam konstatēti 17 aroda astmas gadījumi (*Eglīte et al., 2007*).

Metināšanas aerosola drudzis ir viena no biežāk novērotajām akūtajām respiratorajām slimībām, kas parādās metinot vai pēc metināšanas un visai ātri pāriet. Cēlonis ir tikko izveidotā cinka oksīda ieelpošana, un tā visbiežāk sastopama metinātājiem, kas griež galvanizētu, ar cinku pārklātu tēraudu vai cinka sakausējumus (*Sferlazza & Beckett, 1991*). Klīniskos simptomus novēro arī pēc varu, magniju vai kadmiju saturošu metināšanas aerosolu ieelpošanas. Metināšanas aerosola drudža pazīmes ir ātrs sākums (apmēram 4 stundas pēc saskares) un bieži atgādina gripu (*Eglīte, 2000; Antonini, 2003*). Parasti slimība pāriet pati no sevis 24 līdz 48 stundu laikā. Metināšanas aerosola drudzi ir pieredzējuši jaunie metinātāji pirmajā ekspozīcijas reizē un daudzi pieredzējuši metinātāji vismaz vienu reizi (30%). Atkārtoti ieelpojot metālu aerosolus, var iegūt īslaicīgu toleranci, un bieži vien metāla aerosola drudža izpausmes novērojamas brīvdienās, kurās nodarbinātajam nav bijusi saskare ar metināšanas aerosolu (*Palmer & Eaton, 1998*). Lai gan metāla aerosola drudža etioloģija ir zināma, tomēr nav saprasts mehānisms, ar kādu metināšanas tvaiki izraisa slimību (*Hewitt, 1996; Antonini, 2003*).

Pilna laika metinātāju aptaujās, hroniska bronhīta simptomi ir visbiežāk sastopamie veselības sarežģījumi (*Sferlazza & Beckett, 1991; Sobaszek et al., 2000*). Hronisko bronhītu biežuma prevalence statistiski ticami augstāka ir metinātājiem, kuri veic galvanizācijas procesā pārklāta tērauda vai dzelzs metināšanu ( $PR = 2,14; 1,24 – 3,68$ ) (*Lillienberg et al., 2008*). Metināšanas aerosola izraisīta hroniska bronhīta konstatāciju metinātājiem apgrūtina lielais smēķētāju daudzums metinātāju vidū un smēķēšanas izraisītais hroniskais bronhīts kontroles grupās (*Antonini, 2003*). Smēķēšana un metināšana sinerģiski izraisa bronhītu. Novērots, ka bronhīts biežāk sastopams manuālās elektriskā loka metināšanas (*MMAW*) metinātājiem nekā gāzes elektriskā loka (*GMAW*) metinātājiem; iespējams, bronhīta sastopamība atkarīga no ekspozīcijas tipa un apjoma (*Mur et al., 1985; Ozdemir et al., 1995*).

Pēc *Howden et al.* veiktā pētījuma rezultātiem metinātājiem ir biežāk sastopamas akūtas augšējo un dziļāko elpceļu infekcijas, tās ir smagākas un ilgākas (*Howden et al.*, 1988). Domājamais cēlonis biežākām elpceļu infekcijām ir elpceļu epitēlija ķīmiskais kairinājums, ko izraisa metināšanas aerosols (*Roels et al.*, 1987; *Antonini*, 2003).

Daudzos literatūras avotos norādīts, ka metināšanas rezultātā var iegūt arī tādas smagas plaušu slimības kā fibrozi, siderozi un pneimokoniozi (*Eglīte*, 2000; *Antonini*, 2003; *Antonini et al.*, 2003b; *Kim et al.*, 2005; *Lillienberg et al.*, 2008).

Epidemioloģiskie pētījumi nav pārliecinoši pierādījuši metināšanas aerosolu un plaušu vēža saistību. Šī saistība tiek joprojām intensīvi pētīta, tomēr jau 1990. gadā Starptautiskā Vēža pētniecības aģentūra (*IARC*) secināja, ka metināšanas aerosols cilvēkiem ir „iespējams kancerogēns” (*IARC*, 1990).

*Poletto* un *Pezzotto* savā pētījumā izvērtēja histoloģiskās atradnes un pierādīja, ka ar zvīņaino šūnu karcinomu no metālu rūpniecībā nodarbinātajiem paaugstināts risks saslimt ir metinātājiem ( $OR=2,9$   $CI=0,75 - 1,94$ ) un mehāniķiem ( $OR=1,8$   $CI= 0,9 - 4,2$ ). Šajā pat pētījumā arī secināts, ka plaušu vēža mirstības rādītāji metinātājiem, salīdzinot ar visu populāciju, ir paaugstināti par 32%, kaut gan nevar apgalvot, vai metināšana bija vienīgais riska faktors (*Pezzotto & Poletto*, 1999).

Vēsturiski prospektīvā pētījumā Vācijā no 1989. līdz 1995. gadam, analizējot 1213 hroma un niķeļa ietekmei pakļautus elektriskā loka metinātājus un 1688 kontroles personas, tika atklāts, ka nozīmīgi augstāka mirstība ar plaušu vēzi (par 35%) ir metinātāju grupā (*Becker*, 1999). Tomēr, lai arī daudzi pētījumi norāda metināšanas ietekmi uz plaušu vēža attīstību, tas nav vispāratzīts fakts. Tas skaidrojams ar tādu jaucefaktoru kā azbesta un smēķēšanas ietekmi (*Antonini*, 2003; *Antonini et al.*, 2003b).

## **2.6.2. Ietekme uz centrālo nervu sistēmu**

Metināšanas aerosola sastāvā esošie metāli, tādi kā, alumīnijs, svins un mangāns, ir dažādu neiroloģisko simptomu un slimību cēlonis metinātājiem (*Roels et al.*, 1987; *Sjögren et al.*, 1990; *Sjogren et al.*, 1996; *Antonini*, 2003; *Jankovic*, 2005; *Bowler et al.*, 2006; *Park et al.*, 2006; *Bowler et al.*, 2007a; *Bowler et al.*, 2007b; *Ellingsen et al.*, 2008; *Antonini et al.*, 2009; *Flynn & Susi*, 2009).

Ir skaidri zināms, ka mangāna ieelpošana lielās koncentrācijās ir neirotoksiska; tas noskaidrots pētot strādniekus, kas nodarbināti tērauda ražošanā vai bagātu mangāna rūdu ieguvē un pārstrādē (*Donaldson*, 1987). Ir informācija, ka ilgstoša neliela mangāna oksīda

ekspozīcija darbos ar dzelzs sakausējumiem strādniekiem var izraisīt nervu darbības izmaiņas (Lucchini *et al.*, 1995). Mangāna toksicitāte cilvēkiem ir labi aprakstīta kā skaidri izteikts klīnisks neirotoksisks sindroms, kas atgādina parkinsonismu (Aschner *et al.*, 1999; Takeda, 2003; Jankovic, 2005; Stepens *et al.*, 2008).

Ja notiek hroniska augstas koncentrācijas mangāna ieelpošana, darbinieki var saslimt ar mangānismu. Mangānisma pirmajā stadijā slimnieki sūdzas par nogurumu, nespēku, miegainību, sliktu ēstgribu, galvassāpēm. Savukārt otrajā stadijā slimniekiem ir traucētas roku saskaņotas kustības iešanas laikā, paaugstināts muskuļu tonuss, rodas gaitas traucējumi, pastiprinās miegainība, izstieptās rokās ir stipra trīce. Bet trešajā stadijā rodas parkinsonisma simptomi (Eglīte, 2000).

*Sjogren et al.* vadībā pētnieku grupa Zviedrijā veica pētījumu par mangāna, alumīnija un svina ietekmi uz metinātāju centrālo nervu sistēmu. Pētījuma pirmajā fāzē (*Sjogren et al.*, 1990) tika veikta 65 alumīnija un 217 dzelzceļa sliežu metinātāju neiroloģisko simptomu novērtēšana, izmantojot subjektīvo aptaujas anketu Q16. Izmantojot loģistikās regresijas analīzi tika konstatēts, ka metinātājiem, kuriem ir lielāks mangāna, svina un alumīnija kumulatīvais ekspozīcijas laiks, viennozīmīgi biežāk novērojami dažādi neiropsihiski simptomi, proti, mangānam, ja kumulatīvais ekspozīcijas laiks ir no 1000 līdz 3250 stundām, tad izredzes iegūt trīs un vairāk pozitīvas atbildes uz Q16 testa jautājumiem ir OR = 2,34 (95% TI 0,88 – 6,24), ja kumulatīvais ekspozīcijas laiks ir no 3250 līdz 36110 stundām, tad izredzes iegūt trīs un vairāk pozitīvas atbildes uz Q16 testa jautājumiem ir OR = 6,25 (95% TI 1,95 – 20,0). Turpinot iesākto, *Sjogrens* ar kolēģiem veica psiholoģiskos un neirofizioloģiskos testus. Pētījuma rezultātā tika konstatēts, ka alumīnija metinātājiem (n=39) bija vairāk neiroloģisku izmaiņu un motoro funkciju pazemināšanās nekā kontroles grupai (n=38). Savukārt metinātājiem (n=12), kuri darba procesā kontaktē ar mangāna savienojumiem, bija ievērojami zemāki muskuļu funkciju testu rādītāji un augstāks miega traucējumu īpatsvars nekā kontroles grupai. Pētnieki ierosināja uzlabot darba apstākļus metinātājiem, kas izmanto elektrodus ar lielu mangāna saturu (*Sjogren et al.*, 1996).

Ir veikta virkne pētījumu, kas apliecina neiroloģiskos un neiropsiholoģiskos simptomus un pazīmes nodarbinātajiem, kas pakļauti mangāna un metināšanas aerosola ietekmei, galvenokārt tie ir tremors, motorie traucējumi, neirokognitīvie traucējumi, atmiņas traucējumi, redzes traucējumi, miega traucējumi, seksuālie traucējumi, garastāvokļa maiņas (*Roels et al.*, 1987; *Roels et al.*, 1992; *Sjogren et al.*, 1996; *Racette et al.*, 2001; *Bowler et al.*, 2003; *Bowler et al.*, 2006; *Bowler et al.*, 2007b).

### 2.6.3. Ietekme uz ādu un hipersensitivitāte

Metinātāji, veicot elektriskā loka metināšanu, ir pakļauti ultravioletā (UV) starojuma ietekmei. Viens no visbiežāk novērotajiem veselības traucējumiem ir elektrooftalmija, tā rodas 12 līdz 90 sekunžu laikā no metināšanas sākšanas, ja netiek ievēroti piesardzības pasākumi – lietotas aizsargbrilles vai aizsargmaska (Kaļķis *et al.*, 2001; Antonini, 2003).

Metinātājiem bieži no karsta metāla un ultravioletā starojuma rodas apdegumi. Apdegumu dziļums atkarīgs no aizsargapģērba, metināšanas procesa, ekspozīcijas laika, starojuma intensitātes, attāluma no starojuma avota, viļņu garuma, subjekta jutības, kā arī ādu sensibilizējošu aģentu klātbūtnes ķermenī, kuru darbību var ierosināt UV starojums. Pie ādu kairinošiem vai sensibilizējošiem aģentiem metināšanas laikā pieder sekojoši metāli un to savienojumi: hroms, niķelis, cinks, kobalts, kadmijs, molibdēns un volframs (Hewitt, 1996; Wagner *et al.*, 2000; Antonini, 2003). Ir novērots, ka hromu saturoša tērauda metināšanas aerosols, rada alerģisko dermatītu pret hromu sensibilizētām personām. Metinātāju vidū sastopama ādas hiperpigmentācija, kas pāriet 3 līdz 6 gadu laikā pēc metināšanas pārtraukšanas. Ja netiek ievērota darba drošība, tad, kontaktējoties ar niķeli saturošu metināšanas aerosolu, iespējama kontaktekzēma (Elsner & Hassam, 1996; Tenkate, 1999; Antonini, 2003).

### 2.6.4. Ietekme uz reproduktīvo sistēmu

Pārsvarā pētījumos par metālapstrādes riska faktoru ietekmi uz veselību analizēta vīriešu spermas kvalitāte, taču pētījumu rezultāti par šo faktoru negatīvo ietekmi nav viennozīmīgi (Antonini, 2003).

1992. gadā *Bonde* un *Ernst* veiktajā pētījumā, kurā piedalījās 30 nerūsējošā tērauda metinātāji, 30 tērauda ar zemu oglekļa saturu metinātāji un 47 kontroles grupas dalībnieki, netika atklāta saistība starp hroma līmeni asinīs un spermas kvalitāti (Bonde & Ernst, 1992).

Taču *Mortensena* veiktajā pasta aptaujā, kas tika apvienota ar spermas analīzi un kurā piedalījās 1255 vīrieši, metinātājiem atklāja divas reizes augstāku auglības patoloģiju risku nekā pārējiem pētījuma dalībniekiem. Turklāt nerūsējošā tērauda metinātājiem risks bija pat 2,34 reizes lielāks nekā kontroles grupai (Mortensen, 1988).

Spermas kvalitātes pētījumos, kuros salīdzināja mangāna un metināšanas aerosola ietekmi 63 mangāna ieguvē nodarbinātajiem, 110 doku metinātājiem, 38 autoservisu

metinātājiem un 99 kontroles grupas cilvēkiem Ķīnā, tika secināts, ka mangānam ir toksiska ietekme uz spermas kvalitāti (Wu *et al.*, 1996).

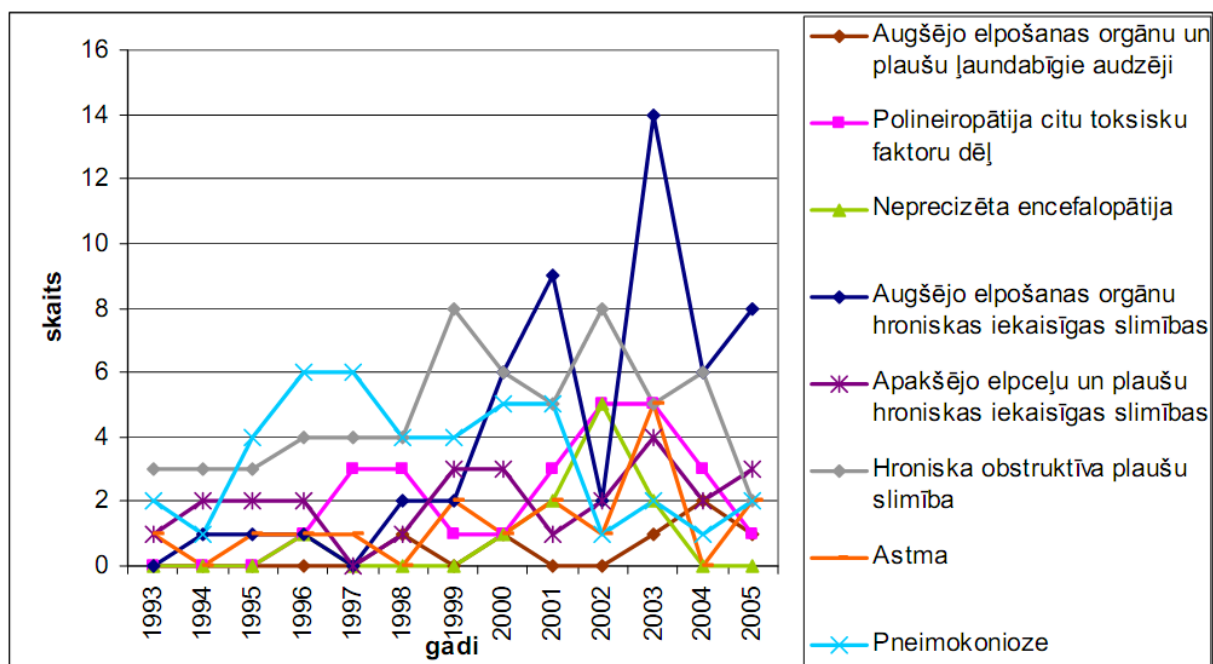
*Tas et al.* veidotajā literatūras apkopojumā, kas aprakstīja arodekspozīcijas ietekmi uz vīriešu reproduktīvajām funkcijām, tika secināts, ka metināšanas aerosolos sastopamie metāli, īpaši kadmījs un svins, toksiski ietekmē vīriešu reproduktīvo sistēmu (Tas *et al.*, 1996).

## 2.7. Saslimstība ar arodslimībām metinātājiem Latvijā

Saskaņā ar Paula Stradiņa KUS Aroda un radiācijas medicīnas centra un Eiropas Sociālā fonda līdzfinansētās nacionālās programmas „Darba tirgus pētījumi” projekta „Labklājības ministrijas pētījumi” pētījuma „Darba apstākļi un riski Latvijā” datiem Latvijā biežākās metināšanas aerosola izraisītās patoloģijas (pēc Starptautiskā slimību klasifikatora SSK-10) ir (Eglīte *et al.*, 2007):

- Augšējo elpošanas orgānu hroniskas iekaisīgas slimības (SSK-10 kodi J31; J310; J312; J32; J330; J37; J370),
- Apakšējo elpceļu un plaušu hroniskas iekaisīgas slimības (SSK-10 kodi J40; J410; J42; J680; J684),
- Hroniska obstruktīva plaušu slimība (SSK-10 kodi J448; J449),
- Astma (SSK-10 kodi J45; J450; J458; J459),
- Pneimokonioze (SSK 10 kodi J60; J628; J63; J64),
- Plaušu emfizēma (SSK -10 kodi J43+J439),
- Augšējo elpošanas orgānu un plaušu ļaundabīgie audzēji (SSK-10 kodi C11; C140; C320; C34; C341; C349),
- Toksiskā polineuropātija (SSK-10 kodi G622),
- Neprecizēta encefalopātija (SSK-10 kods G934).

Apskatot metināšanas aerosola izraisīto arodslimību struktūru Latvijā, jāatzīmē, ka nozīmīgāku vietu aroda patoloģijā metinātājiem ieņem hroniskas elpošanas orgānu slimības. Tā, laika periodā no 1993. līdz 2005.gadam kopumā tika konstatēti 61 hroniskās obstruktīvās plaušu slimības gadījums, 52 augšējo elpošanas orgānu hronisku iekaisīgu slimību gadījumi, 43 metinātāju pneimokoniozes gadījumi, 26 apakšējo elpceļu un plaušu hronisku iekaisīgu slimību gadījumi, 17 astmas gadījumi un 14 plaušu emfizēmas gadījumi. Augstāk minētajā laika periodā metinātājiem tika atklāti arī 6 elpošanas orgānu ļaundabīgo audzēju gadījumi. Atsevišķu arodslimību grupu sastāda metināšanas aerosola izraisītās nervu sistēmas slimības. Apsekotajā 13 gadu ilgajā laika posmā kopumā metinātājiem tika diagnosticēti 26 toksiskās polineuropātijas gadījumi un 11 encefalopātijas gadījumi.

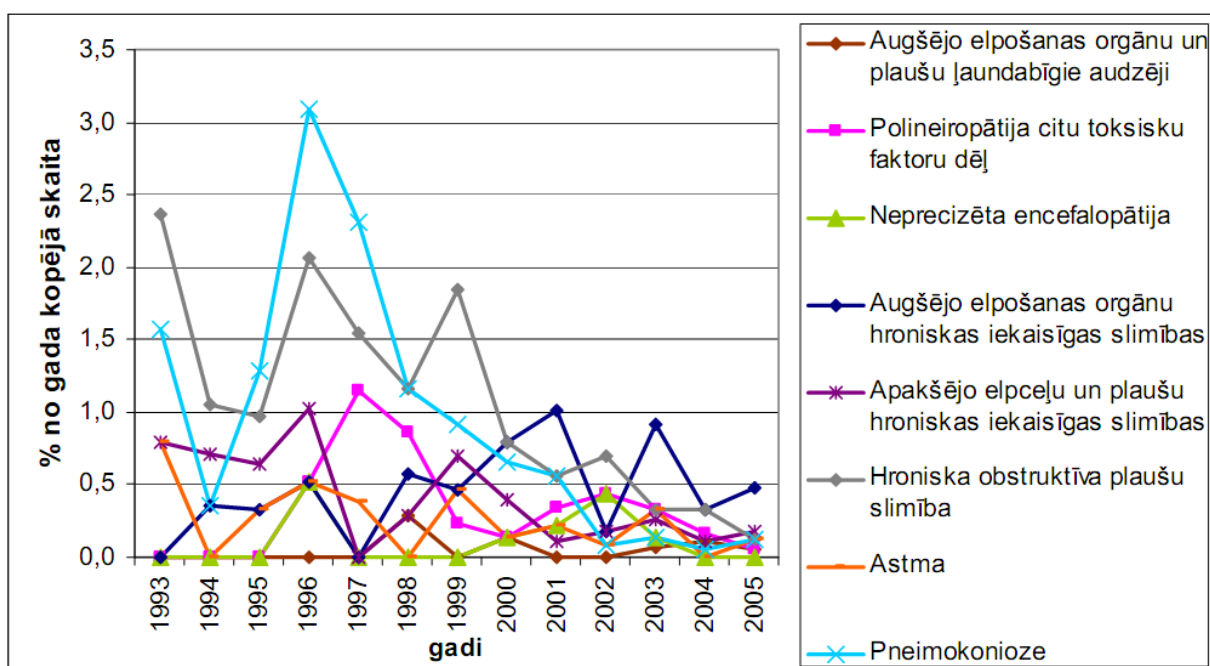


**2.7.1. attēls.** Biežāko pirmreizējo arodslimību absolūtā skaita dinamika metinātājiem (1993.-2005.gads) (Avots: pētījums „Darba apstākļi un riski Latvijā”, 2007)

Vērtējot metināšanas aerosola izraisīto arodslimību dinamiku Latvijā, redzam, ka salīdzinoši augsts nemainīgi paliek hroniskās obstruktīvās plaušu slimības gadījumu skaits ar saslimstības maksimumu 1999., 2002 un 2004.gadā (skatīt 2.7.1. attēlu). Tikai 2005. gadā bija vērojams saslimstības kritums, kad metinātājiem tika konstatēti tikai divi 2 hroniskās obstruktīvās plaušu slimības gadījumi. Sākot ar 1998.gadu, sāka pieaugt arī augšējo elpošanas orgānu hronisku iekaisīgu slimību skaits, sasniedzot maksimumu 2003. gadā (14 gadījumi). Savukārt, saslimstība ar metinātāju pneimokoniozi bija visaugstākā laika posmā no 1995. līdz 2001.gadam, kad tika diagnosticēti vidēji 5 gadījumi gadā, bet, sākot ar 2002.gadu, vērojams jaunatklātu pneimokoniozes gadījumu skaita samazinājums. Vienlaicīgi ar to saslimstība ar apakšējo elpceļu un plaušu hroniskām iekaisīgām slimībām metinātājiem paliek nemainīga, sastādot vidēji 2 jaunus gadījumus gadā. Saslimstībā ar aroda astmu metinātājiem tika novērots straujš gadījumu skaita pieaugums 2003. gadā, sasniedzot 5 jaunus gadījumus, bet pārējos gados šis rādītājs vidēji sastādīja 1 gadījumu gadā. Elpošanas orgānu ļaundabīgā audzēja diagnoze metinātājiem pirmo reizi bija parādījusies 1998.gadā, bet vislielākais jaunatklāto ļaundabīgo audzēju skaits (2 jauni gadījumi) tika konstatēts 2004.gadā. Metināšanas aerosola izraisītās toksiskās polineuropātijas dinamikā bija vērojams straujš gadījumu skaita pieaugums 2003. un 2004.gadā, kad tika diagnosticēti 5 gadījumi katrā gadā. Pie tam, sākot ar 2000.gadu, vienlaicīgi ar toksiskās polineuropātijas gadījumu skaita

pieaugumu sāka pieaugt arī encefalopātijas gadījumu skaits, 2002.gadā sasniedzot savu maksimumu – 5 jauni gadījumi.

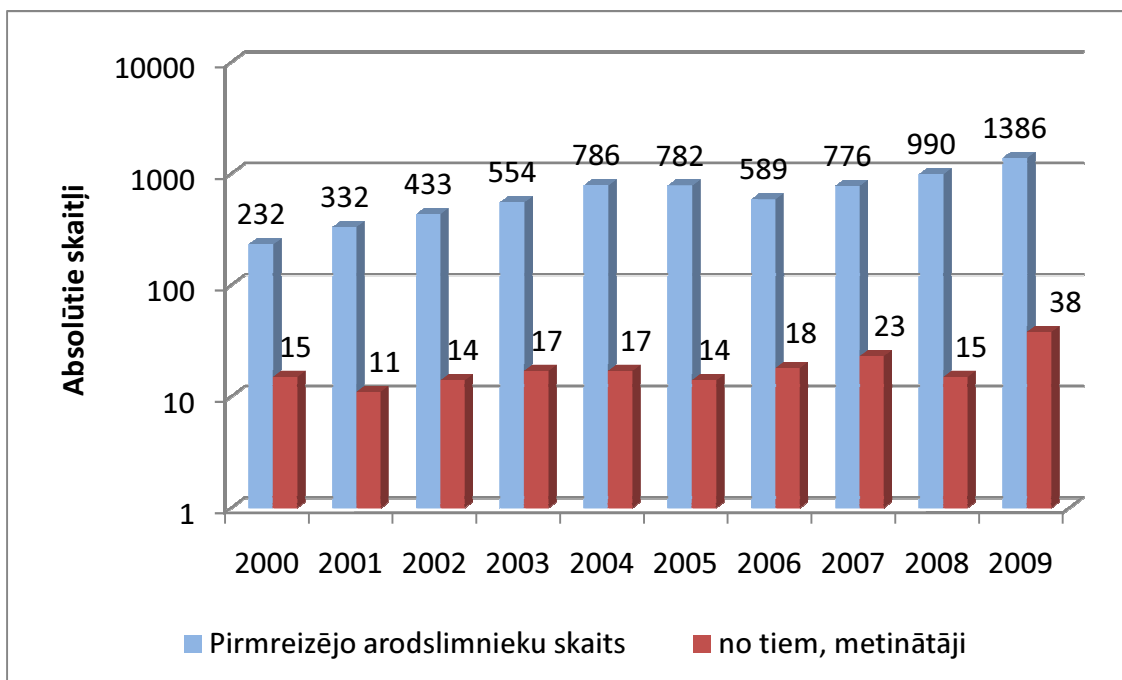
Savukārt, vērtējot dinamikā metināšanas aerosola izraisīto arodslimību īpatsvaru kopējā arodslimību struktūrā, redzams, ka visās slimību grupās tas ir būtiski samazinājies, pie tam visievērojamāk metinātāju pneimokoniozēm (no 3,1% 1996.gadā līdz 0,1% 2005.gadā), kā arī metināšanas aerosola izraisītajai hroniskai obstruktīvai plaušu slimībai (no 2,4% 1993.gadā līdz 0,1% 2005.gadā) (skatīt 2.7.2. attēlu). Jāpiebilst, ka līdz 1999.gadam atsevišķu slimību grupu daļa pārsniedza 1% no kopējā arodslimību skaita atbilstošajā gadā, turpretī, sākot ar 2004. gadu, neviena no tām nepārsniedza 0,5% barjeru.



**2.7.2. attēls.** Biežāko pirmreizējo arodslimību sadalījums pa gadiem metinātājiem % no gada kopējā arodslimību skaita (1993.-2005.gads) (Avots: pētījums „Darba apstākļi un riski Latvijā”, 2007)

Pēc vēl npublicētiem Paula Stradiņa KUS Aroda un radiācijas medicīnas centra datiem 2009. gadā arodslimības tika diagnosticētas 38 metinātājiem. No kopējā pirmreizējo arodslimnieku skaita, tas sastāda 2,7%, skatīt 2.7.3. attēlu. 2009.gadā kopumā tika konstatētas 117 dažādas slimības, no tām 12 karpālā kanāla sindroma (G56.0) gadījumi, 5 polineuropātiju (G62.2; G62.8) gadījumi, 3 toksiskas encefalopātijas (G92) gadījumi, 20 aroda vājdzirdības (H83.3) gadījumi, 13 hronisku iekaisīgu augšējo elpceļu (J31.2; J37.0; J40) gadījumi, 6 hroniski obstruktīvu plaušu slimību (J44.8) gadījumi, 2 alerģiskas astmas (J45.0) gadījumi, 42 kaulu un muskuļu sistēmas slimības (M17.1; M18.0; M19.0; M47.2; M47.8; M54.1; M72.0;

M75.0; M75.1; M77.1; M77.9), no kurām visvairāk diagnosticētas spidiloze un radikulopātija (M47.2; M47.8; M54.1).



**2.7.3. attēls.** Kopējais un metinātāju pirmreizējo arodslimnieku skaita pieaugums absolūtajos skaitļos.

### 3. MATERIĀLI UN METODEDES

Darbs izstrādāts Rīgas Stradiņa universitātes (RSU) aģentūrā Darba drošības un vides veselības institūtā (agrāk RSU Darba un vides veselības institūts), un izmantoti darba vides gaisa kvalitātes dati par 180 dažāda lieluma Latvijas uzņēmumiem, kuros darba procesos tiek veikta metālapstrāde un pārstrāde. Pētījumi veikti laika posmā no 2002. līdz 2009.gadam.

Darbs tika veikts ar ESF programmas “Atbalsts doktorantiem studiju programmas apguvei un zinātniskā grāda ieguvei Rīgas Stradiņa universitātē” atbalstu, Latvijas Republikas Izglītības un zinātnes ministrijas zinātniskā projekta “Latvijas iedzīvotāju veselību apdraudošo eksogēno un endogēno faktoru izpēte” apakšprojektā RSU – ZP08/03-2 “Metālu un noturīgo organisko piesārņotāju ietekme uz antioksidantu aktivitāti nodarbinātajiem atsevišķos Latvijas rūpniecības uzņēmumos” ietvaros, laika posmā no 2006. – 2008. gadam, kā arī Eiropas Savienības Struktūrfondu līdzfinansētās nacionālās programmas “Darba tirgus pētījumi” projekta „Labklājības ministrijas pētījumi” pētījuma “Darba apstākļi un riski Latvijā” ietvaros. Darbā izmantoti Rīgas Stradiņa universitātes Darba drošības un vides veselības institūta Higiēnas un arodslimību laboratorijas veikto metālapstrādes uzņēmumu darba vides gaisa mērījumi (metināšanas aerosola, mangāna un hroma koncentrācijas darba vides gaisā).

#### 3.1. Darba vides gaisa mērījumu, analīžu veikšana un rezultātu izvērtēšana

Laika posmā no 2002.gada līdz 2009.gadam Rīgas Stradiņa universitātes Higiēnas un arodslimību laboratorija veikusi 180 uzņēmumu apsekošanu, kuros tiek veikti dažādi metālapstrādes darbi, kopsummā šajos uzņēmumos apsekotas 360 darba vietas kā rezultātā veikti sekojoši mērījumi:

1. Metināšanas aerosola paņemšana un koncentrācijas noteikšana (1073 paraugi);
2. Mangāna koncentrāciju noteikšana nodarbināto darba vietās (884 paraugi);
3. Hroma koncentrāciju noteikšana nodarbināto darba vietās (650 paraugi).

Gaisa paraugu analīzei izmantotas ISO un LVS standarta metodes un modernas mēriekārtas. Gaisa paraugu iegūšanai tika izmantoti individuālie gaisa paraugu sūknīši (firmas *Gillian un Buck*, ASV). Nodarbināto elpošanas zonā pie nodarbinātā apģērba tika piestiprināti celulozes acetāta membrānfiltri (*Millipore*, 0,45 μm), kas ievietoti 37 mm diametra paraugu ņemšanas kasetēs. Gaisa plūsmas ātrums, ar kādu tika sūkti gaisa paraugi, bija 2 L/min.

Parauga ņemšanas laiks svārstījās no 15 līdz 60 minūtēm, šis svārstības bija atkarīgas no veicamās darba operācijas.

Metināšanas aerosola koncentrācija tika noteikta ar gravimetrijas metodi (NIOSH, 2003; LVS, 2006; OSHA, November, 1988) izmantojot augsta jutīguma analītiskos svarus „Kern”. Celulozes acetāta membrānfiltri pirms paraugu ņemšanas tika izturēti 24h analītisko svaru telpā pie noteikta mikroklimata un nosvērti, pēc paraugu ņemšanas filtri vēlreiz tika izturēti 24h analītisko svaru telpā un atkārtoti svērti. No filtra beigu svara atņemot sākuma svaru, tika iegūts aerosola iesvars uz filtra, lai aprēķinātu aerosola koncentrāciju darba vides gaisā izmanto sekojošu pārrēķina formulu:

$$C = \frac{\gamma \times 1000}{v \times k}, \text{ kur}$$

C – metināšanas aerosola koncentrācija gaisā, mg/m<sup>3</sup>;

$\gamma$  - metināšanas aerosola masa uz filtra (iesvars), mg;

v – analizējamā gaisa tilpums, l;

1000 – gaisa tilpuma pārrēķina koeficients;

k – pārrēķina koeficients nosūktā gaisa tilpuma pielīdzināšanai normāliem apstākļiem (20<sup>0</sup>C un 101,3kPa).

Lai noteiktu mangāna un hroma koncentrācijas darba vides gaisā, gaisa paraugus saturošos filtrus šķīdināja, apstrādājot ar koncentrētu slāpekļskābi un ūdeņraža peroksīdu (2:1) temperatūrā 120 - 130°C, pēc parauga pilnīgas izšķīšanas analīzi ar demineralizētu ūdeni atšķaidīja līdz 20 ml (Baķe *et al.*, 1998; Lūse, 1999; Martinsone & Skesters, 2009).

Mangāna un hroma koncentrācijas tika analizētas ar atomabsorcijas spektrofotometrijas (AAS) metodi, izmantojot Varian AAS aparātu ar elektrotermālu parauga sadalīšanu grafitā kivetē un Zēmana fona korekciju (VARIAN, 1988).

Noteikšanas metodes nenoteiktības novērtēšanai izmantots Norvēģijas Nacionālā Darba Veselības institūta sertificēts references materiāls (A un B sērijas filtri) elementu noteikšanai metināšanas aerosolā. „A” sērijas references filtriem mangāna daudzums uz filtra 349 ± 17 μg un „B” sērijas filtriem mangāna daudzums uz filtra 216 ± 12 μg, laboratoriski atrastais mangāna daudzums sērijas A filtros 356 ± 20 μg un sērijas B filtros 207 ± 11 μg. Atrastie mangāna daudzumi uz filtriem ir references filtra uzdotās standartnovirzes robežās. Variācijas koeficients starp atsevišķiem filtru mērījumiem un vidējo noteikto mangāna

daudzumu sērijai A ir 5,7% un sērijai B - 5,3%. Iespēja izmantot gaisa piesārņojuma novērtēšanai sertificētu references materiālu, ļauj kvalitatīvi novērtēt ķīmisko vielu analīzes metodes un analītisko rezultātu pareizību (Baže *et al.*, 1998).

Latvijas Republikas 2007.gada 15.maija Ministru kabineta noteikumi Nr. 325 „Darba aizsardzības prasības saskarē ar ķīmiskām vielām” (pieņemti 15.05.2007., publicēti *Latvijas Vēstnesī* 18.05.2007) nosaka aroda ekspozīcijas robežvērtības, kas ir paredzētas darba vides gaisa kvalitātes novērtēšanai jeb riska varbūtības novērtēšanai, lai nepieļautu ķīmisko vielu, t.sk. metināšanas aerosola, nelabvēlīgu iedarbību uz darbinieku veselību; aroda ekspozīcijas robežvērtības jāņem vērā arī projektējot un organizējot tehnoloģiskās iekārtas un procesus.

Aroda ekspozīcijas robežvērtība (AER) ir tāda ķīmiskās vielas koncentrācija darba vides gaisā, kas visā darba laikā ar 8 stundu darba dienas ilgumu (vai arī pie cita iedarbības ilguma, bet ne vairāk par 40 stundām nedēļā) darbinieka organismā visā dzīves laikā neizraisa saslimšanu un novirzes veselībā, kuras konstatējamas ar mūsdienu izmeklēšanas metodēm. Aroda ekspozīcijas robežvērtības mērvienība ir mg/m<sup>3</sup>, pie temperatūras 20° C un spiediena 101,3 kPa. Aroda ekspozīcijas robežvērtību lielumi ir noteikti kā vidējie aritmētiskie 8 stundu darba dienai (vidējā maiņas koncentrācija) vai kā īslaicīgie (parauga ņemšanas ilgums līdz 15 min). Šajā periodā ņem vienu vai vairākus citu citam sekojošus gaisa paraugus, kuros veic nepieciešamās analīzes. Rezultātus salīdzina ar noteiktās ķīmiskās vielas aroda ekspozīcijas robežvērtību.

AER ir veselības aizsardzības standarts, kas pamatojas uz akceptēto ķīmiskās vielas iedarbības līmeni. Aroda ekspozīcijas robežvērtība darba vides gaisā noteikta, ņemot vērā vielas fizikāli ķīmiskās īpašības, toksiskumu, veselības epidemioloģiskos pētījumus, tehnoloģiskā procesa nosacījumus, kā arī izvērtējot literatūrā esošos datus par ķīmiskajām vielām ar līdzīgu struktūru, un balstoties uz ES komisijas EC 2000.gada 8.jūnija direktīvu 200/39/EC, 1991.gada 29.maija direktīvu 91/322/EC, 2003.gada 27.marta ES direktīvu 2003/18/EC un 2004.gada 29.aprīļa direktīvu 2004/37/EC.

Ķīmisko vielu koncentrācijas noteikšanas metodikas struktūru, saturu un izklāstu veido atbilstoši standarta LVS - EN 689:2004 „Darba vides gaisa - Vadlīnijas ieelpojamo ķīmisko vielu ekspozīcijas novērtējumam, salīdzinot ar robežvērtībām, un mērīšanas stratēģija” un LVS EN 482:2006 “Darba vides gaisa. Vispārējās prasības ķīmisko vielu mērīšanas procedūru veikspējai” prasībām. Ķīmisko vielu noteikšanas metodikai un mērīšanas līdzekļu precizitātei jānodrošina specifiska vielas noteikšana vismaz 1/2 aroda ekspozīcijas robežvērtības līmenī, arī tad, ja darba vides gaisā ir citas vielas.

Aroda ekspozīcijas robežvērtība metināšanas aerosolam ir  $4 \text{ mg/m}^3$ , mangānam metināšanas aerosolos (kondensācijas aerosols)  $0,1 \text{ mg/m}^3$  un hroma (III) oksīdam pēc hroma  $1 \text{ mg/m}^3$ , tās ir iestrādātas Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumos nr, 325/2007 „Darba aizsardzības prasības saskarē ar ķīmiskām vielām” (pieņemti 15.05.2007., publicēti *Latvijas Vēstnesī* 18.05.2007).

Ķīmiskā faktora aroda ekspozīcijas izraisītā veselības riska varbūtības novērtēšanai darba vidē tika izmantots ekspozīcijas indekss (EI), kurš atspoguļo ķīmiskās vielas aroda ekspozīcijas pakāpi un vienlaicīgi sniedz informāciju par ķīmiskās vielas iedarbības varbūtību. Ekspozīcijas indeksu konkrētai vielai nosaka, attiecinot reālo ķīmiskās vielas koncentrāciju darba vidē pret likumdošanā noteikto vielas aroda ekspozīcijas robežvērtību (Eglīte *et al.*, 2007).

$$EI = \frac{C}{AER}, \text{ kur}$$

EI - ķīmiskās vielas ekspozīcijas indekss;

C - ķīmiskās vielas koncentrācija darba vides gaisā, ( $\text{mg/m}^3$ );

AER – ķīmiskās vielas aroda ekspozīcijas robežvērtība darba vides gaisā, ( $\text{mg/m}^3$ ).

Ja darba vietas vides gaisā esošajām ķīmiskajām vielām piemīt līdzīga iedarbība, to EI summējas. Pielietojot EI, var veikt kopējo dažādu ķīmisko vielu ekspozīcijas riska izvērtējumu neatkarīgi no to individuālām skaitliskām vērtībām.

Izvērtējot un aprakstot ķīmisko vielu koncentrācijas darba vides gaisā, ķīmisko vielu ekspozīcijas indeksi iedalīti četrās grupās/klasēs atbilstoši zema, vidējai, augstai un ļoti augstai ekspozīcijas pakāpei. Pirmā grupa, kurā ekspozīcijas indekss ir mazāks vai vienāds ar 0,1, norāda zemu ķīmiskās vielas iedarbības varbūtību. Otrā grupa ( $0,1 \leq EI < 0,75$ ) norāda vidēju iedarbības varbūtību. Trešā grupa ( $0,75 \leq EI < 1$ ) izsaka augstu iedarbības varbūtību. Ķīmisko faktoru aroda ekspozīcijas mērījumos ir pieļaujama 25 % kļūda, tādēļ trešās klases EI jau var norādīt, ka darba vidē atsevišķos mērījumos ir pārsniegta attiecīgās ķīmiskās vielas aroda ekspozīcijas robežvērtība. Ceturtā grupa ( $EI \geq 1$ ) izsaka ļoti augstu iedarbības varbūtību, ekspozīcija darba vides gaisā ir lielāka par aroda ekspozīcijas robežvērtību (AER). Tas rada risku nodarbinātā drošībai un veselībai, un darba devējam nekavējoties jāveic pasākumi riska novēršanai.

### 3.2. Nodarbināto aptauja un pētījuma ietvaros asinīs analizēto metālu un bioķīmisko rādītāju noteikšanas metodes

Ķīmiskās vielas darba procesa laikā var iekļūt darbinieku organismā, galvenokārt ieelpojot, bet nevar izslēgt arī uzsūkšanos caur ādu vai iekļūšanu caur brūci, kā arī uzņemšanu caur gremošanas traktu un acu gļotādu. Daļai no uzņemtajiem metāliem izvadīšanās no organisma ir lēna, tāpēc ir svarīgi veikt agrīnu to kaitīgās iedarbības atklāšanu. Metālu koncentrācijas cilvēka organisma biovidēs ir visā pasaulē atzīts vides piesārņojuma indikators, kas ļauj analizēt darba un apkārtējās vides piesārņojuma izraisīto kaitējumu veselībai. Darbā veikta metālu un oksidatīvā stresa marķieru līmeņu noteikšana asinīs aroda eksponētām un neeksponētām personām, grupu raksturojums iegūts, veicot dalībnieku anketēšanu. Pētījuma dalībnieki tika atlasīti pēc brīvprātības principa (līdzdalības piekrišanas akts pielikumā nr. 1) kopumā 20 Latvijas uzņēmumos, ar kuriem RSU Darba drošības un vides veselības institūta Higiēnas un arodslimību laboratorijai ir sadarbība darba vides gaisa novērtēšanas jomā.

Nodarbināto aptauja un metālu un oksidatīvā stresa marķieru līmeņu noteikšana asinīs veikta 14 Latvijas uzņēmumos, kur nodarbinātie veic dažādas metālu apstrādes operācijas, kā arī 6 Latvijas uzņēmumos, kur nodarbinātie darba vidē nav pakļauti saskarei ar metāliem un to savienojumiem. Respondentu aptauja veikta, izmantojot pētījumam speciāli izveidotu aptaujas anketu (skatīt pielikumā Nr.1). Aptaujas anketas izveides procesā tika izmantotas PVO rekomendētās vadlīnijas un tajā tika iekļauta subjektīvā neiroloģisko simptomu novērtēšanas anketa Q16 (Sjögren *et al.*, 1990; Edling *et al.*, 1993; Chouanière *et al.*, 1997; Kiesswetter *et al.*, 1997; Lundberg *et al.*, 1997; Eglīte, 2000; Ihrig *et al.*, 2001), asins paraugu savākšanai mikroelementu analīzēm tika ievērotas literatūras publicētās vadlīnijas un rekomendācijas (Hudnik *et al.*, 1984a; Hudnik *et al.*, 1984b; Minoia *et al.*, 1990; Vesterberg *et al.*, 1993; Cornelis *et al.*, 1996; Kristiansen *et al.*, 1997; Prikle *et al.*, 2005).

Anketēšana tika veikta intervijas veidā, kopsummā noanketētas 254 personas. Datu apkopošanas un analīzes gaitā respondenti tika sadalīti divās grupās:

1. grupa – nodarbinātie, kas darba vidē saskaras ar metāliem un to savienojumiem (97 personas);

2. grupa – nodarbinātie, kas darba vidē nav pakļauti saskarei ar metāliem un to savienojumiem (54 personas elektriķi un 103 personas biroja darbinieki).

Visas pētījumā iesaistītās personas bija vīrieši un nodarbināti vienā maiņā.

Rezultātu ieguves procesā, tika konstatēts, ka elektriķi darba laikā ir pakļauti dažādu organisko savienojumu (šķīdinātāju, minerāleļļu) ietekmei, kuru toksiskā iedarbība ir vērsta

uz centrālo nervu sistēmu. Šī jaucējfaktora dēļ, aptaujas anketas sadaļu par „nodarbināto veselības stāvokli” un „Q16” rezultāti elektriķu grupai, kopējā datu apstrādē netika izmantoti, bet tika aptaujāti atbilstoša vecuma biroja darbinieki, kuriem darba process nav saistīts ar dažādu ķīmisko vielu izmantošanu.

Eksponētās jeb metinātāju grupas vecums bija robežās no 19 līdz 71 gadam, vidējais vecums  $41,3 \pm 14,1$  gadi. Kontroles grupā tika iekļauti dažādos Latvijas uzņēmumos nodarbinātie, kuri darba procesā nekontaktē ar metāliem un to savienojumiem: elektriķu grupas vecums bija robežās no 23 līdz 76 gadiem, vidējais vecums  $47,6 \pm 11,0$  gadi, biroja darbinieku grupas vecums bija no 20 līdz 69 gadiem, vidējais vecums –  $39,2 \pm 12,6$  gadi.

Aptaujas anketa sastāv no šādām sadaļām (skatīt pielikumu nr. 1):

- Vispārējā daļa (vecums, dzimums, profesija, stāžs, ieradumi);
- Jautājumi par saskari ar ķīmiskām vielām darba vidē;
- Jautājumi, kas raksturo nodarbinātā veselības stāvokli (ziņas par pārciestām vai esošām slimībām);
- Subjektīvā neiroloģisko simptomu novērtēšanas anketa (Q16);
- Ēšanas paradumi.

Arodekspozīcijām personām tika aprēķināts kopējais ekspozīcijas stundu skaits (kumulatīvais ekspozīcijas laiks) pēc formulas (Sjögren *et al.*, 1990):

$$\frac{\text{Ekspozīcijas stundu skaits dienā}}{8} \times 1840 \times G$$

kur 8 – darba stundas dienā,

1840 – vidējais darba stundu skaits gadā,

G – ekspozīcijas gadi (darba stāžs metinātāja profesijā).

Metālu un oksidatīvā stresa marķieru līmeņu noteikšanai asinīs no respondentiem pēc to labprātīgas piekrišanas iegūti 148 nodarbināto asins paraugi (94 metinātāji un 54 elektriķi). Asins paraugi tika iegūti darba nedēļas vidū (trešdienā vai ceturtdienā), darba maiņas beigās (Stridsklev *et al.*, 2007). Pirms asiņu parauga savākšanas tika nodrošināts, lai nodarbinātais atrastos ērtā pozā, miera stāvoklī. Veicot vēnas punkciju, litija heparīnu saturošos vakutaineros tika iegūti asins paraugi, pēc paņemšanas vakutaineri tika labi sakratīti un līdz transportēšanai uz laboratoriju (vidēji 6 stundas) uzglabāti  $+4^{\circ}\text{C}$ , uz laboratoriju metālu noteikšanai atvestie asins paraugi tika nekavējoties sasaldēti un uzglabāti  $-18^{\circ}\text{C}$  līdz analīžu

veikšanai (Bader *et al.*, 1999; Rodrigues *et al.*, 2008; Martinsone, 2009; Martinsone & Skesters, 2009).

Asins paraugu mineralizācija metālu koncentrāciju noteikšanai veikta slēgtas sistēmas mikroviļņu krāsnī (*MARS 5, CEM*) pēc sekojošas shēmas: teflona konteinerā ienes 2 ml asins, pievieno 4 ml 65% (v/v) slāpekļskābes (*Merck, supra pure*) un 2 ml 30% ūdeņraža peroksīda (*Merck, supra pure*), mineralizēšanas procesā mikroviļņu krāsns jauda 1200W, mineralizācijas ilgums 15 minūtes; iegūto šķīdumu kvantitatīvi pārnes 15 ml mēģenē ar pieslīpējumu un uzpilda ar dejonizētu ūdeni līdz 10 ml atzīmei (Krachler *et al.*, 1996; Stepens *et al.*, 2008; Martinsone, 2009). Metālu koncentrācijas tika analizētas ar atomabsorbcijas spektrofotometrijas (AAS) metodi, izmantojot Varian AAS aparātu ar elektrotermālu parauga sadalīšanu grafiņa kivetē un Zēmana fona korekciju, pie noteiktiem metālu specifiskiem viļņu garumiem: Mn – 279,5 nm, Cr – 357,9 nm, Cu – 327,4 nm, Zn – 213,9 nm un Cd 228,8 nm (VARIAN, 1988; Bake, 1998; Martinsone & Skesters, 2009).

Oksidatīvā stresa marķieru analīzes veiktas Rīgas Stradiņa universitātes Bioķīmijas laboratorijā.

Bioķīmisko izmeklējumu programmā tika iekļauta sekojošu radītāju noteikšana – asinīs: hemoglobīns, Cu,Zn-superoksīddismutāze (*Cu,Zn-SOD*), glutationperoksidāze (*GPx*), reducētais glutations (*GSH*); eritrocītos – katalāze (*CAT*); plazmā - kopējie antioksidanti (*TAS*).

Hemoglobīna daudzums asinīs tika noteikts ar fotometrijas standarta metodi, izmantojot SIA „DIVIDENT” (Latvija) testsistēmu (kitus) un spektrofotometru „Cary 50” („Varian”, Inc., Nīderlande). Metodes pamatā ir hemoglobīna reakcija ar kālija heksociānferātu (III) un kālija cianīdu, kurā veidojas hemoglobīna cianīds ar absorbcijas maksimumu pie 540 nm un tā daudzums ir proporcionāls hemoglobīna saturam (Perrin *et al.*, 1990; Pizent *et al.*, 2008).

Cu,Zn-superoksīddismutāzes daudzums asinīs tika noteikts ar klīniskās ķīmijas analizatoru „RX Daytona” („Randox Lab.” Ltd., Lielbritānija), izmantojot *Randox Laboratories Ltd. (Lielbritānija)* standarta testsistēmas. Metodes pamatā ir fotokolorimetriska noteikšana un kinētiska reakcija ar substrātiem: ksantīnu un 2-(4-jodfenil)-3-(4-nitrofenol)-6-feniltetrazolija hlorīdu. Superoksīddismutāze (*SOD*) dismutē oksidatīvi enerģētiskos procesos radušos toksisko superoksīdradikāli ( $O_2^-$ ) par hidrogēnperoksīdu un molekulāro skābekli. Šinī metodē ksantīnu un ksantīnoksidāzi (*KOD*) izmanto superoksīdradikāļa ģenerēšanai, kurš, reaģējot ar 2-(4-nitrofenol)-5-feniltetrazolija hlorīdu (*I.N.T.*), veido sarkanu formazāna krāsojumu. *SOD* aktivitāte tiek mērīta spektrofotometriski pēc šīs reakcijas inhibēšanas

pakāpes pie 505 nm (Arthur & Boyne, 1985; Han *et al.*, 2005; Butkiene *et al.*, 2007; Pizent *et al.*, 2008; Sharifian *et al.*, 2009).

Glutationperoksidāzes daudzums asinīs tika noteikts ar klīniskās ķīmijas analizatoru „RX Daytona” („Randox Lab.” Ltd., Lielbritānija), izmantojot Randox Laboratories Ltd. (Lielbritānija) standarta testsistēmas. Metodes pamatā ir Paglia un Valentine metode. Glutationperoksidāze (GPx) katalizē kumola hidroperoksisīda klātbūtnē glutaciona (GSH) oksidēšanos. Oksidētais glutations (GSSG) tālāk glutacionreduktāzes (GR) un NADFH ietekmē pārvēršas reducētā formā (GSH), vienlaicīgi oksidējoties NADFH par NADF<sup>+</sup>. GPx aktivitāte atbilst absorbcijas kritumam pie 340 nm, ko izraisa NAFH oksidēšanās. Viena vienība atbilst fermenta daudzumam, ko izraisa 1,0 μM NADFH oksidēšanās par NADF<sup>+</sup> 1 minūtē pie 340 nm 37°C temperatūrā (Paglia & Valentine, 1967; Han *et al.*, 2005; Butkiene *et al.*, 2007; Pizent *et al.*, 2008; Sharifian *et al.*, 2009).

Reducētā glutaciona daudzums asinīs tika noteikts ar fotokolorimetrisko noteikšanas metodi, izmantojot spektrofotometru „Cary 50” („Varian”, Inc, Nīderlande). Metodes pamatā ir SH-savienojumu reakcija ar 5,5-ditiobis-(2-nitrobenzoscābi (DTNB), kā rezultātā veidojas dzeltens krāsojums, kura intensitāti nosaka spektrofotometriski pie 412 nm (Beutler *et al.*, 1963).

Katalāzes daudzums eritrocītos tika noteikts ar fotometrisko noteikšanas metodi izmantojot spektrofotometru „Cary 50” („Varian”, Inc, Nīderlande). Metode balstīta uz kinētisku reakciju, katalāzes aktivitātes noteikšana pamatojas uz ūdeņraža peroksīda šķelšanos katalāzes klātbūtnē, ko nosaka pēc absorbcijas samazināšanās pie 240 nm (Aebi, 1984; Perrin *et al.*, 1990).

Kopējais antioksidantu daudzums plazmā tika noteikts ar klīniskās ķīmijas analizatoru „RX Daytona” („Randox Lab.” Ltd., Lielbritānija), izmantojot Randox Laboratories Ltd. (Lielbritānija) standarta testsistēmas. Noteikšana norit fotometriski ar substrātu ABTS (2,2-azino-di-{3-etilbenzotiazolīna sulfonāts}). ABTS, inkubējot ar peroksidāzi (metmioglobīnu) un H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, veidojas ABTS radikāļa katjons. Tas ir relatīvi stabils zilgani zaļš krāsojums, kuru mēra spektrofotometriski pie 600 nm. Paraugā esošie antioksidanti kavē šā krāsojuma veidošanos, kas ir proporcionāla to koncentrācijai (Miller *et al.*, 1993; Han *et al.*, 2005; Sharifian *et al.*, 2009).

### 3.3. Datu statistiskā analīze

Nodarbināto aizpildīto anketu un mērījumu datus šifrēja, pētījumu rezultātu statistiskā apstrāde tika veikta, izmantojot SPSS 16.0 datorprogrammu (firma *SPSS Ltd., ASV*) un atsevišķos gadījumos tika izmantotas Microsoft Excel un MedCalc 11.2.1. programmas.

Datu statistiskajā analīzē izmantotas vispāratzītas statistikas metodes (Teibe & Berķis, 2001; Paura & Arhipova, 2002; Teibe, 2007).

Tika pārbaudīta iegūto pētījuma rezultātu atbilstība normālajam (Gausa) sadalījumam, izmantojot Kolmogorova – Smirnova testu (*K-S tests*), tika novērtēta arī rezultātu asimetrija un ekscess. Tā kā darba vides gaisa mērījumi, metālu un bioķīmisko analīžu rezultāti nepakļāvās normālsadalījumam, tad rezultātu statistiskai apstrādei izmantotas neparametriskās datu apstrādes metodes. Katram mainīgajam lielumam veikta atbilstošās statistikas analīze – atrasti centrālās tendences (aritmētiskais vidējais, mediāna) un izkliedes (standartnovirze, 95% ticamības intervāls) rādītāji, kā arī aprēķinātas kvartiles.

Rezultātu salīdzināšanai izmantotas izredžu (OR), Hī kvadrāta, ticamības intervāla (95%) analīzes metodes, kā arī Manna – Vitneja (*Mann-Whitney U test*) tests, lineārā regresija, aprēķināts Spīrmana (*Spearman's rank correlation*) rangu korelācijas koeficients. Sakarību ciešums starp mainīgajiem vērtēts, balstoties uz korelācijas koeficienta lielumu – vai tā ir vāja, vidēja vai cieša. Ja  $r = 0$  līdz 0,2, tad sakarība vērtējama kā *ļoti vāja*, ja  $r = 0,2$  līdz 0,4 korelācija ir *vāja*, ja  $r = 0,4 - 0,7$  korelācija ir *vidēji cieša*, ja  $r$  sasniedz robežas no 0,7 līdz 1,0, tad korelācija ir *cieša* (Rasčevska & Kristapsone, 2000).

Visos gadījumos rezultāti novērtēti kā statistiski ticami atšķirīgi, ja nulles hipotēzes varbūtība bija vienāda vai mazāka par 0,05, t.i., būtiskuma līmenis nulles hipotēzes noraidīšanai bija  $p = 0,05$ . Pretējā gadījumā tika pieņemta nulles hipotēze.

## 4. REZULTĀTI

### 4.1. Darba vides gaisa kvalitāte un tās raksturojums

Darba vides gaisa kvalitātes izvērtēšanai izmantota Rīgas Stradiņa universitātes Darba drošības un vides veselības institūta (DDVVI) Higiēnas un arodslimību laboratorijas darba vides riska faktoru, tai skaitā ķīmisko vielu mērījumu datu bāze. No datu bāzes tika atlasītas darba vietas, kuru novērtēšanai darba vides gaisā noteiktas metināšanas aerosola, mangāna un hroma koncentrācijas. Laika periodā no 2002.gada līdz 2009.gadam apsekoti 180 uzņēmumi, kopsavilkums 4.1.1. tabulā.

**4.1.1. tabula.** Apsekoto uzņēmumu, darba vietu un laboratorisko analīžu skaits laika posmā no 2002. līdz 2009.gadam

Gads	Apsekoto uzņēmumu skaits	Apsektās darba vietas	Veikto mērījumu / analīžu skaits		
			Metināšanas aerosols	Mangāns	Hroms
2002	19	38	114	114	84
2003	19	57	171	162	156
2004	26	47	141	138	120
2005	36	70	210	153	105
2006	12	21	60	54	36
2007	18	31	93	69	54
2008	27	56	164	107	68
2009	23	40	120	87	27
<b>Kopā</b>	<b>180</b>	<b>360</b>	<b>1073</b>	<b>884</b>	<b>650</b>

#### 4.1.1. Metināšanas aerosola mērījumu rezultātu apkopojums

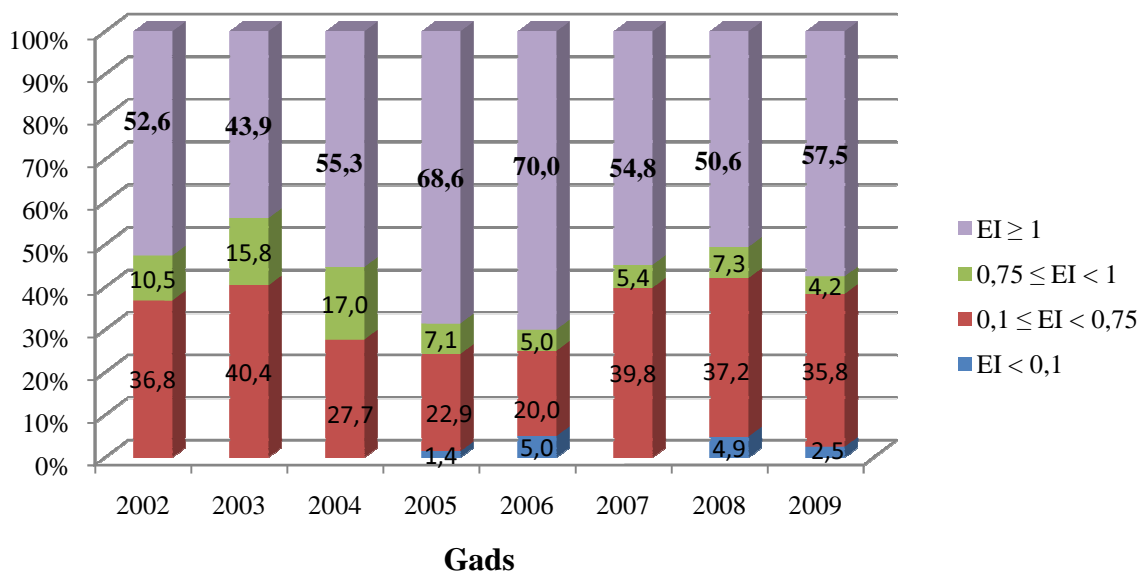
No 1073 metināšanas aerosola analīzēm, kuras RSU Higiēnas un arodslimību laboratorija veikusi laika posmā no 2002.gada līdz 2009.gadam 602 jeb 56,1% gadījumos koncentrācija ir vienāda vai pārsniedz aroda ekspozīcijas robežvērtību – 4 mg/m<sup>3</sup> (skatīt 4.1.2. tabulu)

**4.1.2. tabula.** Metināšanas aerosola mērījumu skaita sadalījumu pa gadiem un pēc ekspozīcijas indeksiem

Ekspozīcijas indekss (EI)	Analīžu skaits mērījumu veikšanas gadā								Kopā
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
zems EI	0	0	0	3	3	0	8	3	<b>17</b> <b>(1,6%)</b>
vidējs EI	42	69	39	48	12	37	61	43	<b>351</b> <b>(32,7%)</b>
augsts EI	12	27	24	15	3	5	12	5	<b>103</b> <b>(9,6%)</b>
ļoti augsts EI	60	75	78	144	42	51	83	69	<b>602</b> <b>(56,1%)</b>
<b>Kopā</b>	<b>114</b>	<b>171</b>	<b>141</b>	<b>210</b>	<b>60</b>	<b>93</b>	<b>164</b>	<b>120</b>	<b>1073</b>
<b>Kopā, %</b>	<b>10,6%</b>	<b>15,9%</b>	<b>13,1%</b>	<b>19,6%</b>	<b>5,6%</b>	<b>8,7%</b>	<b>15,3%</b>	<b>11,2%</b>	<b>100%</b>

Ķīmisko vielu ekspozīcijas indeksi atbilstoši zetai, vidējai, augstai un ļoti augstai ekspozīcijas pakāpei iedalīti četrās grupās/klasēs (4.1.2. tabula). Pirmā grupa, kurā ekspozīcijas indekss ir mazāks par 0,1, norāda zemu ķīmiskās vielas iedarbības varbūtību, un tam atbilst tikai 1,6% mērījumi. Otrā grupa ( $0,1 \leq EI < 0,75$ ) norāda vidēju iedarbības varbūtību, kuru novēro 32,7% mērījumu. Trešā grupa ( $0,75 \leq EI < 1$ ) izsaka augstu iedarbības varbūtību un ceturta grupa ( $EI \geq 1$ ) izsaka ļoti augstu iedarbības risku, ko novēro attiecīgi 9,6% un 56,1% mērījumu.

Augstākais metināšanas aerosola analīžu skaits vērojams 2005.gadā, tas sastāda 210 analīzes jeb 19,6% no visām laboratoriski veiktajām metināšanas aerosola analīzēm laika posmā no 2002. līdz 2009.gadam, un šajā pašā gadā ir arī konstatēts lielākais arodekspozīcijas robežvērtībām neatbilstošo analīžu skaits, proti, 23,9% no visām AER pārsniegušajām analīzēm.



#### 4.1.1. attēls. Metināšanas aerosola koncentrācijas ekspozīcijas indeksi (EI) pa gadiem

Veicot metināšanas aerosola koncentrāciju ekspozīcijas indeksu analīzi pa gadiem, (skatīt 4.1.1. attēlu), redzams, ka ik gadu vidēji ap 55% no laboratoriski veiktajiem metināšanas aerosola mērījumiem darba vidē pārsniedz aroda ekspozīcijas robežvērtību. Kopš 2007.gada vidēji par 16%, ir palielinājies mērījumu skaits, kuriem ekspozīcijas indekss ir vērtējams ar vidēju iedarbības varbūtību, un par līdzīgu daļu samazinājušie mērījumi, kas pārsniedz arodekspozīcijas robežvērtību, t.i., tādi, kur EI ir lielāks vai vienāds ar 1. Metināšanas aerosola koncentrācijas ar ļoti augstu iedarbības risku procentuāli visvairāk novērojamas 2005. un 2006.gados, proti, 68,6% un 70,0% laboratoriski veiktajos mērījumos. Kopš 2002.gada līdz 2005.gadam vērojams laboratoriski veikto mērījumu skaita pieaugums 2002.gadā – 114, 2003.gadā – 171, 2004.gadā – 141, 2005.gadā – 210, pēc tam vērojams straujš mērījumu skaita samazinājums un 2009.gadā ir veikti 120 mērījumi, kas ir tuvu 2002.gada līmenim.

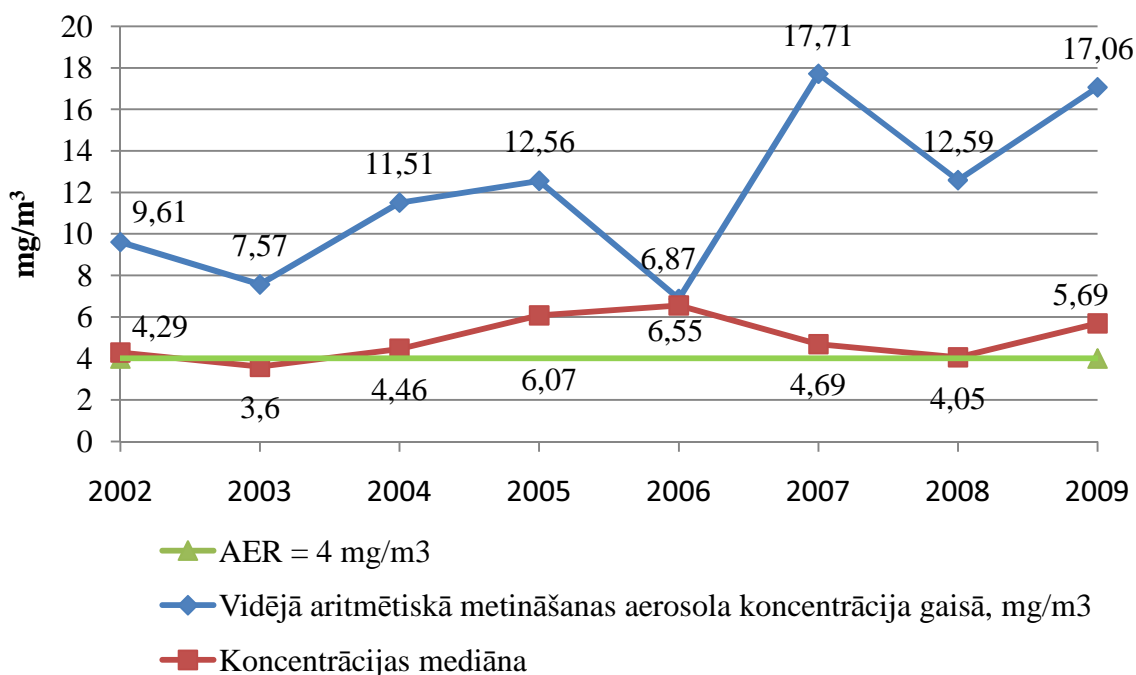
Metināšanas aerosola koncentrācijas laboratoriski veikto mērījumu skaitlisko vērtību analīze apkopota 4.1.3.tabulā.

**4.1.3. tabula.** Metināšanas aerosola koncentrāciju analīze darba vides gaisā pa gadiem

Gads	Analīžu skaits	Metināšanas aerosola koncentrācija, mg/m <sup>3</sup>							
		X <sub>vid.</sub>	SD	95% TI	Min	Max	Mediāna	95% TI	IQR (Q <sub>3</sub> – Q <sub>1</sub> )
2002	114	9,61	15,05	6,82 – 12,40	0,78	79,50	4,29	2,41 – 7,51	2,30 – 9,10
2003	171	7,57	14,35	5,40 – 9,74	0,40	78,94	3,60	2,73 – 4,30	2,58 – 4,81
2004	141	11,51	19,84	8,21 – 14,81	0,40	120,70	4,46	3,20 – 8,10	2,58 – 10,57
2005	210	12,56	20,66	9,75 – 15,37	0,38	148,10	6,07	4,55 – 7,21	3,00 – 11,59
2006	60	6,87	5,38	5,48 – 8,26	0,29	23,00	6,55	3,25 – 9,57	2,70 – 9,65
2007	93	17,71	61,74	4,99 – 30,43	0,49	365,10	4,69	3,32 – 6,00	1,88 – 9,12
2008	164	12,59	23,73	8,93 -16,25	0,30	141,35	4,05	3,03 – 4,92	1,74 – 13,55
2009	120	17,06	38,24	10,15 – 23,97	0,38	231,26	5,69	3,65 – 7,42	1,59 – 11,94

X<sub>vid.</sub>- vidējā aritmētiskā koncentrācija, mg/m<sup>3</sup>; SD – standartnovirze; TI – ticamības intervāls, 95%; Min – minimālā vērtība; Max – maksimālā vērtība

Laika periodā no 2002. līdz 2009.gadam vidējā aritmētiskā ( $\bar{x} \pm SD$ ) metināšanas aerosola koncentrācija ir  $13,32 \pm 33,73 \text{ mg/m}^3$  (95% TI 10,64 – 16,01), tas nozīmē, ka Latvijas Republikas likumdošanā noteiktā arodekspozīcijas robežvērtība  $4 \text{ mg/m}^3$  ir pārsniegta vairāk kā 3 reizes. Tā kā metināšanas aerosola koncentrācijas darba vides gaisā svārstās ļoti plašā diapazonā, 2007.gadā maksimālā koncentrācija sasniedza pat  $365,10 \text{ mg/m}^3$ , kā papildus raksturojošu lielumu izmantoju mediānu. Kā redzams 4.1.2. attēlā, tad visu gadu, izņemot 2003.gadu, koncentrāciju mediānu lielumi pārsniedz arodekspozīcijas robežvērtību, tā kā mediāna ir vidējais rezultāts skaitļu rindā, kurā visi kopas rezultāti ir sakārtoti augošā secībā, tad ir pamats apgalvojumam, ka vairāk kā puse no ik gadus veiktajiem laboratoriskajiem mērījumiem pārsniedz arodekspozīcijas robežvērtību. 2006.gadā apsekotajās darba vietās nebija vērojamas krasi atšķirīgas koncentrāciju vērtības, koncentrācijas darba vidē svārstījās no 0,29 līdz  $23,0 \text{ mg/m}^3$ , līdz ar to vidējā aritmētiskā koncentrācija  $6,87 \text{ mg/m}^3$ , ir tuva koncentrāciju mediānai  $6,55 \text{ mg/m}^3$ .



**4.1.2. attēls.** Vidējā metināšanas aerosola koncentrācija un koncentrāciju mediāna darba vides gaisā pa gadiem

#### 4.1.2. Mangāna mērījumu rezultātu apkopojums

No 884 mangāna analīzēm, kuras RSU Higiēnas un arodslimību laboratorija veikusi laika posmā no 2002.gada līdz 2009.gadam, 350 jeb 39,6% gadījumos mangāna koncentrācija ir vienāda vai pārsniedz aroda ekspozīcijas robežvērtību – 0,1 mg/m<sup>3</sup> (skatīt 4.1.4. tabulu).

Ķīmiskā faktora aroda ekspozīcijas izraisītā veselības riska varbūtības novērtēšanai darba vidē analogi kā metināšanas aerosola gadījumā, izmanto ekspozīcijas indeksu (EI).

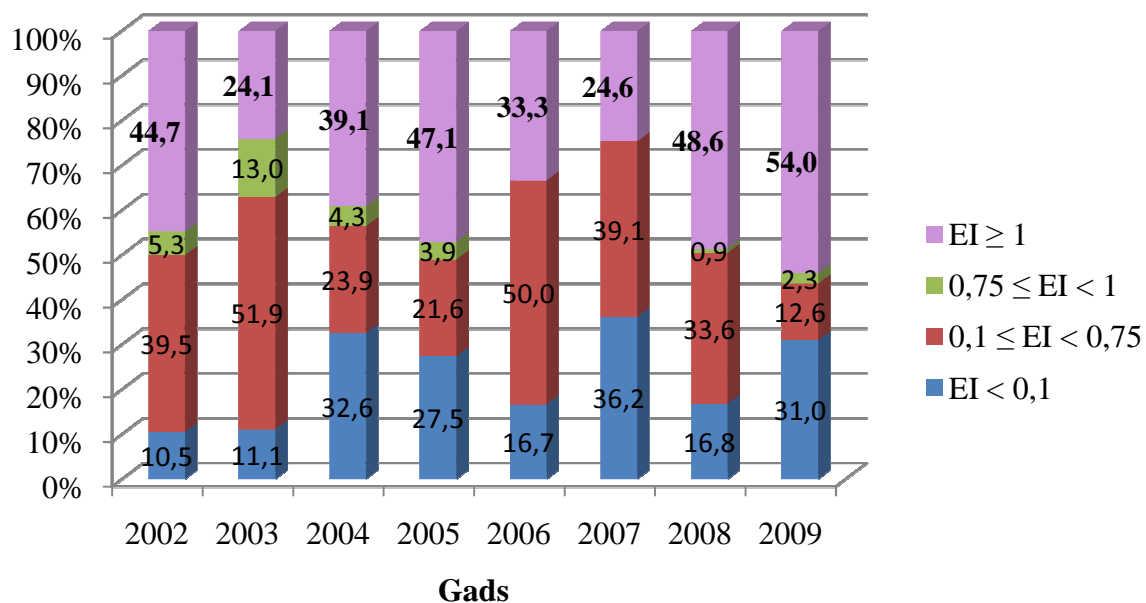
#### 4.1.4. tabula. Mangāna analīžu skaita sadalījumu pa gadiem un pēc ekspozīcijas indeksiem

Ekspozīcijas indekss (EI)	Analīžu skaits mērījumu veikšanas gadā								Kopā
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
zems EI	12	18	45	42	9	25	18	27	<b>196</b> <b>(22,2%)</b>
vidējs EI	45	84	33	33	27	27	36	11	<b>296</b> <b>(33,5%)</b>
augsts EI	6	21	6	6	0	0	1	2	<b>42</b> <b>(4,7%)</b>
ļoti augsts EI	51	39	54	72	18	17	52	47	<b>350</b> <b>(39,6%)</b>
<b>Kopā</b>	<b>114</b>	<b>162</b>	<b>138</b>	<b>153</b>	<b>54</b>	<b>69</b>	<b>107</b>	<b>87</b>	<b>884</b>
<b>Kopā, %</b>	<b>12,9%</b>	<b>18,3%</b>	<b>15,6%</b>	<b>17,3%</b>	<b>6,1%</b>	<b>7,8%</b>	<b>12,1%</b>	<b>9,8%</b>	<b>100%</b>

Mangāna ekspozīcijas indeksi atbilstoši zemai, vidējai, augstai un ļoti augstai ekspozīcijas pakāpei iedalās sekojoši: pirmā grupā, kas norāda zemu ķīmiskās vielas iedarbības varbūtību un kurā ekspozīcijas indekss ir mazāks par 0,1 ietilpst 22,2% veikto analīžu; otrā grupā ( $0,1 \leq EI < 0,75$ ), kas norāda vidēju iedarbības varbūtību, ietilpst 38,5% veikto analīžu; trešā grupa ( $0,75 \leq EI < 1$ ), kas izsaka augstu iedarbības varbūtību, ietver 4,7% analīzes un ceturtā grupa ( $EI \geq 1$ ), kas izsaka ļoti augstu iedarbības risku, aptver 39,6% visā laika posmā no 2002. līdz 2009.gadam veikto analīžu.

Lielākais mangāna analīžu apjoms vērojams 2003.gadā, tas sastāda 162 analīzes jeb 18,3% no visām laboratoriski veiktajām mangāna analīzēm laika posmā no 2002. līdz 2009.gadam. Procentuāli lielākais analīžu skaits, kuras neatbilst arodekspozīcijas robežvērtībām (AER), konstatēts 2009.gadā, no šajā gadā veiktajām analīzēm AER pārsniedz

54%, arī 2008.gadā un 2005.gadā bija salīdzinoši liels AER pārsniedzšo analīžu skaits, attiecīgi, 48,6% un 47,1%.



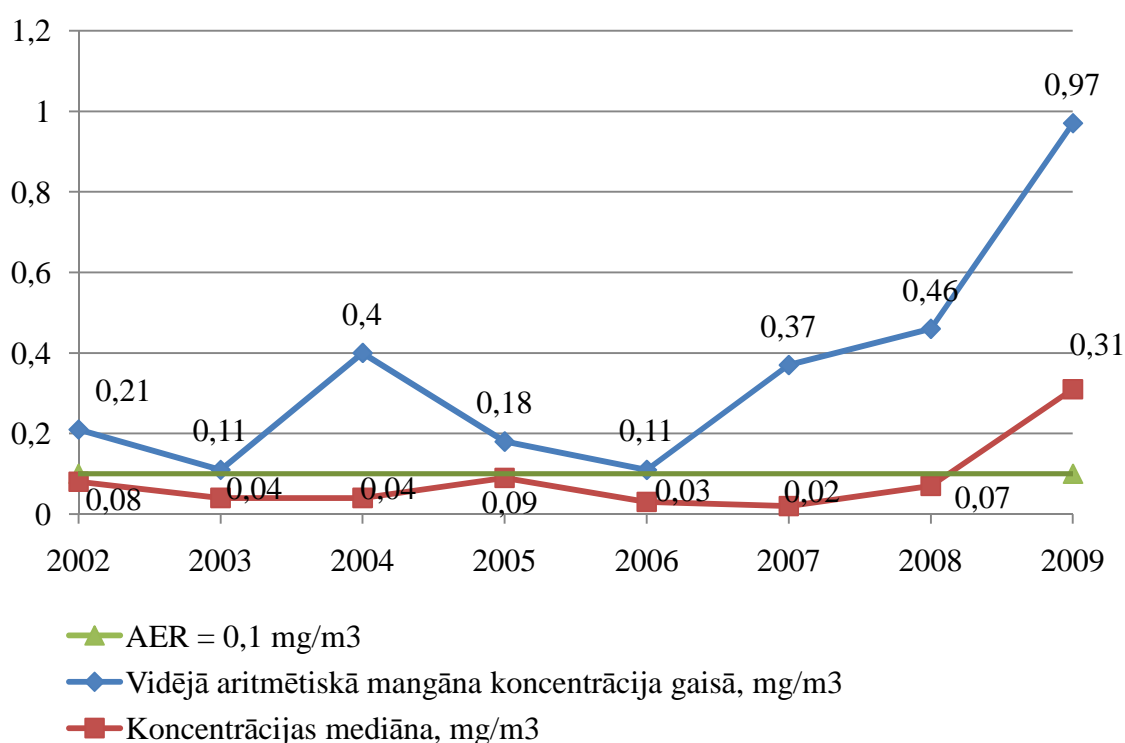
#### 4.1.3. attēls. Mangāna koncentrācijas ekspozīcijas indeksi (EI) pa gadiem

Veicot mangāna koncentrāciju ekspozīcijas indeksu analīzi pa gadiem, (skatīt 4.1.3. attēlu) redzams, ka AER pārsniegušo jeb ar ļoti augstu iedarbības varbūtību ( $EI \geq 1$ ) analīžu skaits ir svārstīgs no 24,1% 2003.gadā līdz 54,0% 2009.gadā. Analīzes ar augstu iedarbības varbūtību ( $0,75 \leq EI < 1$ ) ir epizodiskas, 2009.gadā tādi bija 2,3% jeb 2 analīzes no 87 tajā gadā veiktajām, un 2006. līdz 2007.gadam analīzes ar šādu iedarbības varbūtību vispār nav konstatētas. Kopš 2008.gada ir vērojama tendence pieaugt mangāna analīžu grupai ar ļoti augstu ķīmiskās vielas iedarbības varbūtību.

Analizējot laboratorijas paraugu ņemšanas protokolus un testēšanas pārskatus, augstie EI rādītāji novērojami darba vietās, kurās nav pieejami kolektīvās aizsardzības līdzekļi vai darba vietas nav pareizi aprīkotas ar atbilstošu pieplūdes – atsūces ventilāciju. Ir uzņēmēji, kas nekavējoties reaģē uz esošo situāciju un pēc gada laboratorijas speciālisti, veicot ikgadējos darba vides gaisa mērījumus, var novērot uzlabojums metināšana posteņu ventilācijas sistēmās, par ko liecina samērā augstais mērījumu skaits ar zemu EI vērtību, piemēram, 2009.gadā – 31,0%.

Mangāna koncentrāciju darba vides gaisā analīžu laboratoriski veikto mērījumu skaitliskās vērtības apkopotas 4.1.5. tabulā. Laika periodā no 2002. līdz 2009.gadam dažādās

metināšanas darba vietās, vidējā aritmētiskā mangāna koncentrācija darba vides gaisā ir  $0,42 \text{ mg/m}^3$  (95% TI  $0,27 - 0,56$ ), tas nozīmē, ka likumdošanā noteiktā arodekspozīcijas robežvērtību  $0,1 \text{ mg/m}^3$  pārsniegta aptuveni 4 reizes. Mangāna koncentrācijas darba vides gaisā svārstās ļoti plašā diapazonā, 2007.gadā maksimālā koncentrācija sasniedza pat  $18,06 \text{ mg/m}^3$ . Visu pētījumā iekļauto gadu aritmētiski vidējās mangāna koncentrācijas darba vides gaisā pārsniedz arodekspozīcijas robežvērtību un gadu dinamikā ir vērojama tendence vidējās mangāna koncentrācijas pieaugumam. Vidējā mangāna koncentrācija gaisā no  $0,11 \text{ mg/m}^3$  (2003.gadā) ir pieaugusi līdz  $0,97 \text{ mg/m}^3$  (2009.gadā). Turklāt, apskatot rezultātus pa gadiem, vidējā mangāna koncentrācija kopš 2002.gada pieaug un pārsniedz (2009.gadā pat 9,7 reizes) aroda ekspozīcijas robežvērtību –  $0,1 \text{ mg/m}^3$  (skatīt, 4.1.4. attēlu).



#### 4.1.4. attēls. Vidējā mangāna koncentrācija un mediānas vērtība darba vides gaisā pa gadiem

Kā papildus raksturojošo lielumu mangāna koncentrāciju analīzē darba vidē izmantoju katra gada mērījumu mediāna vērtību. Šī vērtība parāda, ka laika periodā no 2002.gada līdz 2008.gadam ik gadu vairāk kā puse no laboratoriski veiktajām analīzēm nepārsniedz AER, un augstās aritmētiski vidējās mangāna koncentrācijas skaidrojamas ar ļoti lielo atsevišķu darba vietu gaisa piesārņojumu, tomēr šīs koncentrācijas nav uzskatāmas par izlecošām vērtībām, bet patiesām darba vides situāciju raksturojošām koncentrācijām, jo visi darba vides gaisa mērījumi ir veikti reālās darba vietās un to veikšanai izmantotas atbilstošas standartmetodes.

**4.1.5. tabula.** Mangāna koncentrācijas analīze darba vides gaisā pa gadiem

Gads	Analīžu skaits	Mangāna koncentrācija, mg/m <sup>3</sup>							
		X <sub>vid.</sub>	SD	95% TI	Min	Max	Mediāna	95% TI	IQR (Q <sub>3</sub> – Q <sub>1</sub> )
2002	114	0,21	0,45	0,13 – 0,29	0,002	2,22	0,08	0,04 – 0,13	0,03 – 0,21
2003	162	0,11	0,26	0,07 – 0,15	0,001	1,77	0,04	0,03 – 0,07	0,02 – 0,09
2004	138	0,40	1,24	0,19 – 0,61	0,001	7,89	0,04	0,01 – 0,11	0,003 – 0,22
2005	153	0,18	0,28	0,14 – 0,22	0,001	1,53	0,09	0,02 – 0,17	0,01 – 0,22
2006	54	0,11	0,19	0,06 – 0,16	0,001	0,79	0,03	0,02 – 0,13	0,01 – 0,14
2007	69	0,37	2,21	-0,17 – 0,91	0,001	18,06	0,02	0,01 – 0,03	0,004 – 0,04
2008	107	0,46	1,16	0,34 – 0,68	0,001	7,71	0,07	0,03 – 0,17	0,01 – 0,37
2009	87	0,97	2,74	0,39 – 1,55	0,001	16,22	0,31	0,06 – 0,27	0,004 – 0,71

X<sub>vid.</sub>- vidējā aritmētiskā koncentrācija, mg/m<sup>3</sup>; SD – standartnovirze; TI – ticamības intervāls, 95%; Min – minimālā vērtība; Max – maksimālā vērtība

### 4.1.3. Hroma mērījumu rezultātu apkopojums

Laika posmā no 2002.gada līdz 2009.gadam RSU Higiēnas un arodslimību laboratorija 217 darba vietās veikusi hroma koncentrāciju noteikšanu darba vides gaisā, kopsummā veiktas 650 hroma analīzes, no kurām neviena nepārsniedz aroda ekspozīcijas robežvērtību – 1 mg/m<sup>3</sup> (skatīt 4.1.6. tabulu).

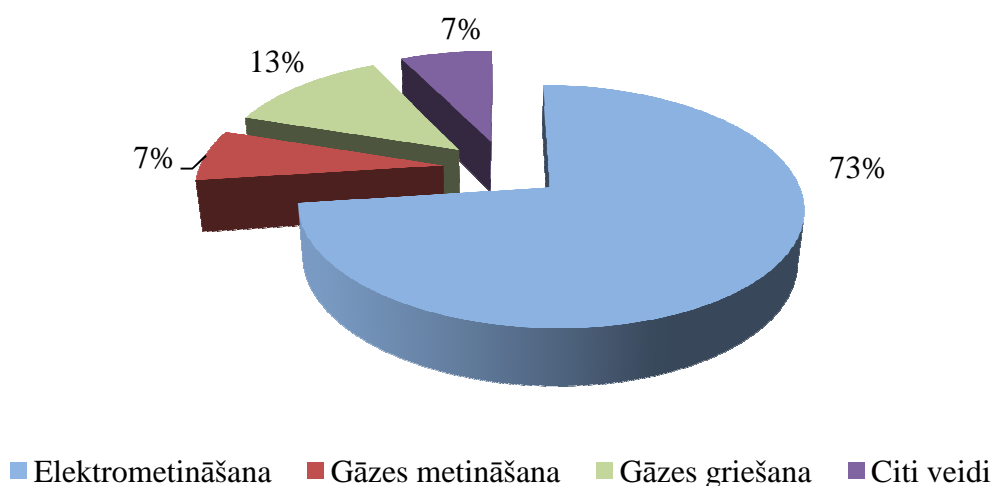
### 4.1.6. tabula. Hroma analīžu skaita sadalījumu pa gadiem un pēc ekspozīcijas indeksiem

Ekspozīcijas indekss (EI)	Analīžu skaits mērījumu veikšanas gadā								Kopā
	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	
zems EI	81 (96,4%)	123 (78,8%)	111 (92,5%)	96 (91,4%)	30 (83,3%)	54 (100%)	65 (95,6%)	27 (100%)	<b>587</b> <b>(90,3%)</b>
vidējs EI	3 (3,6%)	33 (21,2%)	9 (7,5%)	9 (8,6%)	6 (16,7%)	0	3 (4,4%)	0	<b>63</b> <b>(9,7%)</b>
augsts EI	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ļoti augsts EI	-	-	-	-	-	-	-	-	-
<b>Kopā (%)</b>	<b>84</b> (100%)	<b>156</b> (100%)	<b>120</b> (100%)	<b>105</b> (100%)	<b>36</b> (100%)	<b>54</b> (100%)	<b>68</b> (100%)	<b>27</b> (100%)	<b>650</b> <b>(100%)</b>
Vidējā hroma koncentrācija, mg/m <sup>3</sup>	0,03	0,09	0,06	0,02	0,07	0,01	0,02	0,01	

Apskatot hroma ekspozīcijas indeksus pa gadiem, redzams, ka lielākajā daļā analīžu ekspozīcijas indekss darba vietās/procesos ir zems ( $EI < 0,1$ ), tikai 9,7% jeb 63 analīžu ekspozīcijas indekss ir vidējs ( $0,1 \leq EI < 0,75$ ), tas nozīmē, ka hroma koncentrācija darba vides gaisā nerada nopietnus draudus nodarbināto veselībai. Vidējās hroma koncentrācijas nevienā no gadiem nepārsniedz 1/10 no aroda ekspozīcijas robežvērtības – 1 mg/m<sup>3</sup>.

#### 4.1.4. Laboratorisko datu analīze par laika periodu no 2007. līdz 2009.gadam

Kopš 2007.gada RSU Higiēnas un arodslimību laboratorijai ir jauna datu bāzes versija, kas ļauj iegūt detalizētāku informāciju par pielietotajiem metināšanas veidiem. Laika posmā no 2007.gada līdz 2009.gadam ir apsekotas 127 dažādas metināšanas darba vietas un kopskaitā iegūti 377 darba vides gaisa paraugi, veiktas 263 mangāna un 149 hroma analīzes. Šajās darba vietās izmantoto metināšanas veidu procentuālais sadalījums redzams 4.1.5. attēlā.

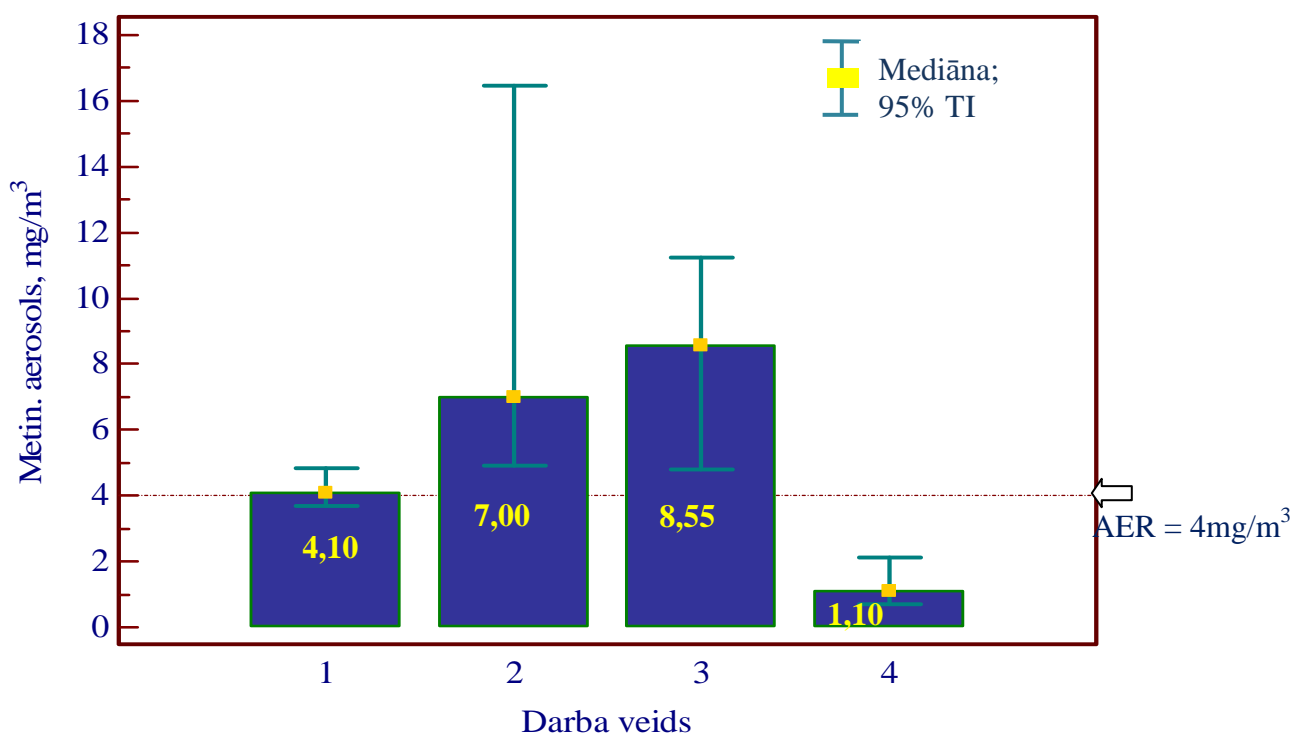


#### 4.1.5. attēls. Laboratoriski apsekoto metināšanas veidu procentuālais sadalījums laika posmā no 2007. līdz 2009.gadam

Pēc RSU Higiēnas un arodslimību laboratorijas datiem darba vides gaisa mērījumi visbiežāk veikti elektrometināšanas laikā, t.i., 73% no visiem metināšanas aerosola laboratoriskajiem mērījumiem laika posmā no 2007. līdz 2009.gadam. Elektrometināšana ietver elektriskā loka metināšanu, izmantojot elektrodu, metināšanu ar pusautomātu, metināšanu ar stiepli un līdzīgus metināšanas veidus. Gāzes metināšana ietver metināšanu ar pusautomātu gāzu aizsargatmosfērā. Gāzes griešana ir metāla detaļu mehāniska sadalīšana, izmantojot gāzes degli. Kā citus metināšanas veidus apzīmē plazmas metināšanu, lāzermetināšanu.

Metināšanas aerosola, mangāna un hroma koncentrācijas darba vides gaisā pēc pielietotā metināšanas veida apkopotas 4.1.7. tabulā.

Salīdzinot metināšanas veidus, redzams (skatīt 4.1.6. attēlu), ka lielākā metināšanas aerosola koncentrācijas mediāna ir, veicot metāla griešanas darbus ar gāzes degli 8,55 (95% TI 4,81 – 11,25), arī maksimālā metināšanas aerosola koncentrācija darba vides gaisā konstatēta šim metālapstrādes veidam un tā sasniedza 365,1 mg/m<sup>3</sup>. Statistiski ticami (p<0,001) salīdzinājumā ar elektrometināšanu, gāzes metināšanu un gāzes griešanu, viszemākā metināšanas aerosola mediānas koncentrācija 1,10 mg/m<sup>3</sup> (95%TI 0,69 – 2,11) konstatēta kategorijā – citi metināšanas veidi, ar to saprotot, plazmas metināšanu, lāzermetināšanu. Datu apstrādes rezultāti apskatāmi 2. pielikumā 1. tabulā.



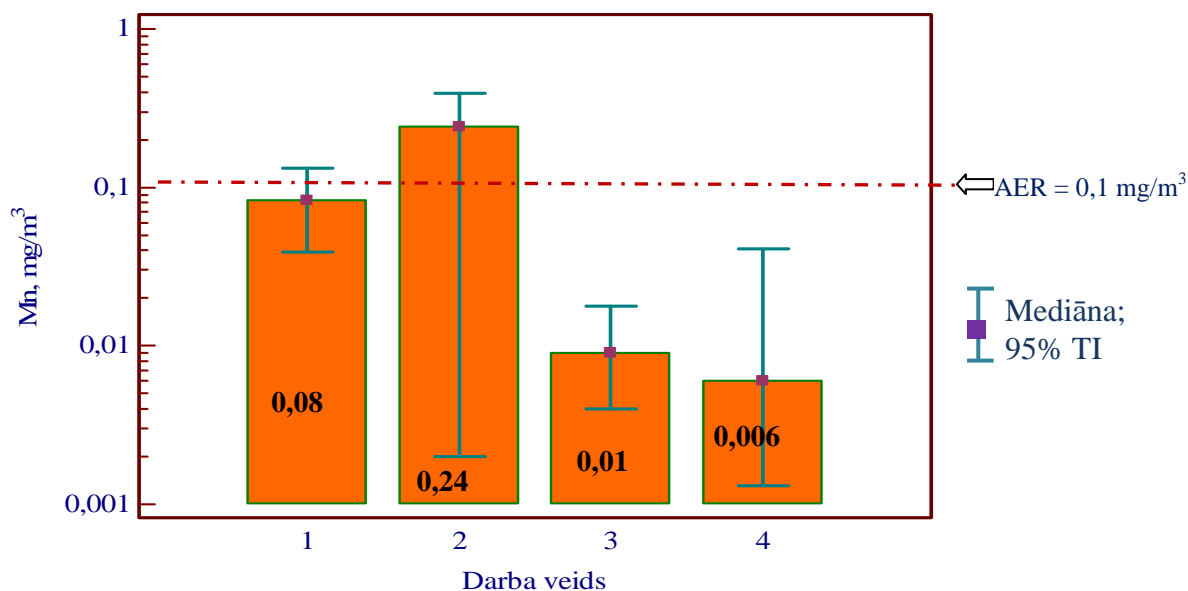
**4.1.6. attēls.** Metināšanas aerosola mediānas koncentrācijas darba vides gaisā, veicot dažādus metālapstrādes darbus laika posmā no 2007. līdz 2009.gadam (1 – elektrometināšana, 2 – gāzes metināšana, 3 – gāzes griešana, 4 – citi veidi)

**4.1.7. tabula.** Metināšanas aerosola, mangāna un hroma koncentrācijas darba vides gaisā pēc pielietotā metināšanas veida

Metināšanas veids	Rādītājs	Analīžu skaits	Koncentrācija darba vides gaisā, mg/m <sup>3</sup>							
			X <sub>vid.</sub>	SD	95% TI	Min	Max	Mediāna	95% TI	IQR (Q <sub>3</sub> – Q <sub>1</sub> )
Elektro- metināšana	Metināšanas aerosols	275	12,70	28,05	9,37 - 16,03	0,003	231,26	4,10	3,69 - 4,84	1,81 - 9,78
	Mangāns	194	1,01	3,66	0,49 - 1,53	< 0,001	32,60	0,08	0,04 - 0,13	0,012 - 0,42
	Hroms	119	0,005	0,007	0,004 - 0,006	< 0,001	0,033	0,003	0,002 - 0,003	0,001 - 0,005
Gāzes metināšana	Metināšanas aerosols	27	24,00	41,96	7,40 - 40,60	0,44	141,35	7,00	4,91 - 16,46	2,83 - 22,78
	Mangāns	18	0,77	1,49	0,03 - 1,52	0,001	5,49	0,24	0,002 - 0,39	0,002 - 0,40
	Hroms	6	0,006	0,002	0,004 - 0,008	0,003	0,008	0,006	0,003 - 0,008	0,005 - 0,007
Gāzes griešana	Metināšanas aerosols	48	31,83	84,55	7,28 - 56,37	0,84	365,10	8,55	4,81 - 11,25	1,92 - 14,69
	Mangāns	30	0,11	0,22	0,02 - 0,19	0,001	0,85	0,01	0,004 - 0,02	0,003 - 0,03
	Hroms	15	0,05	0,10	-0,004 - 0,109	0,002	0,250	0,004	0,002 - 0,005	0,002 - 0,005
Citi veidi	Metināšanas aerosols	27	3,42	4,44	1,66 - 5,18	0,28	16,22	1,10	0,69 - 2,11	0,54 - 5,33
	Mangāns	21	0,05	0,08	0,01 - 0,08	0,001	0,24	0,006	0,001 - 0,04	0,001 - 0,06
	Hroms	9	0,002	0,001	0,001 - 0,003	< 0,001	0,003	0,002	0,001 - 0,003	0,001 - 0,003

X<sub>vid.</sub>- vidējā aritmētiskā koncentrācija, mg/m<sup>3</sup>; SD – standartnovirze; TI – ticamības intervāls, 95%; Min – minimālā vērtība; Max – maksimālā vērtība

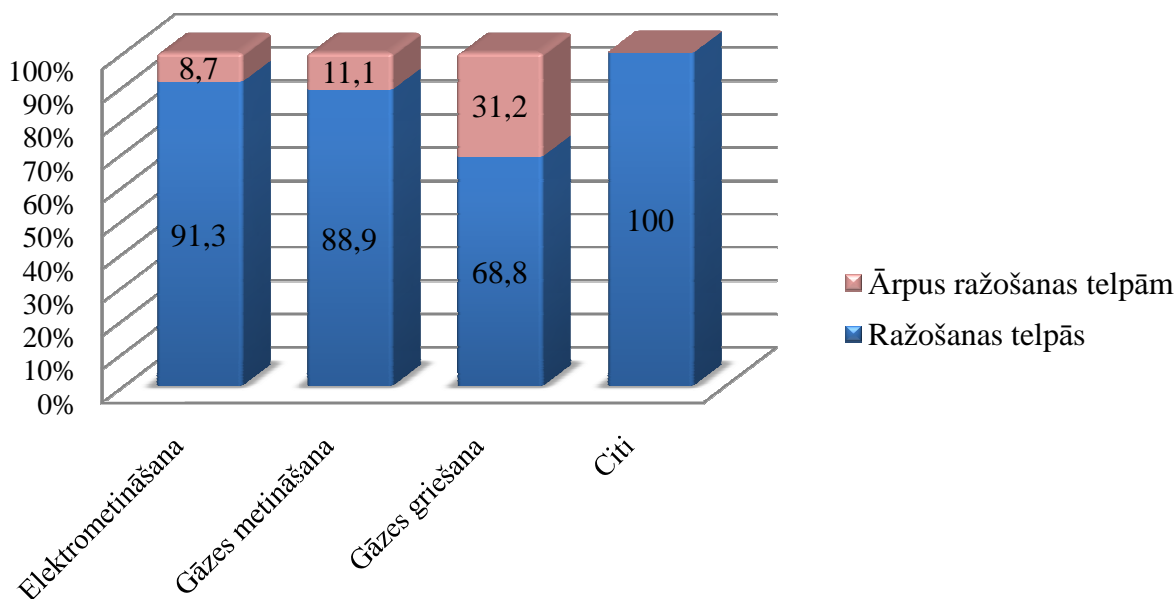
Izvērtējot mangāna koncentrācijas dažādu metināšanas veidu darba vides gaisā, lielākais piesārņojums konstatēts, veicot gāzes metināšanas darbus 0,24 (95% TI 0,002 – 0,39) (skatīt 4.1.7. attēlu), savukārt maksimālā mangāna koncentrācija darba vides gaisā ir novērota, veicot elektrometināšanu, tā sasniedza 32,60 mg/m<sup>3</sup>.



**4.1.7. attēls.** Mangāna mediānas koncentrācijas darba vides gaisā veicot dažādus metālapstrādes darbus laika posmā no 2007. līdz 2009.gadam (1 – elektrometināšana, 2 – gāzes metināšana, 3 – gāzes griešana, 4 – citi veidi)

Statistiski ticamas atšķirības vērojamas starp elektrometināšanu un gāzes griešanu ( $p < 0,001$ ), elektrometināšanu un citiem metināšanas veidiem ( $p < 0,001$ ), datu apstrādes rezultāti apskatāmi 2. pielikumā 1. tabulā.

Lai arī metāla griešanas procesā ar gāzes degli metināšanas aerosola koncentrācija ir 2 reizes augstāka nekā elektrometināšanā, 1,2 reizes augstāka nekā gāzes metināšanā un 7,7 reizes augstāka nekā citiem metināšanas veidiem, mangāna koncentrācija salīdzinājumā ar elektrometināšanu ir 8 reizes zemāka un ar gāzes metināšanu 24 reizes zemāka. Esošā situācijā, metināšanas aerosolā, kas veidojas gāzes griešanas procesā, būtu jānosaka ne tikai mangāns, bet iespējams tādi metāli, kā niķelis, varš un cinks.



**4.1.8. attēls.** Laboratoriski apsekoto darba vietu sadalījums pēc lokalizācijas un pielietotā metālapstrādes veida laika posmā no 2007. līdz 2009.gadam

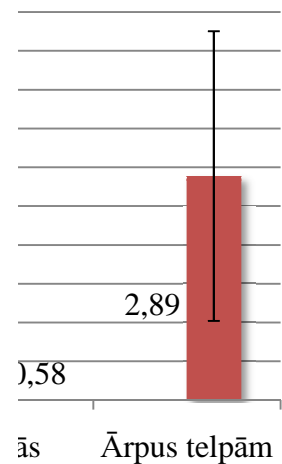
Metināšanas un gāzes griešanas darbi tiek veikti ne tikai ražošanas telpās, t.i., cehos un remontdarbnīcās, bet arī ārpus ražošanas telpām - šahtās, tranšejās, bunkuros, pagrabos, skatīt attēlu 4.1.8. No dažādajiem metālapstrādes veidiem, kur veikti laboratoriskie mērījumi, ārpus ražošanas telpām vairāk tiek izmantota gāzes griešana - 31,2 % no visiem laboratoriski apsekotajiem gāzes griešanas darbiem, elektro un gāzes metināšanas darbi ārpus ražošanas telpām pēc laboratorisko mērījumu datiem tiek veikti vidēji 10% apmērā.

Apskatot metināšanas aerosola koncentrācijas un mangāna koncentrācijas laika posmā no 2007.gadam līdz 2009.gadam un analizējot tās pēc darba vietas/posteņa lokalizācijas, ir novērojama statistiski ticama rezultātu atšķirība starp iegūtajiem metināšanas aerosola koncentrāciju rezultātiem (Mann – Vitneja U tests,  $z = 4,56$ ,  $p < 0,001$ ) ražošanas telpās nodarbināto elpošanas zonā un mērījumiem, kas veikti ārpus ražošanas telpām nodarbināto elpošanas zonā, kā arī mangāna koncentrāciju rezultātiem (Mann – Vitneja U tests,  $z = 4,17$ ,  $p < 0,001$ ) telpās un ārpus tām, skatīt 4.1.9. attēlu.

Šajā laika posmā veiktas:

- 377 metināšanas aerosola analīzes darba vides gaisā, no tām 335 – ražošanas telpās un 42 – ārpus ražošanas telpām;
- 263 mangāna koncentrācijas analīzes darba vides gaisā, no tām 236 - ražošanas telpās;

- 149 hroma koncentrācijas analīzes darba vides gaisā, no tām 137 – ražošanas telpās un tikai 12 – ārpus telpām. Maksimālā hroma koncentrācija darba vides gaisā sasniedza  $0,03 \text{ mg/m}^3$ , tā kā hroma (III) arodekspozīcijas robežvērtība ir  $1 \text{ mg/m}^3$ , tad  $EI < 0,1$ , tas nozīmē, ka iedarbības varbūtība ir ļoti zema un tika pieņemts lēmums hroma analīžu rezultātus detalizētāk neapstrādāt.



**4.1.9. attēls.** Vidējās metināšanas aerosola un mangāna koncentrācijas darba vides gaisā ražošanas telpās un ārpus tām laika posmā no 2007. līdz 2009.gadam ( $p < 0,001$ )

Metināšanas aerosola un mangāna koncentrācija nodarbināto elpošanas zonā ražošanas telpās un ārpus tām variē plašā diapazonā, iegūtie rezultāti apkopoti 4.1.8.tabulā.

No iegūtajiem rezultātiem redzam, ka gan metināšanas aerosola, gan mangāna vidējās koncentrācijas metinātāju darba vietu elpošanas zonās pārsniedz aroda ekspozīcijas robežvērtības (AER) –  $4 \text{ mg/m}^3$  metināšanas aerosolam un  $0,1 \text{ mg/m}^3$  mangānam. Arodekspozīcijas rādītāju pārsniegums būtiski ( $p < 0,001$ ) lielāks gan metināšanas aerosolam, gan mangānam ir darba vietās, kur metālapstrādes darbi veikti ārpus ražošanas telpām.

Vidējā metināšanas aerosola koncentrācija veiktajos metināšanas darbos ārpus telpām pārsniedz AER 14 reizes, bet vidējā mangāna koncentrācija AER pārsniedz gandrīz 29 reizes. Cēlonis šīm augstajām koncentrācijām varētu būt bieži vien nepietiekama vai pat neesoša pieplūdes – atsūces ventilācija darba objektos ārpus ražošanas telpām, šīs darba vietas ir pagrabi, tranšejas, pavisam slēgti vai daļēji slēgti bunkuri, kur arī dabīgā gaisa apmaiņa notiek ar grūtībām.

**4.1.8. tabula.** Metināšanas aerosola un mangāna koncentrācijas darba vides gaisā ražošanas telpās un ārpus tām

Noteiktais rādītājs	Darba vietas lokalizācija	N	Koncentrācijas, mg/m <sup>3</sup>				
			X <sub>vid.</sub>	SD	95% TI	Min	Max
Metināšanas aerosols	Telpās	335	10,16	19,14	8,10 – 12,22	0,02	141,35
	Ārpus telpām	42	56,08	100,91	24,63 – 87,53	1,34	365,10
Mangāns	Telpās	236	0,58	2,88	0,21 – 0,95	< 0,001	32,6
	Ārpus telpām	27	2,89	4,72	1,02 – 4,76	< 0,001	16,2

X<sub>vid.</sub>- vidējā aritmētiskā koncentrācija, mg/m<sup>3</sup>; SD – standartnovirze; TI – ticamības intervāls, 95%; Min – minimālā vērtība; Max – maksimālā vērtība

No 127 darba vietām, kuras tika apsektas laika posmā no 2007. – 2009.gadam, 88 darba vietās vienlaicīgi tika veiktas gan metināšanas aerosola, gan mangāna analīzes – kopsummā 526 analīzes (263 metināšanas aerosolam un 263 mangānam). Izmantojot Spīrmana rangu korelācijas aprēķinu (*Spearman rank coefficient*), ieguvām statistiski nozīmīgu ciešu korelāciju  $r = 0,724$  ( $p < 0,001$ ), tas nozīmē, ka pastāv savstarpēja saistība starp metināšanas aerosola un mangāna koncentrācijām darba vides gaisā, tomēr, neskatoties uz to, lai novērtētu darba vides gaisā esošo ķīmisko komponentu iespējamo iedarbības risku, ir jāveic gan metināšanas aerosola, gan mangāna noteikšana darba vides gaisā. Un, izejot no citu zinātnieku pētījumiem (Stridsklev *et al.*, 1994; Edmé *et al.*, 1997; Antonini, 2003; Stridsklev *et al.*, 2004; Ellingsen *et al.*, 2006; Stridsklev *et al.*, 2007), dažādiem metināšanas un metālapstrādes veidiem darba vides gaisā būtu jānosaka arī citi metāli: hroms (VI), cinks, niķelis.

Tātad, RSU DDVVI Higiēnas un arodslimību laboratorijas darba vides riska faktoru mērījumu datu bāzē apkopotais metināšanas aerosola un mangāna koncentrāciju mērījumu izvērtējums parāda, ka vairāk kā pusē apsektoto darba vietu pastāv augsta darba vides piesārņojuma iedarbības varbūtība uz nodarbinātā veselību.

## **4.2. Metālu līmeņi un bioķīmiskie rādītāji asinīs arodekspozīcijā un neekspozīcijā personām**

Metālapstrādes darbos nodarbinātās personas ir pakļautas dažādu darba vides riska faktoru ietekmei. Viens no būtiskākajiem riska faktoriem ir dažādu metālu savienojumi darba vides gaisā, kas pa elpceļiem nokļūst organismā. Nosakot nodarbināto asinīs metālu līmeņus un bioķīmiskos rādītājus, kas varētu signalizēt par agrīnām darba vides riska faktoru izraisītām pārmaiņām organismā, ir iespējams novērtēt darba vides ietekmi.

Noteikšanai tika izvēlēti pieci elementi – mangāns, hroms, cinks, varš un kadmijs. Pirmie četri elementi ir būtiski notiekošajiem vielmaiņas procesiem organismā, bet pastāv varbūtība, ka paaugstināta šo elementu koncentrācija darba vidē var ietekmēt normālos metālu līmeņus organismā. Kadmijs nav cilvēkam nepieciešamais elements, līdz ar to pastāv iespēja, ka paaugstināta šī elementa koncentrācija organismā varētu izjaut kāda cita elementa līdzsvaru.

Metālu uzkrāšanās vai nepietiekams to līmenis organismā rada izmaiņas tā iekšējās vides fizikāli ķīmiskajos parametros un ar laiku var rasties traucējumi organisma aizsargsistēmas galveno barjeras orgānu un sistēmu darbībā. Lai dabiskā organisma aizsardzības sistēma spētu darboties pilnvērtīgi, organismā nepieciešams pietiekams daudzums antioksidantu. Antioksidantu enzīmi, tādi kā glutaciona peroksidāze (*GPx*), superoksiddismutāze (*SOD*) un katalāze (*CAT*), aizkavē smago metālu uzkrāšanos organismā (Sharifian *et al.*, 2009).

### **4.2.1. Pētījuma grupu vispārējs raksturojums**

Pētījumā labprātīgi piedalījās 97 metālapstrādē nodarbinātas personas - metinātāji (ekspozīcijas grupa) un 54 energoiekārtu apkalpošanā nodarbinātas personas – elektriķi (kontroles grupa). Visas pētījumā iesaistītās personas bija vīrieši. Vispārīgais grupu raksturojums apkopots 4.2.1. tabulā.

Pētījuma grupu aprakstošās statistikas analīzes rezultāti parāda, ka dati par pētāmo grupu vecumu atbilst normālsadalījumam, un tās ir savstarpēji salīdzināmas. Kontroles (elektriķu) grupas vecums bija robežās no 23 līdz 76 gadiem (K-S tests: atbilst normālsadalījumam ( $p=0,961$ ); asimetrijas koeficients (*skewness*) = 0,037 ( $p=0,904$ ); ekscesa

koeficients (*kurtosis*) = - 0,104 (p=0,700), aritmētiski vidējais vecums  $47,6 \pm 11,0$  gadi. Ekspozētās (metinātāju) grupas vecums bija robežās no 19 līdz 71 gadiem (K-S tests: atbilst normālsadalījumam (p=0,344); asimetrijas koeficients (*skewness*) = 0,042 (p=0,861); ekscesa koeficients (*kurtosis*) = - 1,199 (p=0,048), aritmētiski vidējais vecums  $41,3 \pm 14,1$  gadi.

Tika arī iegūta informācija par pētījumā iesaistīto personu svaru un augumu. Kontroles (elektriķu) grupas svars bija robežās no 56 līdz 106 kg (K-S tests: atbilst normālsadalījumam (p=0,773); asimetrijas koeficients (*skewness*) = - 0,196 (p=0,586); ekscesa koeficients (*kurtosis*) = 0,089 (p=0,724), aritmētiski vidējais svars  $81,3 \pm 10,6$  kg. Ekspozētās (metinātāju) grupas svars bija robežās no 50 līdz 128 kg (K-S tests: atbilst normālsadalījumam (p=0,702); asimetrijas koeficients (*skewness*) = 0,707 (p=0,007); ekscesa koeficients (*kurtosis*) = 2,118 (p=0,006), aritmētiski vidējais svars  $79,8 \pm 11,7$  kg.

Kontroles (elektriķu) grupas augums bija robežās no 164 līdz 185 cm (K-S tests: atbilst normālsadalījumam (p=0,878); asimetrijas koeficients (*skewness*) = - 0,078 (p=0,828); ekscesa koeficients (*kurtosis*) = - 0,924 (p=0,202), aritmētiski vidējais augums  $174,0 \pm 6,1$  cm. Ekspozētās (metinātāju) grupas augums bija robežās no 158 līdz 195 cm (K-S tests: atbilst normālsadalījumam (p=0,487); asimetrijas koeficients (*skewness*) = - 0,162 (p=0,506); ekscesa koeficients (*kurtosis*) = - 0,159 (p=0,611), aritmētiski vidējais augums  $177,6 \pm 7,2$  cm.

Metālu līmeņus asinīs var ietekmēt cilvēka dzīvesveids un paradumi, tādi kā uzturs, alkohola lietošana, smēķēšana. Aplūkojot 4.2.1. tabulu redzam, ka gan metinātājiem, gan elektriķiem ir jaukts uzturs un starp grupām nav statistiski ticama atšķirība ( $\chi^2 = 0,089$ , p=0,766). Procentuāli lielākā daļa no metinātājiem (35,0%) un elektriķiem (44,4%), alkoholiskos dzērienus lieto divas līdz trīs reizes mēnesī, metinātāju grupā ir vērojams lielāks atturībnieku skaits (19,6%) salīdzinājumā ar elektriķu grupu (7,4%). Izvērtējot alkohola lietošanas paradumus starp grupām, nav vērojama statistiski ticama atšķirība ( $\chi^2 = 4,992$ , p=0,172).

Stipros alkoholiskos dzērienus procentuāli vairāk lieto elektriķu grupā aptaujātās personas 68,0%, metinātāju grupā stiprajiem alkoholiskajiem dzērieniem priekšroku dod 50,4% respondentu. Vīna lietotāju īpatsvars gan metinātāju, gan elektriķu grupās ir līdzīgs, attiecīgi, 9,0% un 10,0%. Alkoholisko dzērienu izvēlē starp grupām nav vērojama statistiski ticama atšķirība ( $\chi^2 = 4,431$ , p = 0,109).

**4.2.1. tabula.** Ekspozētās (metinātāju) un kontroles (elektriķu) grupas raksturojums

Rādītājs	Ekspozētie (Metinātāji)	Neekspozētie (Elektriķi)
Skaitis, N	97	54
Vecums, (vid. ± SD), gadi	41,3 ± 14,1	47,6 ± 11,0
Darba stāžs (vid. ± SD), gadi	14,5 ± 12,1	22,7 ± 10,5
Augums (vid. ± SD), cm	177,6 ± 7,2	174,0 ± 6,1
Svars (vid. ± SD), kg	79,8 ± 11,7	81,3 ± 10,6
Smēķēšanas paradumi		
Nesmēķētāji, n (%)	21 (21,6%)	24 (44,4%)
Ex – smēķētāji, n (%)	19 (19,6%)	14 (26,0%)
Smēķētāji, n (%)	57 (58,8%)	16 (29,6%)
Alkohola lietošanas paradumi		
Vairākas reizes gadā, n (%)	19 (19,6%)	14 (26,0%)
2 – 3 reizes mēnesī, n (%)	34 (35,0%)	24 (44,4%)
Reizi nedēļā un biežāk, n (%)	25 (25,8%)	12 (22,2%)
Nelieto, n (%)	19 (19,6%)	4 (7,4%)
Iecienītākais alkoholiskais dzēriens		
alus, , n (%)	31 (39,7%)	11 (22,0%)
vīns, n (%)	7 (9,0%)	5 (10,0%)
stiprais alkohols (degvīns, konjaks u.c.) , n (%)	40 (51,3%)	34 (68,0%)
Ēšanas paradumi		
jaukts uzturs	96 (99%)	54 (100%)
veģetārs uzturs	1 (1%)	-

Analizējot smēķēšanas paradumus, redzam, ka metinātāju grupā salīdzinājumā ar elektriķu grupu ir lielāks smēķētāju skaits, attiecīgi, 58,8% un 29,6%. Starp grupām ir vērojama statistiski ticama atšķirība ( $\chi^2 = 12,776$ ,  $p = 0,002$ ). Tā kā smēķēšanas paradums starp grupām ir atšķirīgs un pēc agrāk veiktajiem pētījumiem un literatūras datiem (Ruža, 1994; Bake, 1998; Kreituse, 1999; Eglīte, 2000; Zellāne, 2009) zināms, ka smēķēšana paaugstina kadmija līmeni organismā, tālāko datu apstrādē smēķēšanas ietekme tiks apskatīta, kā viens no iespējamajiem faktoriem metālu līmeņu izmaiņām organismā.

#### 4.2.2. Metālu līmeņi asinīs

Izmantojot asins paraugu mineralizācijas metodi mikroviļņu krāsni un atomabsorcijas spektrofotometrijas metodi ar Zēmana fona korekciju, eksponēto (metinātāju) un neeksponēto (elektriķu) personu asinīs noteikti sekojoši elementi: Mn, Cr, Cd, Cu, Zn, iegūtie rezultāti apkopoti 4.2.2. tabulā, iegūtie rezultāti grafiskā veidā apskatāmi 3. pielikumā (no 1.attēla līdz 3. attēlam).

Salīdzinot eksponētās grupas rezultātus ar kontroles grupas rezultātiem, redzam, ka eksponētajā grupā mediāna no **mangāna (Mn)** koncentrācijas asinīs ir 22,30 µg/l (95% TI 18,70 – 24,30), bet kontroles grupā 16,50 µg/l (95% TI 14,99 – 18,14). Veicot iegūto rezultātu apstrādi ar Manna – Vitneja testu, starp grupām ir vērojama statistiski ticama atšķirība ( $z=4,37$ ;  $p < 0,001$ ), Mn līmenis asinīs eksponētajā grupā ir būtiski augstāks.

Eksponētajā grupā mediāna no **hroma (Cr)** koncentrācijas asinīs ir 6,35 µg/l (95% TI 4,30 – 7,62), bet kontroles grupā 3,75 µg/l (95% TI 2,57 – 6,20). Lai arī eksponētajā grupā mediānas vērtība ir 1,7 reizes augstāka nekā kontroles grupā, veicot iegūto rezultātu apstrādi ar Manna – Vitneja testu starp grupām nav vērojama statistiski ticama atšķirība ( $z = 1,84$ ;  $p = 0,066$ ).

Eksponētajā grupā mediāna no **kadmija (Cd)** koncentrācijas asinīs ir 1,06 µg/l (95% TI 0,48 – 2,53), bet kontroles grupā 0,60 µg/l (95% TI 0,28 – 1,25). Veicot iegūto rezultātu apstrādi ar Manna – Vitneja testu starp grupām ir vērojama statistiski ticama atšķirība ( $z = 2,99$ ;  $p < 0,01$ ), kadmija līmenis eksponētajā grupā ir būtiski augstāks. Zinot to, ka metinātāju grupā salīdzinājumā ar elektriķu grupu, ir izteikti lielāks smēķētāju skaits un smēķētājiem kadmija līmenis ir augstāks nekā nesmēķētājiem, tālāk ir veikta detalizētāka smēķēšanas un kadmija līmeņu ietekmes analīze.

Eksponētajā grupā mediāna no **vara (Cu)** koncentrācijas asinīs ir 0,71 mg/l (95% TI 0,66 – 0,75), bet kontroles grupā - 0,99 mg/l (95% TI 0,86 – 1,11). Veicot iegūto rezultātu apstrādi ar Manna – Vitneja testu starp grupām ir vērojama statistiski ticama atšķirība ( $z = 4,23$ ;  $p < 0,001$ ). Cu līmenis eksponētajā grupā ir būtiski zemāks.

Eksponētajā grupā mediāna no **cinka (Zn)** koncentrācijas asinīs ir 6,90 mg/l (95% TI 6,51 – 7,39), bet kontroles grupā - 6,20 mg/l (95% TI 5,82 – 6,60). Veicot iegūto rezultātu apstrādi ar Manna – Vitneja testu, starp grupām ir vērojama statistiski ticama atšķirība ( $z = 3,78$ ;  $p < 0,001$ ). Zn līmenis eksponētajā grupā ir būtiski augstāks.

Metālu savstarpējas mijiedarbības raksturojošs rādītājs ir **cinka – vara (Zn:Cu) attiecība**. Ekspozētājā grupā mediāna no Zn:Cu attiecības asinīs ir 9,47 (95% TI 8,70 – 10,69), bet kontroles grupā 5,64 (95% TI 4,28 – 7,75). Veicot iegūto rezultātu apstrādi ar Manna – Vitneja testu, starp grupām ir vērojama statistiski ticama atšķirība ( $z = 5,62$ ;  $p < 0,001$ ). Paaugstināta Zn:Cu attiecība vērojama ekspozētājā grupā.

**4.2.2. tabula.** Metāla līmeņi neeksponēto (elektriķu) un arodeksponēto (metinātāju) personu asinīs

Izmeklētā grupa	Skaitis N	Elements	Mediāna	IQR ( $Q_3 - Q_1$ )	95% TI	Min	Max	Aritmētiskais vidējais	SD	95% TI
Metinātāji	85	Mn, $\mu\text{g/l}$	22,30**	16,68 – 30,43	18,70 – 24,30	3,60	57,20	24,12	11,28	21,69 – 26,56
	80	Cr, $\mu\text{g/l}$	6,35	2,95 – 9,70	4,30 – 7,62	0,20	19,30	6,73	4,59	5,71 – 7,75
	92	Cu, $\text{mg/l}$	0,71**	0,56 – 0,87	0,66 – 0,75	0,31	1,81	0,75	0,29	0,69 – 0,81
	92	Zn, $\text{mg/l}$	6,90**	6,00 – 7,90	6,51 – 7,39	4,10	10,70	7,09	1,39	6,79 – 7,37
	92	Cd, $\mu\text{g/l}$	1,06*	0,48 – 2,53	0,72 – 1,54	0,10	9,6	1,81	1,93	1,41 – 1,18
	91	Zn : Cu	9,47**	7,36 - 13,66	8,70 - 10,69	3,17	23,26	10,83	4,85	9,82 - 11,84
Elektriķi	47	Mn, $\mu\text{g/l}$	16,50	12,53 – 19,30	14,99 – 18,14	1,80	27,40	16,24	4,47	14,93 – 17,56
	48	Cr, $\mu\text{g/l}$	3,75	1,90 – 8,15	2,57 – 6,20	0,10	15,10	5,21	4,41	3,93 – 6,49
	50	Cu, $\text{mg/l}$	0,99	0,70 – 1,23	0,86 – 1,11	0,11	2,09	1,02	0,43	0,89 – 1,14
	49	Zn, $\text{mg/l}$	6,20	5,40 – 6,83	5,82 – 6,60	4,00	8,30	6,11	1,03	5,82 – 6,41
	52	Cd, $\mu\text{g/l}$	0,60	0,28 – 1,25	0,40 – 1,01	0,05	17,10	1,17	2,38	0,50 – 1,83
	45	Zn : Cu	5,64	4,28 - 7,75	4,89 - 6,89	2,86	23,00	6,61	3,54	5,54 - 7,67

Statistiski ticama atšķirība starp eksponēto un neeksponēto grupu, veicot aprēķinus ar Manna – Vitneja testu: \* -  $p < 0,01$ ; \*\* -  $p < 0,001$

Saīsinājumi: TI – ticamības intervāls; Min – kopas minimālā vērtība; Max – kopas maksimālā vērtība; SD – standartnovirze (*Standard deviation*)

- **Vecums un metālu līmeņi asinīs**

Kā aprakstīts iepriekš 4.2.1. sadaļā, elektriķu un metinātāju grupu vidējais vecums salīdzinājumā starp grupām būtiski neatšķiras. Iegūto rezultātu savstarpējas saistības noskaidrošanai tika veikta korelāciju analīze (skatīt 2. pielikuma, 2. tabulu un 3. tabulu). Veicot Spīrmena rangu korelācijas testu (*Spearman rank correlation*), metinātāju grupā ir novērota statistiski nozīmīga ( $p = 0,031$ ) vāja negatīva korelācija ( $r = -0,220$ ) starp grupas vecumu un smēķēšanu, arī elektriķu grupā ir novērojama vāja negatīva korelācija ( $r = -0,244$ ), taču tā nav statistiski nozīmīga ( $p = 0,075$ ). Šīs korelācijas analīze liek domāt, ka lielākais smēķētāju īpatsvars ir gados jaunāko pētījuma dalībnieku vidū.

Korelāciju analīze neapstiprina mangāna, hroma, vara un cinka izmaiņas atkarībā no vecuma izmaiņām. Gan metinātāju, un elektriķu grupās, pieaugot vecumam ir vērojama vāja tendence samazināties kadmija līmenim asinīs, attiecīgi ( $r = -0,204$ ;  $p=0,051$ ) un ( $r = -0,254$ ;  $p=0,072$ ).

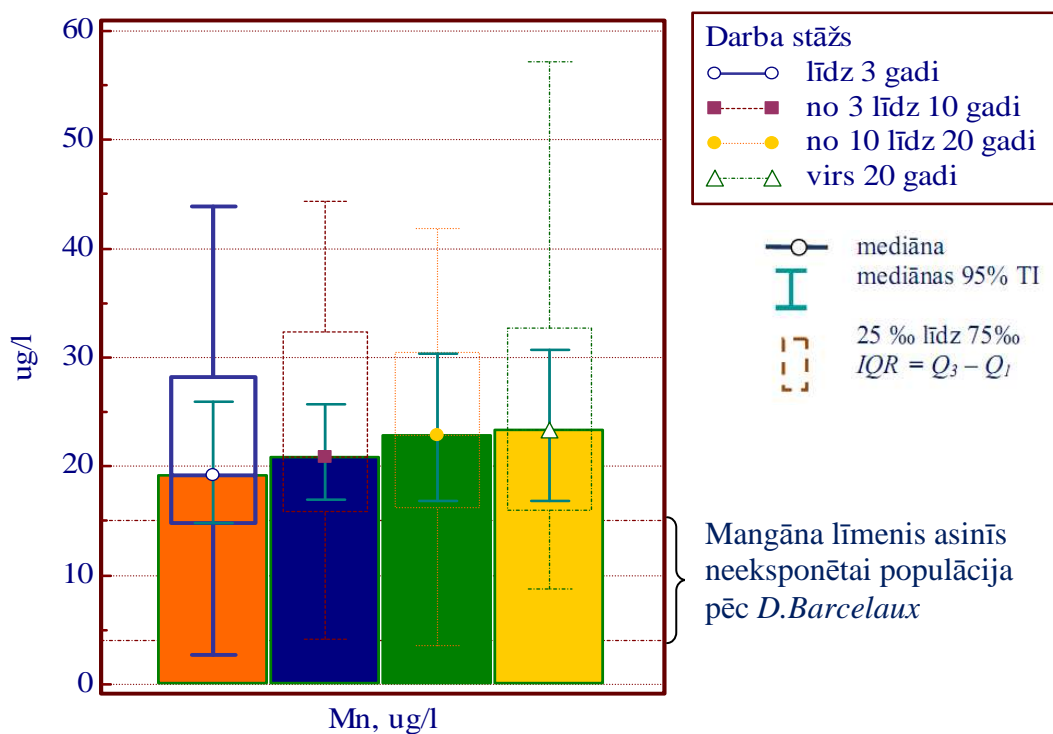
Apkopojot mūsu pētījumā iegūtos datus par vecuma ietekmi uz metālu līmeņu izmaiņām organismā, secinām, ka vecums būtiski neietekmē mangāna, hroma, vara un cinka līmeņus organismā, bet tendences norāda, ka abās grupās lielāks kadmija līmenis ir sastopams gados jaunāko pētījuma dalībnieku vidū, ko apliecina arī vājā negatīvā korelācija starp vecumu un smēķēšanu. Ir vispār zināms fakts, ka smēķētājiem ir paaugstināts kadmija līmenis asinīs.

- **Darba stāžs un metālu līmeņi asinīs**

Augstas metālu koncentrācijas darba vidē un ilgs ekspozīcijas laiks, var veicināt dažādu elementu līmeņu palielināšanos vai samazināšanos organisma biovidēs. Darba stāžs ir viens no ekspozīcijas laika raksturojošiem rādītājiem. Korelācijas starp darba stāžu un metālu līmeņiem asinīs netika konstatētas nevienā no pētījumā iesaistītajām grupām (skatīt pielikumā 2, tabulu 2 un tabulu 3).

Izveidojot četras darba stāža grupas: 1) darba stāžs līdz 3 gadiem (ieskaitot); 2) darba stāžs virs 3 gadiem līdz 10 gadiem (ieskaitot); 3) darba stāžs virs 10 gadiem līdz 20 gadiem (ieskaitot); 4) darba stāžs virs 20 gadiem, metinātāju grupā vērojams pakāpenisks mangāna līmeņa pieaugums, (skatīt 4.2.1. attēlu), lai gan atšķirība starp grupām nav statistiski ticama.

Metālu līmeņi atkarībā no darba stāža apkopoti 2. pielikumā - tabulās nr. 4 un nr. 5 un vizualizēti 3. pielikumā - attēlos nr. 4 un nr. 5.



**4.2.1. attēls.** Mangāna līmeņu mediānas ar 95% TI metinātājiem dažādās darba stāža grupās

Pirmajā darba stāža grupā ir 22 nodarbinātie vecumā no 19 līdz 54 gadiem, mediāna no mangāna koncentrācijas asinīs ir 19,25 μg/l (95% TI 14,80 – 25,91), otrajā stāža grupā ir 23 nodarbinātie vecumā no 23 līdz 54 gadiem, mediāna no mangāna koncentrācijas asinīs ir 20,90 μg/l (95% TI 16,98 – 25,78), trešajā stāža grupā ir 17 nodarbinātais vecumā no 32 līdz 62 gadiem, mediāna no mangāna koncentrācijas asinīs ir 22,90 μg/l (95% TI 16,81 – 30,36), ceturtajā stāža grupā ir 23 nodarbinātais vecumā no 42 līdz 71 gadam, mediāna no mangāna koncentrācijas asinīs ir 23,40 μg/l (95% TI 16,80 – 30,73).

- **Smēķēšana, metālu līmeņi asinīs un to mijiedarbība**

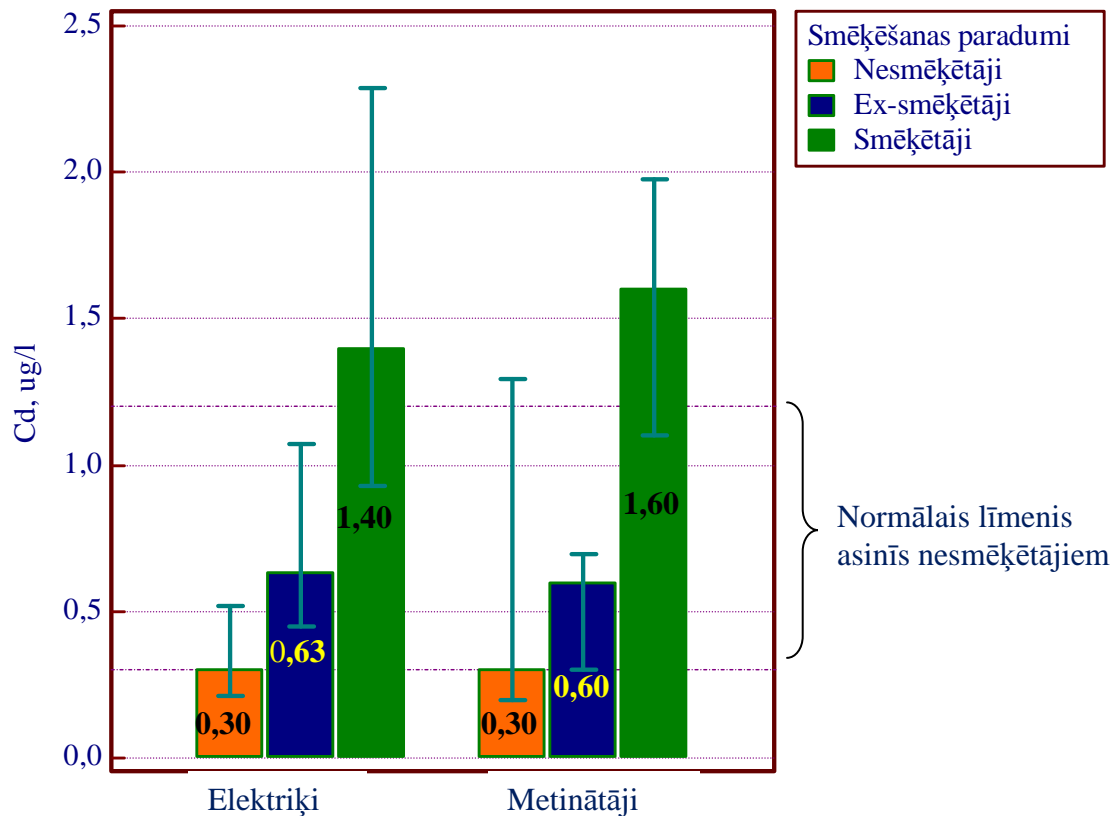
Pētījuma aptaujas anketā tika iekļauts jautājums par respondentu pašreizējiem smēķēšanas paradumiem, kur bija iespējami trīs atbilžu varianti: nesmēķētājs, bijušais smēķētājs (jeb ex-smēķētājs) un smēķētājs. Analizējot metālu līmeņus pēc smēķēšanas ieradumiem, iegūtie rezultāti apkopoti 4.2.3. tabulā un 2. pielikuma 6. un 7. tabulās un 3. pielikuma attēlos – 6, 7, 8, 9, 10, 11.

Lai spriestu par iespējamo darba vides ietekmi un atšķirtu to no smēķēšanas ietekmes, vispirms individuāli tika apskatīta metālu līmeņu savstarpējā mijiedarbība neeksponēto personu (elektriķu) asinīs un eksponēto personu (metinātāju) asinīs.

Elektriķu grupā ir iegūtas statistiski ticamas **kadmija (Cd)** līmeņu atšķirības starp nesmēķētājiem, bijušajiem smēķētājiem un smēķētājiem. Mediāna kadmija līmenim nesmēķētāju asinīs ir 0,30 µg/l (95% TI 0,21 – 0,52), bijušo smēķētāju asinīs 0,63 µg/l (95% TI 0,45 – 1,07) un smēķētāju asinīs 1,40 µg/l (95% TI 0,93 – 2,29). Pēc Manna – Vitneja testa iegūta statistiski ticama atšķirība starp nesmēķētājiem un bijušajiem smēķētājiem ( $z=2,73$ ;  $p<0,01$ ), nesmēķētājiem un smēķētājiem ( $z=3,42$ ;  $p<0,001$ ). Salīdzinot grupas, elektriķu vidū bija ievērojamāki zemāks smēķētāju skaits, tomēr veicot Spīrmena rangu korelācijas testu, ir iegūta statistiski nozīmīga ( $p<0,001$ ) vidēji cieša pozitīva korelācija ( $r=0,557$ ) starp smēķēšanas ieradumu un kadmija līmeni asinīs elektriķu grupā, smēķētājiem kadmija līmenis ir augstāks.

Metinātāju grupā statistiski ticamas kadmija līmeņu atšķirības iegūtas starp nesmēķētājiem un smēķētājiem. Mediāna kadmija līmenim nesmēķētāju asinīs ir 0,30 µg/l (95% TI 0,20 – 1,30), bijušo smēķētāju asinīs 0,60 µg/l (95% TI 0,30 – 0,70) un smēķētāju asinīs 1,60 µg/l (95% TI 1,10 – 1,98). Pēc Manna – Vitneja testa iegūta statistiski ticama atšķirība starp nesmēķētājiem un smēķētājiem ( $z=2,98$ ;  $p<0,01$ ). Veicot Spīrmena rangu korelācijas testu, ir iegūta statistiski nozīmīga ( $p<0,001$ ) vidēji cieša pozitīva korelācija ( $r=0,427$ ) starp smēķēšanas ieradumu un kadmija līmeni asinīs metinātāju grupā.

Elektriķu un metinātāju grupās smēķētājiem kadmija līmenis ir augstāks nekā nesmēķētājiem (4.2.2. attēls) un savstarpēji būtiski neatšķiras, tas pārsniedz literatūrā norādīto normālo kadmija līmeni nesmēķētājiem.



**4.2.2. attēls.** Mediānas lielumu salīdzinājums kadmija līmeņiem asinīs ar 95% TI

**Hroma (Cr)** līmeņa mediāna asinīs kontroles (elektriķu) grupas smēķētājiem ir augstāka ( $5,50 \mu\text{g/l}$  (95% TI  $3,28 - 12,06$ )) nekā kontroles (elektriķu) grupas nesmēķētājiem ( $2,50 \mu\text{g/l}$  (95% TI  $0,16 - 7,54$ )), salīdzinot abas grupas starp rezultātiem nav vērojama statistiski ticama atšķirība ( $z=1,89$ ;  $p=0,058$ ), bet veicot Spīrmena rangu korelācijas analīzi, ir iegūta vāja statistiski nozīmīga ( $p<0,05$ ) pozitīva korelācija ( $r = 0,287$ ), kas liecina par tendenci hroma līmeņa nelielu palielināšanos smēķētājiem.

Hroma līmeņa mediāna asinīs eksponētās (metinātāju) grupas smēķētājiem ir zemāka ( $6,35 \mu\text{g/l}$  (95% TI  $3,97 - 8,51$ )) nekā eksponētās (metinātāju) grupas nesmēķētājiem ( $7,75 \mu\text{g/l}$  (95% TI  $3,34 - 11,70$ )), salīdzinot abas grupas, starp rezultātiem nav vērojama statistiski ticama atšķirība ( $z=0,60$ ;  $p=0,550$ ). Korelācija starp hroma līmeni asinīs un smēķēšanu metinātāju grupā nav novērota.

**4.2.3. tabula.** Manna – Vitneja (*Mann – Whitney*) analīzes raksturlielumi, salīdzinot metālu līmeņus asinīs arodeksponētām (metinātājiem) un neeksponētām (elektriķiem) personām atkarībā no smēķēšanas paraduma

Elements	Smēķēšanas paradums	Grupa	N	Mediāna (25%o - 75%o)	U	p	z	p
Mn, µg/l	Nesmēķētāji	Elektriķi	22	16,70 (12,00 - 19,30)	106,0	0,0040	2,87	0,0041
		Metinātāji	20	20,95 (17,00 – 27,35)**				
Mn, µg/l	Ex-smēķētāji	Elektriķi	15	16,50 (14,55 – 20,45)	105,0	0,0251	2,24	0,0253
		Metinātāji	9	24,00 (19,28 – 37,25)*				
Mn, µg/l	Smēķētāji	Elektriķi	16	16,29 (12,25 – 18,75)	563,0	0,0142	2,44	0,0147
		Metinātāji	50	21,95 (16,00 – 30,50)*				
Cr, µg/l	Nesmēķētāji	Elektriķi	21	2,50 (0,10 – 7,75)	270,0	0,0223	2,28	0,0225
		Metinātāji	18	7,75 (3,30 – 11,90)*				
Cr, µg/l	Ex-smēķētāji	Elektriķi	12	3,50 (2,00 – 7,95)	98,5	0,9070	0,12	0,9076
		Metinātāji	16	5,25 (2,00 – 7,25)				
Cr, µg/l	Smēķētāji	Elektriķi	15	5,50 (3,28 – 12,10)	354,0	0,8874	0,15	0,8802
		Metinātāji	46	6,35 (3,00 – 9,70)				
Cd, µg/l	Nesmēķētāji	Elektriķi	23	0,30 (0,20 – 0,60)	282,0	0,3506	0,95	0,3413
		Metinātāji	21	0,30 (0,20 – 1,90)				
Cd, µg/l	Ex-smēķētāji	Elektriķi	13	0,63 (0,45 – 1,06)	138,0	0,2630	1,15	0,2498
		Metinātāji	17	0,60 (0,30 – 0,78)				
Cd, µg/l	Smēķētāji	Elektriķi	14	1,40 (0,93 – 2,29)	475,0	0,3140	1,02	0,3085
		Metinātāji	54	1,60 (0,95 – 3,00)				

Statistiski ticama atšķirība starp metinātājiem un elektriķiem smēķēšanas paraduma ietvaros, veicot aprēķinus ar Manna – Vitneja testu: \* -  $p < 0,05$ ; \*\* -  $p < 0,01$ ; \*\*\* -  $p < 0,001$

**4.2.3. tabula (turpinājums).** Manna – Vitneja (*Mann – Whitney*) analīzes raksturlielumi, salīdzinot metālu līmeņus asinīs arodeksponētām (metinātājiem) un neeksponētām (elektriķiem) personām atkarībā no smēķēšanas paraduma

Elements	Smēķēšanas paradums	Grupa	N	Mediāna (25%o - 75%o)	U	p	z	p
Cu, mg/l	Nesmēķētāji	Elektriķi	23	1,00 (0,76 – 1,44)	336,0	0,0094	2,58	0,0098
		Metinātāji	20	0,72 (0,47 – 0,84)**				
Cu, mg/l	Ex-smēķētāji	Elektriķi	13	1,04 (0,81 – 1,31)	158,0	0,0481	1,99	0,0468
		Metinātāji	17	0,75 (0,62 – 0,94)*				
Cu, mg/l	Smēķētāji	Elektriķi	15	0,87 (0,69 – 1,06)	516,0	0,0514	1,95	0,0506
		Metinātāji	55	0,69 (0,52 – 0,82)				
Zn, mg/l	Nesmēķētāji	Elektriķi	22	6,45 (5,60 – 6,90)	262,5	0,4478	0,77	0,4441
		Metinātāji	21	6,50 (5,65 – 8,80)				
Zn, mg/l	Ex-smēķētāji	Elektriķi	13	6,60 (5,60 – 7,05)	139,0	0,2449	1,19	0,2330
		Metinātāji	17	6,90 (5,75 – 7,65)				
Zn, mg/l	Smēķētāji	Elektriķi	14	5,55 (4,80 – 6,30)	641,5	1e-05	4,00	6,43e-05
		Metinātāji	54	7,05 (6,20 – 8,00)****				
Zn : Cu	Nesmēķētāji	Elektriķi	21	6,16 (4,21 – 7,52)	332,5	0,001	3,20	0,0014
		Metinātāji	20	8,99 (6,57 – 16,89)**				
Zn : Cu	Ex-smēķētāji	Elektriķi	12	5,23 (4,52 – 6,42)	186,0	0,001	3,16	0,0016
		Metinātāji	17	8,75 (7,15 – 11,35)**				
Zn : Cu	Smēķētāji	Elektriķi	12	6,69 (4,67 – 8,34)	133,0	0,0005	3,47	0,0005
		Metinātāji	54	9,72 (7,68 – 14,88)****				

Statistiski ticama atšķirība starp metinātājiem un elektriķiem smēķēšanas paraduma ietvaros, veicot aprēķinus ar Manna – Vitneja testu: \* -  $p < 0,05$ ; \*\* -  $p < 0,01$ ; \*\*\* -  $p < 0,001$

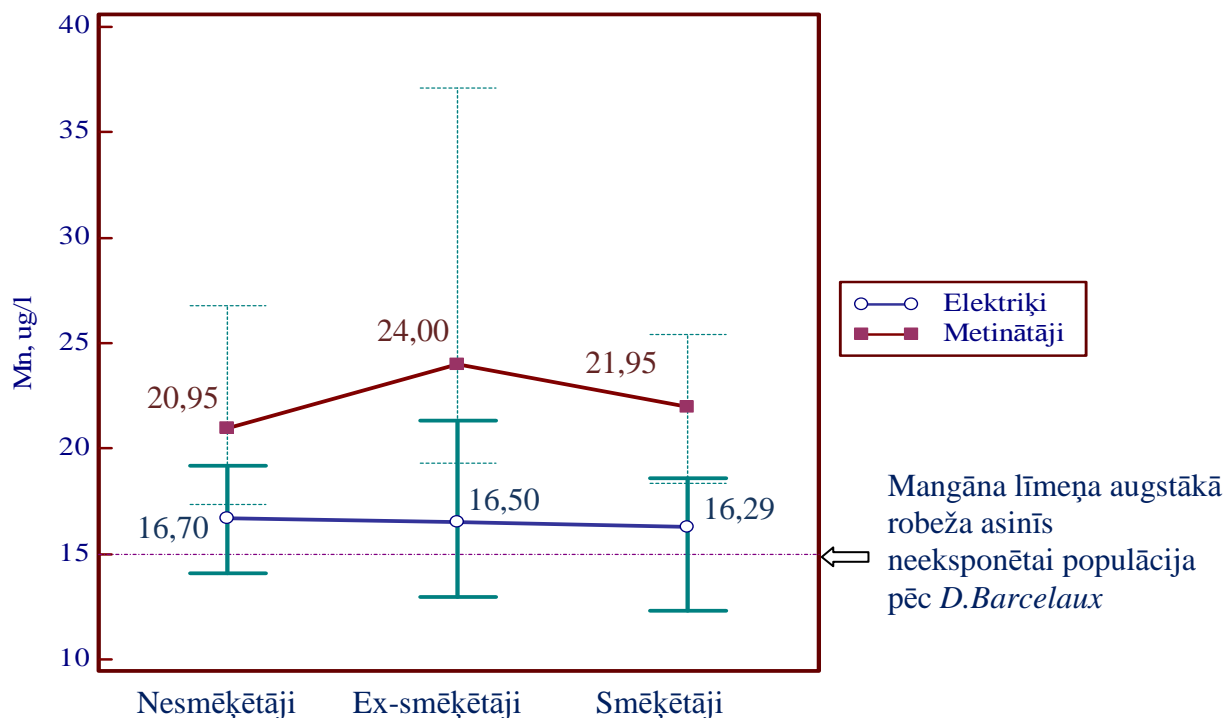
Salīdzinot hroma līmeņus starp elektriķiem un metinātājiem, iegūta statistiski ticama atšķirība starp abu grupu nesmēķētājiem ( $z=2,28$ ;  $p<0,05$ ). Metinātājiem hroma līmenis ir statistiski ticami augstāks nekā elektriķiem, kas norāda uz iespējamo kontamināciju darba vidē.

**Mangāna (Mn)** līmeņa mediāna asinīs kontroles (elektriķu) grupas smēķētājiem ir zemāka ( $16,29 \mu\text{g/l}$  (95% TI  $12,32 - 18,60$ )) nekā šīs pašas grupas nesmēķētājiem ( $16,70 \mu\text{g/l}$  (95% TI  $14,10 - 19,21$ )), tomēr starp rezultātiem nav vērojama statistiski ticama atšķirība ( $z=0,207$ ;  $p=0,836$ ). Korelāciju analīze, līdzīgi kā citu autoru darbos (Kristiansen *et al.*, 1997), apliecina faktu, ka smēķēšana neietekmē mangāna līmeni asinīs.

Eksponētājā (metinātāju) grupā mangāna līmeņa mediāna asinīs nesmēķētājiem ( $20,95 \mu\text{g/l}$  (95% TI  $17,37 - 26,80$ )) ir zemāka nekā bijušajiem smēķētājiem ( $24,00 \mu\text{g/l}$  (95% TI  $19,31 - 37,09$ )) un smēķētājiem ( $21,95 \mu\text{g/l}$  (95% TI  $18,36 - 25,40$ )), veicot Manna – Vitneja testu, starp grupām nav novērota statistiski ticama atšķirība, attiecīgi, ( $z=0,90$ ;  $p=0,368$ ) un ( $z=0,17$ ;  $p=0,866$ ). Eksponētājā grupā, tāpat kā kontroles grupā, korelācija starp smēķēšanu un mangāna līmeni asinīs nav atrasta.

Salīdzinot mangāna līmeņus metinātāju un elektriķu grupās (skatīt 4.2.3. attēlu), izmantojot Manna – Vitneja testu, iegūtas statistiski ticamas atšķirības starp nesmēķētājiem ( $z=2,87$ ;  $p<0,01$ ), starp bijušajiem smēķētājiem ( $z=2,24$ ;  $p<0,05$ ) un smēķētājiem ( $z=2,44$ ;  $p<0,05$ ), skaitliskās vērtības skatīt 4.2.3. tabulā.

Kopumā mangāna līmenis eksponētājā grupā ir izteikti augstāks  $22,30 \mu\text{g/l}$  (95% TI  $18,70 - 24,30$ ) nekā literatūrā norādītais līmenis neeksponētai populācijai ( $4 - 15 \mu\text{g/l}$ ) un noteiktais līmenis pētījuma kontroles grupā  $16,50$  (95% TI  $14,99 - 18,14$ ), rezultātu atšķirība ir statistiski ticama ( $z=4,37$ ;  $p<0,001$ ). Mangāns un tā savienojumi, ir metināšanas aerosola neatņemama komponente, un paaugstinātais šī elementa līmenis nodarbināto asinīs pierāda darba vides gaisā esošo vielu ietekmi uz metināju organismu.



**4.2.3. attēls.** Mangāna līmeņi ar 95%TI elektriķu un metinātāju asinīs pēc smēķēšanas paraduma

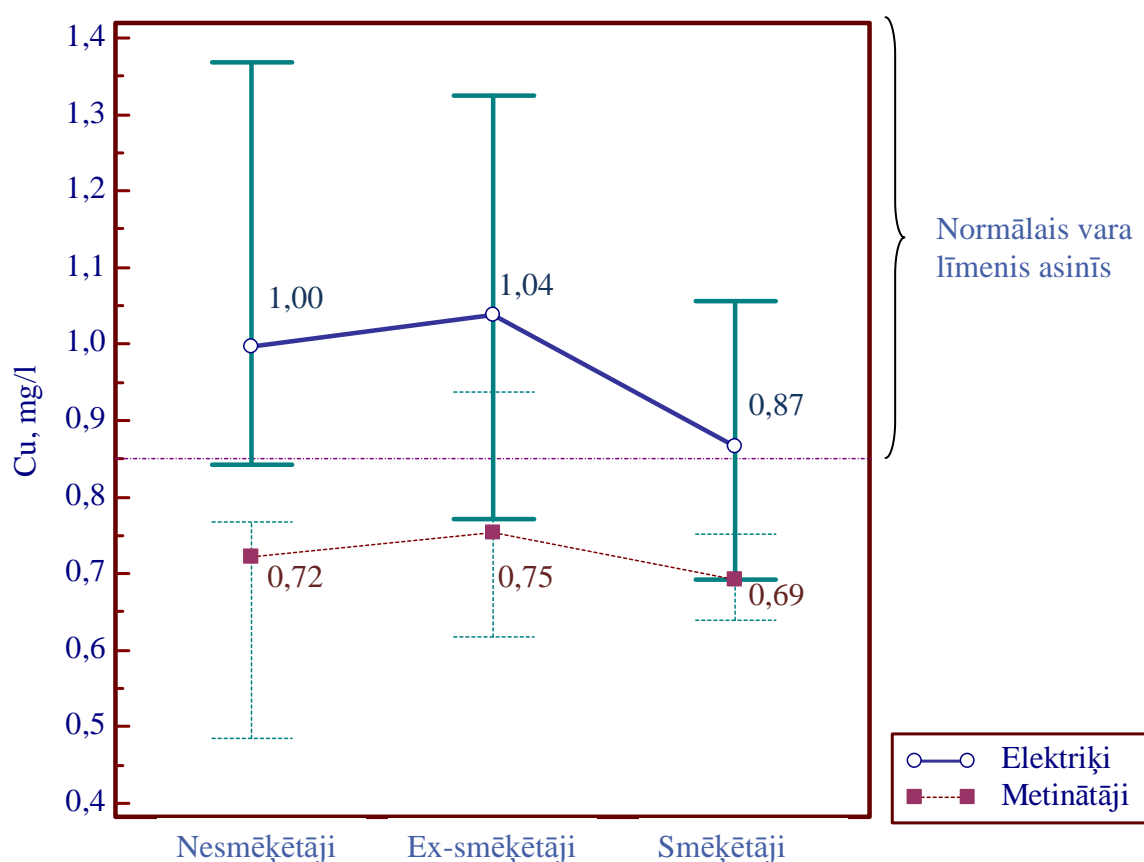
Metinātājiem mangāna līmenis asinīs ir augstāks nekā kontroles grupai, kontroles grupas nesmēķētāju, bijušo smēķētāju un smēķētāju mangāna līmeņi asinīs tikpat kā neatšķiras, statistiski ticama rezultātu atšķirība nav novērota arī starp nesmēķētājiem, bijušajiem smēķētājiem un smēķētājiem metinātāju grupā, tomēr ir novērota tendence, ka smēķētājiem mangāna līmenis ir augstāks nekā nesmēķētājiem. Par smēķēšanas fakta pierādījumu var uzskatīt augstāku kadmija līmeni asinīs. Lai gan metinātāju un elektriķu grupās nav konstatēta smēķēšanas ietekme uz mangāna līmeņiem asinīs, tomēr ir iegūtas statistiski ticamas, vidēji ciešas korelācijas starp smēķēšanu un kadmija līmeni asinīs abās pētījuma grupās. Analizējot mangāna un kadmija savstarpējo ietekmi, metinātāju grupā palielinoties kadmija līmenim, palielinās mangāna līmenis, kā apliecinājums šim faktam ir iegūtā statistiski nozīmīgā ( $p < 0,05$ ) vājā korelācija ( $r = 0,245$ ), bet kontroles grupā mangāna un kadmija savstarpējā saistība nav novērota.

**Vara (Cu)** līmeņa mediāna asinīs kontroles (elektriķu) grupas smēķētājiem ir zemāka (0,87 mg/l (95%TI 0,69 – 1,06) nekā kontroles grupas nesmēķētājiem (1,00 mg/l (95% TI 0,84 – 1,37), tomēr starp rezultātiem nav vērojama statistiski ticama atšķirība ( $z=1,47$ ;  $p=0,141$ ).

Ekspozīcijas (metinātāju) grupā vara mediānu līmeņi asinīs praktiski neatšķiras, nesmēķētājiem tā ir 0,72 mg/l (95% TI 0,49 – 0,77), bijušajiem smēķētājiem 0,75 mg/l (95% TI 0,62 – 0,94) un smēķētājiem 0,69 mg/l (95% TI 0,64 – 0,75).

Salīdzinot vara mediānu līmeņus starp metinātāju un elektriķu grupām, izmantojot Manna – Vitneja testu, ir iegūta statistiski ticama rezultātu atšķirība, skatīt 4.2.4. attēlu un 4.2.3. tabulu: nesmēķētājiem ( $z=2,58$ ;  $p<0,01$ ) un bijušajiem smēķētājiem ( $z=1,99$ ;  $p<0,05$ ), bet starp smēķētājiem atšķirības nav statistiski ticamas ( $z=1,95$ ;  $p=0,051$ ).

Vara līmenis metinātāju asinīs, salīdzinājumā ar literatūrā (Wu, 2006) ieteikto, ir pazemināts, viszemākais līmenis vērojams smēķējošu metinātāju vidū.

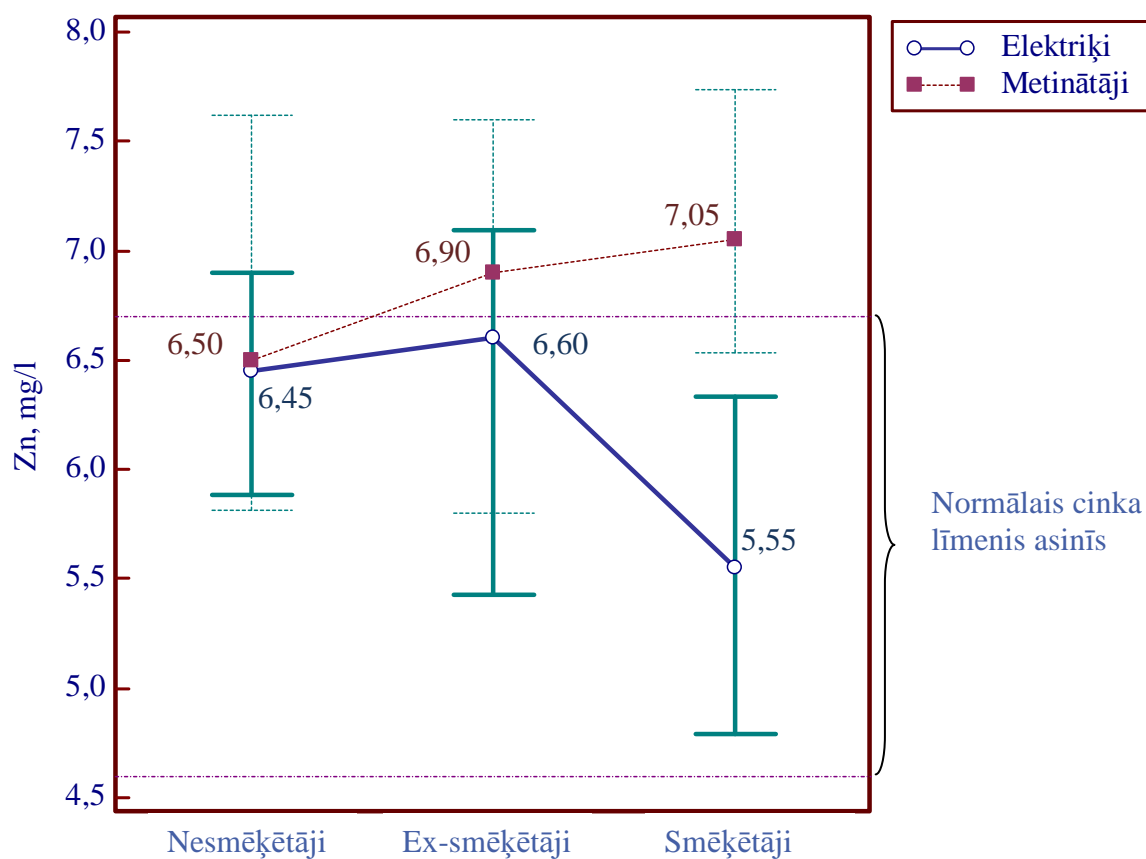


4.2.4. attēls. Vara līmeņi ar 95% TI elektriķu un metinātāju asinīs pēc smēķēšanas paraduma

**Cinka (Zn)** līmeņa mediāna asinīs (attēls 4.2.5.) kontroles grupas smēķētājiem ir zemāka (5,55 mg/l (95% TI 4,79 – 6,33) nekā kontroles grupas nesmēķētājiem (6,45 mg/l (95% TI 5,89 – 6,90), salīdzinot abas grupas, starp rezultātiem ir vērojama statistiski ticama atšķirība ( $z=2,30$ ;  $p<0,05$ ), bet, veicot Spīrmena rangu korelācijas analīzi, ir iegūta vāja

statistiski nozīmīga ( $p < 0,05$ ) negatīva korelācija ( $r = -0,292$ ), kas liecina par tendenci samazināties cinka līmenim smēķētāju asinīs.

Cinka līmeņa mediāna asinīs eksponētās grupas smēķētājiem ir augstāka (7,05 mg/l (95% TI 6,20 – 8,00) nekā eksponētās grupas nesmēķētājiem (6,50 mg/l (95% TI 5,65 – 8,80) un bijušajiem smēķētājiem (6,90 mg/l (95% TI 5,75 – 7,65), starp rezultātiem nav vērojama statistiski ticama atšķirība. Attēlā 4.2.5. redzams, ka eksponētajā grupā smēķētājiem salīdzinājumā ar nesmēķētājiem, cinka līmeni palielinās. Salīdzinot kontroles un eksponēto grupu, izmantojot Manna – Vitneja testu, statistiski ticamu rezultātu atšķirība iegūta starp abu grupu smēķētājiem ( $z = 4,00$ ;  $p < 0,001$ ).



**4.2.5. attēls.** Cinka līmeņi ar 95% TI elektriķu un metinātāju asinīs pēc smēķēšanas paraduma

Metinātāju grupā novērojama vāja ( $r = -0,265$ ) statistiski nozīmīga ( $p < 0,05$ ) negatīva korelācija, starp cinka un vara līmeņiem asinīs. Tas nozīmē, ka, palielinoties cinka līmenim asinīs, vara līmenis samazinās. Kā aprakstīts literatūrā, cinks un varš var antagoniski ietekmēt viens otra uzsūkšanās apjomus un metabolismu (Telišman *et al.*, 2001).

Cinka - vara attiecība (Zn:Cu) raksturo šo abu metālu savstarpējo mijiedarbību, normāli asinīs tā ir 6:1. Cinka - vara attiecības mediānu lielumi starp nesmēķētājiem, bijušajiem smēķētājiem un smēķētājiem kontroles (elektriķu) grupā būtiski neatšķiras, attiecīgi, 6,16 (95% TI 4,25 – 7,19), 5,23 (95% TI 4,36 – 6,62) un 6,69 (95% TI 4,51 – 8,45) un tie iekļaujas references intervālā. Tie nav atšķirīgi arī metinātāju grupā – nesmēķētājiem 8,99 (95% TI 6,71 – 15,06), bijušajiem smēķētājiem 8,75 (95% TI 7,20 – 11,08) un smēķētājiem 9,72 (95% TI 8,96 – 11,15). Salīdzinot eksponēto un neeksponēto grupu, redzam, ka metinātāju grupā Zn:Cu attiecība ir 9:1, tas nozīmē, ka ir notikusi izmaiņa metālu homeostāzē un tā nav saistīta ar smēķēšanu, jo nav novērota atšķirīga Zn:Cu attiecība starp nesmēķētājiem, bijušajiem smēķētājiem un smēķētājiem.

Summējot iegūtos rezultātus, metinātāju grupā salīdzinot ar kontroles grupu un citu autoru uzdotajiem references lielumiem, ir paaugstināti mangāna, kadmija un cinka līmeņi, bet pazemināts vara līmenis asinīs. Būtiskākais kadmija piesārņojuma avots ir smēķēšana, bet pārējo metālu līmeņu izmaiņas ir saistāmas ar darba vides gaisā esošo piesārņojumu.

#### **4.2.3. Bioķīmisko rādītāju (Cu,Zn-superoksīddismutāzes, glutationperoksidāzes, katalāzes aktivitāte un reducētā glutaciona, kopējo antioksidantu saturs) asinīs**

Darba vidē metinātāji ir pakļauti metināšanas aerosola ietekmei, kuram piemīt kairinoša, toksiska, fibrogēna un iespējama arī sensibilizējoša iedarbība. Metināšanas aerosolam nonākot plaušās, tas kļūst par hroniska kairinājuma avotu. Pēc makrofāgu un leukocītu aktivizācijas seko ieelpoto metālu daļiņu fagocitoze, tādējādi izraisot proteāžu, iekaisuma mediatoru un skābekļa aktīvo radikāļu izdalīšanos.

Lai noskaidrotu, vai oksidatīvā stresa marķieri ir pietiekami selektīvi un izmantojami, kā papildus izmeklējumu rādītāji obligātajās veselības pārbaudēs, Rīgas Stradiņa universitātes Bioķīmijas laboratorijā tika veiktas Cu,Zn – superoksīddismutāzes, katalāzes, reducētā glutaciona, un kopējo antioksidantu līmeņu noteikšana, kā arī plazmas hemiluminiscences (HLC) noteikšana metinātāju un elektriķu asinīs. Iegūtie rezultāti apkopoti 4.2.4. tabulā. Salīdzinot iegūtos rezultātus abās grupās, nevienā no noteiktajiem rādītājiem nav konstatēta statistiski ticama atšķirība, turklāt neviena rādītāja mediānas vērtība nav ārpus references intervāla.

Veicot Manna – Vitneja testu, nav atrastas statistiski ticamas atšķirības starp bioķīmiskajiem rādītājiem un smēķēšanas paradumiem abās grupās, rezultāti apkopoti 2. pielikumā, tabulās nr. 8, nr. 9 un nr. 10.

Metinātāju grupā starp Cu,Zn – superoksīddismutāzi (*SOD*) un vecumu ir vērojama vāja negatīva ( $r=-0,263$ ) statistiski ticama ( $p<0,05$ ) korelācija, tas nozīmē, ka pieaugot metinātāju vecumam, *SOD* aktivitāte samazinās. Elektriķu (kontroles) grupā šāda korelācija nav novērota. Var pieņemt, ka kaitīgo faktoru ietekme paātrina organisma novecošanās procesus.

Spīrmena rangu korelācijas testa analīze starp hemoluminiscences rādītājiem un metālu līmeņu, bioķīmisko rādītāju, vecumu, darba stāžu, kumulatīvo ekspozīciju apkopoti 2. pielikumā, 11. tabulā un 12. tabulās.

Hemoluminiscenci izmanto lipīdu peroksīdu un hidroperoksīdu daudzuma, lipīdu peroksidācijas ātruma noteikšanai. Asins plazmas *HLC* pieaug, palielinoties lipīdu peroksīdu un hidroperoksīdu daudzumam organismā un samazinoties antioksidatīvo enzīmu aktivitātes spējām, jo augstāki ir koeficienta  $\alpha$  rādītāji, jo intensīvāk norit lipīdu peroksidācija. Palielināto brīvo radikāļu veidošanos organismā un ar to saistīto lipīdu peroksidācijas pieaugumu („oksidatīvo stresu”) pavada virkne traucējumu bioloģisko membrānu struktūrā un šūnu funkcionēšanā.

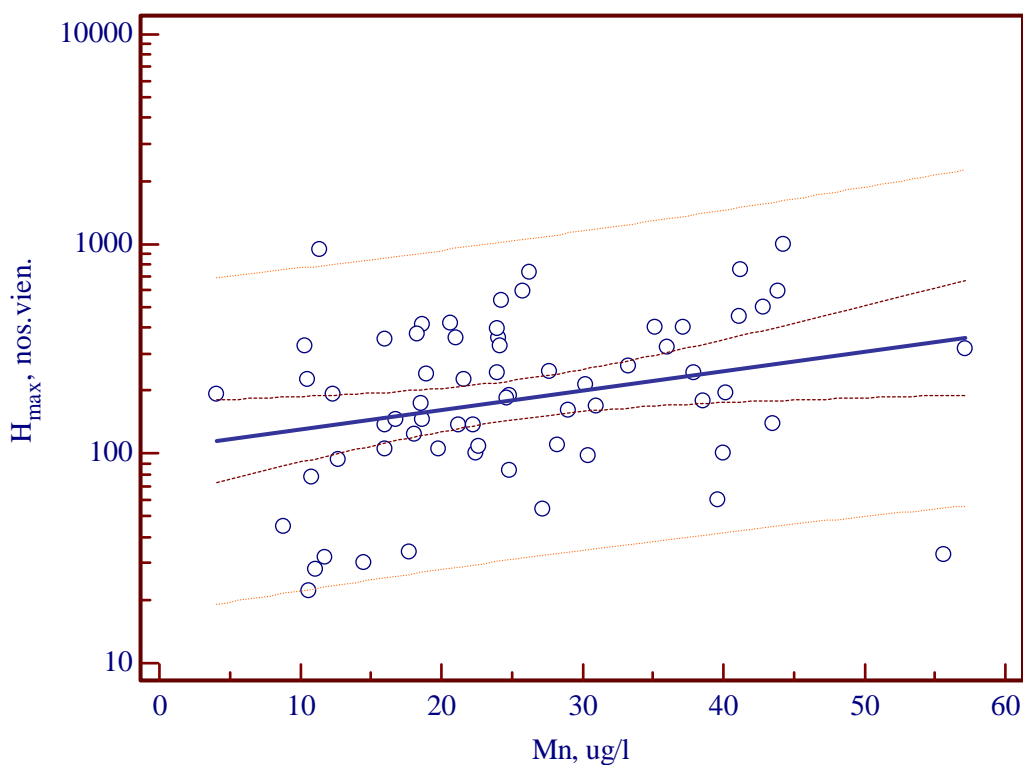
**4.2.4. tabula.** Bioķīmiskie rādītāji metinātāju un elektriķu asinīs

Izmeklētā grupa	Skaits N	Rādītājs	Mediāna	IQR ( $Q_3 - Q_1$ )	95% TI	Min	Max
Metinātāji	96	Cu, Zn - superoksīddismutāze, U/g Hb	1341,5	1161,0 - 1558,5	1276,3 - 1391,5	906,0	2036,0
	96	Katalāze, k/g Hb	187,5	147,5 - 218,5	172,0 - 199,3	103,0	410,0
	97	Glutationperoksidāze, U/L	6466,0	5510,3 - 7475,5	6036,0 - 6725,0	573,0	12611,0
	97	Reducētais glutations, mg% (mg/dl)	40,4	36,8 - 46,0	38,7 - 41,0	28,0	57,6
	95	Kopējie antioksidanti, mmol/L	1,56	1,50 - 1,74	1,53 - 1,59	1,19	2,33
	70	H <sub>max</sub> – lipīdu peroksīdu daudzums, nos.vien.	190,0	100,0 – 357,0	141,3 – 240,3	22,0	992,0
	38	S <sub>ox</sub> – plazmas oksidējamība, nos.vien.	517,2	255,0 – 722,0	415,9 – 655,5	109,0	977,0
38	tg <sub>α</sub> – oksidējamības ātrums, nos.vien.	8,19	3,30 – 12,20	5,20 – 10,65	1,32	18,00	
Elektriķi	54	Cu, Zn - superoksīddismutāze, U/g Hb	1279,0	1163,0 - 1404,0	1238,9 - 1354,78	727,0	1705,0
	54	Katalāze, k/g Hb	179,0	155,0 - 209,0	165,0 - 191,7	117,0	460,0
	54	Glutationperoksidāze, U/L	6215,0	5346,0 - 7348,0	5747,8 - 6777,4	2587,0	11036,0
	54	Reducētais glutations, mg% (mg/dl)	42,4	38,8 - 46,0	40,5 - 43,9	30,4	56,0
	53	Kopējie antioksidanti, mmol/L	1,58	1,47 - 1,72	1,53 - 1,65	1,20	2,59
	45	H <sub>max</sub> – lipīdu peroksīdu daudzums, nos.vien.	228,0	92,3 – 323,8	125,7 – 275,8	26,0	961,0
	23	S <sub>ox</sub> – plazmas oksidējamība, nos.vien.	423,0	326,3 – 635,5	345,2 – 574,5	33,0	878,0
	21	tg <sub>α</sub> – oksidējamības ātrums, nos.vien.	5,90	4,46 – 9,63	4,72 – 8,83	1,16	20,98

Saīsinājumi: TI – ticamības intervāls; Min – minimālā vērtība; Max – maksimālā vērtība; nos.vien. – nosacītā vienība

Veicot Spīrmena rangu korelācijas testu, starp lipīdu peroksīdu daudzumu un mangāna līmeni asinīs metinātāju grupā, iegūta pozitīva vāja ( $r=0,318$ ), statistiski ticama ( $p<0,001$ ) korelācija, tas nozīmē, ka, palielinoties mangāna koncentrācijai organismā vērojams „oksidatīvā stresa” pieaugums. Starp lipīdu peroksīdu daudzumu un cinka līmeni asinīs metinātāju grupā, iegūta negatīva vāja ( $r=-0,310$ ), statistiski ticama ( $p<0,01$ ) korelācija. Starp lipīdu peroksīdu daudzumu un cinka – vara attiecību asinīs metinātāju grupā, iegūta negatīva vāja ( $r=-0,321$ ), statistiski ticama ( $p<0,001$ ) korelācija. Elektriķu grupā šādas korelācijas nav novērotas.

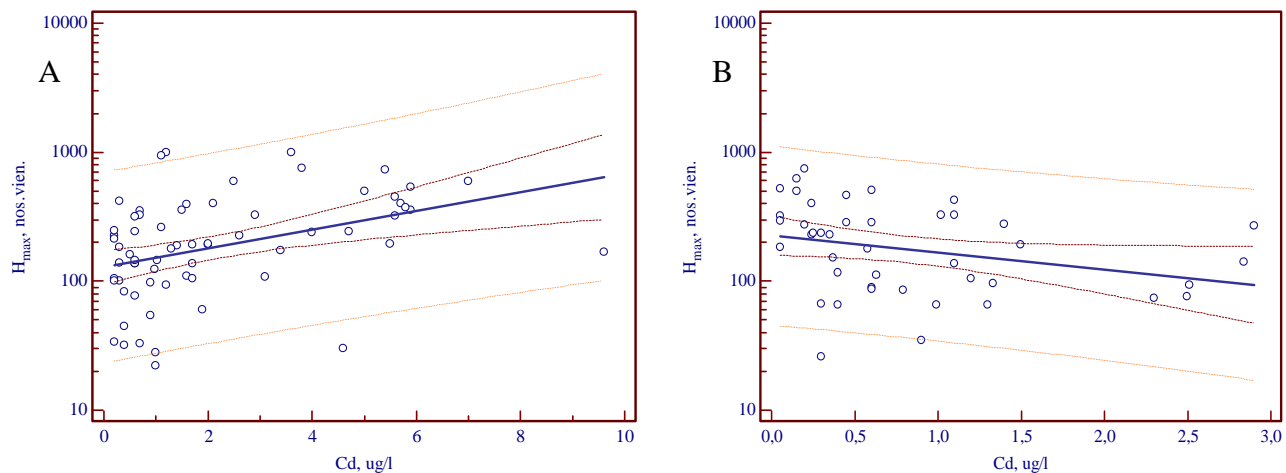
Aprēķinot lineārās regresijas sakarību starp lipīdu peroksīdu daudzumu un mangāna līmeni asinīs metinātāju grupā (skatīt 4.2.6. attēlu), iegūta statistiski ticama ( $p < 0,05$ ), pozitīva regresija, determinācijas koeficients  $R^2=0,0766$ , regresijas vienādojums  $\text{Log}(y) = 2,0229+0,009252x$ .



**4.2.6. attēls.** Lipīdu peroksīdu daudzuma izmaiņas ( $H_{\max}$ ) atkarībā no mangāna līmeņa izmaiņām asinīs metinātāju grupā

Aprēķinot lineārās regresijas sakarību starp lipīdu peroksīdu daudzumu un kadmija līmeni asinīs metinātāju grupā (skatīt 4.2.7.A. attēlu), iegūta statistiski ticama ( $p < 0,001$ ), pozitīva

regresija, determinācijas koeficients  $R^2=0,1555$ , regresijas vienādojums  $\text{Log}(y) = 2,1064+0,07304x$ .



**4.2.7. attēls.** Lipīdu peroksīdu daudzuma izmaiņas ( $H_{\max}$ ) atkarībā no kadmija līmeņa izmaiņām asinīs metinātāju (A) un elektriķu (B) grupās

Veicot datu analīzi, izmantojot Spīrmena rangu korelācijas testu, starp lipīdu peroksīdu daudzumu un kadmija līmeni asinīs metinātāju grupā, iegūta pozitīva vidēji cieša ( $r=0,460$ ), statistiski ticama ( $p<0,001$ ) korelācija. Elektriķu grupā (skatīt attēlu 4.2.7.B), iegūta statistiski ticama ( $p < 0,05$ ), negatīva regresija, determinācijas koeficients  $R^2=0,08961$ , regresijas vienādojums  $\text{Log}(y) = 2,3529-0,1315x$ . Veicot datu analīzi, izmantojot Spīrmena rangu korelācijas testu, starp lipīdu peroksīdu daudzumu un kadmija līmeni asinīs elektriķu grupā, iegūta negatīva vidēji cieša ( $r=-0,404$ ), statistiski ticama ( $p<0,01$ ) korelācija.

Apkopojot bioķīmisko rādītāju rezultātus, starp eksponēto un kontroles grupu nav iegūtas statistiski ticamas rezultātu atšķirības, tomēr metinātāju grupā ir vērojamas augstākas *SOD*, *CAT* un *GPx* mediānu vērtības salīdzinājumā ar elektriķu grupu.

Metinātāju grupā oksidatīvā stresa rādītājam, proti, lipīdu peroksīdu daudzumam, ir pozitīva korelācija ar mangāna un kadmija līmeņiem asinīs. Līdz ar to varam secināt, ka darba vidē esošajiem metālu savienojumiem ir būtiska ietekme „oksidatīvā stresa” radīšanā metināšanas procesos nodarbinātām personām.

### 4.3. Metināšanas darbos nodarbināto veselības stāvokļa pašnovērtējums saistībā ar darba vides riska faktoriem

Laboratoriski apsekotajās metinātāju darba vietās dažādos Latvijas uzņēmumos, galvenokārt darba vides gaisā ir paaugstinātas metināšanas aerosola un mangāna koncentrācijas. Kā zināms, ilgstošas paaugstinātas metināšanas aerosola un tā sastāvā esošo metālu koncentrācijas, metinātājiem var izraisīt dažādas slimības. Literatūras avotos bieži pētīta un plaši aprakstīta ietekme uz respiratoro sistēmu, metināšanas aerosola sastāvā esošie mangāna savienojumi metinātājiem var izraisīt dažādu smaguma pakāpju nervu sistēmas darbības traucējumus. Metināšanas darbos nodarbināto veselības stāvokļa pašnovērtējuma aptaujas anketā tika ietverti jautājumi par kopējo veselības stāvokli un subjektīvo neiroloģisko simptomu novērtēšanas daļa (Q16), kas sastāv no 16 jautājumiem un ir aprobēta Zviedrijā un Vācijā un kuru plaši pielietoto dažādu ķīmisko vielu neiroloģiskās ietekmes novērtēšanai (Sjögren *et al.*, 1990; Edling *et al.*, 1993; Chouanière *et al.*, 1997; Kiesswetter *et al.*, 1997; Lundberg *et al.*, 1997; Eglīte, 2000; Ihrig *et al.*, 2001).

Pētījuma veikšanas laikā kopsummā tika aizpildītas 254 aptaujas anketas, no kurām 97 aizpildīja metināšanas aerosola iedarbībai pakļauti nodarbinātie (metinātāji) un 157 kontroles grupas personas (54 elektriķi un 103 biroju darbinieki). Anketēšanas rezultāti parādīja, ka elektriķi darba procesā saskaras ar dažādām organiskajām vielām (šķīdinātājiem, kondensatoru eļļām), kas var ietekmēt centrālas nervu sistēmas darbību. Tas ir būtisks jaucefaktors, līdz ar to elektriķu grupas anketu rezultāti datu analīzē netika iekļauti.

Vispārīgās ziņas par metinātājiem (eksponēto grupu) un biroja darbiniekiem (kontroles grupu) apkopotas 4.3.1. tabulā. Visas pētījumā iesaistītās personas bija vīrieši.

Biroja darbinieku (kontroles) grupas vecums bija robežās no 20 līdz 69 gadiem, aritmētiski vidējais vecums  $39,2 \pm 12,6$  gadi. Metinātāju (eksponētās) grupas vecums bija robežās no 19 līdz 71 gadiem, aritmētiski vidējais vecums  $41,3 \pm 14,1$  gadi. Veicot t-testu, starp grupām nav konstatēta statistiski ticama atšķirība ( $p=0,268$ ).

Veicot grupu salīdzināšanu pēc darba stāža, kontroles grupas vidējais darba stāžs  $12,7 \pm 9,6$  gadi. Eksponētās grupas vidējais darba stāžs  $14,5 \pm 12,1$  gadi. Veicot t-testu, starp grupām nav konstatēta statistiski ticama atšķirība ( $p=0,244$ ).

Tika arī iegūta informācija par pētījumā iesaistīto personu svaru un augumu. Kontroles grupas svars bija robežās no 60 līdz 114 kg, aritmētiski vidējais svars  $83,3 \pm 13,2$  kg.

Eksponētās grupas svars bija robežās no 50 līdz 128 kg, aritmētiski vidējais svars  $79,8 \pm 11,7$  kg. Veicot t-testu, starp grupām nav konstatēta statistiski ticama atšķirība ( $p=0,056$ ).

Kontroles grupas augums bija robežās no 165 līdz 199 cm, aritmētiski vidējais augums  $189,3 \pm 6,5$  cm. Eksponētās grupas augums bija robežās no 158 līdz 195 cm, aritmētiski vidējais augums  $177,6 \pm 7,2$  cm. Veicot t-testu, starp grupām nav konstatēta statistiski ticama atšķirība ( $p=0,081$ ).

#### 4.3.1. tabula. Metinātāju un biroja darbinieku grupu raksturojums

Rādītājs	Eksponētie (Metinātāji)	Neeksponētie (Biroja darbinieki)
Skaits, N	97	103
Vecums, (vid. $\pm$ SD), gadi	$41,3 \pm 14,1$	$39,2 \pm 12,6$
Darba stāžs (vid. $\pm$ SD), gadi	$14,5 \pm 12,1$	$12,7 \pm 9,6$
Augums (vid. $\pm$ SD), cm	$177,6 \pm 7,2$	$180,0 \pm 6,5$
Svars (vid. $\pm$ SD), kg	$79,8 \pm 11,7$	$83,3 \pm 13,2$
Smēķēšanas paradumi		
Nesmēķētāji, n (%)	21 (21,6%)	33 (32,0%)
Ex – smēķētāji, n (%)	19 (19,6%)	24 (23,3%)
Smēķētāji, n (%)	57 (58,8%)	46 (44,7%)
Alkohola lietošanas paradumi		
Vairākas reizes gadā, n (%)	19 (19,6%)	17 (16,5%)
2 – 3 reizes mēnesī, n (%)	34 (35,0%)	48 (46,6%)
Reizi nedēļā un biežāk, n (%)	25 (25,8%)	22 (21,4%)
Nelieto, n (%)	19 (19,6%)	16 (15,5%)
Iecienītākais alkoholiskais dzēriens		
alus, n (%)	31 (39,7%)	38 (36,9%)
vīns, n (%)	7 (9,0%)	12 (11,7%)
stiprais alkohols (degvīns, konjaks u.c.), n (%)	40 (51,3%)	53 (51,4%)
Ēšanas paradumi		
jaukts uzturs	96 (99%)	103 (100%)
veģetārs uzturs	1 (1%)	-

Dažādu slimību rašanos var ietekmēt ne tikai veicamais darbs, bet arī cilvēka dzīvesveids un paradumi, tādi kā uzturs, alkohola lietošana, smēķēšana. Aplūkojot 4.3.1. tabulu redzam, ka gan metinātājiem, gan biroja darbiniekiem ir jaukts uzturs un starp grupām

nav statistiski ticamas atšķirības ( $\chi^2 = 0,001$ ,  $p = 0,976$ ). Procentuāli lielākā daļa no metinātājiem (35,0%) un biroja darbiniekiem (46,6%), alkoholiskos dzērienus lieto divas līdz trīs reizes mēnesī, abās grupās ir līdzīgs atturībnieku skaits - 19,6% metinātāju grupā un 15,5% biroja darbinieku grupā. Izvērtējot alkohola lietošanas paradumus, starp grupām nav vērojama statistiski ticama atšķirība ( $\chi^2 = 2,772$ ,  $p = 0,428$ ). Arī alkoholisko dzērienu veida izvēlē starp grupām nav vērojama atšķirība ( $\chi^2 = 0,398$ ,  $p = 0,820$ ).

Analizējot smēķēšanas paradumus, redzams, ka metinātāju grupā salīdzinājumā ar biroja darbinieku grupu ir nedaudz lielāks smēķētāju skaits, attiecīgi, 58,8% un 44,7%. Tomēr starp grupām nav vērojama statistiski ticama atšķirība ( $\chi^2 = 4,247$ ,  $p = 0,119$ ).

No aptaujas anketām iegūtās ziņas par metinātāju veselības stāvokli rāda, ka galvenās veselības problēmas ir skeleta, muskuļu, saistaudu sistēmas slimības, galvenokārt sāpes mugurā 43,3%. 26,8% nodarbināto norādījuši, ka cieš no gremošanas trakta slimībām (gastrīts, kuņģa čūla), 26,8% - slimo ar maņu orgānu slimībām (pavājināta dzirde un redzes problēmas), 25,8% ir paaugstināts asinsspiediens, 27,8% slimo ar hroniskām augšējo elpošanas ceļu un bronhu iekaisuma slimībām, 5,2% bijušas diagnosticētas neiroloģiskas slimības. 48,5% bijuši iesaistīti dažādos nelaimes gadījumos, galvenokārt tie ir dažādi kaulu lūzumi – 61,4%, smadzeņu satricinājumi – 13,6% un acu traumas – 9,1%.

Biroja darbinieku vidū 33,0% norādījuši uz skeleta, muskuļu, saistaudu sistēmas slimībām, pārsvarā muguras sāpēm, 26,2% ir paaugstināts asinsspiediens, 18,4% ir maņu orgānu slimības (redzes izmaiņas), 13,6% slimo ar hroniskām iesnām un atkārtotiem augšējo elpceļu iekaisumiem.

Kā redzams 4.3.2. tabulā, metināšanas darbos nodarbinātie salīdzinājumā ar kontroles grupas personām biežāk slimo ar hroniskām augšējo elpošanas ceļu un bronhu slimībām, gremošanas trakta slimībām un reimatiskām slimībām, atšķirības ir statistiski ticamas.

Perifēriskās nervu sistēmas slimības metinātāju grupā ir 5,2% aptaujāto, biroja darbinieku grupā – 1,9%, starp grupām nav statistiski ticamas atšķirības.

**4.3.2. tabula.** Galvenās slimību grupas metinātājiem salīdzinājumā ar biroja darbiniekiem

Sūdzības	Grupas			
	Metinātāji (n=97)		Biroja darbinieki (n=103)	
	Abs. sk.	%	Abs.sk.	%
Skeleta, muskuļu, saistaudu sistēmas slimības	42	43,3	34	33,0
Hroniskas augšējo elpošanas ceļu un bronhu iekaisuma slimības	27	27,8*	14	13,6
Maņu orgānu slimības (acis, dzirde)	26	26,8	19	18,4
Gremošanas trakta slimības	26	26,8**	8	7,8
Arteriālā hipertensija	25	25,8	27	26,2
Reimātiskās slimības	14	14,4*	4	3,9
Alerģiskas slimības	7	7,2	5	4,9
Perifēriskās nervu sistēmas slimības	5	5,2	2	1,9

Statistiski ticama atšķirība starp eksponēto un kontroles grupu, \* -  $p < 0,05$ ; \*\* -  $p < 0,01$   
Saīsinājumu: Abs.sk. – absolūtais skaits

Metinātāji darba vidē saskaras ar mangānu un laboratoriski veiktās darba vides gaisa kvalitātes analīzes parāda, ka apmēram 40% no veiktajiem mērījumiem ekspozīcijas indekss ir lielāks par 1 un tas nozīmē, ka ir pārsniegta arodekspozīcijas robežvērtība. Mangānam piemīt toksiska ietekme uz nervu sistēmu, līdz ar to, ilgstoši saņemot paaugstinātas mangāna devas, var attīstīties nopietnas neiroloģiskas saslimšanas.

Metināšanas aerosola un tajā esošā mangāna iespējamās neiroloģiskās ietekmes novērtēšanai, tika veikts intervijas tests, izmantojot arodveselībā pielietoto 16 jautājumu anketu (neiroloģiskā novērtējuma anketa). Anketas izvērtējumam nav noteikta apstiprinošo atbilžu skaita robežvērtība pie kuras respondentus varētu sākt iedalīt „slimajos” un „veselajos”. Tāpēc par atskaites punktu, līdzīgi kā zviedru pētnieku darbā (Sjögren *et al.*, 1990), ir izvēlēta apstiprinošo atbilžu mediānas vērtība, līdz ar to „veselo” grupā tiek iekļauti tie, kuriem ir mazāk par trīs apstiprinošām atbildēm, bet „veselības stāvokļa apdraudēto grupā” personas, kurām ir trīs vai vairāk apstiprinošas atbildes. Apstiprinošo atbilžu sadalījums vienā anketā starp metinātāju un biroju darbinieku grupām redzams 4.3.3. tabulā.

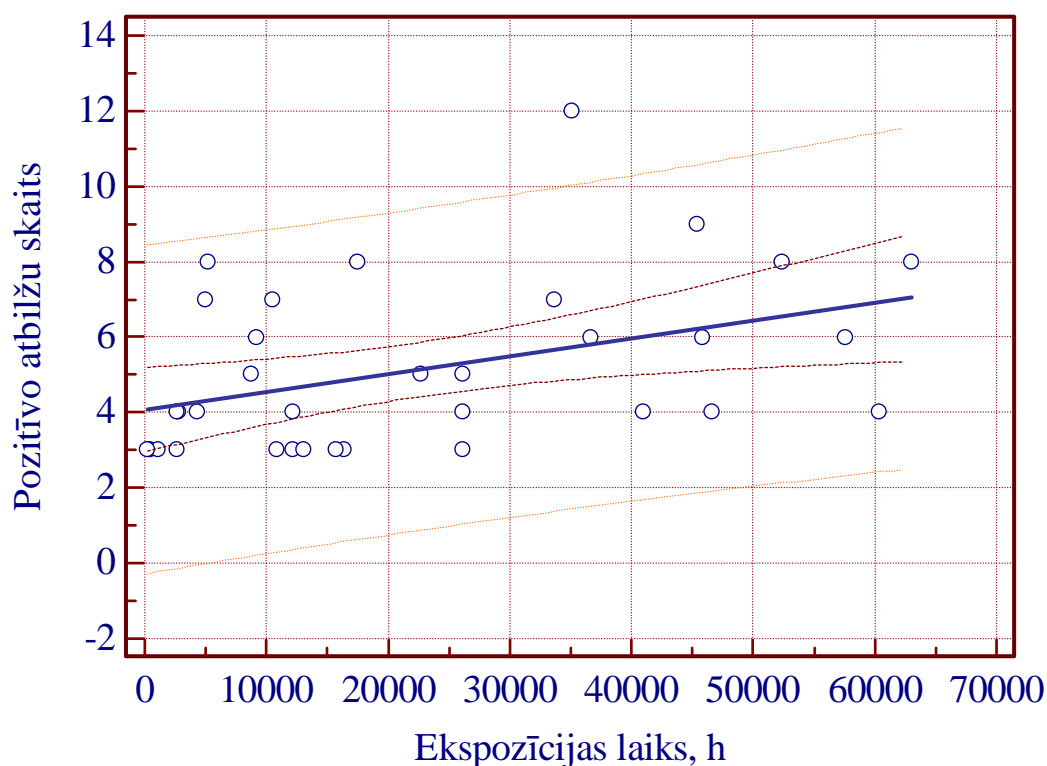
Apkopojot iegūtos rezultātus, ir novērots, ka metinātāju grupā trīs un vairāk apstiprinošas atbildes ir 34,9% respondentu, bet biroja darbinieku grupā – 21,4%, starp grupām ir statistiski ticama atšķirība ( $\chi^2 = 9,92$ ;  $p < 0,01$ ). Jāatzīmē fakts, ka biroju darbinieku grupā maksimālais apstiprinošo atbilžu skaits vienā anketā ir 5 pozitīvas atbildes, turpretī metinātāju grupā līdzīgās proporcijās (no 3,1 līdz 4,1%) ir piecas, sešas, septiņas un astoņas apstiprinošas atbildes vienā anketā. Maksimālais apstiprinošo atbilžu skaits – 12 pozitīvas atbildes no 16 iespējamajām, konstatēts viena metinātāja anketā.

**4.3.3. tabula.** Pozitīvo (apstiprinošo) atbilžu skaita sadalījums anketā Q16 starp metinātāju un biroja darbinieku grupām

Pozitīvo atbilžu skaits	Metinātāji (n=97)		Biroja darbinieki (n=103)	
	Anketu skaits	%	Anketu skaits	%
0 (Nav)	31	32,0	38	36,9
1	16	16,5	24	23,3
2	16	16,5	19	18,4
3	10	10,3	16	15,5
4	8	8,2	5	4,9
5	3	3,1	1	1,0
6	4	4,1	-	-
7	3	3,1	-	-
8	4	4,1	-	-
9	1	1,0	-	-
10	-	-	-	-
11	-	-	-	-
12	1	1,0	-	-

Katram metinātājam, izmantojot vidējo darba stundu ilgumu dienā un nostrādātos gadus, tika aprēķinātas kopējās ekspozīcijas stundas. Lineārās regresijas aprēķināšanai, starp ekspozīcijas laiku un simptomus apstiprinošo atbilžu skaitu, tika atlasīti metinātāji, kuri aptaujas anketās, veicot Q16 testu, atbildējuši pozitīvi uz trīs un vairāk jautājumiem, kopumā 34 personas. Aprēķinot lineārās regresijas sakarību starp respondentu aptaujā norādīto neiroloģisko simptomu biežumu un ekspozīcijas laiku, iegūta statistiski ticama ( $p < 0,05$ ), pozitīva tendence, determinācijas koeficients  $R^2=0,1673$ , regresijas vienādojums  $y=4,0792+0,00004721x$  (skatīt 4.3.1.attēlu).

Veicot atlasīto datu analīzi izmantojot Spīrmana rangu korelācijas testu, starp apstiprinošo atbilžu biežumu un ekspozīcijas laiku, iegūta vidēja ( $r=0,446$ ), statistiski ticama ( $p<0,01$ ) korelācija.



**4.3.1. attēls.** Apstiprinošo (pozitīvo) atbilžu skaita pieaugums uz Q16 testa jautājumiem atkarībā no metinātāju nostrādāto stundu skaita

Tas nozīmē, ka nodarbināto grupā, kuriem ir trīs un vairāk pozitīvas atbildes uz Q16 testu, turpinot darbu un neveicot izmaiņas darba apstākļu uzlabošanā, var parādīties jauni neiroloģiski simptomi, kas var rezultēties ar nopietnām neiroloģiskām slimībām un darba nespēju.

Ir veikta aptaujas anketas atsevišķu jautājumu rezultātu analīze, iegūtie dati apkopti 4.3.4. tabulā.

**4.3.4. tabula.** Neuroloģisko simptomu biežums metinātāju un biroja darbinieku grupās

Nr.	Jautājums	Metinātāji (n=97)		Kontrole (n=103)		OR	95% TI	$\chi^2$	p
		Jā	Nē	Jā	Nē				
1.	Vai Jūs jūtaties pārmērīgi noguris?	19	78	15	88	1,43	0,64 – 3,20	0,57	0,449
2.	Vai Jums sirdsklauves ir arī tad, ja nav slodzes?	17	80	8	95	2,52	0,96 – 6,77	3,50	0,061
3.	Vai Jums bieži ir kādas ķermeņa daļas sāpīga trīcēšana?	7	90	0	103	8,38	1,86 – 37,76	5,71	0,016
4.	Vai Jūs bieži jūtaties satraukts bez kāda īpaša iemesla?	11	86	3	100	4,26	1,06 – 19,95	4,23	0,039
5.	Vai Jūs bieži jūtaties nomākts bez kāda īpaša iemesla?	11	86	4	99	3,17	0,89 – 12,29	3,00	0,083
6.	Vai Jums bieži ir problēmas sakoncentrēties?	8	89	8	95	1,07	0,35 – 3,29	0,02	0,892
7.	Vai Jums ir slikta atmiņa?	24	73	4	99	8,14	2,53 – 29,01	16,36	<0,001
8.	Vai Jūs bieži svīstat bez jebkāda īpaša iemesla?	10	87	11	92	0,96	0,36 – 2,58	0,02	0,884
9.	Vai Jums ir problēmas sapogāt un atpogāt pogas?	4	93	0	103	8,11	1,13 – 58,51	2,50	0,115
10.	Vai jums ir problēmas saprast izlasītā jēgu (laikrakstos, žurnālos, grāmatās)?	8	89	1	102	9,17	1,13 – 202,1	4,58	0,032
11.	Vai kāds Jums ir norādījis, ka Jums ir slikta atmiņa?	12	85	17	86	0,71	0,30 – 1,69	0,40	0,529
12.	Vai Jums dažreiz mēdz būt spiediena sajūta krūtīs?	18	79	9	94	2,38	0,95 – 6,10	3,33	0,068
13.	Vai Jūs bieži pierakstāt, lai varētu atcerēties?	17	80	11	92	1,78	0,74 – 4,34	1,42	0,234
14.	Vai Jums bieži ir jāatgriežas pēc iziešanas no mājas, lai pārbaudītu vai aizslēgtas durvis, izslēgts gludeklis, gāzes plīts u.c. ierīces?	23	74	8	95	3,69	1,47 – 9,57	8,52	0,004
15.	Vai Jums vismaz reizi nedēļā ir galvassāpes?	24	73	28	75	0,88	0,45 – 1,74	0,05	0,816
16.	Vai Jums liekas, ka interesējieties mazāk par seksu nekā tas būtu normāli?	10	87	5	98	1,43	0,67 – 7,92	1,43	0,232

Saīsinājumu: OR – (*odds ratio*) izredžu attiecība; TI – ticamības intervāls;  $\chi^2$  – hī kvadrāts

Salīdzinot apstiprinošo atbilžu biežumu metinātāju un kontroles grupās, statistiski ticama atšķirības vērojamas piecos jautājumos: „Vai Jums bieži ir kādas ķermeņa daļas sāpīga trīcēšana?” (OR = 8,38; 95% TI = 1,86 – 37,76; p<0,05), „Vai Jūs bieži jūtaties satraukts bez kāda īpaša iemesla?” (OR = 4,26; 95% TI = 1,06 – 19,95; p<0,05), „Vai Jums ir slikta atmiņa?” (OR = 8,14; 95% TI = 2,53 – 29,01; p<0,001), „Vai jums ir problēmas saprast izlasītā jēgu (laikrakstos, žurnālos, grāmatās)?” (OR = 9,17; 95% TI = 1,13 – 202,1; p<0,05), „Vai Jums bieži ir jāatgriežas pēc iziešanas no mājas, lai pārbaudītu vai aizslēgtas durvis, izslēgts gludeklis, gāzes plīts u.c. ierīces?” (OR = 3,69; 95% TI = 1,47 – 9,57; p<0,01).

Kopējais neiroloģisko simptomu biežums metinātāju grupai ir statistiski ticami augstāks nekā kontroles grupai (OR = 1,91; 95% TI = 1,51 – 2,41; p<0,001). Metinātāji salīdzinājumā ar kontroles grupu biežāk sūdzas par sliktu atmiņu, problēmām saprast izlasītā jēgu žurnālos un avīzēs, satraukumu bez redzama iemesla, problēmām sapogāt un atpogāt pogas.

Izvērtējot iegūtos rezultātus, secinām, ka šo anketu var izmantot kā rīku neiroloģisko simptomu skrīningam pirms obligāto veselības pārbažu veikšanas, un padziļināti neiroloģiski izmeklējumi ir nepieciešami personām, kurām ir vairāk kā trīs pozitīvas atbildes.

## 5. DISKUSIJA

Metināšanas laikā darba vides gaisā nokļūst metināšanas aerosols, mangāna, hroma un citu metālu savienojumi, to koncentrācijas darba vides gaisā nosaka ne tikai kolektīvo aizsardzības līdzekļu esamība un pielietojums vai dīkstāve darba laikā, bet metālu sakausējuma veids un tā apstrādei izvēlētā metināšanas metode (Robinson, 1986; Guidotti *et al.*, 1992; Antonini, 2003; Antonini *et al.*, 2003b). Par vispopulārākajām metināšanas metodēm var uzskatīt elektriskā loka metināšanu ar elektrodu un gāzes elektriskā loka metināšanu (Kaļķis *et al.*, 2001), šo faktu apstiprina arī RSU DDVVI Higiēnas un arodslimību laboratorijas datu bāzē esošā informācija, jo darba vides gaisa mērījumi pārsvarā veikti manuālās elektriskā loka metināšanas laikā. *Hewitt* veiktajā pētījumā norādīts, ka, veicot nerūsējošā tērauda metināšanu, metināšanas aerosola analīzes satur 18,9% kālija, 10,8% dzelzi, 10,4% nātrija, 6,2% mangāna, 5,6% hroma, 4,9% silīcija, 0,75% niķeļa un citus elementus (*Hewitt*, 1996). Savukārt, pēc *Antonini et al.* pētījuma rezultātiem tērauda ar zemu oglekļa saturu metināšanas aerosola sastāvs ir ūdenī grūti šķīstošs un satur 80,6% dzelzs, 14,7% mangāna, 2,75% silīcija un 1,79% vara (*Antonini et al.*, 2009). Lai arī metināšanas aerosola kompozīcijā ietilpst daudz metālu, Latvijas uzņēmumos metināšanas procesa laikā darba vides gaisā pārsvarā tiek mērīts metināšanas aerosols, mangāns un hroms, kā raksturīgākās toksiskās komponentes. Akreditētās laboratorijās ir iespējams veikt daudz plašāku metālu spektra analīzi, tomēr no uzņēmumu puses citu metālu noteikšana darba vides gaisā nav pieprasīta. Iespējams, ka cēlonis ir nepietiekamas darba vides risku vērtētāju zināšanas par metināšanas procesā darba vides gaisā esošajām ķīmiskajām vielām un to iespējamo risku nodarbināto veselībai, kā arī uzņēmumu finansiālie ierobežojumi.

Laika posmā no 2002.gada līdz 2009.gadam RSU Higiēnas un arodslimību laboratorija darba vides gaisā veikusi metināšanas aerosola koncentrāciju noteikšanu, mangāna noteikšanu un hroma noteikšanu 360 darba vietās. Vidēji viena gada laikā tās ir 45 darba vietas jeb metināšanas posteņi. Šis skaits varētu būt krietni lielāks, ja uzņēmumos, kur veikti darba vides gaisa mērījumi, tiktu novērtētas visas metināšanas darba vietas.

No laboratoriski veiktajām analīzēm 56,1% gadījumos metināšanas aerosola koncentrācija ir vienāda vai pārsniedz aroda ekspozīcijas robežvērtību – 4 mg/m<sup>3</sup>, mangāna ganījumā 39,6% gadījumos koncentrācija ir vienāda vai pārsniedz aroda ekspozīcijas robežvērtību – 0,1 mg/m<sup>3</sup>, tas ir samērā augsts darba vides gaisa piesārņotības rādītājs.

Veicot darba vides piesārņotājvielu iespējamās ietekmes uz nodarbināto veselību analīzi, kā raksturojošo rādītāju izmanto ekspozīcijas indeksu (EI) (Eglīte *et al.*, 2007; Martinsone & Skesters, 2009). Darba vides gaisa kvalitāte metinātāju darba vietās pēc iedarbības varbūtības arī ir vērtējama kā kritiska, jo metināšanas aerosola ekspozīcijas indekss 56,1% gadījumu ir lielāks par 1, un mangāna ekspozīcijas gadījumā tas ir - 39,6%, kas nozīmē, ka šajās darba vietās pastāv ļoti augsta noteikto ķīmisko vielu iedarbības varbūtība uz nodarbināto veselību.

Dotajā situācijā laboratorijām, sniedzot uzņēmumiem testēšanas pārskatus par darba vides gaisa piesārņojuma pakāpi, ir būtiski norādīt ne tikai piesārņotāja vidējo koncentrāciju darba vides gaisā, bet arī ekspozīcijas indeksu, kas uzņēmuma pārstāvjiem, darba aizsardzības speciālistiem un kompetentajām institūcijām, sniedz informāciju par piesārņojuma līmeni, iespējamo iedarbības pakāpi uz strādājošo veselību un obligāto veselības pārbažu veikšanas biežumu.

Ekspozīcijas indekss, kā termins, tā aprēķināšana un pielietošana mērījumu biežuma noteikšanai, ir definēts Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumos Nr. 325/2007 „Darba aizsardzības prasības saskarē ar ķīmiskām vielām” (pieņemti 15.05.2007., publicēti *Latvijas Vēstnesī* 18.05.2007), savukārt Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumi Nr. 219/2009 „Kārtība kādā veicama obligātā veselības pārbaude” (pieņemti 10.03.2009., publicēti *Latvijas Vēstnesī* 13.03.2009) nosaka obligāto veselības pārbažu biežumu atkarībā no ekspozīcijas indeksa, tomēr no laboratorijas pieredzes jāsaka, ka virkne kompetento speciālistu šo lielumu līdz galam neizprot. Līdz ar to būtu nepieciešams veikt kampaņveidīgus pasākumus valsts līmenī, kas izglītotu kompetentos speciālistu, darba devējus un arī nodarbinātos darba vides sakārtošanas jautājumos un palīdzētu rast jaunākos risinājumus ķīmisko vielu ekspozīcijas pakāpes samazināšanai.

Darba vides gaisā noteikto metināšanas aerosola koncentrāciju intervāla svārstības ir ļoti lielas, no 0,30 līdz 365,10 mg/m<sup>3</sup>, vidējā koncentrācija ( $x \pm SD$ ) 13,32 ± 33,73 mg/m<sup>3</sup> (95% TI 10,64 – 16,01), tas nozīmē, ka noteiktā arodekspozīcijas robežvērtība 4 mg/m<sup>3</sup> ir pārsniegta vairāk kā 3 reizes. Mangāna koncentrācijas darba vidē arī variē ļoti plašā diapazonā no 0,001 līdz 18,06 mg/m<sup>3</sup>, vidējā aritmētiskā koncentrācija ( $x \pm SD$ ) 0,42 ± 1,60 mg/m<sup>3</sup> (95% TI 0,27 – 0,56), un tā pārsniedz noteikto arodekspozīcijas robežvērtību 0,1 mg/m<sup>3</sup> vairāk kā 4 reizes.

No veiktajiem hroma (kopējā) koncentrācijas mērījumiem darba vides gaisā 90,3% analīžu rezultāti ir mazāki kā 1/10 no likumdošanā noteiktās arodekspozīcijas robežvērtības 1 mg/m<sup>3</sup>, un nav konstatēts neviens gadījums, kad koncentrācija darba vidē pārsniegtu

arodekspozīcijas robežvērtību vai sasniegtu kritisko robežu –  $\frac{3}{4}$  no AER. Tomēr šajā situācijā nav pamats optimismam, jo kā zināms metināšanas procesā darba vides gaisā nonāk arī  $\text{Cr}^{6+}$  savienojumi, kas ir daudz toksiskāki par  $\text{Cr}^{3+}$  savienojumiem. AER  $\text{Cr}^{6+}$  savienojumiem ir  $0,1 \text{ mg/m}^3$  un, nezinot šo hroma savienojumu koncentrāciju darba vides gaisā, mēs nevaram apgalvot, ka iedarbības bīstamība nepastāv.  $\text{Cr}^{6+}$  noteikšanas metodei darba vides gaisā ir atšķirīgs paņemtā paraugu sagatavošanas process atomabsorcijas spektrofotometriskajai analīzei, tas liedz iegūtā parauga šķīdumā noteikt tādus metālus kā Mn, Ni, Zn, Cu u.c. līdz ar to ir nepieciešami papildus gaisa paraugi šo metālu noteikšanai, un uzņēmumiem ievērojumi sadārdzinās laboratoriskie pakalpojumi.

Ir būtiski atzīmēt, ka ļoti augstās metināšanas aerosola un mangāna koncentrācijas darba vides gaisā nav uzskatāmas par izlecošām vērtībām, bet reālām darba vides situāciju raksturojošām koncentrācijām, jo visi darba vides gaisa mērījumi ir veikti reālās darba vietās un to veikšanai izmantotas atbilstošas standartmetodes. Kā norāda *Robinsons* (1986), veicot elektriskā loka metināšanu, izmantojot elektrodus (*MMAW*), identiskos darba apstākļos, nedaudz izmainot stāju vai metināšanas pozīciju, ir novērojamas lielas svārstības individuālajos ekspozīcijas rādītājos (*Robinson*, 1986).

Kā norāda *Antonini* (2003) un *Hewitt* (1996), pasaulē plašāk izmantotais metināšanas veids ir elektrometināšana (*Hewitt*, 1996; *Antonini*, 2003). Arī šajā pētījumā iegūtie rezultāti liecina, ka no visām apsekotajām darba vietām 73% tika veikta elektrometināšana. Būtiski ir atzīmēt, ka metināšanas veidi atšķiras ne tikai pēc to tehnoloģiskā risinājuma, katram metināšanas veidam ir arī savs darba vides gaisa piesārņojuma pakāpes līmenis un nedaudz atšķirīgs metināšanas aerosola sastāvā esošo metālu proporcionālais sastāvs. *Guidotti et al.* (1992) raksta, ka katru metināšanas veidu var raksturot ar metināšanas aerosola daudzumu, kas rodas vienā minūtē metināšanas darbu laikā. Veicot elektriskā loka metināšanu ar elektrodiem, šis rādītājs svārstās no 300 līdz 800 mg/minūtē, bet gāzes elektriskā loka metināšanu – no 200 līdz 500 mg/minūtē (*Guidotti et al.*, 1992). Lai arī literatūrā norādīts, ka metināšanas aerosola apjoms, kas rodas vienā minūtē, veicot elektriskā loka metināšanu ar elektrodiem ir lielāks nekā gāzes elektriskā loka metināšanā, mūsu iegūtie rezultāti parāda, ka metināšanas aerosola koncentrācijas mediāna metinātāja elpošanas zonā, veicot elektrometināšanu ar elektrodu ir  $4,10$  (95% TI  $3,69 - 4,84$ )  $\text{mg/m}^3$ , bet, veicot gāzes metināšanu, ir  $7,00$  (95% TI  $4,91 - 16,46$ )  $\text{mg/m}^3$ . Šis fakts apliecina nepieciešamību darba vietās veikt reālus darba vides gaisa kvalitātes mērījumus un, veicot risku vērtējumu un analīzi, nebalstīties tikai uz tehnoloģisko procesu aprakstiem. Risku vērtēšanas praksē, vērtējot vairākas it kā identiskas darba vietas, darba vides mērījumi tiek veikti tikai vienā no

darba vietām. Tomēr, kā liecina literatūras avotos esošā informācija (Robinson, 1986), iegūtie rezultāti un personīgie novērojumi, pat identiskās darba vietās, mainoties darbiniekam vai tā darba pozai, var būt atšķirīgi ekspozīcijas rādītāji. Rekomendācija darba aizsardzības speciālistiem un darba vides risku vērtētājiem, plānot laboratoriskos mērījumus tā, lai pakāpeniski tiktu iegūti darba vides gaisa kvalitātes mērījumu rezultāti par visām darba vietām un posteņiem. Nevis ikgadēji veikt mērījumus vienās un tajās pašās darba vietās. Turklāt, veicot risku vērtēšanu, vadīties ne tikai pēc darba vietas nosaukuma, bet ņemt vērā arī metināšanas posteņi biežāk pielietoto metināšanas metodi un metināšanas materiālus. Vērtējot darba vides riskus, ir jāparedz laboratorisko mērījumu veikšana arī metinātāju darba vietās, kas atrodas ārpus ražošanas ceļiem, piemēram, cauruļvadu remontdarbu laikā ēku pagrabos vai tranšējās. Vairumā gadījumu, šajās darba vietās nav nodrošināta pieplūdes – atsūces ventilācija, dabīgā gaisa apmaiņa notiek ar grūtībām un nodarbinātajiem nav pieejami individuālie aizsardzības līdzekļi, kas nodrošina tīra gaisa padevi.

Tā kā metināšanas aerosola un mangāna koncentrācijas darba vides gaisā svārstās ļoti plašā diapazonā un rezultātu kopu standartnovirzes ir lielākas par vidējām vērtībām, tad, veidojot grupu aprakstošo statistiku, korektāk ir izmantot mērījuma kopas mediānu vērtības kopā ar kvartiļu intervālu ( $Q_3 - Q_1$ ). Šajā pētījumā esošajām mērījumu kopām, metināšanas aerosola koncentrācijas mediāna darba vides gaisā ir  $4,46 \text{ mg/m}^3$  ( $1,95 - 9,87$ ), minimālā vērtība  $0,29 \text{ mg/m}^3$  un maksimālā vērtība  $365,10 \text{ mg/m}^3$  un mangāna koncentrācijas mediāna darba vides gaisā ir  $0,04 \text{ mg/m}^3$  ( $0,01 - 0,23$ ), minimālā vērtība  $0,001 \text{ mg/m}^3$  un maksimālā vērtība  $18,06 \text{ mg/m}^3$ . Kā redzams, mediānu vērtības ir daudz zemākas par vidējām aritmētiskajām vērtībām, bet, neskatoties uz to, metināšanas aerosolam tā pārsniedz aroda ekspozīcijas robežvērtību 1,1 reizes.

Līdz šim Latvijā veiktajos pētījumos (Lūse, 1999; Mārtiņšone, 2006; Antoneviča, 2007; Eglīte *et al.*, 2007), analizējot esošo darba vides gaisa piesārņojumu tiek izmantotas vidējās aritmētiskās vērtības, tomēr no statistikas teorijas viedokļa, korektāk ir izmantot mediānu vērtības un koncentrāciju intervālus, pretējā gadījumā atsevišķu nesakārtotu darba vietu dēļ tiek dramatisēta situācija nozarē kopumā.

Salīdzinot situāciju mūsu apsekotajās darba vietās ar citu valstu autoru publikācijās esošo informāciju, redzam, ka arī tur vērojamas plašas koncentrāciju svārstības. Norvēģu un krievu zinātnieku veiktajā pētījumā Sanktpēterburgā, ģeometriski vidējā mangāna koncentrācija metinātāju elpošanas zonā bija  $0,097 \text{ mg/m}^3$  un koncentrāciju intervāls svārstījās no  $0,003$  līdz  $4,620 \text{ mg/m}^3$  (Ellingsen *et al.*, 2006). Līdzīga situācija ir Park *et al.* veiktajā pētījumā Sanfrancisko tilta (*The Bay Bridge*) remontdarbos iesaistītiem metinātājiem,

tur ģeometriski vidējā mangāna koncentrācija metinātāju elpošanas zonā bija  $0,14 \pm 2,33$  mg/m<sup>3</sup> un koncentrāciju intervāls svārstījās no 0,03 līdz 0,67 mg/m<sup>3</sup> (Park *et al.*, 2006).

Augstas metināšanas darba vides gaisu piesārņojošo vielu koncentrācijas ir novērojamas ne tikai mūsu valsts uzņēmumos, bet arī cituviet pasaulē, un ne vienmēr metinātāja darba vietai ir iespējams pielāgot atbilstošu ventilācijas sistēmu, kas mazinātu kaitīgo vielu iespējamo ietekmi. Tāpēc, piemēram, Zviedrijā, Vācijā, Dānijā lielākā daļa metinātāji savu darbu veic piemērotos darba apgērbos un jaunākās paaudzes metinātāju maskās, kuras ir aprīkotas ar tīra gaisa padevi un „hameleona” stiklu, kas, uzsākot metināšanu, automātiski aptumšojas (skatīt 4. pielikumu).

Kopš 2002.gada līdz 2005.gadam ir vērojams straujš laboratorisko mērījumu skaita pieaugums, bet ir vērojama tendence, ka vairumā novērtēto darba vietu/darba procesu metināšanas aerosola ekspozīcijas indekss ir bijis ļoti augsts: 2002.gadā – 52,6% un 2006.gadā – 70,0%. Laboratorisko pakalpojumu izmantošanu un līdz ar to arī mērījumu skaita pieaugumu ir sekmējuši virkne kopš 2002.gada pieņemto likumdošanas aktu, kas regulē darba vides sakārtošanu un risku novērtēšanu. Savukārt augstās metināšanas aerosola koncentrācijas darba vietās liecina par darba vides nesakārtotību, kā arī par augsto metināšanas aerosola un tā komponentu iedarbības varbūtību uz nodarbināto veselību un tai pat laikā par kompetento institūciju un uzņēmumu darba aizsardzības speciālistu spēju ieraudzīt problemātiskākās darba vietās uzņēmumos, veicot darba vides risku novērtēšanu.

Lai novērtētu ķīmisko vielu ekspozīcijas ietekmi un iespējamo risku veselībai, izmanto bioloģisko paraugu analīzi, nosakot organismā uzņemtās vielas koncentrāciju biovidēs (asinīs, siekalās, matos, urīnā u.c.) vai atklājot vielu izraisītās funkcionālās pārmaiņas. Nosakot metālu līmeņus asinīs aroda eksponētām grupām un salīdzinot ar references lielumiem, iespējams novērtēt potenciālo risku veselībai (Lauwerys, 1991; Knudsen & Hansen, 2007; Baķe, 2008; Jēkabsone *et al.*, 2008; Klaassen, 2008).

Pētījuma ietvaros veikti mangāna, hroma, vara, cinka un kadmija līmeņu mērījumi asinīs aroeksponētām personām (metinātājiem) un arodneeksponētām personām (elektriķiem). Elektriķi nodarbināti tajos pašos uzņēmumos, kuros strādā metinātāji, tikai nav pakļauti metināšanas aerosola un tā sastāvā esošo metālu ietekmei, viņiem ir analoga sociālā vide un nav novērotas atšķirības uzturā. Metinātāju grupā salīdzinājumā ar elektriķu grupu konstatēts augstāks mangāna ( $p < 0,001$ ), kadmija ( $p < 0,01$ ) un cinka ( $p < 0,001$ ) līmenis asinīs, bet būtiski zemāks ir vara ( $p < 0,001$ ) līmenis asinīs.

Analizējot pētījuma datus, netika konstatēta būtiska darba stāža un vecuma ietekme uz metālu līmeņiem asinīs abās grupās.

Atbilstoši ķīmiskā riska novērtēšanas principiem, pieļaujamā kadmija koncentrācija asinīs (bioloģiskās ekspozīcijas rādītājs – BER) aroda eksponētām personām ir 5 µg/l, pētījuma dalībniekiem kadmija vidējā koncentrācija nepārsniedz references lielumu asinīs. Iegūtie rezultāti liecina, ka kadmija koncentrācija metinātāju grupā ir 1,06 µg/l (95% TI 0,72 – 1,54 µg/l), bet elektriķu grupā 0,60 µg/l (95% TI 0,40 – 1,01 µg/l), starp grupām ir vērojama statistiski ticama atšķirība ( $p < 0,01$ ). Tā kā metinātāju grupā ir lielāks smēķētāju skaits, tad likumsakarīgi grupā vērojams augstāks kadmija līmenis asinīs. Savstarpēji salīdzinot abas grupas pēc smēķēšanas paraduma, starp nesmēķētājiem un bijušajiem smēķētājiem kadmija līmenis asinīs neatšķiras, bet smēķējošiem metinātājiem kadmija līmenis ir augstāks nekā smēķējošiem elektriķiem.

Atrastais mangāna līmenis darba vidē eksponēto personu asinīs – 21,20 µg/l (95% TI 18,40 – 24,10), ir statistiski ticami augstāks ( $z=2,88$ ;  $p < 0,01$ ) nekā kontroles grupai – 17,00 µg/l (95% TI 15,63 – 19,00). Mangāna līmeņu intervāls eksponētajā grupā svārstās no 2,70 µg/l līdz 57,20 µg/l, bet neeksponētajā grupā no 1,80 µg/l – 31,60 µg/l. Salīdzinot iegūtos rezultātus ar citu autoru darbiem (Lauwerys, 1991; Barceloux, 1999), jāsecina, ka rekomendētie mangāna līmeņi asinīs neeksponētai populācijai ir zemāki, nekā mūsu pētījumā atrastie līmeņi elektriķu (neeksponēto) grupai. *D. Barceloux* darbā minētais normālais mangāna līmenis asinīs neeksponētām personām svārstās no 4 – 15 µg/l (Barceloux, 1999). *R.Lauwerys* savukārt iesaka, vērtējot mangāna savienojumu aroda ekspozīcijas risku, izmantot kā normālo mangāna līmeni asinīs mazāku nekā 10 µg/l, bet koncentrāciju 10 µg/l uzskatīt par bioloģiskās ekspozīcijas robežvērtību (maksimāli pieļaujamo līmeni) (Lauwerys, 1991). Jāatzīmē, ka *M.Ā Baķes* un kolektīva veiktajā pētījumā (Bake, 1998) par metālu līmeņiem biovidēs Latvijā, mangāna koncentrācija neeksponētajai grupai ( $n = 295$ ) bija  $15,60 \pm 5,00$  µg/l, kas arī ir augstāka nekā ārzemju autoru darbos, bet zemāks nekā rekomendētais bioloģisko ekspozīcijas rādītājs mangānam asinīs – 20 µg/l (DFG, 2003).

Viens no hipotētiski iespējamajiem paaugstinātā mangāna līmeņa cēloņiem kontroles (elektriķu) grupā salīdzinājumā ar citu valstu (ASV, Dānijas, Brazīlijas, Itālijas) neeksponētajām personām, varētu būt augstāka dzelzs un līdz ar to mangāna koncentrācija Latvijas dabas ūdeņos. Lai šo apgalvojumu noliegtu vai apstiprinātu, ir nepieciešama padziļināta vides ietekmes izpēte Latvijas populācijā.

Elektriķu grupā nav vērojamas atšķirības mangāna līmeņos pēc smēķēšanas paraduma, tas nozīmē, ka smēķēšana neietekmē mangāna līmeni asinīs, līdzīgi rezultāti ir arī *Kristiansen et al.* darbā (*Kristiansen et al.*, 1997). Savukārt bijušajiem smēķētājiem un smēķētājiem metinātāju grupā ir vērojams augstāks mangāna līmenis nekā metinātājiem nesmēķētājiem. Viens no iespējamajiem skaidrojumiem, novērotajiem nedaudz augstākajiem mangāna līmeņiem asinīs smēķējošo metinātāju vidū, varētu būt darba higiēnas neievērošana, tādējādi, iespējams, ar netīrām rokām smēķēšanas laikā mutē nokļūst metināšanas aerosola daļiņas, kas, nokļūstot kuņģa zarnu traktā, var tik uzņemtas organismā. Otra iespēja, cigarešu dūmos esošās vielas sekmē pastiprinātu mangāna savienojumu absorbciju caur elpceļiem, radot sinerģisku efektu. Šīs abas versijas ir tikai minējumi, kas prasa tālāku pētniecisku pārbaudi.

Metinātāju grupā mediāna vara (Cu) koncentrācijai asinīs ir 0,71 mg/l (95% TI 0,66 – 0,75), bet elektriķu grupā - 0,99 mg/l (95% TI 0,86 – 1,11). Veicot iegūto rezultātu apstrādi ar Manna – Vitneja testu, starp grupām ir vērojama statistiski ticama atšķirība ( $z = 4,23$ ;  $p < 0,001$ ). *Minoia et al.* pētījumā atrastais vara līmenis pilnās asinīs neeksponētai populācijai ir 0,807 – 1,643 mg/l (*Minoia et al.*, 1990), tas ir tuvs mūsu pētījumā atrastajam līmenim elektriķu asinīs. Savukārt vara līmenis metinātāju grupā ir būtiski zemāks salīdzinājumā ar elektriķu grupu un literatūras avotā minēto, kas liecina par iespējamu vara deficītu.

*Suliburska et al.* pētījuma rezultāti pierādīja statistiski zemāku vara koncentrāciju asins serumā smēķētājiem (*Suliburska et al.*, 2007). Arī mūsu veiktajā pētījumā, nosakot vara koncentrāciju pilnās asinīs, abu grupu smēķētājiem ir vērojamas zemākas vara koncentrācijas asinīs, attiecīgi, smēķējošiem metinātājiem (0,69 mg/l (95% TI 0,64 – 0,75 mg/l)) un smēķējošiem elektriķiem (0,87 mg/l (95%TI 0,69 – 1,06 mg/l)). Lai arī, attiecinot iegūtos rezultātus pret atbilstošās grupas nesmēķētājiem vai bijušajiem smēķētājiem, koncentrācijās nav vērojama statistiski ticama atšķirība, tomēr iegūtie rezultāti apliecina iespējamu smēķēšanas ietekmi uz vara koncentrāciju asinīs. Būtisks ir fakts, lai arī kontroles (elektriķu) grupā smēķējošām personām vara koncentrācija asinīs ir zemāka par nesmēķētājiem, tā tomēr nav zemāka, par references līmeni, turpretī metinātājiem, gan nesmēķētājiem, gan bijušajiem smēķētājiem, gan smēķētājiem vara koncentrācija asinīs ir zemāka par references līmeni, kas norāda uz iespējamu vara deficītu, kura cēlonis ir darba vides gaisa piesārņojums. Tā kā vara deficīts cilvēkiem ir reti novērojams, ir jāveic papildus pētījumi, kā norādīts citu autoru darbos (*Hinks et al.*, 1983; WHO, 1998a; *Liu et al.*, 2008), nosakot vara daudzumu serumā un urīnā, kā arī ceruloplazmīna koncentrāciju asinīs un vara atkarīgo fermentu aktivitāti.

Eksponētajā grupā mediāna no cinka (Zn) koncentrācijas asinīs ir 6,90 mg/l (95% TI 6,51 – 7,39), bet kontroles grupā - 6,20 mg/l (95% TI 5,82 – 6,60). Veicot iegūto rezultātu apstrādi ar Manna – Vitneja testu, starp grupām ir vērojama statistiski ticama atšķirība ( $z = 3,78$ ;  $p < 0,001$ ). Zn līmenis eksponētajā grupā ir būtiski augstāks. *Minoia et al.* pētījumā atrastais cinka līmenis pilnās asinīs neeksponētai populācijai ir  $6,340 \pm 0,210$  mg/l (intervāls 4,076 – 7,594 mg/l) (*Minoia et al.*, 1990), kas ir tuvs mūsu pētījumā atrastajam līmenim elektriķu asinīs, un arī cinka līmenis metinātāju asinīs iekļaujas references koncentrāciju intervālā.

Organismā jūtīgs piesārņojuma indikators ir Zn/Cu attiecība, normāli matos un pilnās asinīs tai jābūt 6:1. Elektriķu asinīs Zn/Cu attiecība ir tuvu rekomendētajai, proti 5,6 : 1, bet metinātāju asinīs - 9,5 : 1. No iepriekš aprakstītajiem rezultātiem redzam, ka cinka līmenis organismā ir normas robežās, līdz ar to varam secināt, ka metinātājiem organismā samazināts vara daudzums. Zn un Cu ir organismam vitāli nepieciešami elementi un to pareiza attiecība organismā ir būtiska dažādu bioķīmisku procesu nodrošināšanai. Izmainoties normālajiem metālu līmeņiem organismā, paaugstinās saslimšanas risks (*Telišman et al.*, 2001; *Pizent et al.*, 2008).

Literatūrā ir norādīts, ka ilgstoša cinka ekspozīcija ar zemākām devām izraisa simptomus, kas saistīti ar samazinātu vara uzņemšanu no pārtikas, samazinātu eritrocītu skaitu (*Liu et al.*, 2008). Diemžēl mūsu pētījuma rezultāti nevar šo faktu ne noliegt, ne apstiprināt, jo laboratorija pēc darba devēju pieprasījuma darba vides gaisā cinka koncentrāciju noteikšanu veic ne vairāk kā pāris reizes gadā. Šīs problēmas tālākai risināšanai būtu nepieciešami jauni pētījumi, jo metinātāji strādā ar dažādām metināšanas metodēm un metina dažādu metālu sakausējumus, kuru sastāvā var būt arī cinks, līdz ar to hipotētiski pastāv iespēja, ka darba vides gaisā viņi ir pakļauti ilgstošām, zemām cinka devām.

Variācijas par metālu savstarpējo mijiedarbību un ietekmi vienam uz otru, izmantojot tikai metālu noteikšanu pilnās asinīs var būt daudz. Jonu formā, metāli var būt ļoti reaģētspējīgi un var ietekmēt bioloģiskās sistēmas ļoti dažādos veidos. Tomēr organisma šūnas satur ļoti daudz ligandus, kas saista metālus. Lai novērtētu vai metāla jonam ir iespēja radīt kādas toksiskas ietekmes, ir nepieciešams noteikt ne tikai paša metāla koncentrācijas biovidēs, bet arī attiecīgā liganda daudzumu šūnā. Toksiskie metāli, izmantojot savstarpējo līdzību (valenci, kodola izmēru, reaģētspēju) ar dzīvības funkciju uzturēšanai nepieciešamajiem metāliem, var nonākt daudzās ļoti svarīgās ar metālu palīdzību uzturētās šūnu funkcijās un traucēt tās. Ir acīm redzams fakts, ka metinātājiem darba vides gaisā esošā

metināšanas aerosola sastāvdaļas (dažādu metālu savienojumi) ir veicinājušas izmaiņas asinīs esošo metālu līmeņos.

Darba vidē metinātāji ir pakļauti metināšanas aerosola sastāvā esošo metālu un kaitīgo gāzu ietekmei, ir zināms, ka primārā ietekme uz organismu ir dažādas elpceļu slimības, bet diskutabls ir jautājums vai metināšanas aerosola ietekme caur elpceļiem izraisa kādus oksidatīvo mehānismu bojājumus organismā. Veicot Cu,Zn – superoksīddismutāzes (Cu,Zn – SOD), katalāzes (CAT), glutationperoksidāzes (GPx), reducētā glutationa, un kopējo antioksidantu līmeņu noteikšanu, kā arī plazmas hemiluminiscences (HLC) noteikšanu metinātāju un elektriķu asinīs, metinātāju grupā tika konstatēti augstāki Cu,Zn – SOD un CAT un GPx līmeņi asinīs, tomēr nevienā no noteiktajiem rādītājiem starp grupām netika konstatēta statistiski ticama atšķirība. Veicot Spīrmena rangu korelācijas testu, starp lipīdu peroksīdu daudzumu un mangāna līmeni asinīs metinātāju grupā, iegūta pozitīva vāja ( $r=0,318$ ), statistiski ticama ( $p<0,001$ ) korelācija, tas nozīmē, ka palielinoties mangāna koncentrācijai organismā, vērojams lipīdu peroksīdu daudzuma jeb „oksidatīvā stresa” pieaugums. Elektriķu grupā šādas korelācijas nav novērotas.

Veicot datu analīzi izmantojot Spīrmena rangu korelācijas testu, starp lipīdu peroksīdu daudzumu un kadmija līmeni asinīs metinātāju grupā, iegūta pozitīva vidēji cieša ( $r=0,460$ ), statistiski ticama ( $p<0,001$ ) korelācija, savukārt elektriķu grupā, starp lipīdu peroksīdu daudzumu un kadmija līmeni asinīs elektriķu grupā, iegūta negatīva vidēji cieša ( $r=-0,404$ ), statistiski ticama ( $p<0,01$ ) korelācija. Tātad, zināms, ka kadmija galvenais avots organismā ir smēķēšana un uzņemšana ar pārtiku, elektriķu grupā, kuri nav pakļauti metināšanas aerosola ietekmei, pieaugot kadmija koncentrācijai asinīs, lipīdu peroksīdu daudzums samazinās, iespējams oksidatīvā stresa mazināšanu aktīvi spēj nodrošināt organismā esošie primārie antioksidanti. Metinātāju grupā lipīdu peroksīdu daudzumam organismā, novērota vidēji cieša korelācija ar kadmiju un vāja ( $r=0,318$ ) statistiski ticama ( $p<0,01$ ) korelācija ar mangānu. Abu metālu starpā, metinātāju organismā arī ir novērojama vāja ( $r=0,245$ ) statistiski ticama korelācija ( $p<0,05$ ). Tas nozīmē, ka oksidatīvais stress metinātājiem pieaug palielinoties mangāna un kadmija daudzumam organismā. Paplašinot šo domu, varu izvirzīt hipotēzi, ka metināšanas aerosolam un smēķēšanai iespējams ir sinerģiska ietekme.

Šie izmanītie metālu līmeņi metinātāju asinīs un korelācija starp mangāna līmeni asinīs un lipīdu peroksīdu daudzumu ir pierādījums darba vides gaisa piesārņojuma ietekmei uz nodarbināto veselību. Svarīgi atcerēties, ka ievērojamu metināšanas aerosola daļu veido sīki dispersas daļiņas, kuru izmērs ir mazāks par 100 nm, līdz ar to tās viegli iekļūst

zemākajos elpošanas orgānos un fagocitozes rezultātā tiek uzņemtas organismā. Tā kā metināšanai izmantotajos materiālos ir arī sārmu metāli (K, Na) un halogēni (F, Cl), tad daļa no savienojumiem, kas izveidojas metināšanas procesā, ir labi šķīstoši un tas padara šīs mazās daļiņas vēl vieglāk absorbējamas.

Metālu līmeņu monitorings metinātāju organismā mūsu valstī netiek plaši pielietots, lai gan LR Ministru kabineta noteikumi nr. 325/2007 „Darba aizsardzības prasības saskarē ar ķīmiskām vielām” (pieņemti 15.05.2007., publicēti *Latvijas Vēstnesī* 18.05.2007) nosaka bioloģiskos ekspozīcijas rādītājus, tādiem metāliem kā svinam, hromam, kadmijam. Pēc manām domām, šeit ir vairākas problēmas, proti, nav vienotas izpratnes par biomonitoringa nepieciešamību; darba devēji un nodarbinātie ir maz informēti par iespējām veikt metālu noteikšanu biovidēs; bailes no nezināmā; biomonitoringā iegūto rezultātu pareiza interpretācija, jo pastāv vēl ļoti daudz neizskaidrotu jautājumu par metālu savstarpējām attiecībām organismā kopumā un katrā no biovidēm atsevišķi.

Metināšanas aerosols un tā sastāvā esošie metāli var izraisīt būtiskus veselības traucējumus: plaušu funkciju pasliktināšanos, klepu, aizdusu, rinītu, hronisku bronhītu, astmu, pneimoniju, siderozi, fibrozi, pneimokoniozi, plaušu karcinomu, centrālās nervu sistēmas traucējumus, mangānismu, parkinsona slimību, kataraktu, eritrēmu, ādas audzējus, ļaundabīgo melanomu. Bez iepriekš nosauktajām slimībām, metinātāji ir pakļauti arī acu kairinājumam, ādas niezei, kustību traucējumiem un neauglībai, vīriešiem ir samazināts spermatozoīdu skaits (Eglīte, 2000; Antonini, 2003).

Pētījumā veicām metinātāju un biroja darbinieku (kontroles grupas) aptauju par esošām vai pārciestām slimībām un iegūtie rezultāti parāda, ka metināšanas darbos iesaistītās personas salīdzinājumā ar kontroles grupu biežāk slimo ar hroniskām augšējo elpošanas ceļu un bronhu slimībām, gremošanas trakta slimībām un reimatiskām slimībām, atšķirības ir statistiski ticamas.

Saskaņā ar Latvijas Valsts Arodslimnieku un Černobiļas AES avārijas seku rezultātā radiācijas ietekmei pakļauto personu reģistra datiem, Latvijā galvenokārt tiek konstatētas hroniskas arodslimību formas, kuras ir attīstījušās daudzu gadu gaitā. Nozīmīgāku vietu aroda patoloģijā metinātājiem ieņem hroniskas elpošanas orgānu slimības. Pēc vēl nepublicētiem reģistra datiem 2009.gadā diagnosticēto hronisko obstruktīvo plaušu slimību gadījumu un augšējo elpošanas orgānu hronisku iekaisīgu slimību gadījumu skaits salīdzinājumā ar 2005.gadu ir dubultojies. Iespējams, ka slimību atklāšanu ir sekmējuši 2009.gadā pieņemtie LR Ministru Kabineta noteikumi nr. 219/2009 „Kārtība kādā veicama obligātā veselības

pārbaude” (pieņemti 10.03.2009., publicēti *Latvijas Vēstnesī* 13.03.2009), kas nosaka obligāto veselības pārbaūžu laikā veikt ārējās elpošanas funkcijas novērtēšanu, ja darba vidē notiek saskare ar metināšanas aerosolu. Bez tam ekonomiskās krīzes rezultātā daudzi cilvēki paliek bez darba, līdz ar to metinātāji, kas ir palikuši bez darba un kuriem ir izteiktas veselības problēmas, griežas pie speciālistiem, lai noformētu arodslimības diagnozi un saņemot kompensāciju par zaudētajām darba spējām, tā nedaudz atvieglot savu sociālo stāvokli.

Atsevišķu arodslimību grupu sastāda metināšanas aerosola izraisītās nervu sistēmas slimības. Laika posmā no 1993.gada līdz 2005.gadam kopumā metinātājiem tika diagnosticēti 26 toksiskās polineuropātijas gadījumi un 11 encefalopātijas gadījumi. Iegūtos rezultātu ir grūti salīdzināt ar citām nozarēm un citu valstu datiem, jo tie doti absolūtajos skaitļos. 2009.gadā diagnosticēti 5 polineuropātijas un 3 encefalopātijas gadījumi, salīdzinot ar laika periodu no 1993.gada līdz 2005.gadam, kad vidēji gadā tika konstatētas 2 polineuropātijas un 0,8 encefalopātijas. Diagnosticēto arodslimību pieaugums ir acīm redzams.

Viens aspekts arodslimību esamībai un pieaugumam ir augstās metināšanas aerosola un tā sastāvdaļu koncentrācijas darba vides gaisā, tomēr jāatzīst, ka nodarbinātie kļūst arvien informētāki par darba vides riska faktoriem un arodslimību pazīmēm; arvien vairāk darbinieku saņem informāciju par iespējām saņemt finansiālu palīdzību arodslimību gadījumā. Valstī ir pieaudzis arodslimību ārstu skaits, iespējams uzlabojušās ārstu zināšanas (piemēram, arodslimību ārstu apmācības ilgums ir pieaudzis no 50 stundām 1998.gadā līdz 550 stundām 2009.gadā). Kopš 2009.gada spēkā stājušies Ministru kabineta noteikumi nr. 219/2009 „Kārtība kādā veicama obligātā veselības pārbaude” (pieņemti 10.03.2009., publicēti *Latvijas Vēstnesī* 13.03.2009), kas nosaka obligāto veselības apskāšu biežumu, vadoties pēc riska faktora un tā ekspozīcijas līmeņa darba vietā.

Metinātāji darba vidē saskaras ar mangānu un laboratoriski veiktās darba vides gaisa kvalitātes analīzes parāda, ka apmēram 40% no veiktajiem mērījumiem ekspozīcijas indekss ir lielāks par 1 un tas nozīmē, ka ir pārsniegta arodekspozīcijas robežvērtība. Mangānam piemīt toksiska ietekme uz nervu sistēmu, līdz ar to, ilgstoši saņemot paaugstinātas mangāna devas, var attīstīties nopietnas neiroloģiskas slimības. Ne vienmēr nodarbinātais, apmeklējot speciālistu obligāto veselības pārbaūžu laikā, ir atklāts un iespējams noklusē slimības simptomus agrīnā stadijā, par to varētu liecināt lielais hronisko slimību skaits arodslimību reģistrā. Vācijā, Zviedrijā, Dānijā un citās valstīs iespējamo neiroloģisko simptomu noskaidrošanai pirms medicīniskās apskates izmanto subjektīvās aptaujas anketas, viena no tādām ir Q16 (Sjögren *et al.*, 1990; Edling *et al.*, 1993; Chouanière *et al.*, 1997; Kiesswetter *et al.*, 1997; Lundberg *et al.*, 1997; Eglīte, 2000; Ihrig *et al.*, 2001). Anketas izvērtējumam nav

noteikta apstiprinošo atbilžu skaita robežvērtība pie kuras respondentus varētu sākt iedalīt „slimajos” un „veselajos”, tomēr izvērtējot apstiprinošo atbilžu skaitu, par „veselības stāvokļa apdraudēto grupu” būtu uzskatāmas personas, kurām ir trīs vai vairāk apstiprinošas atbildes, līdzīgi kā *Sjögren et al.* pētījumā (*Sjögren et al.*, 1990). Šī anketa varētu tikt izmantota nodarbināto aptaujai pirms došanās uz obligāto veselības pārbaudi. Par aptaujas piemērotību liecina fakts, ka metinātāju grupā trīs un vairāk pozitīvas atbildes ir 34,9% respondentu, bet kontroles grupā – 21,4%, starp grupām ir statistiski ticama atšķirība ( $\chi^2 = 9,92$ ;  $p < 0,01$ ), kā arī starp neiroloģisko simptomu biežumu un ekspozīcijas laiku, iegūta vidēja ( $r=0,446$ ), statistiski ticama ( $p < 0,01$ ) korelācija.

Kopējais neiroloģisko simptomu biežums metinātāju grupai ir statistiski ticami augstāks nekā kontroles grupai (OR = 1,91; 95% TI = 1,51 – 2,41;  $p < 0,001$ ). Metinātāji salīdzinājumā ar kontroles grupu biežāk sūdzas par sliktu atmiņu, problēmām saprast izlasītā jēgu žurnālos un avīzēs, satraukumu bez redzama iemesla, problēmām sapogāt un atpogāt pogas un starp šiem simptomiem ir statistiski ticamas atšķirības salīdzinājumā ar kontroles grupu. Diskusiju varētu raisīt nodarbināto sniegto atbilžu ticamība, bet kā norāda Amerikas pētnieku grupa (*Bowler et al.*, 2007a; *Bowler et al.*, 2007b), starp subjektīvo aptauju rezultātiem un neirologa apskatē konstatētām izmaiņām veselības stāvoklī, ir samērā augsta prevalence. Tā *Bowler et al.* pētījumā, no 62 metinātājiem 90,9% norādīja uz tremora esamību, veicot neiroloģisko apskati, 72,7 % tika konstatētas vieglas formas, bet 27,3 % - vidējas vai smagas formas tremors; bradikinēziju minēja 72,7%, no tiem neiroloģisko diagnozi apstiprināja 81,8 %; 90,9% metinātāju norādīja depresiju – medicīniski 18,2 % tika noteikta vieglas formas un 63,6% vidējas vai smagas formas depresija (kopā 81,8%).

Pašlaik esošā likumdošana obligāto veselības pārbažu biežumu nosaka, vadoties pēc ķīmiskās vielas ekspozīcijas indeksa darba vietā, tomēr, kā norāda daudzi pētnieki (*Racette et al.*, 2001; *Park et al.*, 2006; *Bowler et al.*, 2007a; *Bowler et al.*, 2007b; *Ellingsen et al.*, 2008; *Flynn & Susi*, 2009), mangāna toksiskā efekta izpausmju saistība ar darba vidē esošo mangāna koncentrāciju nav līdz galam izziņāta, nepastāv noteikta kopsakarība starp saņemto devu un konstatētajām neiroloģiskajām izmaiņām.

Pēc šī pētījuma rezultātiem rekomendējam, veicot metinātājiem obligātās veselības pārbaudes, ja metināšanas aerosola un mangāna ekspozīcijas indekss (EI) darba vides gaisā ir lielāks vai vienāds par 0,75, noteikt mangāna līmeni asinīs. Rekomendējamais bioloģiskais ekspozīcijas rādītājs (BER) ir 15  $\mu\text{g/l}$ .

## SECINĀJUMI

1. Apkopojot zinātnisko literatūru par metināšanas aerosolā esošu metālu ietekmi uz metinātāju veselību, ārzemju autoru pētījumos vairāk uzmanība tiek vērsta uz atsevišķu metālu iespējamo ietekmi, bet maz analizētas metālu savstarpējās izmaiņas un to cēloņi.
2. Pētījumā apkopota plaša informācija par darba vides gaisa mērījumiem Latvijas uzņēmumos metināšanas darbu izpildes laikā, kas ļauj objektīvi novērtēt situāciju darba vidē. Darba apstākļi metināšanas procesu izpildes vietās pētāmajā laika posmā vērtējami kā kritiski.
3. Analizējot un apkopojot informāciju vairāku uzņēmumu vai darba vietu ietvaros, iegūto rezultātu raksturošanai korektāk ir izmantot mediānu vērtības un koncentrāciju intervālus, nevis aritmētiski vidējās vērtības un to standartnovirzes. Izmantojot rezultātu prezentācijās vidējās aritmētiskās vērtības, atsevišķu nesakārtotu darba vietu dēļ tiek dramatisēta situācija nozarē kopumā.
4. Mangāna, kadmija, cinka koncentrācijas metinātāju asinīs ir statistiski ticami augstākas nekā elektriķu (kontroles) grupai, savukārt vara līmenis asinīs ir statistiski zemāks. Jāatzīmē, ka vara koncentrācija ir zemāka ne tikai salīdzinājumā ar kontroles grupu, bet arī ar citu valstu references līmeņiem un norāda uz iespējamām klīniskām izmaiņām organismā. Pētījuma rezultāti liecina par darba vides gaisa piesārņojuma būtisku ietekmi uz organismā esošo metālu savstarpējo balansu.
5. Pētījumā nav konstatēta būtiska vecuma ietekme uz mangāna, hroma, vara un cinka līmeņiem asinīs metinātāju un elektriķu grupās, bet ir vērojama tendence augstākiem kadmija līmeņiem asinīs gados jaunāko pētījuma dalībnieku vidū, kuru starpā novērots lielāks smēķētāju skaits.
6. Smēķējošiem metinātājiem un elektriķiem konstatēta statistiski ticami augstāka kadmija koncentrācija asinīs salīdzinājumā ar šo grupu nesmēķētājiem. Elektriķu grupas smēķētājiem vērojama tendence samazināties vara koncentrācijai asinīs, bet metinātāju grupā smēķēšanas ietekme uz vara līmeni nav novērota.
7. Vara koncentrācija metinātāju asinīs ir klīniski zema, tā koncentrācijas samazināšanās iemesla noskaidrošanai metinātāju grupā, ir nepieciešami papildus pētījumi, nosakot vara koncentrāciju šūnās un ceruloplazmīnu sērumā.

8. Iespējams, ka metināšanas aerosola ekspozīcija, var izraisīt sinerģisku mangāna un kadmija iedarbību metinātāju organismos, par ko liecina vāja ( $r=0,245$ ) statistiski ticama ( $p<0,05$ ) korelācija starp mangāna un kadmija līmeni metinātāju asinīs.
9. Metinātājiem ir augstāks oksidatīvā stresa marķieru līmenis asinīs nekā elektrikiem un tie biežāk slimo ar hroniskām augšējo elpošanas ceļu un bronhu slimībām ( $p<0,05$ ), gremošanas trakta slimībām ( $p<0,01$ ) un reimatiskām slimībām ( $p<0,05$ ) nekā biroja darbinieki.
10. Ilgāks metināšanas aerosola ekspozīcijas laiks (nostrādātās stundas) metinātājiem palielina neiroloģisko simptomu (sūdzību) skaitu, ko apliecina vidēja ( $r=0,446$ ), statistiski ticama ( $p<0,01$ ) korelācija.
11. Darba vidē esošā metināšanas aerosola un tā sastāvā ietilpstošo metālu ietekmi uz metinātāju veselību uzskatāmi apliecina statistiski ticami ( $p<0,001$ ) augtākais kopējais neiroloģisko simptomu biežums ( $OR = 1,91$ ; 95% TI 1,51 – 2,41), attiecībā pret biroja darbiniekiem.
12. Subjektīvā neiroloģiskā simptomu anketa Q16 ir piemērots rīks, darba vides gaisā esošo kaitīgo ķīmisko vielu iespējamās ietekmes novērtēšanai, tā ir izmantojama kā palīglīdzeklis darba vides risku vērtētājiem vai ārstu praksēs, sagatavojot dokumentāciju obligātajām veselības pārbaudēm.
13. Izmantojot metālu un bioloģisko rādītāju kompleksu monitoringu, ir iespējams agrīni novērtēt darba vides ietekmi uz nodarbināto organismu.

## PRAKTISKĀS REKOMENDĀCIJAS

Lai uzlabotu nodarbināto darba apstākļus un samazinātu arodslimību attīstības risku, kā arī lai sekmētu arodslimību agrīno pazīmju izpausmju diagnostiku metināšanas darbos iesaistītām personām, ieteicams:

1. Ieviest visaptverošu darba apstākļu kontroles un monitoringa sistēmu (iekārtu pārbaudes un apkopes, ventilācijas sistēmu tīrīšanu un efektivitātes pārbaudes u.c.).
2. Veikt regulāru darba vides riska faktoru novērtēšanu, īpaši uzsverot katrā metināšanas darba vietā vai postenī biežāk izmantoto metināšanas veidu, metināmā metāla tipu. Manuālai elektriskā loka metināšanai būtu vēlams norādīt izmantoto elektrodu marku.
3. Noteikt darba vides gaisā esošā metināšanas aerosola un tā sastāvā esošo metālu koncentrācijas. Piemēram, metinot nerūsējošo tēraudu, darba vides gaisā vēlams noteikt mangānu, hromu un niķeli, bet, metinot tēraudu ar zemu oglekļa saturu – mangānu un niķeli, kā arī, ja tiek izmantoti elektrodi, tad būtiskākās to sastāvdaļas.
4. Nodrošināt darba aizsardzības prasībām atbilstošu vidi, īpašu uzmanību pievēršot metināšanas aerosola un mangāna koncentrāciju samazināšanai (nodrošinot pietiekamu un efektīvu ventilāciju). Ja nepieciešams, veikt metinātāju darba vietu norobežošanu, lai metināšanas aerosola un tā sastāvā esošo metālu ietekmei netiktu pakļauti citu profesiju pārstāvji, piemēram, atslēdznieki vai virpotāji, kuru darba vietas bieži atrodas blakus metinātāju darba vietām.
5. Praksē ieviest jaunākās paaudzes individuālos aizsardzības līdzekļus– metināšanas maskas ar „hameleona” aizsargstikliem un svaiga gaisa padeves iespējām.
6. Nodarbināto veselības uzraudzībai, pirms obligātajām veselības pārbaudēm veikt metinātāju skrīningu izmantojot Q16 aptaujas anketu, lai arodslimību ārsti saņemtu pilnīgāku informāciju par nodarbinātā veselības stāvokli.
7. Veicot metinātājiem obligātās veselības pārbaudes, ja metināšanas aerosola un mangāna ekspozīcijas indekss (EI) darba vides gaisā ir lielāks vai vienāds par 0,75, noteikt mangāna līmeni asinīs. Rekomendējamais bioloģiskais ekspozīcijas rādītājs (BER) ir 15 µg/l.
8. Izveidot lekciju, semināru ciklu nodarbināto un darba aizsardzības speciālistu izglītošanai par metināšanas procesos esošā darba vides ķīmiskā riska faktora ietekmi uz veselību un tās samazināšanas iespējām.

## IZMANTOTĀ LITERATŪRA

- Aaseth J, Alexander J & Norseth J (1982) Uptake of <sup>51</sup>Cr by human erythrocytes - A role of glutathione. *Acta Pharmacologica et Toxicologica* **50**, 310 - 315.
- Aebi H (1984) Catalase in vitro. *Methods Enzymol* **105**, 121-126.
- AGA (2000) Skābekļa - deggāzes griešana., pp. 26. Rīga.
- Akbar-Khanzadeh F (1993) Short-term respiratory function changes in relation to workshift welding fume exposures. *International Archives of Occupational and Environmental Health* **64**, 393 - 397.
- Amaral AFS, Arruda M, Cabral S & Rodrigues AS (2008) Essential and non-essential trace metals in scalp hair of men chronically exposed to volcanogenic metals in the Azores, Portugal *Environment International* **34**, 1104-1108.
- Andersen ME, Gearhart JM & Clewell HJ (1999) Pharmacokinetic data needs to support risk assessments for inhaled and ingested manganese. *Neurotoxicology* **20**, 161 - 171.
- Antoneviča R (2007) Metālapstrādes riska faktori pēc Darba un vides veselības institūta datu bāzes. Bakalaura darbs, RSU.
- Antonini JM (2003) Health Effects of Welding. *Critical Review in Toxicology* **33**, 61-103.
- Antonini JM, Lewis AB, Roberts JR & Whaley DA (2003a) Pulmonary effects of welding fumes: review of worker and experimental animal studies. *American Journal of Industrial Medicine* **43**, 350-360.
- Antonini JM, Sriram K, Benkovic SA, Roberts JR, Stone S, Chen BT, Schwegler-Berry D, Jefferson AM, Billig BK, Felton CM, Hammer MA, Ma F, G.Frazer D, O'Callaghan JP & Miller DB (2009) Mild steel welding fume causes manganese accumulation and subtle neuroinflammatory changes but not overt neuronal damage in discrete brain regions of rats after short-term inhalation exposure. *Neurotoxicology*. **30**, 915 - 925.
- Antonini JM, Taylor MD, Zimmer AT & Roberts JR (2003b) Pulmonary responses to welding fumes: role of metal constituents. *Journal of Toxicology and Environmental Health. Part A* **67**, 233-249.
- Arthur JR & Boyne R (1985) Superoxide dismutase and glutathione peroxidase activities in neutrophils from selenium deficient and copper deficient cattle. *Life Sci* **36**, 1569-1575.

- Aschner M, Lukey B & Tremblay A (2006) The Manganese Health Research Program (MHRP): Status report and future research needs and directions. *NeuroToxicology* **27**, 733-736.
- Aschner M, Vrana KE & Zheng W (1999) Manganese uptake and distribution in the central nervous system (CNS). *Neurotoxicology* **20**, 173-180.
- ATSDR (1999) Toxicological Profile for Cadmium (update), pp. 1 - 397. Atlanta, Georgia: Agency for Toxic Substances and Disease Registry.
- ATSDR (2005) Toxicological Profile for Zinc (update), pp. 1 - 307. Atlanta, Georgia: Agency for Toxic Substances and Disease Registry.
- Bader M, Dietz MC, Ihrig A & Triebig G (1999) Biomonitoring of manganese in blood, urine and axillary hair following low-dose exposure during the manufacture of dry cell batteries. *International Archives Of Occupational And Environmental Health* **72**, 521-527.
- Bake MA (1998) Biological monitoring of metals as indicators of pollution. *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences Section B*, 24-28.
- Baķe MA, Feldnere V & Lūse I (1998) Gaisa piesārņojuma ar mangāna savienojumiem novērtēšanas kvalitātes kontrole. *Eco Balt*, 72-76.
- Baķe MĀ (2008) Gaisa piesārņotāju raksturojums un novērtējums. In *Vides veselība*, pp. 247 - 280 [M Eglīte, editor]. Rīga: Rīgas Stradiņa universitāte.
- Baķe MĀ & Eglīte M (1999) Ķīmiskās vielas un iespējamais aroda veselības risks., pp. 24. Rīga: AML/RSU Darba vides un veselības institūts.
- Barceloux DG (1999) Manganese. *Clinical Toxicology* **37**, 293 - 307.
- Beach JR, Dennis JH, Avery AJ, Bromly CL, Ward RJ, Walters EH, Stenton SC & Hebdrick DJ (1996) An epidemiologic investigation of asthma in welders. *Am J Respir Crit Care Med* **154**, 1394 - 1400.
- Becker N (1999) Cancer mortality among arc welders exposed to fumes containing chromium and nickel. Results of a third follow-up: 1989-1995. *J Occup Environ Med* **41**, 294-303.
- Bergiund M, Akesson A, Nermell B & Vahter M (1994) Intestinal absorption of dietary cadmium in women depends on body iron stores and fiber intake. *Environmental Health Perspectives* **102**, 1058 -1066.
- Beutler E, Duron O & Kelly BM (1963) Improved method for the determination of blood glutathione. *J Lab Clin Med* **61**, 882-888.

- Beyersmann D & Hartwig A (2008) Carcinogenic metal compounds: recent insight into molecular and cellular mechanisms. *Archives of Toxicology* **82**, 493 - 512.
- Bolzán AD, Bianchi MS & Bianchi NO (1997) Superoxide dismutase, catalase and glutathione peroxidase activities in human blood: influence of sex, age and cigarette smoking. *Clinical Biochemistry* **30**, 449-454
- Bonde JP & Christensen JM (1991) Chromium in biological samples from low-level exposed stainless steel and mild steel welders. *Archives Of Environmental Health* **46**, 225-229.
- Bonde JP & Ernst E (1992) Sex hormones and semen quality in welders exposed to hexavalent chromium. *Human & experimental toxicology* **11**, 259-263.
- Boogaard PJ (2007) Human biomonitoring activities - Programmes by industry. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* **210**, 259 - 261.
- Bowler RM, Gysens S, Diamond E, Booty A, Hartney C & Roels HA (2003) Neuropsychological sequelae of exposure to welding fumes in a group of occupationally exposed men. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* **206**, 517-529.
- Bowler RM, Gysens S, Diamond E, Nakagawa S, Drezgic M & Roels HA (2006) Manganese exposure: neuropsychological and neurological symptoms and effects in welders. *NeuroToxicology* **27**, 315-326.
- Bowler RM, Nakagawa S, Drezgic M, Roels HA, Park RM, Diamond E, Mergler D, Bouchard M, Bowler RP & Koller W (2007a) Sequelae of fume exposure in confined space welding: A neurological and neuropsychological case series. *Neuro Toxicology* **28**, 298-311.
- Bowler RM, Roels HA, Nakagawa S, Drezgic M, Diamond E, Park R, Koller W, Bowler RP, Mergler D, Bouchard M, Smith D, Gwiazda R & Doty RL (2007b) Dose–effect relationships between manganese exposure and neurological, neuropsychological and pulmonary function in confined space bridge welders. *Occupational and Environmental Medicine* **64**, 167 - 177.
- Bragt PC & Dura EAv (1983) Toxicokinetics of hexavalent chromium in the rat after intratracheal administration of chromates of different solubilities. *Annals of Occupational Hygiene* **27**, 315-322.
- Bridges CC & Zalups RK (2005) Molecular and ionic mimicry and the transport of toxic metals *Toxicology and Applied Pharmacology* **204**, 274-308

- Brūmelis G (1992) Monitoring of Environmental in Latvia, 2. Mapping of heavy Metals in Latvia using the shining Moss (*Hylocomium splendens* (Hedv.) Brid.). pp. 27. Riga: University of Latvia.
- Butkiene B, Mieliauskaite D, Serapinas P, Aninkevicius V, Juzikiene V, Stropuviene S & Zabulyte D (2007) Oxidant/antioxidant status and trace elements level in blood of patients suffering from rheumatoid arthritis. *Trace Elements & Electrolytes* **24**, 97-102.
- Chia T, Hsu CY & Chen HL (2008) Oxidative damage of workers in secondary metal recovery plants affected by smoking status and joining the smelting work. *Industrial Health* **46**, 174-182.
- Chinn DJ, Stevenson IC & Cotes JE (1990) Longitudinal respiratory survey of shipyard workers: effects of trade and atopic status. *British Journal of Industrial Medicine* **47**, 83-90.
- Chouanière D, Cassitto MG, Spurgeon A, Verdier A & Gilioli R (1997) An International Questionnaire to Explore Neurotoxic Symptoms. *Environmental Research* **73**, 70 - 72.
- Christensen JM (1995) Human exposure to toxic metals: factors influencing interpretation of biomonitoring results *The Science of the Total Environment* **166**, 89-135.
- Cohen MD, Zelikoff JT, Chen LC & Schlesinger R (1998) Immunotoxicologic effects of inhaled chromium: role of particle solubility and co-exposure to ozone. *Toxicology and Applied Pharmacology* **152**, 30 - 40.
- Corbett GE, Dodge DG, Flaherty EO, Liang J, Throop L, Finley BL & Kerger BD (1999) In Vitro Reduction Kinetics of Hexavalent Chromium in Human Blood. *Environmental Research* **78**, 7-11.
- Cornelis R, Heinzow B, Herber RFM, Christensen JM, Paulsen OM, Sabbioni E, Templton DM, Thomassen Y, Vahters M & Vesterberg O (1996) Sample collection guidelines for trace elements in blood and urine. IUPAC Commission of Toxicology. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* **10**, 103 - 127.
- Cornelis R, Sabbioni E & Venne MTVd (1994) Trace element reference values in tissues from inhabitants of the European Community. VII. Review of trace elements in blood, serum and urine of the Belgian population and critical evaluation of their possible use as reference values. *The Science of the Total Environment* **158**, 191 - 226.
- Cousins RJ, Liuzzi JP & Lichten LA (2006) Mammalian Zinc Transport, Trafficking, and Signals. *The Journal of Biological Chemistry* **281**, 24085-24089

- DFG (2003) *List of MAK and BAK values. Report No. 39. Commission for the Investigation of Health Hazards of Chemical Compounds in the Work Area*. Weinheim: Wiley - VCH Verlag GmbH & Co.
- Donaldson J (1987) The physiopathologic significance of manganese in brain: its relation to schizophrenia and neurodegenerative disorders. *Neurotoxicology* **8**, 451 - 462.
- Donaldson K, Tran L, Jimenez LA, Duffin R, Newby DE, Mills N, MacNee W & Stone V (2005) Combustion-derived nanoparticles: A review of their toxicology following inhalation exposure. *Particle and Fibre Toxicology* **2:10**, <http://www.particleandfibretoxicology.com/content/2/1/10>.
- Dursun N, Dogan P & Donmez H (2001) Plasma and erythrocyte lipid peroxide levels in workers with occupational exposure to lead. *Biological Trace Element Research* **82**, 29-34.
- Edling C, Anundi H, Johanson G & Nilsson K (1993) Increase in neuropsychiatric symptoms after occupational exposure to low levels of styrene. *British Journal of Industrial Medicine* **50**, 843 - 850.
- Edmé JL, Shirali P, Mereau M, Sobaszek A, Boulenguez C, Diebold F & Haguenoer JM (1997) Assessment of biological chromium among stainless steel and mild steel welders in relation to welding processes. *International Archives Of Occupational And Environmental Health* **70**, 237-242.
- Eglīte M (2000) *Darba medicīna*. Rīga.
- Eglīte M, Aulika B, Avota M, Baķe MĀ, Dundurs J, Jēkabsone I, Sprūdža D & Vanadziņš I (2008) *Vides veselība*. Rīga: Rīgas Stradiņa universitāte.
- Eglīte M, Matisāne L, Vanadziņš I, Baķe MĀ, Sprūdža D, Martinsone Ž, Mārtiņšone I & Druķis P (2007) *Darba apstākļi un riski Latvijā*, pp. 160. Rīga: A/s "Inspecta".
- Elinder CG, Friberg L, Kjellström T, Nordberg G & Oberdoerster G (1994) *Biological Monitoring of Metals*. Geneva: World Health Organization.
- Ellingsen DG, Dubeikovskaya L, Dahl K, Chashchin M, Chashchin V, Zibarev E & Thomassen Y (2006) Air exposure assessment and biological monitoring of manganese and other major welding fume components in welders. *Journal of Environ Monit* **8**, 1078-1086.
- Ellingsen DG, Konstantinov R, Bast-Pettersena R, Merkurjeva L, Chashchin M, Thomassen Y & Chashchin V (2008) A neurobehavioral study of current and former welders exposed to manganese. *NeuroToxicology* **29**, 48 - 59.

- Elsner P & Hassam S (1996) Occupational UVC-induced exacerbation of atopic dermatitis in a welder. *Contact Dermatitis* **35**, 180-181.
- Fidan F, Unlü M, Köken T, Tetik L, Akgün S, Demirel R & Serteser M (2005) Oxidant-antioxidant status and pulmonary function in welding workers. *Journal of Occupational Health* **47**, 286-292.
- Flora SD & Wetterhahn KE (1989) Mechanisms of chromium metabolism and genotoxicity. *Life Chemistry Reports* **7**, 169 - 244.
- Flynn MR & Susi P (2009) Neurological risks associated with manganese exposure from welding operations - A literature review. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* **212**, 459 - 469.
- Goyer RA (1997) Toxic and essential metal interactions. *Annual Review of Nutrition* **17**, 37-50
- Guidotti TL, Lappi VG & Langard S (1992) Hazards of welding technologies. In *Environmental and Occupational Medicine*, pp. 831 - 841 [WN Rom, editor]. Boston / Toronto / London: Little, Brown and Company.
- Halatek T, Sinczuk-Walczak H, Szymczak M & Rydzynski K (2005) Neurological and respiratory symptoms in shipyard welders exposed to manganese. *International Journal of Occupational Medicine and Environmental Health* **18**, 265-274.
- Hamilton EI, Sabbion E & . MTV (1994) Element reference values in tissues from inhabitants of the European Community. VI. Review of elements in blood, plasma and urine and a critical evaluation of reference values for the United Kingdom population. *The Science of the Total Environment* **158**, 165 - 190.
- Han SG, Kim Y, Kashon ML, Pack DL, Castranova V & Vallyathan V (2005) Correlates of Oxidative Stress and Free-Radical Activity in Serum from Asymptomatic Shipyard Welders *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine* **172**, 1541-1548.
- Handy RD (2003) Chronic effects of copper exposure versus endocrine toxicity: two sides of the same toxicological process? *Comparative Biochemistry and Physiology - Part A: Molecular & Integrative Physiology* **135**, 25-38
- Harris ED (2000) Cellular copper transport and metabolism. *Annual Review Of Nutrition* **20**, 291-310. .
- Hewitt PJ (1996) Occupational Health in Metal Arc Welding. *Indoor and Built Environment* **5**, 253-262.

- Hinks LJ, Clayton BE & Lloyd RS (1983) Zinc and copper concentrations in leucocytes and erythrocytes in healthy adults and the effect of oral contraceptives. *Journal of clinical pathology* **36**, 1016-1021.
- Howden DG, Desmeules MJA, Saracci R, Sprince NL & Herber PI (1988) Respiratory hazards of welding occupational exposure characterization. *American Review Respiratory Diseases* **138**, 1047 - 1048.
- Hudnik V, Marolt-Gomišček M & Gomišček S (1984a) The determination of trace metals in human fluids and tissues : Part 1. Estimation of “Normal Values” for Copper, Zinc, Cadmium and Manganese in Blood Serum and Liver Tissue *Analytica Chimica Acta* **157**, 143 - 150.
- Hudnik V, Marolt-Gomišček M & Gomišček S (1984b) The determination of trace metals in human fluids and tissues : Part 3. Contamination in Sampling of Blood Serum and Liver Tissue and their Stability on Storage *Analytica Chimica Acta* **157**, 303 - 311.
- Hunnicutt TN, Jr., Cracovaner DJ & Myles JT (1964) Spirometric Measurements in Welders. *Arch Environ Health* **8**, 661-669.
- Huvinen M, Uitti J, Oksa P, Palmroos P & Laippala P (2002) Respiratory health effects of long-term exposure to different chromium species in stainless steel production. *Occupational Medicine* **52**, 203 - 212.
- IARC (1990) *Chromium, Nickel and Welding. IARC Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans*. Lyon: IARC.
- Ihrig A, Triebig G & Dietz MC (2001) Evaluation of a modified German version of the Q16 questionnaire for neurotoxic symptoms in workers exposed to solvents. *Occupational and Environmental Medicine* **58**, 19 - 23.
- Imamoglu N, Yerer M-B, Donmez-Altuntas H & Saraymen R (2008) Erythrocyte antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation in the erythrocyte membrane of stainless-steel welders exposed to welding fumes and gases. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* **211**, 63-68.
- IPCS (2004) Manganese and its compounds: Environmental aspects, pp. 64 [M Sheffer, editor. Geneva: WHO.
- Ishaque AB, Johnson L, Gerald T, Boucaud D, Okoh J & Tchounwou PB (2006) Assessment of Individual and Combined Toxicities of Four Non-Essential Metals (As, Cd, Hg and Pb) in the Microtox Assay. *International Journal of Environmental Research and Public Health* **3**, 118 - 120.

- Jankovic J (2005) Searching for a relationship between manganese and welding and Parkinson's disease. *Neurology* **64**, 2021 - 2028.
- Järup L, Berglund M, Elinder CG, Nordberg G & Vahter M (1998) Health effects of cadmium exposure--a review of the literature and a risk estimate. *Scandinavian Journal Of Work, Environment and Health* **24**, 1 - 51.
- Järvisalo J, Olkinuora M, Kiilunen M & Kivistö H (1992) Urinary and blood manganese in occupationally nonexposed populations and in manual metal arc welders of mild steel. *International Archives Of Occupational And Environmental Health* **63**, 495-501.
- Jēkabsons I, Baķe MĀ & Sprūdķa D (2008) Vides veselības metodoloģija. In *Vides veselība*, pp. 95 - 126 [M Eglīte, editor]. Rīga: Rīgas Stradiņa universitāte.
- Kaļķis V, Roķa Ž & (eds.) (2001) *Darba vides riska faktori un strādājošo veselības aizsardzība*. Rīga: Elpa.
- Kasprzak KS (2002) Oxidative DNA and protein damage in metal-induced toxicity and carcinogenesis. *Free Radical Biology and Medicine* **32**, 958 - 967.
- Kerger BD, Finley BL & Corbett GE (1997) Ingestion of chromium(VI) in drinking water by human volunteers: Absorption, distribution, and excretion of single and repeated doses. *Journal of Toxicology and Environmental Health* **50**, 67-95.
- Kiesswetter E, Sietmann B & Seeber A (1997) Standardization of a questionnaire for neurotoxic symptoms. *Environmental Research* **73**, 73 - 80.
- Kiilunen M, Kivisto H & Ala-Laurila P (1983) Exceptional pharmacokinetics of trivalent chromium during occupational exposure to chromium lignosulfonate dust. *Scandinavian Journal of Work and Environmental Health* **9**, 265-271.
- Kim JY, Chen JC, Boyce PD & Christiani DC (2005) Exposure to welding fumes is associated with acute systemic inflammatory responses. *Occupational and Environmental Medicine* **62**, 157-163.
- Klaassen CD (2008) *Casarett & Doull's toxicology: The Basic Science of Poisons.*, 7th ed. New York: The McGraw - Hill Companies, Inc.
- Kļaviņš M (1996) *Vides ķīmija*. Rīga: Latvijas universitāte.
- Kļaviņš M & Roska A (1998) *Toksiskās vielas vidē*. Rīga: LU.
- Knudsen LE & Hansen AM (2007) Biomarkers of intermediate endpoints in environmental and occupational health. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* **201**, 461 - 470.
- Kobayashi K, Kuroda J, Shibata N, Hasegawa T, Seko Y, Satoh M, Tohyama C, Takano H, Imura N, Sakabe K, Fujishiro H & Himeno S (2007) Induction of metallothionein by

- manganese is completely dependent on interleukin-6 production. *J Pharmacol Exp Ther* **320**, 721-727.
- Kolarzyk E, Stepniewski M, Mendyk A, Kitlinski M & Pietrzycka A (2006) The usefulness of artificial neural networks in the evaluation of pulmonary efficiency and antioxidant capacity of welders. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* **209**, 385-392.
- Konarski P, Iwanejko I & Cwill M (2003) Core-shell morphology of welding fume micro- and nanoparticles. *Vacuum* **70**, 385 - 389.
- Kouremenou-Dona E, Dona A, Papoutsis J & Spiliopoulou C (2006) Copper and zinc concentrations in serum of healthy Greek adults. *The Science of the total environment* **359**, 76-81.
- Krachler M, Radner H & Irgolic KJ (1996) Microwave digestion methods for the determination of trace elements in brain and liver samples by inductively coupled plasma mass spectrometry. *Anal Bioanal Chem* **355**, 120-128.
- Kreituse D (1999) Svina un kadmija noteikšanas iespējas bioloģiskajos materiālos. Maģistra darbs, Latvijas universitāte.
- Kristiansen J, Christensen JM, Iversen BS & Sabbioni E (1997) Toxic trace element reference levels in blood and urine: influence of gender and lifestyle factors. *The Science of the Total Environment* **204**, 147-160.
- Langard S & Norseth T (1986) Chromium. In *Handbook on Toxicology of Metals*, pp. 185-210 [L Friberg, GF Nordberg and VB Vouk, editors]. Amsterdam: Elsevier Scientific.
- Lauwerys R (1991) Occupational Toxicology. In *Cassaret and Doull's Toxicology. The Basic Science of Poisons*, pp. 947-966.
- Leonard MB, Lawton K, Watson ID & MacFarlane I (1995a) Free radical activity in young adult cigarette smokers. *Journal of Clinical Pathology* **48**, 385-387.
- Leonard MB, Lawton K, Watson ID, Patrick A, Walker A & MacFarlane I (1995b) Cigarette smoking and free radical activity in young adults with insulin-dependent diabetes. *Diabetic medicine* **12**, 46-50.
- Lillienberg L, Zock JP, Kromhout H, Plana E, Jarvis D, Toren K & Kogevinas M (2008) A population-based study on welding exposures at work and respiratory symptoms. *The Annals of occupational hygiene* **52**, 107- 115.
- Liu J, Goyer RA & Waalkers MP (2008) Toxic Effects of Metals. In *Casarett and Doull's Toxicology: The basic science of poisons*, pp. 931 - 980 [CD Klaassen, editor]: The McGraw - Hill.

- Loon JCv (1985) *Selected methods or Trace Metal Analysis: Biological and Environmental Samples*. New York: John Wiley and Sons.
- Lucchini R, Selis L, Folli D, Apostoli P, Mutti A, Vanoni A, Iregren A & Alessio L (1995) Neurobehavioral effects of manganese in workers from a ferroalloy plant after temporary cessation of exposure. *Scandinavian Journal of Work, Environment and Health* **21**, 143-149.
- Lundberg I, Högberg M, Michélsen H, Nise G & Hogstedt C (1997) Evaluation of the Q16 questionnaire on neurotoxic symptoms and a review of its use. *Occupational and Environmental Medicine* **54**, 343 - 350.
- Lūse I (1999) Mangāns kā riska faktors. Maģistra darbs, Latvijas universitāte Ķīmijas fakultāte.
- LVS (2006) CEN ISO/TS 15011-5:2006 Veselība un drošība metināšanā un radnieciskos procesos. Lokmetināšanas radīto dūmu un gāzu paraugu ņemšanas laboratorijas metode. 5.daļa: No organiskiem materiāliem veidotu izstrādājumu metināšanas vai griešanas procesā radušos termodestrukcijas produktu identificēšana.
- Maret W & Sandstead HH (2006) Zinc requirements and the risks and benefits of zinc supplementation. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* **20**, 3 - 18.
- Martinsone I (2009) Concentration of metals in welder`s blood. In *Trace elements in human: new perspectives*, pp. 321 – 326 [S Ermidou-Pollet and S Pollet, editors]. Athens.
- Martinsone I & Skesters A (2009) Metals of welding origin in the workplace atmosphere and the exposed workers` blood. In *Trace Elements in the Food Chain*, pp. 182-186 [SM-Szentmiholyik, editor. Budapest, Hungary: Deficiency or Excess in the Environment as a Risk to Health. Working Committee on Trace Elements of the Hungarian Academy of Sciences (HAS),.
- Matisāne L (2005) Gāzes griešanai raksturīgo specifisko darba vides riska faktoru analīze. Diploma darbs, Latvijas Universitāte.
- Mārtiņšone I (2006) Koksnes impregnēšanas operātoru darba vides ķīmisko riska faktoru analīze., pp. 49. Rīga: LU.
- Mārtiņšone I, Baķe MĀ, Martinsone Ž & Eglīte M (2010) Possible hazards of work environment in metal processing industry in Latvia. *Proceedings of Latvian Academy of Sciences. Section B* **64**, 61 - 65.
- Mertz W (1981) The essential trace elements. *Science* **213**, 1332-1338.
- Miksche LW & Lewalter J (1997) Health surveillance and biological effect monitoring for chromium-exposed workers. *Regulatory Toxicology and Pharmacology* **26**, 91 - 99.

- Miller NJ, Rice-Evans C, Davies MJ, Gopinathan V & Milner A (1993) A novel method for measuring antioxidant capacity and its application to monitoring the antioxidant status in premature neonates. *Clin Sci (Lond)* **84**, 407-412.
- Minoia C, Sabbioni E, Apostoli P, Pietra R, Pozzoli L, Gallorini M, Nicolaou G, Alessio L & Capodaglio E (1990) Trace element reference values in tissues from inhabitants of the European community. I. A study of 46 elements in urine, blood and serum of Italian subjects. *The Science of the Total Environment* **95**, 89 - 105.
- Mongiati R, Gerli GC, Locatelli GF, Fortuna R & Petazzi A (1992) Erythrocyte antioxidant system and serum ceruloplasmin levels in welders. *International Archives Of Occupational And Environmental Health* **64**, 339-342.
- Moroni B & Viti C (2009) Grain size, chemistry, and structure of fine and ultrafine particles in stainless steel welding fumes. *Aerosol Science* **40**, 938 - 949.
- Mortensen JT (1988) Risk for reduced sperm quality among metal workers, with special reference to welders. *Scand J Work Environ Health* **14**, 27-30.
- Mur JM, Teculescu D, Pham QT, Gaertner M, Massin N, Meyer-Bisch C, Moulin JJ, Diebold F, Pierre F & Meurou-Poncelet B (1985) Lung function and clinical findings in a cross-sectional study of arc welders. An epidemiological study. *International archives of occupational and environmental health* **52**, 800-803
- Needham LL, Calafat AM & Barr DB (2007) Uses and issues of biomonitoring. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* **210**, 229 - 238.
- Nelson K, Golnick J, Kom T & Angle C (1993) Manganese encephalopathy: utility of early magnetic resonance imaging. *British Journal of Industrial Medicine* **1993**, 510 - 513.
- Newland MC, Cox C, Hamada R, Oberdörster G & Weiss B (1987) The clearance of manganese chloride in the primate. *Fundamental and Applied Toxicology* **9**, 314-328.
- NIOSH (2003) Manual of Analytical Methods. Particulates not otherwise regulated, total. Method: 0500, Issue 2 Atlanta, USA.
- OSHA (November, 1988) Metal and Metalloid Particulates in Workplace Atmospheres. ID-125G: Division of Physical Measurements and Inorganic Analyses; OSHA Technical Center; Salt Lake City, Utah.
- Ozdemir O, Numanoglu N, Gonullu U, Savaa I, Alper D & Gilrses H (1995) Chronic effects of welding exposure on pulmonary function tests and respiratory symptoms. *Occupational and Environmental Medicine* **52**, 800 - 803.
- Paglia DE & Valentine WN (1967) Studies on the quantitative and qualitative characterization of erythrocyte glutathione peroxidase. *J Lab Clin Med* **70**, 158-169.

- Palmer WG & Eaton JC (1998) Effects of Welding on Health - X [AW Society, editor]. Miami: American Welding Society.
- Palmer WG & Eaton JC (2001) Effects of Welding and Health - XI [AW Society, editor]. Miami, FL.
- Park RM, Bowler RM, Eggerth DE, Diamond E, Spencer KJ, Smith D & Gwiazda R (2006) Issues in neurological risk assessment for occupational exposures: The Bay Bridge welders. *NeuroToxicology* **27**, 373-384.
- Paura L & Arhipova I (2002) *Neparametriskās metodes. SPSS datorprogramma*. Jelgava: LKC.
- Perrault G, Dufresne A, Strati G, McNeil M, Michaud D, Baril M, Bégin R, Labbé J, Larivière P & Eeckhaoudt S (1995) Physico-chemical fate of chromium compounds in the sheep lung model. *Journal of Toxicology and Environmental Health* **44**, 247 - 262.
- Perrin R, Briancon S, Jeandel C, Artur Y, Minn A, Penin F & Siest G (1990) Blood activity of Cu/Zn superoxide dismutase, glutathione peroxidase and catalase in Alzheimer's disease: a case-control study. *Gerontology* **36**, 306-313.
- Pezzotto SM & Poletto L (1999) Occupation and histopathology of lung cancer: A case-control study in Rosario, Argentina. *Am J Ind Med* **36**, 437 - 443.
- Pizarro F, Olivares M, Araya M, Gidi V & Uauy R (2001) Gastrointestinal Effects Associated with Soluble and Insoluble Copper in Drinking Water. *Environmental Health Perspectives* **109**, 949-952.
- Pizent A, Macan J, Jurasović J, Varnai VM, Milković-Kraus S & Kanceljak-Macan Bi (2008) Association of toxic and essential metals with atopy markers and ventilatory lung function in women and men. *Science of The Total Environment* **390**, 369-376.
- Prikle JL, Osterloh J, Needham LL & Sampson EJ (2005) National exposure measurements for decisions to protect public health from environmental exposures. *International Journal of Hygiene and Environmental Health* **208**, 1-5.
- Proctor DM, Otani JM, Finley BL, Paustenbach DJ, Bland JA, Speizer N & Sargent EV (2002) Is hexavalent chromium carcinogenic via ingestion? A weight-of-evidence review. *Journal of Toxicology and Environmental Health. Part A* **65**, 701-746.
- Proctor DM, Panko JP, Liebig EW, Scott PK, Mundt KA, Buczynski MA, Barnhart RJ, Harris MA, Morgan RJ & Paustenbach DJ (2003) Workplace airborne hexavalent chromium concentrations for the Painesville, Ohio, chromate production plant (1943-1971). *Applied Occupational and Environmental Hygiene* **18**, 430-449.

- Racette BA, McGee-Minnich L, Moerlein SM, Mink JW, Videen TO & Perlmutter JS (2001) Welding-related parkinsonism: clinical features, treatment, and pathophysiology. *Neurology* **56**, 8-13.
- Rasčevska M & Kristapsone S (2000) *Statistika psiholoģijas pētījumos*. Rīga: Izglītības soļi.
- Robinson TJ (1986) Important variables controlling exposure to welding fume. *Occupational Health Ontario* **7**, 134 - 147.
- Rodrigues JL, Batista BL, Nunes JA, Passos CJS & Jr. FB (2008) Evaluation of the use of human hair for biomonitoring the deficiency of essential and exposure to toxic elements. *Science of The Total Environment* **405**, 370-376.
- Roels H, Lauwerys R, Buchet JP, Genet P, Sarhan MJ, Hanotiau I, Fays Md, Bernard A & Stanescu D (1987) Epidemiological survey among workers exposed to manganese: effects on lung, central nervous system, and some biological indices. *American Journal of Industrial Medicine* **11**, 307 - 327.
- Roels HA, Ghyselen P, Buchet JP, Ceulemans E & Lauwerys RR (1992) Assessment of the permissible exposure level to manganese in workers exposed to manganese dioxide dust. *British Journal of Industrial Medicine* **49**, 25 - 34.
- Rosen BP (2002) Transport and detoxification systems for transition metals, heavy metals and metalloids in eukaryotic and prokaryotic microbes. *Comparative Biochemistry and Physiology - Part A: Molecular & Integrative Physiology* **133**, 689 - 693.
- Roth JA (2006) Homeostatic and toxic mechanisms regulating manganese uptake, retention, and elimination. *Biol Res* **39**, 45-57.
- Ruža S (1994) *Metālu saturs Rīgas un Ainažu bērnu matos*. Diplomdarbs, Latvijas universitāte.
- Salnikow K & Zhitkovich A (2008) Genetic and epigenetic mechanisms in metal carcinogenesis and cocarcinogenesis: nickel, arsenic, and chromium. *Chemical Research in Toxicology* **21**, 28-44.
- Santamaria AB (2008) Manganese exposure, essentiality & toxicity. *The Indian Journal of Medical Research* **128**, 484 - 500.
- Satarug S, Garrett SH, Sens MA & Sens DA (2010) Cadmium, environmental exposure, and health outcomes. *Environmental Health Perspectives* **118**, 182 -190.
- Satarug S & Moore MR (2004) Adverse health effects of chronic exposure to low-level cadmium in foodstuffs and cigarette smoke. *Environmental Health Perspectives* **112**, 1099-1103.

- Sferlazza SJ & Beckett WS (1991) The respiratory health of welders. *The American review of Respiratory Diseases* **143**, 1134- 1148.
- Sharifian A, Gharavi M, Pasalar P & Aminian O (2009) Effect of extremely low frequency magnetic field on antioxidant activity in plasma and red blood cells in spot welders. *International Archives of Occupational and Environmental Health* **82**, 259 - 266.
- Sjögren B, Gustavsson P & Hogstedt C (1990) Neuropsychiatric symptoms among welders exposed to neurotoxic metals. *British Journal of Industrial Medicine* **47**, 704 - 707.
- Sjogren B, Iregren A, Frech W, Hagman M, Johansson L, Tesarz M & Wennberg A (1996) Effects on the nervous system among welders exposed to aluminium and manganese. *Occupational and environmental medicine* **53**, 32-40.
- Sobaszek A, Boulenguez C, Frimat P, Robin H, Haguenoer JM & Edme JL (2000) Acute respiratory effects of exposure to stainless steel and mild steel welding fumes. *Journal of occupational and environmental medicine* **42(9)**:, 923 - 931.
- Stearns DM, Belbruno JJ & Wetterhaun KE (1995) A prediction of chromium(III) accumulation in humans from chromium dietary supplements. *The FASEB Journal* **9**, 1650-1657.
- Stepens A, Logina I, Liguds V, Aldins P, Eksteina I, Platkajis A, Martinsone I, Terauds E, Rozentale B & Donaghy M (2008) A Parkinsonian Syndrome in Methcathinone Users and the Role of Manganese. *The New England Journal of Medicine* **358**, 1009-1017.
- Stepniewski M, Kolarzyk E, Pietrzycka A, Kitlinski M, Helbin J & Brzyszczyan K (2003a) Antioxidant enzymes and pulmonary function in steel mill welders. *International Journal Occupational Medicine And Environmental Health* **16**, 41-47.
- Stepniewski M, Kolarzyk E, Zagrodzki P, Solarska K, Pietrzycka A, Kitlinski M, Schlegel-Zawadzka M & Batko B (2003b) Pattern recognition methods in evaluation of the structure of the laboratory data biominerals, antioxidant enzymes, selected biochemical parameters, and pulmonary function of welders. *Biological Trace Element Research* **93**, 39-46.
- Stridsklev IC, Hemmingsen B, Schaller K-H, Raithel H-J & Langård S (1994) Biological monitoring of chromium and nickel among stainless steel welder using the tungsten inert gas - method. *Journal of Occupational Medicine and Toxicology* **3**, 43 - 55.
- Stridsklev IC, Schaller K-H & Langård S (2004) Monitoring of chromium and nickel in biological fluids of stainless steel welders using the flux-cored-wire (FCW) welding method. *International Archives Of Occupational And Environmental Health* **77**, 587-591.

- Stridsklev IC, Schaller K-H & Langård S (2007) Monitoring of chromium and nickel in biological fluids of grinders grinding stainless steel. *International Archives Of Occupational And Environmental Health* **80**, 450 - 454.
- Sugiyama M (1991) Effects of vitamins on chromium(VI)-induced damage. *Environmental Health Perspectives* **92**, 63 - 70.
- Suliburska J, Duda G & Krejpcio Z (2007) Influence of smoking on selected microelements in serum and hair of adults. *Przegl Lek.* **64**, 710 - 712.
- Takeda A (2003) Manganese action in brain function. *Brain Research Reviews* **41**, 79-87.
- Tas S, Lauwerys R & Lison D (1996) Occupational hazards for the male reproductive system. *Critical reviews in toxicology* **26**, 261-307.
- Teibe U (2007) *Bioloģiskā statistika*. Rīga: LU akadēmiskais apgāds.
- Teibe U & Berķis U (2001) *Varbūtības teorijas un matemātiskās statistikas elementi medicīnas studenim*. Rīga: AML/RSU.
- Telišman S, Jurasovic J, Pizent A & Cvitkovic P (2001) Blood pressure in relation to biomarkers of lead, cadmium, copper, zinc, and selenium in men without occupational exposure to metals. *Environmental Research* **87**, 57 - 68.
- Tenkate TD (1999) Occupational exposure to ultraviolet radiation: a health risk assessment. *Rev Environ Health* **14**, 187-209.
- Toplan S, Dariyerli N, Özcelik D & Akyolcu MC (2005) The effects of copper application on oxidative and antioxidant systems in rats. *Trace Elements & Electrolytes* **22**, 178-181.
- Toren K (1996) Self reported rate of occupational asthma in Sweden 1990 -1992. *Occupational and Environmental Medicine* **53**, 757 - 761.
- Valko M, Leibfritz D, Moncol J, Cronin MTD, Mazur M & Telser J (2007) Free radicals and antioxidants in normal physiological functions and human disease. *The International Journal of Biochemistry & Cell Biology* **39**, 44-84.
- Valko M, Morris H & Cronin MTD (2005) Metals, Toxicity and Oxidative Stress. *Current Medicinal Chemistry* **12**, 1161-1208.
- VARIAN (1988) *Analytical Methods for Graphite Tube Atomizers*. Mulgrave, Victoria, Australia: Varian Australia Pty Ltd.
- Vesterberg O, Alessio L & Brune D (1993) International project for producing reference value for concentrations or trace elements in human blood and urine - TRACY. *Scandinavian Journal of Work and Environmental Health* **19**, 19-26.
- VKMC (1996) Latvijas vides stāvokļa pārskats, pp. 171. Rīga: Latvijas Republikas vides aizsardzības un reģionālās attīstības ministrija.

- Voitkevich V (1995) Welding fume properties. In *In Welding Fumes—Formation, Properties, and Biological Effects*, pp. 18-71. Cambridge, England: Abington Publishing.
- Wagner SN, Welke F & Goos M (2000) Occupational UVA-induced allergic photodermatitis in a welder due to hydrochlorothiazide and ramipril. *Contact Dermatitis* **43**, 245-246.
- White MA & Sabbioni E (1998) Trace element reference values in tissues from inhabitants of the European Union. X. A study of 13 elements in blood and urine of a United Kingdom population *The Science of The Total Environment* **216**, 253-270.
- WHO (1981) IPCS Environmental health criteria, vol. 17. Manganese, pp. 110. Geneva: World Health Organization.
- WHO (1990) IPCS Environmental Health Criteria. Cadmium, vol. 134. In *Cadmium*, pp. 1 - 220. Geneva: World Health Organization.
- WHO (1996a) Biological Monitoring of Chemical Exposure in the Workplace. vol. 1, pp. 300. Geneva: World Health Organization.
- WHO (1996b) Environment and health indicators for use with a health and environmental geographic information system (HEGIS) for Europe, pp. 23. Copenhagen: World Health Organization.
- WHO (1998a) IPCS Environmental criteria. Vol. 200. Copper, pp. 1 - 360. Geneva: World Health Organization.
- WHO (1998b) IPCS Environmental Health Criteria. Zinc, vol. 221. In *Zinc*, pp. 1 - 360. Geneva: World Health Organization.
- WHO (2007) Health risks of heavy metals from long-range transboundary air pollution, pp. 144. Copenhagen: WHO.
- Wiegand HJ, Ottenwalder H & Bolt HM (1984) The reduction of chromium (VI) to chromium (III) by glutathione: An intracellular redox pathway in the metabolism of the carcinogen chromate. *Toxicology* **33**, 341 - 348.
- Williams PL, James RC & Roberts SM (2000) *Principles of toxicology: environmental and industrial applications*, 2nd ed. ed. New York: John Wiley & Sons.
- Wu AHB (2006) *Tietz clinical guide to laboratory tests*, 4 ed. St. Louis: W. B. Saunders Company.
- Wu W, Zhang Y & Zhang F (1996) [Studies on semen quality in workers exposed to manganese and electric welding]. *Zhonghua Yu Fang Yi Xue Za Zhi* **30**, 266-268.
- Zalups RK & Ahmad S (2003) Molecular handling of cadmium in transporting epithelia *Toxicology and Applied Pharmacology* **186**, 163-188.

- Zellāne M (2009) Metālu koncentrāciju līmeņu salīdzinājums metālapstrādes darbinieku bioīdēs. Bakalaura darbs, Rīgas Stradiņa universitāte.
- Zhu YG, Zhou JF, Shan WY, Zhou PS & Tong GZ (2004) Potential oxidative stress in the bodies of electric arc welding operators: effect of photochemical smog. *Biomedical and Environmental Sciences* **17**, 381-389.
- Zimmer AT & Biswas P (2001) Characterization of the aerosols resulting from arc welding processes. *Journal of Aerosol Science* **32**, 993-1008.

## AR DISERTĀCIJAS TĒMU SAISTĪTO PUBLIKĀCIJU SARAKSTS

### Grāmatas

1. Eglīte M., Matisāne L., Vanadziņš I., Antoneviča R., Baķe M.Ā., Boriskins A., Druķis P., Dumbrovska S., Grīnberga S., Jakimova D., Leimane S., Mangule R., Martinsone Ž., Mārtiņšone I., Piķe A., Pommers A., Reste J., Sprancis Ģ., Sprūdža D., Sudmalis P. Darba apstākļi un riski Latvijā. - Rīga, 2007.: Labklājības Ministrija, 146 lpp.

### Zinātniskie raksti

1. Luse I., Bake M.A., Bergmanis G, Podniece Z. Risk assessment of manganese. Cent Eur J Public Health, 2000; 8, Suppl p.51.
2. Luse I., Bake M. Risk assessment of workers involved in wood preservation process, Industrial toxicology, ISSN 1335-3160, Bratislava, 2003, p.234-237.
3. Mārtiņšone I., Baķe M. – Ā., Rusakova Ņ. Metālu koncentrācijas koku impregnēšanas procesa darba vidē. // Zinātniskie raksti: 2005.g medicīnas nozares pētnieciskā darba publikācijas.- Rīga: RSU, 2006.- lpp.99 - 102.
4. Stepens A., Logina I., Liguts V., Aldiņš P., Ekšteina I., Platkājis A., Mārtiņšone I., Tērauds E., Rozentāle B., Donaghy M. A Parkinsonian syndrome in methcathinone users and the role of manganese, N Engl J Med., 2008, 358(10), p. 1009-1017.
5. Martinsone I., Skesters A. Metals of welding origin in the workplace atmosphere and the exposed workers` blood. Szilagyi M. – Szentmiholyik (Eds.): Trace Elements in the Food Chain Vol. 3. Deficiency or Excess in the Environment as a Risk to Health. Working Committee on Trace Elements of the Hungarian Academy of Sciences (HAS), Budapest, Hungary. 2009, p. 182 – 186.
6. Martinsone I. Concentration of metals in welder`s blood. In proceedings of Symposium: *Trace elements in human: new perspectives*, {S Ermidou-Pollet and S Pollet, editors}. Athens, 2009, p. 321 – 326.
7. Mārtiņšone I., Baķe M.Ā., Martinsone Ž., Eglīte M. Possible hazards of work environment in metal processing industry in Latvia. *Proceedings of Latvian Academy of Sciences. Section B*, 2010, **64**, p. 61-65.

### **Tēzes kongresiem un konferencēm**

1. Baķe M.A., Lūse I., Eglīte M., Sprūdža D., Matisāne L. Aroda veselības problēmas izraisošie riska faktori Latvijas uzņēmumos. Pasaules latviešu ārstu 4.kongresa tēzes, 2001, Rīga, p.40-41.
2. Luse I., Bake M.-A., Sprudza D. Risk assessment of occupational exposure in wood preservation. In: Proceedings of the 2<sup>nd</sup> International Symposium of Occupational Health, Occupational Health 21: Qua vadis, Estonia? Tartu, 2002, p.18.
3. Stepens A., Logina I., Liguts V., Platkājis A., Aldiņš P., Ekšteina I., Mārtiņšone I. Ekstrapiramidāls sindroms narkomāniem. Medicīnas nozares zinātniskās konferences tēzes, RSU, Rīga, 2006, lpp.67.
4. Mārtiņšone I., Linņika Ž., Baķe M.Ā., Sprūdža D., Rusakova Ņ., Sudmalis P., Piķe A., Reste J., Antoneviča R., Vanadziņš I., Eglīte M., Matisāne L. Riska faktori un arodslimību dinamika metālapstrādes nozarē Latvijā. RSU zinātniskās konferences tēzes, 2007, Rīga, lpp.96.
5. Mārtiņšone I., Baķe M.Ā., Linņika Ž., Bahs G., Rusakova Ņ., Silova A., Burdukova I., Dumbrovska S. Metināšanas aerosola un metālu koncentrācija darba vides gaisā metālapstrādes procesos un tās saistība ar bioķīmiskiem rādītājiem metālapstrādes nozarē nodarbināto asinīs. RSU zinātniskās konferences tēzes, 2007, Rīga, lpp.95.
6. Baķe M.Ā., Mārtiņšone I., Rusakova Ņ., Antoneviča R., Sudmalis P., Silova A., Lārmane L., Švedovs J., Sprūdža D., Šķesters A. Ķīmisko vielu iedarbības stress metālapstrādē un enerģētikas sektorā nodarbinātajiem. RSU Zinātniskās konferences tēzes, 2008, lpp. 92.
7. Eglīte M., Vanadziņš I., Matisāne L., Baķe M.Ā., Sprūdža D., Antonēviča R., Kaņējeva S., Boriskins A., Druķis P., Dumbrovska S., Grīnberga S., Jakimova D., Leimane S., Mangule R, Martinsone Ž., Mārtiņšone I., Piķe A., Pommers A., Reste J., Sprancis Ģ., Sudmalis P. Darba apstākļi un riski Latvijā 10 gadu periodā. RSU Zinātniskās konferences tēzes, 2008, lpp. 90.
8. A. Stepens, A. Platkājis, I. Logina, V. Liguts, P. Aldiņš, I. Ekšteina, I. Mārtiņšone, E. Tērauds. Neuroanatomijas funkcionālās īpatnības slimniekam ar efedrona izraisītu parkinsonismu. RSU Zinātniskās konferences tēzes, 2008, lpp. 112.
9. Zellāne M., Baķe M.Ā., Mārtiņšone I., Rusakova Ņ., Švedovs J., Martinsone Ž. Kadmija iedarbības risks metālapstrādē un enerģētikas sektorā nodarbinātajiem. RSU Zinātniskās konferences tēzes, 2009, lpp. 108.
10. Mārtiņšone I. Metālu koncentrācija darba vides gaisā metālapstrādes procesos un tajos nodarbināto personu asinīs. 6. Latvijas ārstu kongresa tēzes, 2009, lpp. 57-58.

11. Vanadziņš I., Eglīte M., Martinsone Ž., Mārtinsons I. Darba apstākļu analīze kā pamats attīstības stratēģijas izstrādei. 6. Latvijas ārstu kongresa tēzes, 2009, lpp. 98-99.
12. Martinsons I. „Concentrations of metals in welder`s blood” In: Proceedings International Symposium „*Trace elements in human: new perspectives*” Athens, 2009, p.74
13. Mārtinsons I. Darba vides piesārņojuma ietekmes izvērtējums metinātājiem izmantojot neiroloģisko simptomu anketu Q16. RSU Zinātniskās konferences tēzes, 2010, lpp. 73.
14. Martinsons I., Bake M.A., Rusakova N. Workplace air quality and manganese blood levels for welders in Latvia. In: Abstracts of 8<sup>th</sup> *International Symposium on Biological Monitoring in Occupational and Environmental Health*, Hanasaari, Espoo, Finland, 2010, p.61.
15. Mārtinsons I., Baķe M.Ā., Rusakova N., Seile A. Metināšanas elektrodu izvēles ietekme uz darba vides gaisa kvalitāti. RSU Zinātniskās konferences tēzes, 2011, lpp. 142
16. И.Ю. Мартиньсонс, М.Я. Баке, М.ДЗ. Зеллане. Применение анкеты Q16 в оценке воздействия сварочного аэрозоля на здоровье сварщиков. *Pienemts dalībai* konferencē „Occupational diseases recognition: the standpoint of evidence-based medicine”, kas notiek 2011.gadā no 18. līdz 21. maijam, Kazaņā, Krievijā.
17. Martinsons I., Bake M.A., Rusakova N., Larmane L., Silova A. Metals and oxidative stress parameters levels in the blood of welders in Latvia. *Pienemts dalībai* 47. Eiropas Toksikologu biedrību kongresā EUROTOX2011, kas notiks 2011.gadā no 28. – 31.augustam, Parīzē, Francijā.

## PATEICĪBAS

Pētījuma autore izsaka pateicību visiem pētījuma tapšanā iesaistītajiem, bet it īpaši:

1. Savai darba vadītājai docentei, Dr. med. Mārītei Ārijai Baķei par vērtīgajiem padomiem rezultātu apkopošanā un promocijas darba sagatavošanā;
2. Pateicos darba zinātniskajai konsultantei Rīgas Stradiņa universitātes Aroda un vides medicīnas katedras vadītājai, profesorei Dr. habil. med. Maijai Eglītei par konsultācijām un atbalstu promocijas darba sagatavošanā;
3. Pateicos darba zinātniskajam konsultantam Rīgas Stradiņa universitātes Bioķīmijas laboratorijas vadītājam, asociētajam profesoram Dr. biol. Andrejam Šķesteram par konsultācijām un vērtīgajiem padomiem bioķīmisko rezultātu apstrādē;
4. Pateicos Rīgas Stradiņa universitātes Aroda un vides medicīnas katedras asociētajam profesoram Dr. chem. Jānim Dunduram par vērtīgajiem padomiem un kritiskajām piezīmēm promocijas darba sagatavošanas laikā;
5. Pateicos Rīgas Stradiņa universitātes vadībai, Doktorantūras nodaļai par palīdzību doktorantūras laikā, atbalstu un konsultācijām, kā arī par iespēju saņemt ESF un RSU zinātniskā grāda pretendenta stipendiju;
6. Pateicos visu pētījumā iesaistīto uzņēmumu vadītājiem, darba aizsardzības speciālistiem un nodarbinātajiem par interesi, atsaucību un piekrišanu dalībai projektā. Īpaši paldies Mārim Grūtupam un Jurim Kaņepem;
7. Pateicos Rīgas Stradiņa universitātes Darba drošības un vides veselības institūta Higiēnas un arodslimību laboratorijas kolektīvam un Rīgas Stradiņa universitātes Bioķīmijas laboratorijas kolektīvam par sapratni, sadarbību un atsaucību. Īpaši paldies Mairitai Zellānei.
8. Paldies maniem tuviniekiem un ģimenei, īpaši vīram un bērniem, par iecietību, sapratni un dāvāto mīlestību.

# 1. pielikums

## Piekrišanas akts līdzdalībai pētījumā

*Es esmu uzaicināts piedalīties Rīgas Stradiņa universitātes realizētā pētījumā „Ārējās vides nelabvēlīgo faktoru izplatība atsevišķos Latvijas rūpniecības uzņēmumos un tās varbūtējā saistība ar slimību risku” (RSU-ZP08/03-2) nacionālā ieviešanas plāna par noturīgiem organiskiem piesārņotājiem 2004. – 2020.gadam ietvaros, kā arī saistībā ar smago metālu uzņemšanas risku metālapstrādē.*

Nacionālā programma „Latvijas iedzīvotāju veselību apdraudošo eksogēno un endogēno faktoru izpēte” paredz īstenot politiku, lai nodrošinātu cilvēku veselības un vides aizsardzību no smago metālu un noturīgo organisko piesārņotāju kaitīgās ietekmes. Smago metālu izraisītās arodslimības ieņem vadošo vietu starp ķīmisko vielu izraisītām slimībām. Metināšanas aerosols ir būtisks darba vides gaisa piesārņotājs metināšanas procesa laikā. Plāna ietvaros ir atzīts, ka polihlorētie bifenili (PHB) ir prioritārā noturīgo organisko piesārņotāju grupa Latvijā. PHB saturošās iekārtas Latvijā nekad nav ražotas, taču tās tiek lietotas kā termoizolatori gan elektroiekārtās, gan kā piedevas hidrauliskajās eļļās un kā dielektriķi kondensatoros.

### Esmu informēts par pētījuma mērķi

**Pētījuma mērķis:** veikt smago metālu un PHB koncentrāciju apzināšanu darba vidē eksponētām personām (smago metālu un PHB noteikšana asinīs). Analogi pētījumi tiek veikti visās Eiropas Savienības valstīs.

**Risks un diskomforts, ieskaitot iespējamo psiholoģisko vai sociālo risku:** tā kā Jūs piedalīties šajā pētījumā, Jūs iegūstat plašāku informāciju par piesārņotāju ietekmi uz veselību un tā rezultātā, Jūs varat sajūst lielāku psiholoģisko spriedzi. Piedaloties šajā pētījumā Jums var rasties neērtības un nepatīkamas sajūtas, nododot asins analīzes – tiks punktēta vēna.

**Konfidencialitāte:** visa informācija, kas tiks ievākta pētījuma laikā ir konfidenciāla. Tā tiks kodēta un nekur netiks pieminēts Jūsu vārds, bet tikai Jūsu identifikācijas numurs pētījumā. Pēc pētījumu pabeigšanas dalībnieks tiks iepazīstināts ar rezultātiem. Analīžu rezultāti dos iespēju novērtēt metālu līmeņus organismā, kas nepieciešamības gadījumā ļaus agrīni veikt atveseļošanu (rekomendācijas veselības stāvokļa uzlabošanai un metālu izvadei no organisma).

**Kontaktinformācija:** ja Jums ir kādi jautājumi, Jūs to varat jautāt tūlīt vai arī vēlāk pētījuma gaitā RSU Darba drošības un vides veselības institūtā (tel. 7409187, asistente pētniecībā Inese Mārtiņšone)

*Esmu iepazīsies ar iepriekšminēto informāciju, vai tā tikusi man nolasīta priekšā. Man ir bijusi iespēja uzdot jautājumus, un uz visiem jautājumiem, ko es uzdevu, esmu saņēmis apmierinošas atbildes. Brīvprātīgi piekrītu piedalīties šajā pētījumā.*

Vārds, uzvārds: \_\_\_\_\_

Paraksts: \_\_\_\_\_

Datums: 20\_\_ .gada \_\_\_\_\_

Pētījuma veicēja vārds, uzvārds: \_\_\_\_\_

Paraksts: \_\_\_\_\_



Pasaules Veselības Organizācija, Eiropas nodaļa

Aptaujas anketa

risks grupas cilvēkiem, kas ziedos asinis metālu, oksidatīvā stresa rādītāju un noteikšanai

**KONFIDENCIĀLI!**

<b>1. Valsts:</b> <input type="text"/>	<b>2. pilsēta vai rajons</b> <input type="text"/>	<b>3. kopējais identifikācijas kods numurs:</b> <input type="text"/>
<b>4. Vecums (gados):</b>	<b>5. Dzīves vieta:</b> 1. pilēta <input type="checkbox"/> 2. mazpilsēta <input type="checkbox"/> 3. lauki <input type="checkbox"/>	
<b>6. Pašreizējie smēķēšanas paradumi?</b> 1. nesmēķētājs <input type="checkbox"/> 2. bijušais smēķētājs <input type="checkbox"/> 3. smēķētājs <input type="checkbox"/>  Ja smēķē, tad ko viņš smēķē?    1. cigaretes <input type="checkbox"/> 2. cigārus <input type="checkbox"/> 3. pīpi <input type="checkbox"/> Ja cigaretes, cik daudz dienā?    Ja cigārus, cik daudz dienā?		
<b>7. Tagadējā darba vieta:</b> 1. pilsētā <input type="checkbox"/> 2. mazpilsētā <input type="checkbox"/> 3. laukos <input type="checkbox"/> <b>8. Kādā nozarē strādā:</b> 1. metālapstrāde <input type="checkbox"/> 2. energoiekārtu apkalpošana <input type="checkbox"/> 3. cita <input type="checkbox"/> Kāda? _____	<b>9. cik ilgi strādā šajā nozarē (gadi):</b> <input type="text"/>	
<b>10. Ar kādām ķīmiskām vielām saskaras/ strādā darba vietā?</b> 1. metāli <input type="checkbox"/> 2. eļļas ar PHB <input type="checkbox"/> 3. šķīdinātāji <input type="checkbox"/> 4. citas <input type="checkbox"/> Kādas? _____	<b>11. cik dienas nedēļā strādā ar šīm vielām (dienas):</b> <input type="text"/> <b>12. cik stundas dienā strādā ar šīm vielām (stundas):</b> <input type="text"/>	
<b>13. iepriekšējās darba vietas:</b>  a) _____  b) _____  nekad nav strādājis <input type="checkbox"/>	<b>14. cik ilgi strādājis (gadi):</b> <input type="text"/>  <input type="text"/>	
<b>15. Kopējā veselības stāvokļa novērtēšanas anketa (pārciestās slimības)</b>	<b>Jā</b>	<b>Nē</b>
a) Sirds slimības (stenokardija, infarkts u.c.)		
b) Reimatisks saslimšanas (reimatisms, poliartrīts u.c)		
c) Plaušu slimības (kādas?) _____		
d) Nieru slimības (Kādas?) _____		

e) Nervu slimības (neirīti, meningīts, encefalīts u.c)		
f) Paaugstināts asinsspiediens		
g) Gremošanas trakta slimības (kādas?) _____		
h) Asins slimības un iedzimtas slimības (anēmija u.c)		
i) Kaulu – locītavu slimības (muguras sāpes u.c)		
j) Audzēji (kāds?) _____		
k) Alerģiskas dabas slimības (ekszēmas, bronhiālā astma u.c)		
l) Maņu orgānu slimības (acu, dzirdes)		
m) Uroģenotālās sistēmas slimības (urīnceļu, dzimumorgānu u.c)		
n) Iekšējās sekrēcijas dziedzeru un vielmaiņas slimības (vairogdziedzera sl., lieks svars, diabēts u.c)		
o) Ausu, deguna, kakla slimības (kādas?) _____		
p) Nelaiemes gadījumi (kāds?) _____		
q) Arodslimības (kādas?) _____		
r) Citas slimības _____		
<b>16. Neuroloģisko simptomu novērtēšanas anketa (Q16)</b>	Jā	Nē
a) Vai Jūs jūtatiespārmērīgi noguris?		
b) Vai Jums sirdsklauves ir arī tad, ja nav slodzes?		
c) Vai Jums bieži ir kādas ķermeņa daļas sāpīga trīcēšana?		
d) Vai Jūs bieži jūtaties satraukts (uzbudināts) bez kāda īpaša iemesla?		
e) Vai Jūs bieži jūtaties nomākts bez kāda īpaša iemesla?		
f) Vai Jums bieži ir problēmas koncentrēties?		
g) Vai Jums ir slikta atmiņa?		
h) Vai Jūs bieži svīstat bez kāda īpaša iemesla?		
i) Vai Jums ir problēmas sapogāt un atpogāt pogas?		
j) Vai Jums ir problēmas saprast izlasītā jēgu (laikrakstos, žurnālos, grāmatās)?		
k) Vai Jums kāds ir teicis, ka Jums ir slikta atmiņa?		
l) Vai Jūs dažreiz mēdz būt spiediena sajūta krūtīs?		
m) Vai Jūs bieži ir pierakstāt, lai varētu atcerēties?		

n) Vai jums bieži ir jāatgriežas mājās, lai pārbaudītu, vai esat aizslēdzis durvis, izslēdzis elektroierīces (gludeklis, tējkanna u.c.) un gāzes plīti?		
o) Vai Jums sāp galva vismaz vienu reizi nedēļā?		
p) Vai Jums liekas, ka mazāk interesējaties par seksu, nekā tas būtu normāli?		
<b>17. Ēšanas paradumi:</b>		
1. jaukts uzturs <input type="checkbox"/> 2. <b>veģetārietis</b> , bet ēd pienu un olas <input type="checkbox"/> 3. izteikti veģetārietis <input type="checkbox"/>		
4. cits <input type="checkbox"/> Kāds? _____		
<b>18. Cik bieži vidēji ēdat zivis vai citus jūras ēdienus?</b>		
1. nekad <input type="checkbox"/> 2. mazāk kā reizi nedēļā <input type="checkbox"/> 3. reizi nedēļā <input type="checkbox"/>		
4. divreiz nedēļā <input type="checkbox"/> 5. vairāk kā divreiz nedēļā <input type="checkbox"/>		
<b>19. Cik bieži vidēji uzturā lietojat pienu un piena produktus?</b>		
1. nekad <input type="checkbox"/> 2. vairāk kā divreiz nedēļā, bet ne katru dienu <input type="checkbox"/> 3. divreiz nedēļā vai retāk <input type="checkbox"/>		
4. katru dienu <input type="checkbox"/>		
<b>20. Cik bieži vidēji uzturā lietojat sieru?</b>		
1. nekad <input type="checkbox"/> 2. vairāk kā divreiz nedēļā, bet ne katru dienu <input type="checkbox"/> 3. divreiz nedēļā vai retāk <input type="checkbox"/>		
4. katru dienu <input type="checkbox"/>		
<b>Cik bieži vidēji uzturā lietojat liellopa gaļu?</b>		
1. nekad <input type="checkbox"/> 2. vairāk kā divreiz nedēļā, bet ne katru dienu <input type="checkbox"/> 3. divreiz nedēļā vai retāk <input type="checkbox"/>		
4. katru dienu <input type="checkbox"/>		
<b>21. Kādus medikamentus, cik daudz un cik ilgi lietojis pirms asins paraugu ņemšanas (ieskaitot vitamīnus un citus uztura bagātinātājus):</b>		
Kādus? _____		
<b>22. Alkohola lietošanas ieradumi:</b>		
<b>Cik bieži Jūs lietojat alkoholiskus dzērienus?</b>		
1. vairākas reizes gadā		
2. 2-3 reizes mēnesī		
3. reizi nedēļā un biežāk		
4. nelietoju		

**23.** Ja lietojat, tad kādiem alkoholiskiem dzērieniem dodat priekšroku?

1. alus
2. vīns
3. degvīns (konjaks, brendijs u.c. stiprais alkohols)

**24.** Jūsu auguma garums: \_\_\_\_\_ cm

**25.** Jūsu svars: \_\_\_\_\_ kg

Aptauju veica: (vārds)

Datums:

Paraksts:

RSU ĒTIKAS KOMITEJAS LĒMUMS

Rīga, Dzirciema iela 16, LV-1007  
Tel.67409137

Komitejas sastāvs	Kvalifikācija	Nodarbošanās
1. Asoc. prof. Olafs Brūvers	Dr.miss.	teologs
2. Profesore Vija Sīle	Dr.phil.	filozofs
3. Docente Santa Purviņa	Dr.med.	farmakologs
4. Asoc. prof. Voldemārs Arnis	Dr.biol.	rehabilitologs
5. Asoc. prof. Egils Korņevs	Dr.habil.med.	stomatologs

Pieteikuma iesniedzējs: Inese Mārtiņšone  
Doktorantūras nodaļa

Pētījuma nosaukums: Metālu koncentrācijas darba vides gaisā un biovidēs, to radītais veselības risks nodarbinātajiem Latvijā

Iesniegšanas datums: 04.06.2010.

Pētījuma protokols:

(X) Pētījuma veids: Pētījums kvalificējams kā prospektīvs kvalitatīvs pētījums.

(X) Pētījuma populācija: mērķa grupa - 100 arodeksponētas personas (metinātāji) un kontroles grupa - 100 arodneeksponētas personas (elektriķi)

(X) Informācija par pētījumu:

(X) Piekrišana dalībai pētījumā:

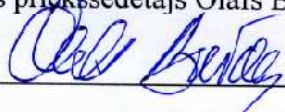
Citi dokumenti:

1. Aptaujas anketa
2. AS "..." s" atļauja pētījuma veikšanai
3. Darba vadītāja apstiprinājums

**Lēmums:** piekrist biomedicīniskajam pētījumam

Komitejas priekšsēdētājs Olafs Brūvers

Paraksts



Tituls: Dr.miss., asoc.prof.

Ētikas komitejas sēdes datums: 10.06.2010.



## 2. pielikums

### „4. nodaļas rezultātu tabulas”

1. **tabula.** Manna – Vitneja (*Mann – Whitney*) analīzes raksturlielumi, salīdzinot metināšanas aerosola koncentrācijas darba vides gaisā dažādos metināšanas veidos
2. **tabula.** Elektriķu grupas metālu līmeņu, bioķīmisko rādītāju, vecuma, smēķēšanas paradumu un darba stāža korelāciju tabula
3. **tabula.** Metinātāju grupas metālu līmeņu, bioķīmisko rādītāju, vecuma, smēķēšanas paradumu un darba stāža korelāciju tabula
4. **tabula.** Metālu līmeņi elektriķu asinīs (mediānas ar 95%TI un kvartiļu Q3-Q1 intervālu) dažādās darba stāža grupās
5. **tabula.** Metālu līmeņi metinātāju asinīs (mediānas ar 95%TI un kvartiļu Q3-Q1 intervālu) dažādās darba stāža grupās
6. **tabula.** Metāla līmeņi neeksponēto (**elektriķu**) personu asinīs atkarībā no smēķēšanas paraduma
7. **tabula.** Metāla līmeņi arodeksponēto (**metinātāju**) personu asinīs atkarībā no smēķēšanas paraduma
8. **tabula.** Bioķīmiskie rādītāji neeksponēto (**elektriķu**) personu asinīs, iedalījums grupās pēc smēķēšanas paraduma
9. **tabula.** Bioķīmiskie rādītāji eksponēto (**metinātāju**) personu asinīs, iedalījums grupās pēc smēķēšanas paraduma
10. **tabula.** Manna – Vitneja (*Mann – Whitney*) analīzes raksturlielumi, salīdzinot bioķīmisko rādītāju līmeņus asinīs arodeksponētām (metinātājiem) un neeksponētām (elektriķiem) personām atkarībā no smēķēšanas paraduma
11. **tabula.** Hemoluminiscences parametru korelācija ar vecumu, darba stāžu, metālu un bioķīmisko rādītāju līmeņiem asinīs **elektriķu grupā**, veicot Spīrmena rang korelācijas testu
12. **tabula.** Hemoluminiscences parametru korelācija ar vecumu, darba stāžu, kumulatīvo ekspozīcijas laiku, metālu un bioķīmisko rādītāju līmeņiem asinīs **metinātāju grupā**, veicot Spīrmena rang korelācijas testu

**1. tabula.** Manna – Vitneja (*Mann – Whitney*) analīzes raksturlielumi, salīdzinot metināšanas aerosola koncentrācijas darba vides gaisā dažādos metināšanas veidos

Rādītājs	Metināšanas veidi	N	Mediāna ( $Q_1 - Q_3$ )	U	z	p
Metināšanas aerosols, mg/m <sup>3</sup>	Elektrometināšana	275	4,10 (1,81 – 9,78)	2979,0	1,694	0,0903
	Gāzes metināšana	27	7,00 (2,83 – 22,78)			
Metināšanas aerosols, mg/m <sup>3</sup>	Elektrometināšana	275	4,10 (1,81 – 9,78)	5466,0	1,900	0,0575
	Gāzes griešana	48	8,55 (1,92 – 14,69)			
Metināšanas aerosols, mg/m <sup>3</sup>	Elektrometināšana	275	4,10 (1,81 – 9,78)	2047,5	3,845	< 0,001
	Citi veidi	27	1,10 (0,54 – 5,33)***			
Metināšanas aerosols, mg/m <sup>3</sup>	Gāzes metināšana	27	7,00 (2,83 – 22,78)	647,0	0,011	0,9912
	Gāzes griešana	48	8,55 (1,92 – 14,69)			
Metināšanas aerosols, mg/m <sup>3</sup>	Gāzes griešana	48	8,55 (1,92 – 14,69)	265,0	4,23	< 0,001
	Citi veidi	27	1,10 (0,54 – 5,33)***			
Metināšanas aerosols, mg/m <sup>3</sup>	Gāzes metināšana	27	7,00 (2,83 – 22,78)	169,0	3,382	< 0,001
	Citi veidi	27	1,10 (0,54 – 5,33)***			
Mangāns, mg/m <sup>3</sup>	Elektrometināšana	194	0,08 (0,01 – 0,42)	1685,5	0,243	0,8080
	Gāzes metināšana	18	0,24 (0,002 – 0,40)			
Mangāns, mg/m <sup>3</sup>	Elektrometināšana	194	0,08 (0,01 – 0,42)***	1609,5	3,937	< 0,001
	Gāzes griešana	30	0,01 (0,003 – 0,025)			
Mangāns, mg/m <sup>3</sup>	Elektrometināšana	194	0,08 (0,01 – 0,42)***	1015,5	3,773	< 0,001
	Citi veidi	21	0,006 (0,001 – 0,059)			
Mangāns, mg/m <sup>3</sup>	Gāzes metināšana	18	0,24 (0,002 – 0,40)	194,0	1,662	0,1047
	Gāzes griešana	30	0,01 (0,003 – 0,025)			
Mangāns, mg/m <sup>3</sup>	Gāzes griešana	30	0,01 (0,003 – 0,025)	272,5	0,814	0,4154
	Citi veidi	21	0,006 (0,001 – 0,059)			
Mangāns, mg/m <sup>3</sup>	Gāzes metināšana	18	0,24 (0,002 – 0,40)	92,0	2,739	0,006
	Citi veidi	21	0,006 (0,001 – 0,059)**			

Statistiski ticama atšķirība starp metinātājiem un elektriķiem smēķēšanas paraduma ietvaros, veicot aprēķinus ar Manna – Vitneja testu: \* -  $p < 0,05$ ; \*\* -  $p < 0,01$ ; \*\*\* -  $p < 0,001$

**2. tabula. Elektriķu grupas metālu līmeņu, bioķīmisko rādītāju, vecuma, smēķēšanas paradumu un darba stāža korelāciju tabula**

Spīrmena rangu korelācija		Vecums	Smēķēšana	Darba stāžs	Mn	Cr	Cd	Cu	Zn	Zn:Cu	Hb	SOD	Katalāze	GPx	Reducētais glutations	KA
Vecums, gadi	Korelācijas koeficients		-0,244	0,682	0,010	-0,057	-0,254	0,163	-0,081	-0,249	0,046	-0,087	-0,027	0,086	0,238	0,226
	Nozīmības līmenis, p n		0,075 54	<0,001 54	0,947 47	0,698 48	0,072 51	0,259 50	0,580 49	0,098 45	0,831 24	0,541 52	0,847 52	0,544 52	0,090 52	0,112 51
Smēķēšana	Korelācijas koeficients	-0,244		-0,086	-0,022	0,287	0,557	-0,190	-0,292	0,045	-0,052	0,077	0,153	-0,107	0,061	0,093
	Nozīmības līmenis, p n	0,075 54		0,535 54	0,883 47	0,048 48	<0,001 51	0,187 50	0,042 49	0,769 45	0,809 24	0,585 52	0,277 52	0,452 52	0,668 52	0,515 51
Darba stāžs, gadi	Korelācijas koeficients	0,682	-0,086		0,034	-0,186	-0,071	0,234	-0,091	-0,231	-0,163	-0,029	0,185	0,262	0,203	0,244
	Nozīmības līmenis, p n	<0,001 54	0,535 54		0,820 47	0,206 48	0,618 51	0,101 50	0,534 49	0,738 45	0,447 24	0,841 52	0,190 52	0,061 52	0,150 52	0,085 51
Mn, µg/l	Korelācijas koeficients	0,010	-0,022	0,034		-0,289	0,024	0,286	-0,041	-0,386	-0,200	-0,264	-0,058	0,253	0,022	-0,032
	Nozīmības līmenis, p n	0,947 47	0,883 47	0,820 47		0,060 43	0,876 46	0,057 45	0,793 44	0,013 41	0,386 21	0,080 45	0,702 46	0,093 45	0,885 45	0,829 47
Cr, µg/l	Korelācijas koeficients	-0,057	0,287	-0,186	-0,289		0,396	-0,280	0,047	0,246	-0,114	-0,057	0,130	0,009	0,034	-0,007
	Nozīmības līmenis, p n	0,698 48	0,048 48	0,206 48	0,060 43		0,006 47	0,060 46	0,758 45	0,122 41	0,633 20	0,707 46	0,388 46	0,953 47	0,822 46	0,963 46
Cd, µg/l	Korelācijas koeficients	-0,254	0,557	-0,071	0,024	0,396		-0,291	0,103	0,280	-0,375	0,003	0,189	-0,198	0,160	-0,135
	Nozīmības līmenis, p n	0,072 51	<0,001 51	0,618 51	0,876 46	0,006 47		0,043 49	0,487 48	0,066 44	0,085 22	0,981 49	0,192 49	0,173 49	0,271 49	0,357 49
Cu, mg/l	Korelācijas koeficients	0,163	-0,190	0,234	0,286	-0,280	-0,291		-0,147	-0,880	0,096	0,256	0,069	0,428	0,123	0,070
	Nozīmības līmenis, p n	0,259 50	0,187 50	0,101 50	0,057 45	0,060 46	0,043 49		0,323 47	<0,001 45	0,686 20	0,080 48	0,641 48	0,002 48	0,405 48	0,636 48
Zn, mg/l	Korelācijas koeficients	-0,081	-0,292	-0,091	-0,041	0,047	0,103	-0,147		0,554	0,115	0,065	0,334	-0,001	-0,037	0,068
	Nozīmības līmenis, p n	0,580 49	0,042 49	0,534 49	0,793 44	0,758 45	0,487 48	0,323 47		<0,001 45	0,628 20	0,661 48	0,022 47	0,996 47	0,805 47	0,650 47
Zn:Cu attiecība	Korelācijas koeficients	-0,249	0,045	-0,231	-0,386	0,246	0,280	-0,880	0,554		-0,132	-0,080	0,126	-0,276	-0,158	0,054
	Nozīmības līmenis, p n	0,098 45	0,769 45	0,738 45	0,013 41	0,122 44	0,066 44	<0,001 45	<0,001 45		0,612 17	0,606 44	0,420 43	0,073 43	0,311 43	0,725 44
Hemoglobīns, g/l (Hb)	Korelācijas koeficients	0,046	-0,052	-0,163	-0,200	-0,114	-0,375	0,096	0,115	-0,132		-0,062	-0,042	-0,460	0,173	0,253
	Nozīmības līmenis, p n	0,831 24	0,809 24	0,447 24	0,386 21	0,633 20	0,085 22	0,686 20	0,628 20	0,612 17		0,784 22	0,844 24	0,031 22	0,429 23	0,244 23
Cu,Zn – superoksīdismutāze, U/gHb, SOD)	Korelācijas koeficients	-0,087	0,077	-0,029	-0,264	-0,057	0,003	0,256	0,065	-0,080	-0,062		0,015	0,237	-0,242	-0,147
	Nozīmības līmenis, p n	0,541 52	0,585 52	0,841 52	0,080 45	0,707 46	0,981 49	0,080 48	0,661 48	0,606 44	0,784 22		0,917 50	0,097 50	0,090 50	0,315 49
Katalāze, k/gHb	Korelācijas koeficients	-0,027	0,153	0,185	-0,058	0,130	0,189	0,069	0,334	0,126	-0,042	0,015		-0,038	-0,058	0,001
	Nozīmības līmenis, p n	0,847 52	0,277 52	0,190 52	0,702 46	0,388 46	0,192 49	0,641 48	0,022 47	0,420 43	0,844 24	0,917 50		0,794 50	0,688 50	0,996 49
Glutationperoksīdāze, U/l, (GPx)	Korelācijas koeficients	0,086	-0,107	0,262	0,253	0,009	-0,198	0,428	-0,001	-0,276	-0,460	0,237	-0,038		0,006	0,083
	Nozīmības līmenis, p n	0,544 52	0,452 52	0,061 52	0,093 45	0,953 47	0,173 49	0,002 48	0,996 47	0,073 43	0,031 22	0,097 50	0,794 50		0,967 50	0,573 49
Reducētais glutations, mg/dl	Korelācijas koeficients	0,238	0,061	0,203	0,022	0,034	0,160	0,123	-0,037	-0,158	0,173	-0,242	-0,058	0,006	0,399	0,399
	Nozīmības līmenis, p n	0,090 52	0,668 52	0,150 52	0,885 45	0,822 46	0,271 49	0,405 48	0,805 47	0,311 43	0,429 23	0,090 50	0,688 50	0,967 50	0,005 49	0,399 49
Kopējie antioksidanti, Mmol/l (KA)	Korelācijas koeficients	0,226	0,093	0,244	-0,032	-0,007	-0,135	0,070	0,068	0,054	0,253	-0,147	0,001	0,083	0,399	0,399
	Nozīmības līmenis, p n	0,112 51	0,515 51	0,085 51	0,829 47	0,963 46	0,357 49	0,636 48	0,650 47	0,725 44	0,244 23	0,315 49	0,996 49	0,573 49	0,005 49	0,399 49

**3. tabula. Metinātāju grupas metālu līmeņu, bioķīmisko rādītāju, vecuma, smēķēšanas paradumu un darba stāža korelāciju tabula**

Spīrmena rangu korelācija		Vecums	Darba stāžs	Smēķēšana	Mn	Cr	Cd	Cu	Zn	Zn:Cu	Hb	SOD	Katalāze	GPx	Reducētais glutations	KA
Vecums, gadi	Korelācijas koeficients		0,773	-0,220	0,018	0,039	-0,204	-0,078	0,072	0,129	-0,263	-0,263	-0,097	0,093	-0,160	-0,000
	Nozīmības līmenis, p n		<0,001 97	0,030 97	0,872 85	0,729 80	0,051 92	0,462 92	0,493 92	0,224 91	0,065 50	0,010 95	0,351 94	0,373 94	0,118 97	0,998 95
Darba stāžs, gadi	Korelācijas koeficients	0,773		-0,160	-0,003	-0,143	-0,132	0,076	0,082	-0,029	-0,076	-0,057	0,002	0,058	-0,111	-0,083
	Nozīmības līmenis, p n	<0,001 97		0,117 97	0,980 85	0,205 80	0,208 92	0,471 92	0,439 92	0,787 91	0,599 50	0,581 95	0,986 94	0,576 94	0,278 97	0,423 95
Smēķēšana	Korelācijas koeficients	-0,220	-0,160		-0,055	0,010	0,427	-0,025	0,156	0,084	0,059	0,006	0,005	-0,058	0,016	0,042
	Nozīmības līmenis, p n	0,030 97	0,117 97		0,614 85	0,927 80	<0,001 92	0,816 92	0,138 92	0,429 91	0,685 50	0,953 95	0,964 94	0,576 94	0,876 97	0,689 95
Mn, µg/l	Korelācijas koeficients	0,018	-0,003	-0,055		-0,026	0,245	0,155	-0,165	-0,164	-0,282	0,005	-0,186	-0,091	-0,166	0,091
	Nozīmības līmenis, p n	0,872 85	0,980 85	0,614 85		0,827 72	0,024 84	0,158 84	0,133 84	0,139 83	0,058 46	0,964 85	0,093 83	0,415 82	0,129 85	0,411 84
Cr, µg/l	Korelācijas koeficients	0,039	-0,143	0,010	-0,026		0,142	-0,163	0,075	0,139	0,151	-0,310	0,119	-0,014	0,236	0,296
	Nozīmības līmenis, p n	0,729 80	0,205 80	0,927 80	0,827 72		0,210 80	0,152 79	0,513 79	0,225 78	0,328 44	0,005 80	0,298 78	0,906 78	0,035 80	0,008 79
Cd, µg/l	Korelācijas koeficients	-0,204	-0,132	0,427	0,245	0,142		0,274	-0,218	-0,287	0,106	-0,006	0,032	0,009	-0,045	0,337
	Nozīmības līmenis, p n	0,051 92	0,208 92	<0,001 92	0,024 84	0,210 80		0,009 91	0,038 91	0,006 90	0,484 46	0,957 92	0,768 90	0,932 90	0,673 92	0,001 91
Cu, mg/l	Korelācijas koeficients	-0,078	0,076	-0,025	0,155	-0,163	0,274		-0,265	-0,890	-0,056	-0,020	0,090	-0,191	-0,142	0,071
	Nozīmības līmenis, p n	0,462 92	0,471 92	0,816 92	0,158 84	0,152 79	0,009 91		0,011 91	<0,001 91	0,713 46	0,850 92	0,397 90	0,073 89	0,176 92	0,503 91
Zn, mg/l	Korelācijas koeficients	0,072	0,082	0,156	-0,165	0,075	-0,218	-0,265		0,641	-0,015	-0,021	-0,007	0,015	0,252	-0,199
	Nozīmības līmenis, p n	0,493 92	0,439 92	0,138 92	0,133 84	0,513 79	0,038 91	0,011 91		<0,001 91	0,920 46	0,843 92	0,945 90	0,888 89	0,015 92	0,058 91
Zn:Cu attiecība	Korelācijas koeficients	0,129	-0,029	0,084	-0,164	0,139	-0,287	-0,890	0,641		0,044	-0,003	-0,139	0,108	0,165	-0,162
	Nozīmības līmenis, p n	0,224 91	0,787 91	0,429 91	0,139 83	0,225 78	0,006 90	<0,001 91	<0,001 91		0,771 46	0,979 91	0,194 89	0,315 88	0,119 91	0,128 90
Hemoglobīns, g/l (Hb)	Korelācijas koeficients	-0,263	-0,076	0,059	-0,282	0,151	0,106	-0,056	-0,015	0,044		0,108	0,164	-0,108	0,023	0,310
	Nozīmības līmenis, p n	0,065 50	0,599 50	0,685 50	0,058 46	0,328 44	0,484 46	0,713 46	0,920 46	0,771 46		0,464 48	0,261 49	0,455 50	0,875 50	0,032 48
Cu,Zn – superoksīdismutāze, U/gHb, SOD)	Korelācijas koeficients	-0,263	-0,057	0,006	0,005	-0,310	-0,006	-0,020	-0,021	-0,003	0,108		-0,030	-0,157	-0,203	-0,089
	Nozīmības līmenis, p n	0,010 95	0,581 95	0,953 95	0,964 85	0,005 80	0,957 92	0,850 92	0,843 92	0,979 91	0,464 48		0,778 93	0,134 92	0,049 95	0,395 94
Katalāze, k/gHb	Korelācijas koeficients	-0,097	0,002	0,005	-0,186	0,119	0,032	0,090	-0,007	-0,139	0,164	-0,030		0,040	0,348	0,148
	Nozīmības līmenis, p n	0,351 94	0,986 94	0,964 94	0,093 83	0,298 78	0,768 90	0,397 90	0,945 90	0,194 89	0,261 49	0,778 93		0,707 91	0,001 94	0,158 93
Glutationperoksīdāze, U/l, (GPx)	Korelācijas koeficients	0,093	0,058	-0,058	-0,091	-0,014	0,009	-0,191	0,015	0,108	-0,108	-0,157	0,040		0,125	0,100
	Nozīmības līmenis, p n	0,373 94	0,576 94	0,576 94	0,415 82	0,906 78	0,932 90	0,073 89	0,888 89	0,315 88	0,455 50	0,134 92	0,707 91		0,231 94	0,342 92
Reducētais glutations, mg/dl	Korelācijas koeficients	-0,160	-0,111	0,016	-0,166	0,236	-0,045	-0,142	0,252	0,165	0,023	-0,203	0,348	0,125		0,087
	Nozīmības līmenis, p n	0,118 97	0,278 97	0,876 97	0,129 85	0,035 80	0,673 92	0,176 92	0,015 92	0,119 91	0,875 50	0,049 95	0,001 94	0,231 94		0,402 95
Kopējie antioksidanti, Mmol/l (KA)	Korelācijas koeficients	-0,000	-0,083	0,042	0,091	0,296	0,337	0,071	-0,199	-0,162	0,310	-0,089	0,148	0,100	0,087	
	Nozīmības līmenis, p n	0,998 95	0,423 95	0,689 95	0,411 84	0,008 79	0,001 91	0,503 91	0,058 91	0,128 90	0,032 48	0,395 94	0,158 93	0,342 92	0,402 95	

**4. tabula.** Metālu līmeņi elektriķu asinīs (mediānas ar 95%TI un kvartiļu  $Q_3-Q_1$  intervālu) dažādās darba stāža grupās

Darba stāža (DS) grupa	Rādītājs	N	Mediāna	95% TI	IQR ( $Q_3-Q_1$ )	Min	Max
≤ 3 gadi	Vecums, gadi	2	38,0	-	23,0 - 53,0	23,0	53,0
	Mn, µg/l	2	25,10	-	18,60 - 31,60	18,60	31,60
	Cr, µg/l	2	3,10	-	2,50 - 3,70	2,50	3,70
	Cd, µg/l	2	0,23	-	0,05 - 0,40	0,05	0,40
	Cu, mg/l	2	0,81	-	0,11 - 1,52	0,11	1,52
	Zn, mg/l	2	6,05	-	5,60 - 6,50	5,60	6,50
	Zn:Cu attiecība	1	4,28	-	4,28 - 4,28	4,28	4,28
3 < DS ≤ 10 gadi	Vecums, gadi	7	36,0	29,0 - 57,0	29,3 - 48,3	29,0	62,0
	Mn, µg/l	7	12,50	11,40 - 22,11	11,63 - 20,33	11,30	23,10
	Cr, µg/l	5	7,50	-	4,60 - 13,45	1,30	15,10
	Cd, µg/l	7	1,00	0,35 - 2,70	0,45 - 2,18	0,30	2,90
	Cu, mg/l	7	0,82	0,55 - 1,03	0,61 - 0,95	0,52	1,09
	Zn, mg/l	6	6,95	4,52 - 7,73	6,70 - 7,00	4,00	7,90
	Zn:Cu attiecība	6	7,89	4,35 - 12,92	7,19 - 10,00	3,67	13,62
10 < DS ≤ 20 gadi	Vecums, gadi	13	40,0	34,5 - 41,9	34,8 - 41,5	31,0	76,0
	Mn, µg/l	10	16,95	13,92 - 21,22	15,60 - 20,90	10,80	24,20
	Cr, µg/l	12	5,35	2,76 - 7,58	3,05 - 7,15	0,10	10,80
	Cd, µg/l	12	0,53	0,21 - 1,39	0,22 - 1,28	0,20	2,51
	Cu, mg/l	12	1,02	0,84 - 1,15	0,85 - 1,12	0,65	1,54
	Zn, mg/l	12	5,90	4,80 - 6,83	4,80 - 6,50	4,00	7,30
	Zn:Cu attiecība	12	6,05	4,30 - 7,32	4,35 - 7,20	3,77	9,09
> 20 gadi	Vecums, gadi	32	53,5	49,0 - 55,0	48,0 - 56,0	40,0	70,0
	Mn, µg/l	28	16,80	15,01 - 19,30	13,60 - 19,75	1,80	30,60
	Cr, µg/l	29	3,10	1,90 - 7,72	0,60 - 8,20	0,10	13,90
	Cd, µg/l	30	0,60	0,31 - 1,05	0,25 - 1,10	0,05	2,84
	Cu, mg/l	29	1,05	0,83 - 1,28	0,73 - 1,38	0,14	2,09
	Zn, mg/l	29	6,30	5,68 - 6,60	5,48 - 6,63	4,10	8,30
	Zn:Cu attiecība	26	5,13	4,78 - 6,41	4,22 - 7,19	2,86	23,00

**5. tabula.** Metālu līmeņi **metinātāju** asinīs (mediānas ar 95% TI un kvartiļu  $Q_3-Q_1$  intervālu) dažādās darba stāža grupās

Darba stāža (DS) grupa	Rādītājs	N	Mediāna	95% TI	IQR ( $Q_3-Q_1$ )	Min	Max
≤ 3 gadi	Vecums, gadi	27	25,0	21,0- 30,1	21,0 - 31,8	19,0	54,0
	Mn, µg/l	22	19,25	14,80 - 25,91	14,80 - 28,20	2,70	43,90
	Cr, µg/l	24	6,60	4,70 - 9,70	3,70 - 9,75	0,20	15,70
	Cd, µg/l	26	1,40	0,61 - 1,91	0,40 - 2,50	0,10	7,00
	Cu, mg/l	27	0,72	0,57 - 0,80	0,55 - 0,89	0,37	1,23
	Zn, mg/l	27	6,90	6,00 - 7,81	5,93 - 7,90	4,60	10,00
	Zn:Cu attiecība	27	9,32	7,68 - 11,89	7,59 - 14,65	4,66	20,00
3 < DS ≤ 10 gadi	Vecums, gadi	25	34,0	31,0 - 41,0	29,5 - 45,5	23,0	54,0
	Mn, µg/l	23	20,90	16,98 - 25,78	15,88 - 32,38	4,10	44,30
	Cr, µg/l	19	4,50	2,84 - 10,53	2,48 - 10,85	1,50	19,30
	Cd, µg/l	25	1,40	0,76 - 2,95	0,53 - 3,70	0,10	5,90
	Cu, mg/l	25	0,67	0,52 - 0,72	0,49 - 0,80	0,31	1,72
	Zn, mg/l	25	6,60	6,10 - 7,39	6,08 - 7,93	5,30	10,00
	Zn:Cu attiecība	25	10,16	8,49 - 12,62	8,13 - 16,67	3,17	22,22
10 < DS ≤ 20 gadi	Vecums, gadi	19	41,0	37,8 - 47,9	37,3 - 50,0	32,0	62,0
	Mn, µg/l	17	22,90	16,81 - 30,36	16,23 - 30,43	3,60	41,90
	Cr, µg/l	15	7,30	3,49 - 11,96	3,48 - 12,00	1,30	16,10
	Cd, µg/l	18	0,96	0,60 - 1,80	0,60 - 2,00	0,20	5,60
	Cu, mg/l	18	0,74	0,61 - 0,93	0,61 - 1,01	0,43	1,12
	Zn, mg/l	17	7,00	5,81 - 7,80	5,75 - 8,03	4,10	10,70
	Zn:Cu attiecība	17	8,67	6,71 - 12,09	6,66 - 12,21	5,38	23,26
> 20 gadi	Vecums, gadi	26	57,0	54,0 - 59,0	53,0 - 61,0	42,0	71,0
	Mn, µg/l	23	23,40	16,80 - 30,73	16,03 - 32,73	8,80	57,20
	Cr, µg/l	22	3,50	2,00 - 7,51	2,00 - 7,60	0,50	17,90
	Cd, µg/l	23	0,70	0,60 - 1,17	0,45 - 1,50	0,20	9,60
	Cu, mg/l	22	0,73	0,62 - 0,83	0,62 - 0,88	0,41	1,81
	Zn, mg/l	23	7,10	6,60 - 7,87	6,53 - 7,90	5,10	9,50
	Zn:Cu attiecība	22	10,87	7,56 - 12,56	7,55 - 12,74	3,59	22,44

**6. tabula.** Metāla līmeņi neeksponēto (**elektriķu**) personu asinīs atkarībā no smēķēšanas paraduma

Izmeklētā grupa	Skaitis N	Elements	Aritmētiskais vidējais	SD	95% TI	Min	Max	Mediāna	IQR ( $Q_3-Q_1$ )	95% TI
Nesmēķētāji	22	Mn, $\mu\text{g/l}$	15,87	5,07	13,63 – 16,12	1,80	23,10	16,70	12,00 – 19,30	14,10 – 19,21
	21	Cr, $\mu\text{g/l}$	4,30	4,60	0,16 – 7,54	0,10	13,90	2,50	0,10 – 7,75	0,16 – 7,54
	23	Cu, $\text{mg/l}$	1,08	0,50	0,84 – 1,37	0,11	2,09	1,00	0,76 – 1,44	0,84 – 1,37
	22	Zn, $\text{mg/l}$	6,38	0,86	5,89 – 6,90	4,70	8,20	6,45	5,60 – 6,90	5,89 – 6,90
	23	Cd, $\mu\text{g/l}$	0,44	0,39	0,21 – 0,52	0,05	1,55	0,30	0,20 – 0,60	0,21 – 0,52
	21	Zn : Cu	6,94	4,53	4,88 – 9,00	2,86	23,00	6,16	4,21 – 7,52	4,25 – 7,19
Bijušie smēķētāji	9	Mn, $\mu\text{g/l}$	17,82	4,73	14,18 – 21,46	12,40	27,40	16,50	14,55 – 20,45	12,96 – 21,31
	12	Cr, $\mu\text{g/l}$	4,58	3,41	2,42 – 6,75	0,10	10,80	3,50	2,00 – 7,95	1,93 – 8,05
	13	Cu, $\text{mg/l}$	1,06	0,45	0,79 – 1,33	0,14	1,96	1,04	0,81 – 1,31	0,77 – 1,33
	13	Zn, $\text{mg/l}$	6,30	1,16	5,60 – 7,00	4,10	8,30	6,60	5,60 – 7,05	5,42 – 7,09
	13	Cd, $\mu\text{g/l}$	0,87	0,60	0,51 – 1,23	0,20	2,51	0,63**	0,45 – 1,06	0,45 – 1,07
	12	Zn : Cu	6,15	2,88	4,33 – 7,98	3,37	12,39	5,23	4,52 – 6,42	4,36 – 6,62
Smēķētāji	16	Mn, $\mu\text{g/l}$	15,87	3,41	14,05 – 17,69	10,80	21,20	16,29	12,25 – 18,75	12,32 – 18,60
	15	Cr, $\mu\text{g/l}$	6,98	4,59	4,44 – 9,52	1,90	15,10	5,50	3,28 – 12,10	3,28 – 12,06
	15	Cu, $\text{mg/l}$	0,87	0,20	0,75 – 0,98	0,57	1,16	0,87	0,69 – 1,06	0,69 – 1,06
	14	Zn, $\text{mg/l}$	5,52	0,97	4,96 – 6,08	4,00	7,00	5,55*	4,80 – 6,30	4,79 – 6,33
	14	Cd, $\mu\text{g/l}$	1,48	0,91	0,97 – 1,98	0,05	2,90	1,40****	0,93 – 2,29	0,93 – 2,29
	12	Zn : Cu	6,48	2,06	5,57 – 7,79	3,67	9,12	6,69	4,67 – 8,34	4,51 – 8,45

Statistiski ticama atšķirība starp nesmēķētājiem un smēķētājiem vai bijušajiem smēķētājiem, veicot aprēķinus ar Manna – Vitneja testu: \* -  $p < 0,05$ ; \*\* -  $p < 0,01$ ; \*\*\* -  $p < 0,001$

**7. tabula.** Metāla līmeņi arodeksponēto (**metinātāju**) personu asinīs atkarībā no smēķēšanas paraduma

Izmeklētā grupa	Skaitis N	Elements	Aritmētiskais vidējais	SD	95% CI	Min	Max	Mediāna	IQR ( $Q_3-Q_1$ )	95% TI
Nesmēķētāji	20	Mn, $\mu\text{g/l}$	23,87	9,08	1,62 – 28,12	14,80	44,30	20,95	17,00 – 27,35	17,37 – 26,80
	18	Cr, $\mu\text{g/l}$	7,74	4,82	5,35 – 10,14	1,80	17,40	7,75	3,30 – 11,90	3,34 – 11,70
	20	Cu, $\text{mg/l}$	0,74	0,35	0,58 – 0,90	0,31	1,81	0,72	0,47 – 0,84	0,49 – 0,77
	21	Zn, $\text{mg/l}$	6,18	1,58	6,09 – 7,53	4,10	10,00	6,50	5,65 – 8,80	5,81 – 7,62
	21	Cd, $\mu\text{g/l}$	1,41	1,97	0,51 – 2,31	0,10	5,70	0,30	0,20 – 1,90	0,20 – 1,30
	20	Zn : Cu	11,35	5,91	8,58 – 14,11	3,59	22,22	8,99	6,57 – 16,89	6,71 – 15,06
Bijušie smēķētāji	15	Mn, $\mu\text{g/l}$	28,25	14,30	20,33 – 36,17	11,80	57,20	24,00	19,28 – 37,25	19,31 – 37,09
	16	Cr, $\mu\text{g/l}$	4,71	2,97	3,12 – 6,29	0,50	10,00	5,25*	2,00 – 7,25	2,00 – 7,24
	17	Cu, $\text{mg/l}$	0,83	0,29	0,67 – 0,98	0,46	1,72	0,75	0,62 – 0,94	0,62 – 0,94
	17	Zn, $\text{mg/l}$	6,84	1,20	6,23 – 7,46	5,10	9,50	6,90	5,75 – 7,65	5,80 – 7,59
	17	Cd, $\mu\text{g/l}$	0,90	1,34	0,21 – 1,59	0,20	5,90	0,60	0,30 – 0,78	0,30 – 0,70
	17	Zn : Cu	9,13	3,12	7,53 – 10,73	3,26	15,00	8,75	7,15 – 11,35	7,20 – 11,08
Smēķētāji	50	Mn, $\mu\text{g/l}$	22,99	11,00	19,86 – 26,12	3,60	43,90	21,95	16,00 – 30,50	18,36 – 25,40
	46	Cr, $\mu\text{g/l}$	7,04	4,83	5,60 – 8,74	0,20	19,30	6,35	3,00 – 9,70	3,97 – 8,51
	55	Cu, $\text{mg/l}$	0,73	0,26	0,66 – 0,81	0,39	1,67	0,69	0,52 – 0,82	0,64 – 0,75
	54	Zn, $\text{mg/l}$	7,27	1,36	6,89 – 7,64	4,60	10,70	7,05	6,20 – 8,00	6,53 – 7,73
	54	Cd, $\mu\text{g/l}$	2,25	1,98	1,71 – 2,79	0,10	9,60	1,60**	0,95 – 3,00	1,10 – 1,98
	54	Zn : Cu	11,18	4,83	9,86 – 12,50	3,17	23,26	9,72	7,68 – 14,88	8,96 – 11,15

Statistiski ticama atšķirība starp nesmēķētājiem un smēķētājiem vai bijušajiem smēķētājiem, veicot aprēķinus ar Manna – Vitneja testu: \* -  $p < 0,05$ ; \*\* -  $p < 0,01$

8. tabula. Bioķīmiskie rādītāji neeksponēto (**elektriķu**) personu asinīs, iedalījums grupās pēc smēķēšanas paraduma

Izmeklētā grupa	Skaits N	Rādītājs	Mediāna	IQR ( $Q_3-Q_1$ )	95% TI	Min	Max	$X_{vid.}$	SD	95% TI
Nesmēķētāji	24	Cu, Zn - SOD, U/g Hb	1301,0	1170,5 - 1414,0	1202,5 - 1399,6	1026,0	1538,0	1290,1	147,2	1227,9 - 1352,3
	24	KAT, k/g Hb	165,5	151,5 - 182,0	154,2 - 180,3	117,0	226,0	169,6	28,7	157,5 - 181,7
	24	GPx, U/L	6252,0	5297,5 - 7876,5	5775,6 - 7735,4	2932,0	10002,0	6480,5	1919,0	5670,2 - 7290,8
	24	Reducētais glutations, mg% (mg/dl)	42,1	38,4 - 44,4	38,9 - 43,3	34,1	51,5	41,9	4,5	40,0 - 43,8
	23	Kopējie antioksidanti, mmol/L	1,57	1,46 - 1,65	1,48 - 1,63	1,21	1,78	1,55	0,13	1,49 - 1,61
	23	$H_{max}$ , nos.vien.	228,0	107,7 - 313,7	123,3 - 281,1	26,0	747,0	256,3	188,5	174,7 - 337,8
	11	$S_{ox}$ , nos.vien.	454,0	313,5 - 647,5	295,8 - 698,7	113,0	878,0	487,8	243,9	323,9 - 651,7
11	$tg_{\alpha}$ , nos.vien.	5,90	3,85 - 10,07	3,57 - 10,64	1,16	20,98	7,64	5,54	3,92 - 11,37	
Bijušie smēķētāji	14	Cu, Zn - SOD, U/g Hb	1271,5	1122,0 - 1371,0	1120,1 - 1381,6	1028,0	1705,0	1280,1	187,1	1172,1 - 1388,2
	13	KAT, k/g Hb	196,0	191,0 - 252,0	191,0 - 261,6	136,0	366,0	220,7	63,3	182,4 - 258,9
	14	GPx, U/L	6347,5	5346,0 - 6758,0	5328,2 - 6790,5	4136,0	9923,0	6231,4	1385,8	5431,2 - 7031,6
	13	Reducētais glutations, mg% (mg/dl)	43,7	40,5 - 47,5	40,1 - 47,9	34,1	53,0	43,8	5,8	40,4 - 47,4
	12	Kopējie antioksidanti, mmol/L	1,58	1,51 - 1,98	1,49 - 2,05	1,37	2,26	1,73	0,31	1,53 - 1,93
	12	$H_{max}$ , nos.vien.	219,0	94,5 - 395,5	93,5 - 440,9	66,0	961,0	289,8	261,1	123,8 - 455,7
	6	$S_{ox}$ , nos.vien.	440,5	410,0 - 531,0	106,2 - 738,9	33,0	789,0	440,7	243,8	184,7 - 696,5
5	$tg_{\alpha}$ , nos.vien.	5,64	4,87 - 7,69		4,48	11,0	6,54	2,61	3,29 - 9,79	
Smēķētāji	16	Cu, Zn - SOD, U/g Hb	1274,5	1200,0 - 1391,0	1202,8 - 1387,4	727,0	1652,0	1343,3	149,6	1256,8 - 1429,7
	15	KAT, k/g Hb	174,0	155,5 - 196,5	155,5 - 196,3	127,0	241,0	176,4	29,9	159,8 - 192,9
	14	GPx, U/L	5785,5	5346,0 - 7348,0	5292,0 - 7354,9	3604,0	9560,0	6195,9	1648,6	5244,0 - 7147,8
	15	Reducētais glutations, mg% (mg/dl)	42,2	38,9 - 46,0	38,9 - 46,0	33,2	53,3	42,1	5,5	39,0 - 45,2
	16	Kopējie antioksidanti, mmol/L	1,64	1,44 - 1,70	1,44 - 1,69	1,20	1,80	1,56	0,19	1,46 - 1,66
	10	$H_{max}$ , nos.vien.	166,0	74,0 - 279,0	69,8 - 286,9	35,0	423,0	184,7	127,8	93,3 - 276,2
	6	$S_{ox}$ , nos.vien.	373,5	324,0 - 650,0	186,2 - 658,9	153,0	661,0	422,5	197,9	214,8 - 630,2
5	$tg_{\alpha}$ , nos.vien.	6,40	4,07 - 9,29		1,59	12,00	6,65	3,88	1,83 - 11,48	

Statistiski ticama atšķirība starp nesmēķētājiem un smēķētājiem vai bijušajiem smēķētājiem, veicot aprēķinus ar Manna – Vitneja testu nav konstatēta

Saīsinājumi:  $H_{max}$  – lipīdu peroksīdu daudzums;  $S_{ox}$  – plazmas oksidējamība;  $tg_{\alpha}$  – oksidējamības ātrums

**9. tabula.** Bioķīmiskie rādītāji eksponēto (**metinātāju**) personu asinīs, iedalījums grupās pēc smēķēšanas paraduma

Izmeklētā grupa	Skaits N	Rādītājs	Mediāna	IQR ( $Q_3-Q_1$ )	95% TI	Min	Max	X <sub>vid.</sub>	SD	95% TI
Nesmēķētāji	21	Cu, Zn - SOD, U/g Hb	1251,0	1153,0 - 1597,5	1163,1 - 1493,8	933,0	1847,0	1322,2	263,5	1202,3 - 1442,1
	20	KAT, k/g Hb	190,0	146,5 - 202,0	152,1 - 197,7	104,0	246,0	178,5	39,7	159,9 - 197,1
	21	GPx, U/L	6705,0	5704,0 - 7241,5	5861,1 - 7084,5	3966,0	11626,0	6763,3	1964,9	5868,8 - 7657,7
	21	Reducētais glutations, mg% (mg/dl)	40,7	36,1 - 45,6	36,7 - 44,1	33,2	55,8	41,0	6,5	38,1 - 43,9
	21	Kopējie antioksidanti, mmol/L	1,54	1,48 - 1,75	1,49 - 1,72	1,37	2,04	1,62	0,21	1,53 - 1,72
	14	H <sub>max</sub> , nos.vien.	283,0	123,0 - 419,0	121,1 - 422,5	34,0	992,0	320,7	253,3	174,5 - 466,9
	5	S <sub>ox</sub> , nos.vien.	514,0	335,5 - 618,5	-	145,0	683,0	467,6	208,6	208,6 - 726,6
	5	tg <sub>α</sub> , nos.vien.	8,18	5,93 - 9,58	-	1,83	10,70	7,44	3,38	3,24 - 11,64
Bijušie smēķētāji	19	Cu, Zn - SOD, U/g Hb	1368,0	1239,5 - 1629,3	1246,9 - 1617,0	1093,0	1849,0	1419,2	252,5	1297,5 - 1540,9
	18	KAT, k/g Hb	202,5	131,0 - 216,0	147,3 - 216,0	119,0	320,0	199,4	63,0	168,1 - 230,7
	18	GPx, U/L	6673,5	4828,0 - 7760,0	5025,5 - 7622,9	2414,0	10181,0	6417,2	2008,2	5418,6 - 7415,9
	19	Reducētais glutations, mg% (mg/dl)	41,0	38,1 - 46,7	38,4 - 46,3	28,2	54,6	42,1	7,6	38,4 - 45,8
	19	Kopējie antioksidanti, mmol/L	1,53	1,47 - 1,66	1,49 - 1,65	1,30	2,33	1,61	0,26	1,49 - 1,74
	17	H <sub>max</sub> , nos.vien.	139,0*	80,5 - 197,5	94,1 - 182,6	32,0	392,0	156,1	111,5	98,7 - 213,4
	13	S <sub>ox</sub> , nos.vien.	512,0	188,7 - 703,3	184,2 - 708,7	149,0	869,0	497,7	255,5	343,3 - 652,1
	13	tg <sub>α</sub> , nos.vien.	7,95	2,27 - 11,53	2,20 - 11,72	1,74	14,10	7,49	4,61	4,7 - 10,3
Smēķētāji	55	Cu, Zn - SOD, U/g Hb	1342,0	1149,5 - 1505,0	1277,8 - 1427,2	906,0	1857,0	1345,1	242,1	1279,7 - 1410,6
	56	KAT, k/g Hb	174,5	147,5 - 223,0	160,4 - 203,8	103,0	309,0	187,2	51,2	173,5 - 200,9
	55	GPx, U/L	6164,0	5518,0 - 7186,3	5952,9 - 6695,6	3276,0	11652,0	6513,7	1710,3	6051,3 - 6976,1
	57	Reducētais glutations, mg% (mg/dl)	40,1	36,8 - 45,2	38,5 - 42,0	28,0	57,6	41,6	6,9	39,7 - 43,4
	55	Kopējie antioksidanti, mmol/L	1,57	1,50 - 1,77	1,54 - 1,63	1,19	2,19	1,61	0,19	1,56 - 1,67
	39	H <sub>max</sub> , nos.vien.	196,0	105,7 - 367,5	166,3 - 265,3	22,0	992,0	278,6	244,9	199,2 - 358,0
	20	S <sub>ox</sub> , nos.vien.	513,5	276,0 - 833,5	306,7 - 806,6	109,0	977,0	542,2	297,6	402,9 - 681,5
	20	tg <sub>α</sub> , nos.vien.	8,70	3,42 - 15,15	3,66 - 14,53	1,32	18,00	9,04	6,05	6,21 - 11,87

Statistiski ticama atšķirība starp nesmēķētājiem un smēķētājiem vai bijušajiem smēķētājiem, veicot aprēķinus ar Manna – Vitneja testu: \* -  $p < 0,05$ ; H<sub>max</sub> – lipīdu peroksīdu daudzums; S<sub>ox</sub> – plazmas oksidējamība; tg<sub>α</sub> – oksidējamības ātrums

**10. tabula.** Manna – Vitneja (*Mann – Whitney*) analīzes raksturlielumi, salīdzinot bioķīmisko rādītāju līmeņus asinīs arodeksponētām (metinātājiem) un neeksponētām (elektriķiem) personām atkarībā no smēķēšanas paraduma

Rādītājs	Smēķēšanas paradums	Grupa	N	Mediāna (IQR ( $Q_3-Q_1$ ))	U	z	p
Cu, Zn - superoksīddismutāze, U/g Hb	Nesmēķētāji	Elektriķi	24	1301,0 (1170,5 – 1414,0)	251,0	0,02	0,9818
		Metinātāji	21	1251,0 (1153,0 – 1597,5)			
Cu, Zn - superoksīddismutāze, U/g Hb	Ex-smēķētāji	Elektriķi	14	1271,5 (1122,0 – 1371,0)	94,0	1,42	0,1554
		Metinātāji	19	1368,0 (1239,5 – 1629,3)			
Cu, Zn - superoksīddismutāze, U/g Hb	Smēķētāji	Elektriķi	14	1294,0 (1252,0 – 1404,0)	377,0	0,962	0,3362
		Metinātāji	55	1342,0 (1149,5 – 1505,0)			
Katalāze, k/g Hb	Nesmēķētāji	Elektriķi	24	165,5 (151,5 – 182,0)	196,5	1,263	0,2067
		Metinātāji	20	190,0 (146,5 – 202,0)			
Katalāze, k/g Hb	Ex-smēķētāji	Elektriķi	13	196,0 (191,0 – 252,0)	113,0	0,729	0,4663
		Metinātāji	18	202,5 (131,3 – 216,0)			
Katalāze, k/g Hb	Smēķētāji	Elektriķi	15	174,0 (155,5 – 196,5)	446,0	0,0271	0,9784
		Metinātāji	56	174,5 (147,5 – 223,0)			
Glutationperoksidāze, U/L	Nesmēķētāji	Elektriķi	24	6252,0 (5297,5 – 7876,5)	246,5	0,125	0,9004
		Metinātāji	21	6705,0 (5704,0 – 7241,5)			
Glutationperoksidāze, U/L	Ex-smēķētāji	Elektriķi	14	6347,5 (5346,0 – 6758,0)	110,5	0,820	0,4125
		Metinātāji	18	6673,5 (4828,0 – 7760,0)			
Glutationperoksidāze, U/L	Smēķētāji	Elektriķi	14	5785,5 (5346,0 – 7348,0)	400,5	0,740	0,4593
		Metinātāji	55	6164,0 (5518,0 – 7186,3)			

Statistiski ticama atšķirība starp metinātājiem un elektriķiem smēķēšanas paraduma ietvaros, veicot aprēķinus ar Manna – Vitneja testu nav konstatēta

**10. tabula (turpinājums 1).** Manna – Vitneja (*Mann – Whitney*) analīzes raksturlielumi, salīdzinot bioķīmisko rādītāju līmeņus asinīs arodeksponētām (metinātājiem) un neeksponētām (elektriķiem) personām atkarībā no smēķēšanas paraduma

Rādītājs	Smēķēšanas paradums	Grupa	N	Mediāna (IQR ( $Q_3-Q_1$ ))	U	z	p
Reducētais glutations, mg% (mg/dl)	Nesmēķētāji	Elektriķi	24	42,1 (38,4 – 44,4)	207,0	1,024	0,3059
		Metinātāji	21	40,7 (36,1 – 45,6)			
Reducētais glutations, mg% (mg/dl)	Ex-smēķētāji	Elektriķi	13	43,7 (40,5 – 57,5)	117,0	0,583	0,5599
		Metinātāji	19	41,0 (38,1 – 46,7)			
Reducētais glutations, mg% (mg/dl)	Smēķētāji	Elektriķi	15	42,2 (38,9 – 46,0)	383,0	0,973	0,3303
		Metinātāji	57	40,1 (36,8 – 45,2)			
Kopējie antioksidanti, mmol/L	Nesmēķētāji	Elektriķi	23	1,57 (1,46 – 1,65)	235,0	0,387	0,6989
		Metinātāji	21	1,54 (1,48 – 1,75)			
Kopējie antioksidanti, mmol/L	Ex-smēķētāji	Elektriķi	12	1,58 (1,51 – 1,98)	88,5	1,343	0,1793
		Metinātāji	19	1,53 (1,47 – 1,66)			
Kopējie antioksidanti, mmol/L	Smēķētāji	Elektriķi	16	1,64 (1,44 – 1,70)	413,0	0,372	0,7102
		Metinātāji	55	1,57 (1,50 – 1,77)			
$H_{max}$ – lipīdu peroksīdu daudzums, nos.vien.	Nesmēķētāji	Elektriķi	23	228,0 (107,7 – 313,7)	138,0	0,720	0,4714
		Metinātāji	14	283,0 (123,0 – 419,0)			
$H_{max}$ – lipīdu peroksīdu daudzums, nos.vien.	Ex-smēķētāji	Elektriķi	12	219,0 (94,5 – 395,5)	74,0	1,24	0,2150
		Metinātāji	17	139,0 (80,5 – 197,5)			
$H_{max}$ – lipīdu peroksīdu daudzums, nos.vien.	Smēķētāji	Elektriķi	10	166,0 (74,0 – 279,0)	161,5	0,831	0,4060
		Metinātāji	39	196,0 (105,7 – 367,5)			

Statistiski ticama atšķirība starp metinātājiem un elektriķiem smēķēšanas paraduma ietvaros, veicot aprēķinus ar Manna – Vitneja testu nav konstatēta

**10. tabula (turpinājums 2).** Manna – Vitneja (*Mann – Whitney*) analīzes raksturlielumi, salīdzinot bioķīmisko rādītāju līmeņus asinīs arodeksponētām (metinātājiem) un neeksponētām (elektriķiem) personām atkarībā no smēķēšanas paraduma

Rādītājs	Smēķēšanas paradums	Grupa	N	Mediāna (IQR ( $Q_3-Q_1$ ))	U	z	p
S <sub>ox</sub> – plazmas oksidējamība, nos.vien.	Nesmēķētāji	Elektriķi	11	454,0 (313,5 – 647,5)	26,0	0,170	0,8651
		Metinātāji	5	514,0 (335,5 – 618,5)			
S <sub>ox</sub> – plazmas oksidējamība, nos.vien.	Ex-smēķētāji	Elektriķi	6	440,5 (410,0 – 531,0)	32,0	0,614	0,5393
		Metinātāji	13	512,0 (188,7 – 703,3)			
S <sub>ox</sub> – plazmas oksidējamība, nos.vien.	Smēķētāji	Elektriķi	6	373,5 (324,0 – 650,0)	48,0	0,730	0,4652
		Metinātāji	20	513,5 (276,0 – 833,5)			
tg <sub>α</sub> – oksidējamības ātrums, nos.vien.	Nesmēķētāji	Elektriķi	11	5,90 (3,85 – 10,07)	25,0	0,283	0,7770
		Metinātāji	5	8,18 (5,93 – 9,58)			
tg <sub>α</sub> – oksidējamības ātrums, nos.vien.	Ex-smēķētāji	Elektriķi	5	5,64 (4,87 – 7,69)	29,0	0,345	0,7301
		Metinātāji	13	7,95 (2,27 – 11,53)			
tg <sub>α</sub> – oksidējamības ātrums, nos.vien.	Smēķētāji	Elektriķi	5	6,40 (4,07 – 9,29)	42,0	0,543	0,5868
		Metinātāji	20	8,70 (3,42 – 15,15)			

Statistiski ticama atšķirība starp metinātājiem un elektriķiem smēķēšanas paraduma ietvaros, veicot aprēķinus ar Manna – Vitneja testu nav konstatēta

**11. tabula.** Hemoluminiscences parametru korelācija ar vecumu, darba stāžu, metālu un biokīmisko radītāju līmeņiem asinīs **elektriķu grupā**, veicot Spīrmena rangu korelācijas testu

		<b>H<sub>max</sub></b>	<b>S<sub>ox</sub></b>	<b>tg<sub>a</sub></b>
H <sub>max</sub> – lipīdu peroksīdu daudzums, nos.vien.	r p n		0,784 <0,001 23	0,724 <0,001 21
S <sub>ox</sub> – plazmas oksidējamība, nos.vien.	r p n	0,784 <0,001 23		0,925 <0,001 21
tg <sub>a</sub> – oksidējamības ātrums, nos.vien.	r p n	0,724 <0,001 21	0,925 <0,001 21	
Vecums, gadi	r p n	-0,004 0,980 45	-0,272 0,209 23	-0,334 0,139 21
Darba stāžs, gadi	r p n	0,166 0,277 45	-0,287 0,183 23	-0,372 0,097 21
Mn, ug/l	r p n	0,092 0,581 38	0,257 0,288 19	0,422 0,092 17
Cr, ug/l	r p n	-0,572 <0,001 40	-0,540 0,014 20	-0,675 0,002 19
Cd, ug/l	r p n	-0,404 0,007 43	-0,050 0,826 22	0,083 0,729 20
Cu, mg/l	r p n	0,275 0,082 41	0,128 0,591 20	0,174 0,489 18
Zn, mg/l	r p n	-0,175 0,275 41	-0,114 0,632 20	-0,069 0,784 18
Zn : Cu	r p n	-0,317 0,056 37	-0,074 0,779 17	-0,154 0,585 15
Cu, Zn - superoksīddismutāze, U/g Hb	r p n	-0,070 0,655 43	-0,030 0,898 21	-0,112 0,647 19
Katalāze, k/g Hb	r p n	0,026 0,869 43	-0,173 0,454 21	-0,198 0,416 19
Glutationperoksīdāze, U/L	r p n	0,337 0,027 43	0,021 0,926 22	0,012 0,960 21
Reducētais glutations, mg% (mg/dl)	r p n	-0,036 0,820 43	-0,064 0,776 22	-0,129 0,587 20
Kopējie antioksidanti, mmol/L	r p n	-0,181 0,252 42	-0,244 0,275 22	-0,248 0,291 20

r – korelācijas koeficients; p – statistiskās ticamības līmenis; n – mērījumu skaits

**12. tabula.** Hemoluminiscences parametru korelācija ar vecumu, darba stāžu, kumulatīvo ekspozīcijas laiku, metālu un bioķīmisko radītāju līmeņiem asinīs **metinātāju grupā**, veicot Spīrmena rangu korelācijas testu

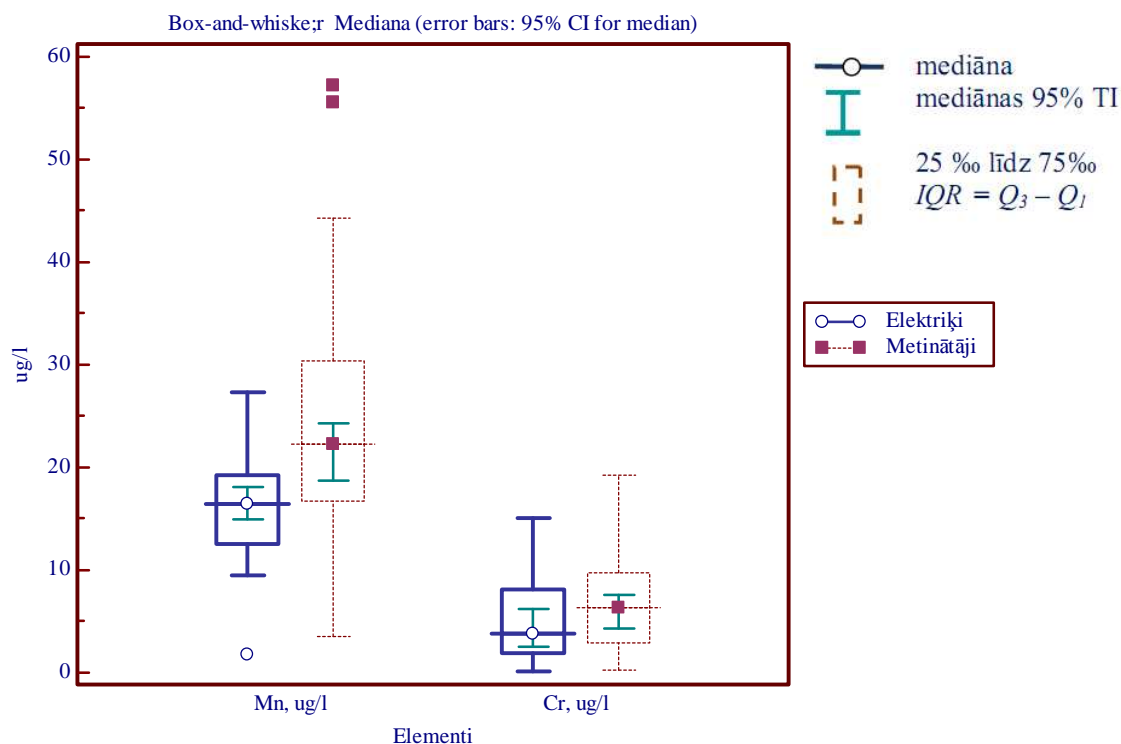
		<b>H<sub>max</sub></b>	<b>S<sub>ox</sub></b>	<b>tg<sub>a</sub></b>
H <sub>max</sub> – lipīdu peroksīdu daudzums, nos.vien.	r p n		0,997 <0,001 38	0,965 <0,001 38
S <sub>ox</sub> – plazmas oksidējamība, nos.vien.	r p n	0,997 <0,001 38		0,963 <0,001 38
tg <sub>a</sub> – oksidējamības ātrums, nos.vien.	r p n	0,965 <0,001 38	0,963 <0,001 38	
Vecums, gadi	r p n	-0,322 0,007 70	-0,330 0,043 38	-0,337 0,038 38
Darba stāžs, gadi	r p n	-0,284 0,017 70	-0,211 0,203 38	-0,246 0,136 38
Kumulatīvais ekspozīcijas laiks, h	r p n	-0,212 0,078 70	-0,203 0,221 38	-0,222 0,181 38
Mn, ug/l	r p n	0,318 0,010 65	0,190 0,281 34	0,264 0,131 34
Cr, ug/l	r p n	-0,123 0,340 62	-0,398 0,022 33	-0,407 0,019 33
Cd, ug/l	r p n	0,460 <0,001 66	0,306 0,074 35	0,318 0,063 35
Cu, mg/l	r p n	0,207 0,096 66	0,195 0,263 35	0,169 0,331 35
Zn, mg/l	r p n	-0,310 0,011 67	-0,203 0,241 35	-0,179 0,303 35
Zn : Cu	r p n	-0,321 0,009 66	-0,286 0,096 35	-0,253 0,142 35
Cu, Zn - superoksīddismutāze, U/g Hb	r p n	0,009 0,942 69	0,149 0,379 37	0,183 0,279 37
Katalāze, k/g Hb	r p n	-0,027 0,825 68	-0,105 0,544 36	-0,141 0,411 36
Glutationperoksidāze, U/L	r p n	0,175 0,157 67	-0,054 0,748 38	-0,103 0,539 38
Reducētais glutations, mg% (mg/dl)	r p n	-0,114 0,348 70	-0,100 0,551 38	-0,185 0,266 38
Kopējie antioksidanti, mmol/L	r p n	0,204 0,091 70	0,067 0,687 38	-0,008 0,962 38

r – korelācijas koeficients; p – statistiskās ticamības līmenis; n – mērījumu skaits

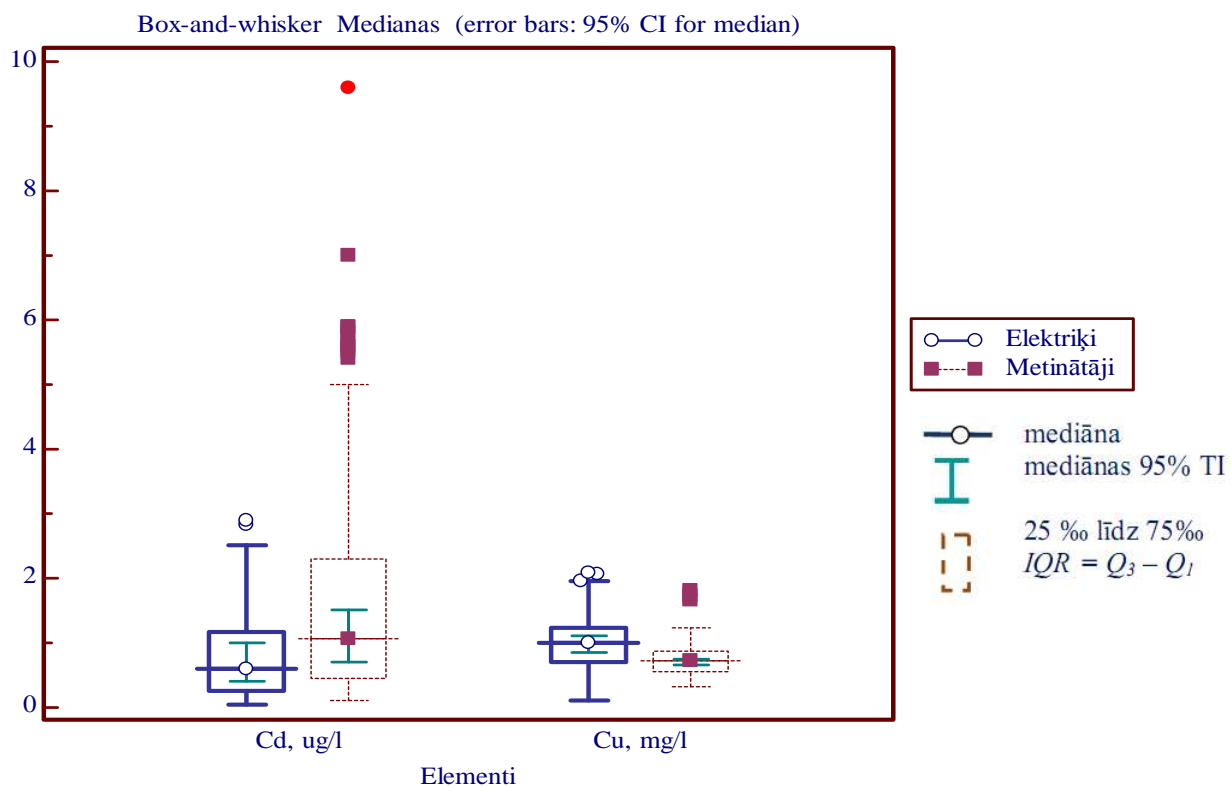
### 3. pielikums

#### „4. nodaļas rezultātu grafiskie attēli”

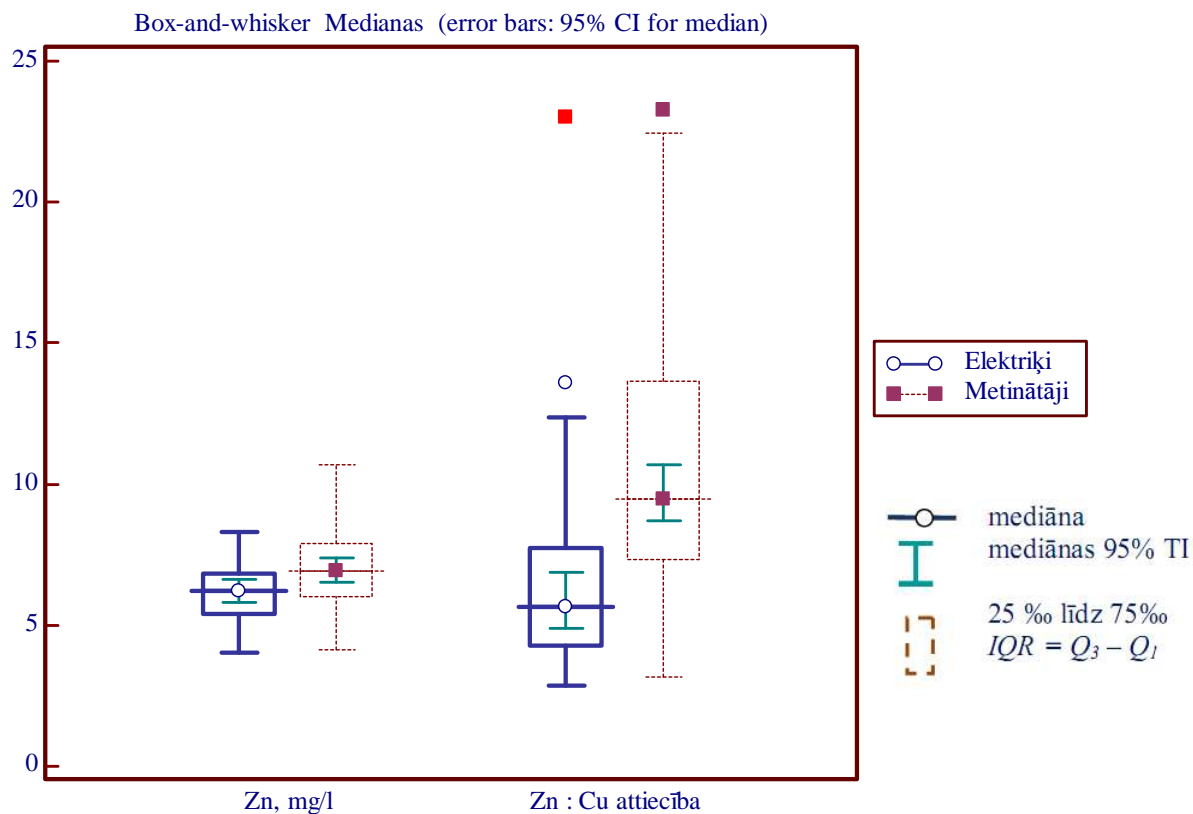
1. **attēls.** Mangāna ( $p < 0,01$ ) un hroma līmeņu mediānas ar 95% TI elektriķu un metinātāju asinīs
2. **attēls.** Kadmija ( $p < 0,01$ ) un vara ( $p < 0,001$ ) līmeņu mediānas ar 95% TI elektriķu un metinātāju asinīs
3. **attēls.** Cinka ( $p < 0,001$ ) līmeņa mediāna ar 95% TI un cinka – vara attiecība elektriķu un metinātāju asinīs ( $p < 0,001$ )
4. **attēls.** Metālu līmeņu mediānu izmaiņas ar 95% TI metinātāju asinīs, pieaugot darba stāžam
- 4a. **attēls.** Mangāna līmeņu mediānas ar 95% TI metinātājiem dažādās darba stāža grupās
5. **attēls.** Metālu līmeņu mediānu izmaiņas ar 95% TI elektriķu asinīs, pieaugot darba stāžam
6. **attēls.** Mangāna līmeņi elektriķu un metinātāju asinīs atkarībā no smēķēšanas paraduma
7. **attēls.** Hroma līmeņi elektriķu un metinātāju asinīs atkarībā no smēķēšanas paraduma
8. **attēls.** Kadmija līmeņi elektriķu un metinātāju asinīs atkarībā no smēķēšanas paraduma
9. **attēls.** Vara līmeņi elektriķu un metinātāju asinīs atkarībā no smēķēšanas paraduma
10. **attēls.** Cinka līmeņi elektriķu un metinātāju asinīs atkarībā no smēķēšanas paraduma
11. **attēls.** Cinka – vara attiecības līmenis elektriķu un metinātāju asinīs atkarībā no smēķēšanas paraduma
12. **attēls.** Cu, Zn -superoksīddismutāzes līmenis elektriķu un metinātāju asinīs atkarībā no smēķēšanas paraduma
13. **attēls.** Katalāzes līmenis elektriķu un metinātāju asinīs atkarībā no smēķēšanas paraduma
14. **attēls.** Glutathionperoksidāzes līmenis elektriķu un metinātāju asinīs atkarībā no smēķēšanas paraduma
15. **attēls.** Reducētā glutathiona līmenis elektriķu un metinātāju asinīs atkarībā no smēķēšanas paraduma
16. **attēls.** Kopējo antioksidantu līmenis elektriķu un metinātāju asinīs atkarībā no smēķēšanas paraduma



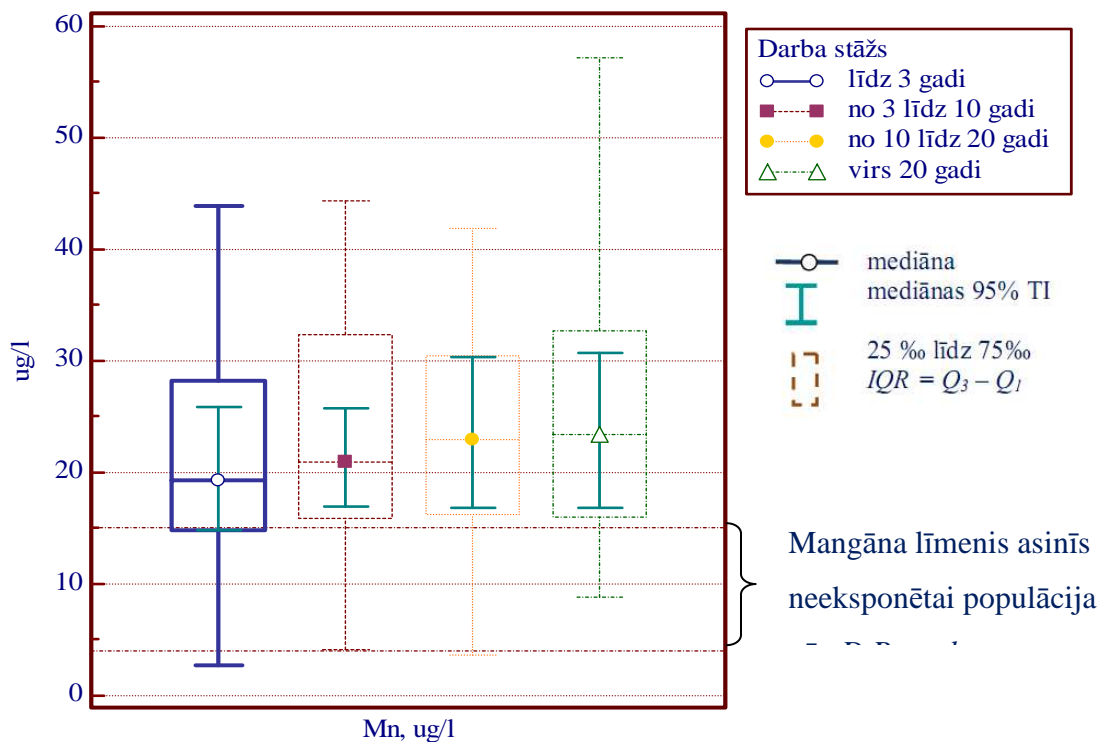
**1. attēls.** Mangāna ( $p < 0,01$ ) un hroma līmeņu mediānas ar 95% TI elektriķu un metinātāju asinīs



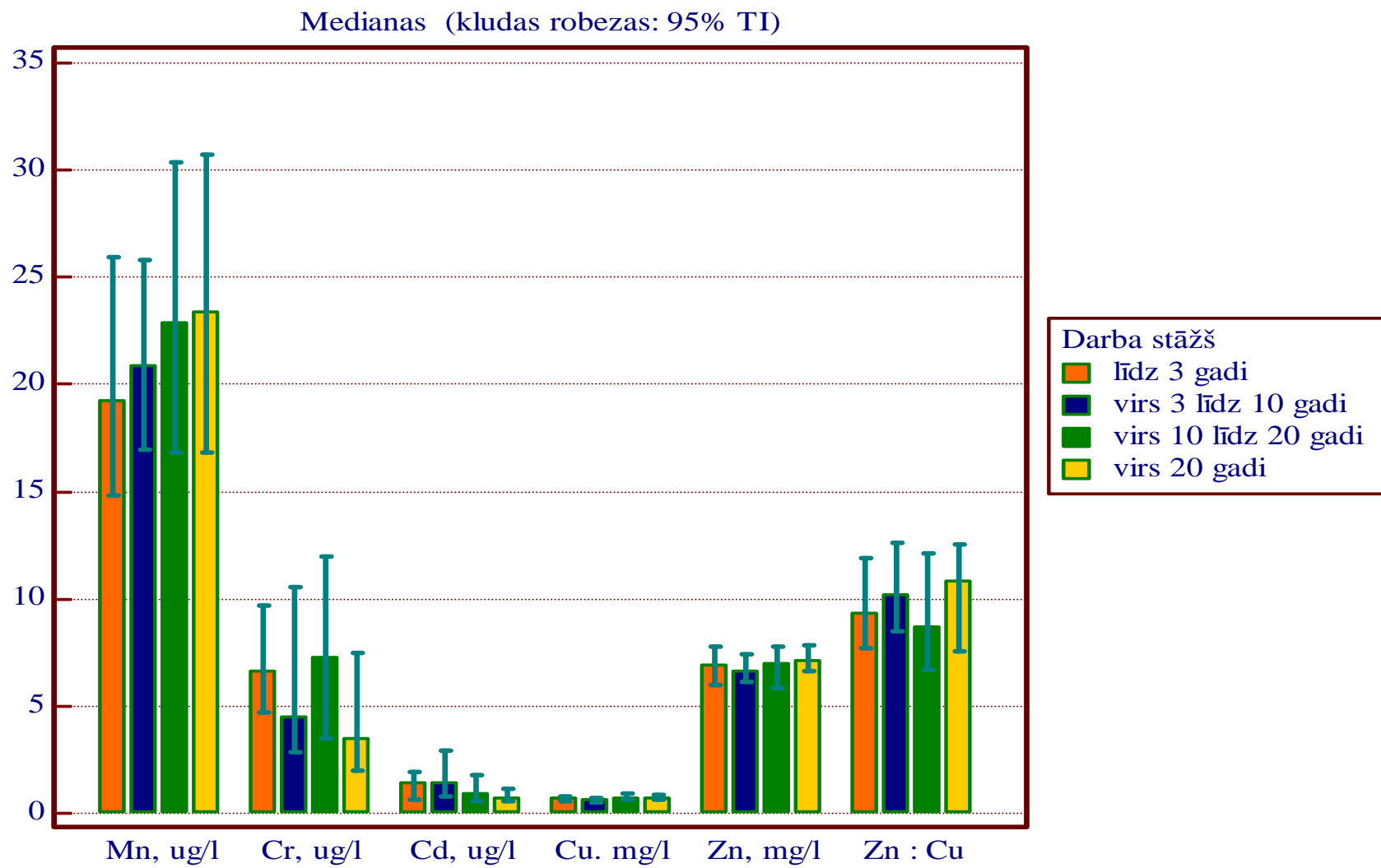
**2. attēls.** Kadmija ( $p < 0,01$ ) un vara ( $p < 0,001$ ) līmeņu mediānas ar 95% TI elektriķu un metinātāju asinīs



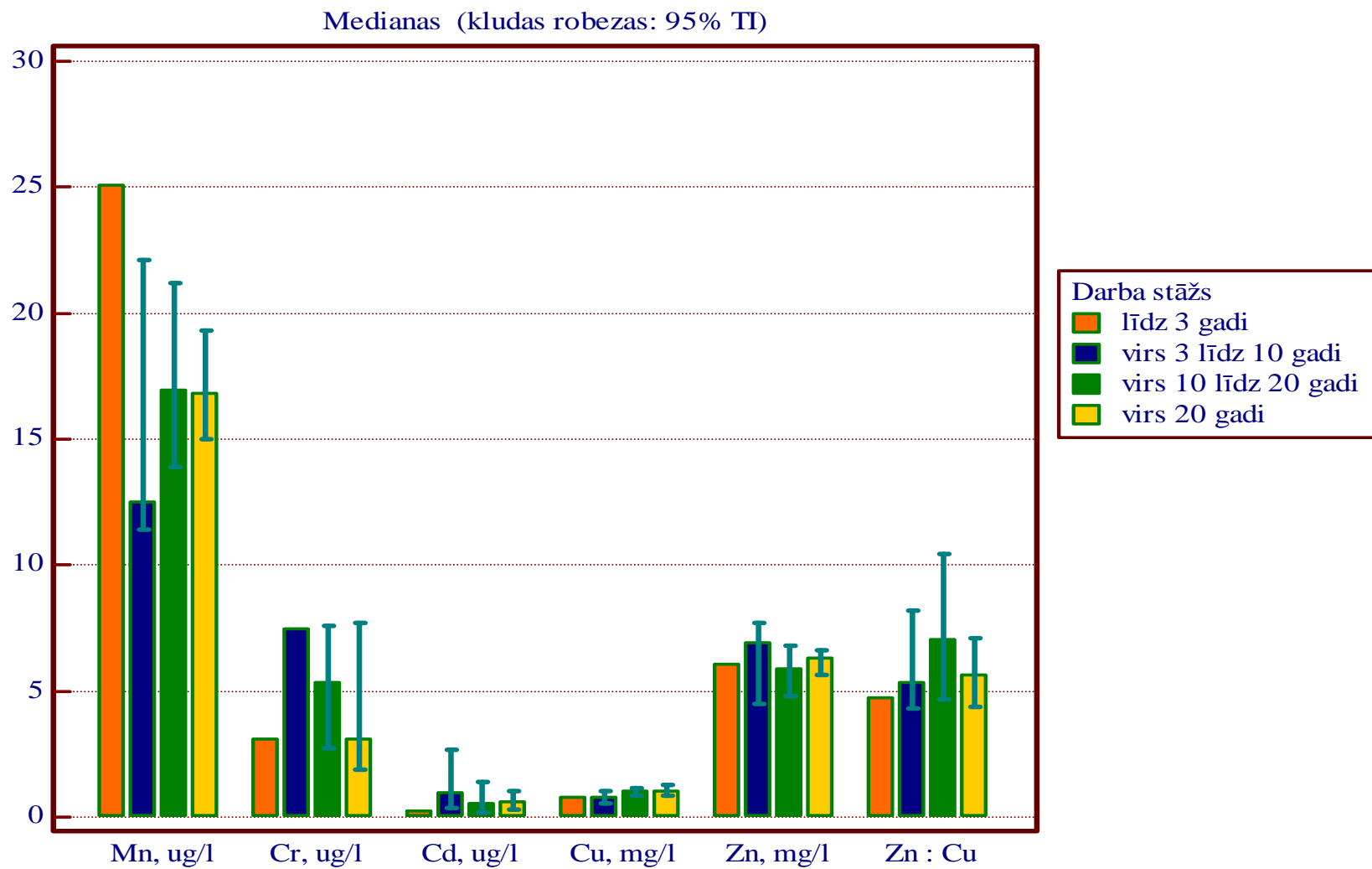
**3. attēls.** Cinka ( $p < 0,001$ ) līmeņa mediāna ar 95% TI un cinka – vara attiecība elektriķu un metinātāju asinīs ( $p < 0,001$ )



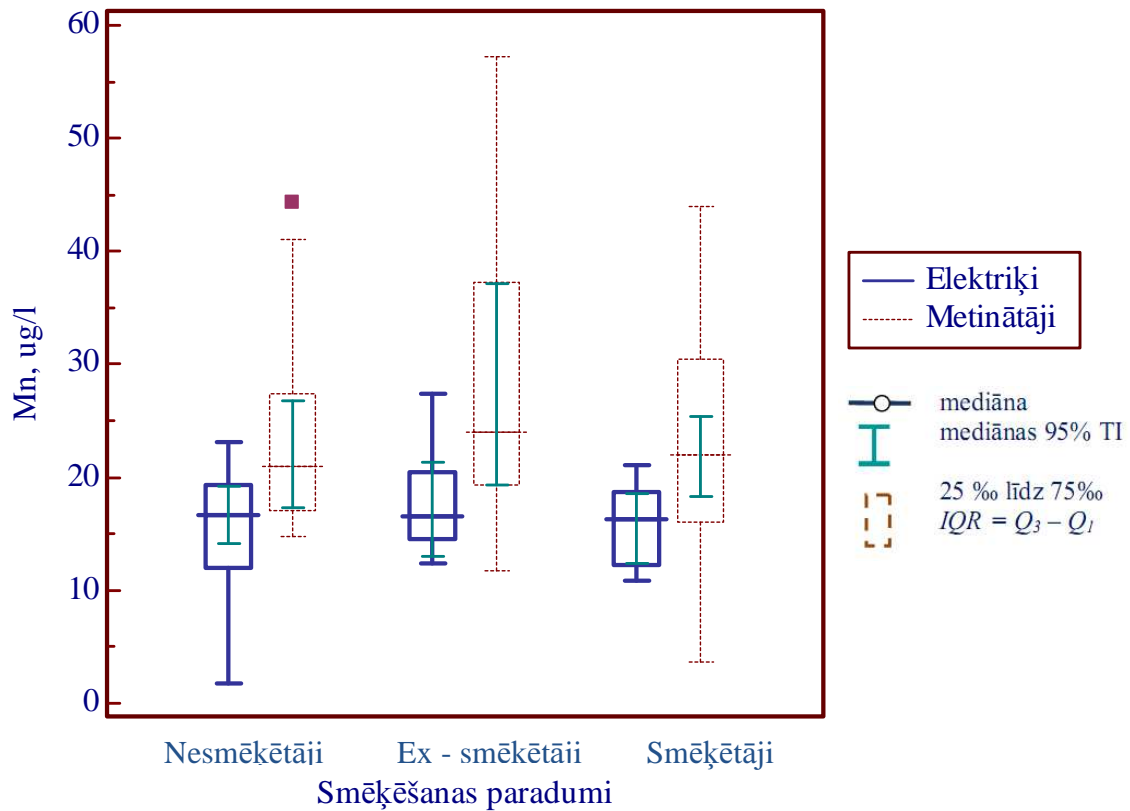
**4a. attēls.** Mangāna līmeņu mediānas ar 95% TI metinātājiem dažādās darba stāža grupās



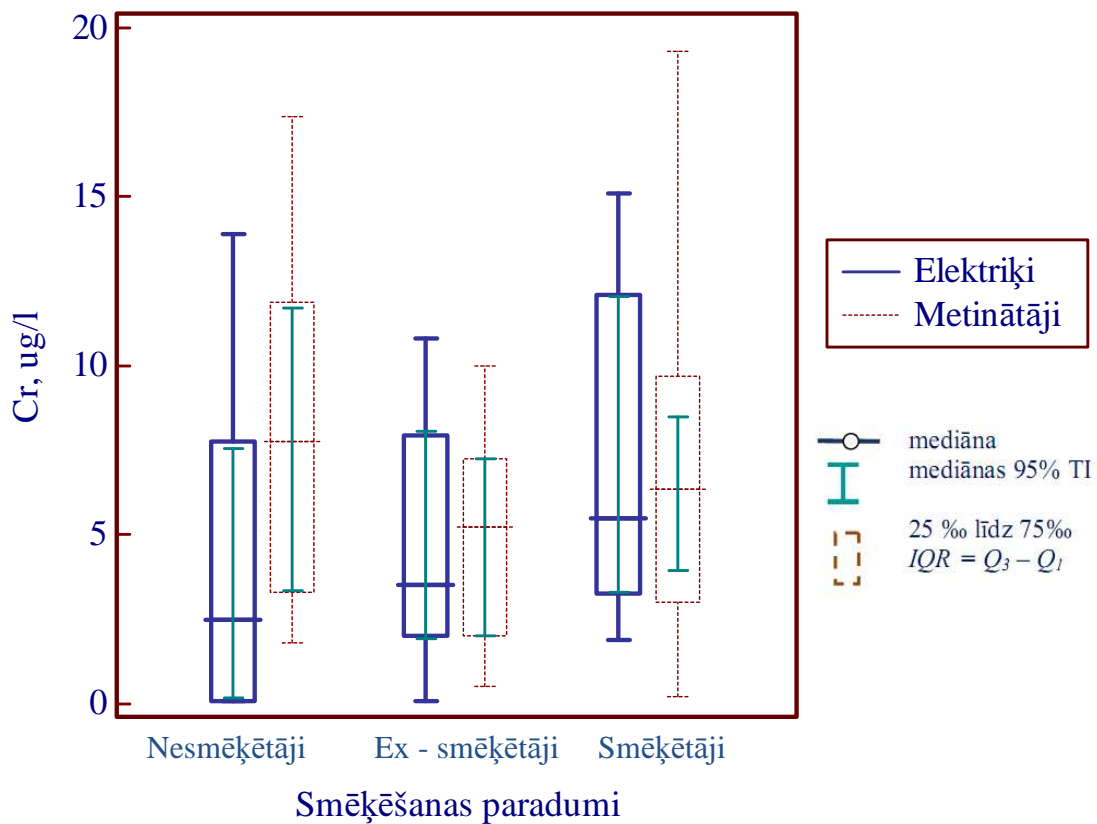
4. attēls. Metālu līmeņu mediānu izmaiņas ar 95% TI metinātāju asinīs, pieaugot darba stāžam



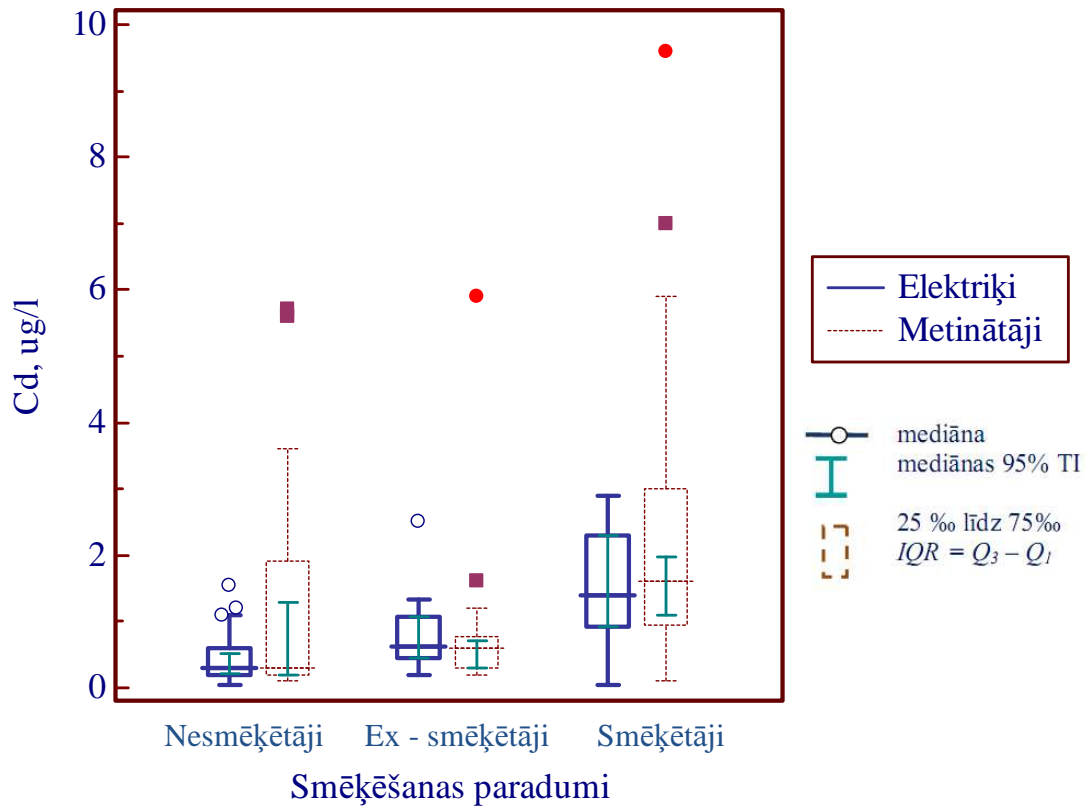
5. attēls. Metālu līmeņu mediānu izmaiņas ar 95% TI elektriķu asinīs, pieaugot darba stāžam



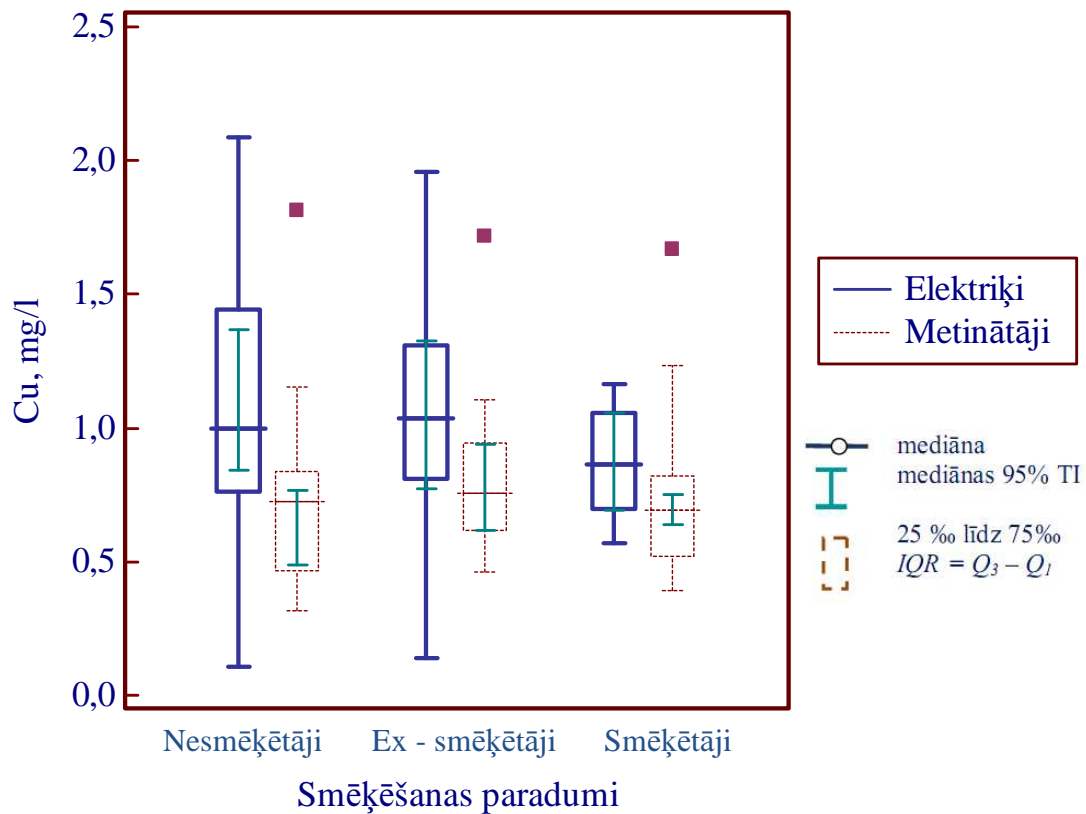
6. attēls. Mangāna līmeņi elektrīķu un metinātāju asinīs atkarībā no smēķēšanas paraduma



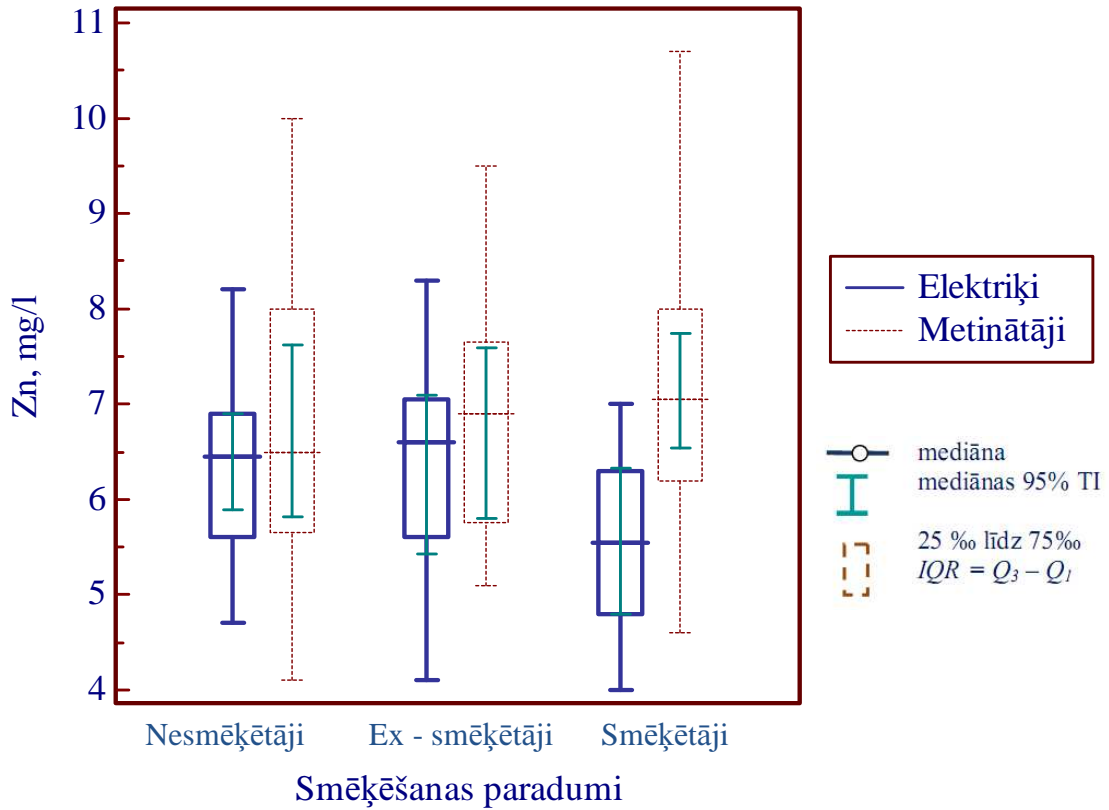
7. attēls. Hroma līmeņi elektrīķu un metinātāju asinīs atkarībā no smēķēšanas paraduma



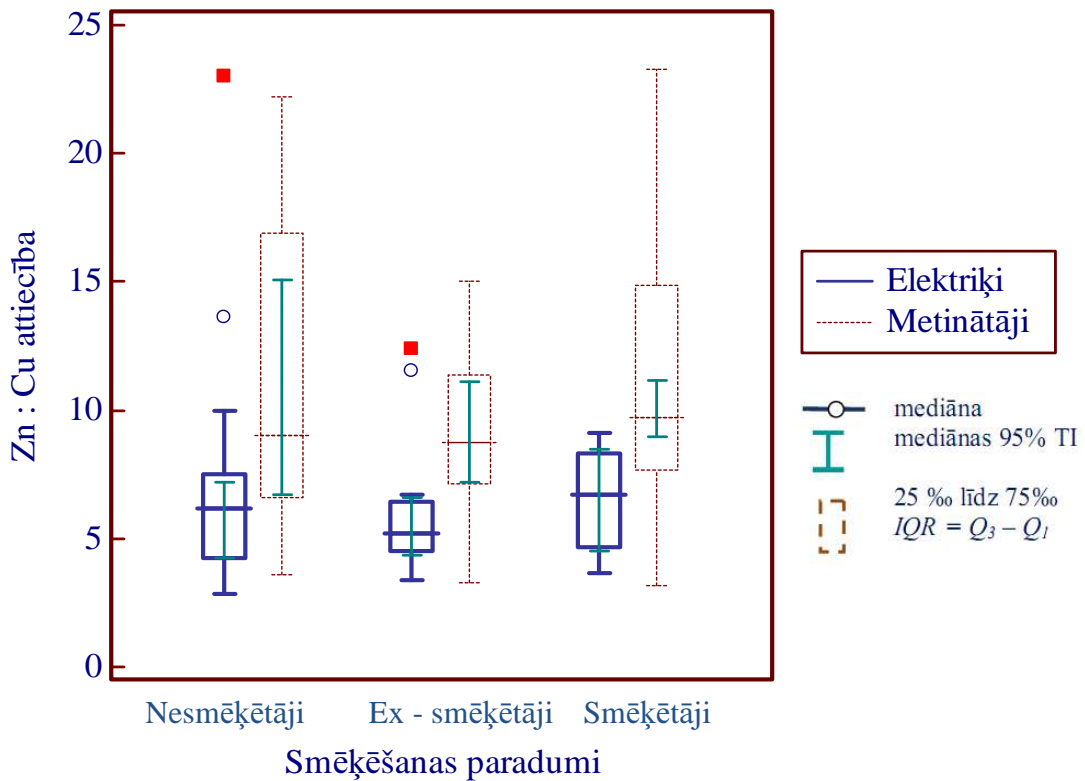
**8. attēls.** Kadmija līmeņi elektrīku un metinātāju asinīs atkarībā no smēķēšanas paraduma



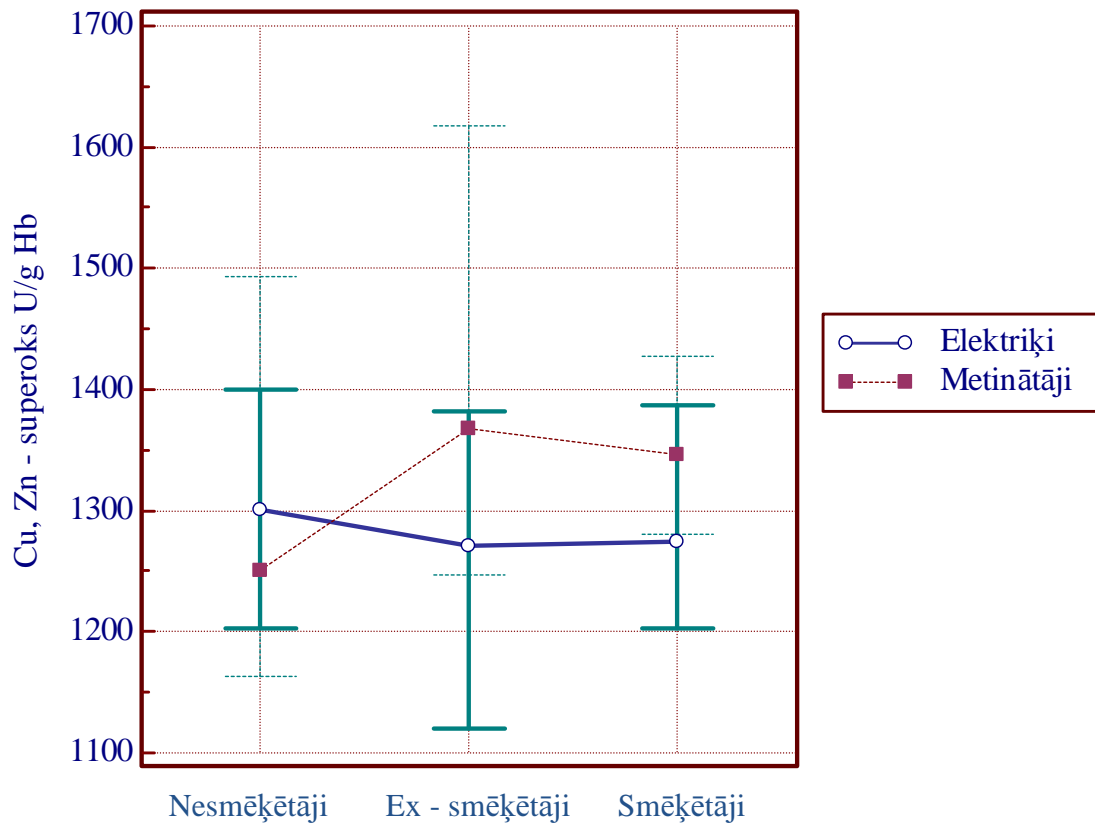
**9. attēls.** Vara līmeņi elektrīku un metinātāju asinīs atkarībā no smēķēšanas paraduma



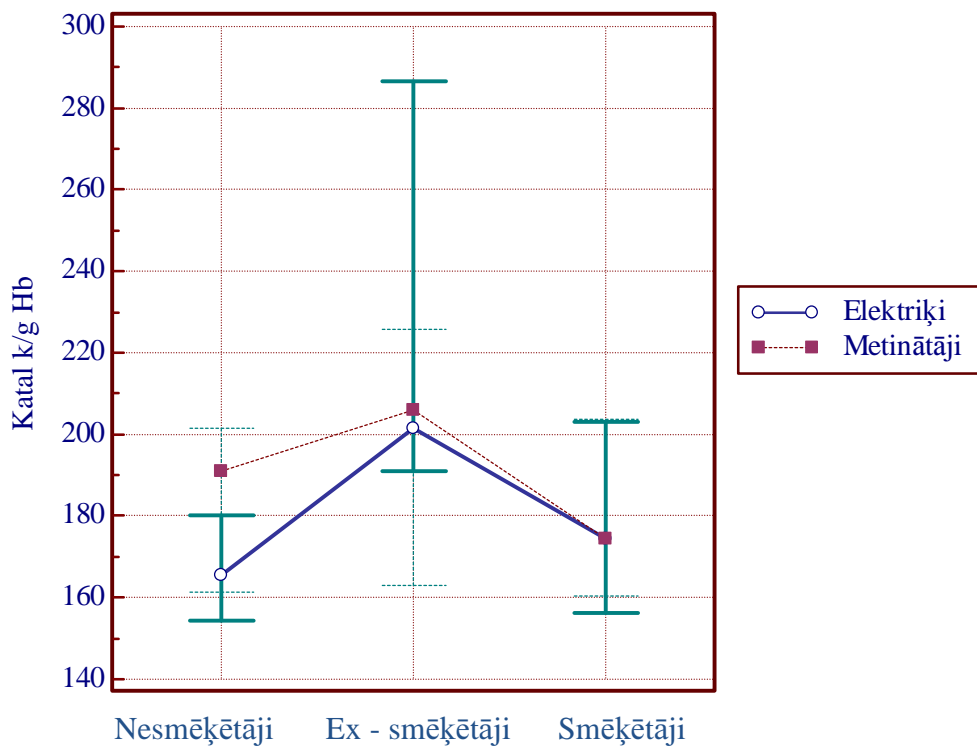
10. attēls. Cinka līmeņi elektrīku un metinātāju asinīs atkarībā no smēķēšanas paraduma



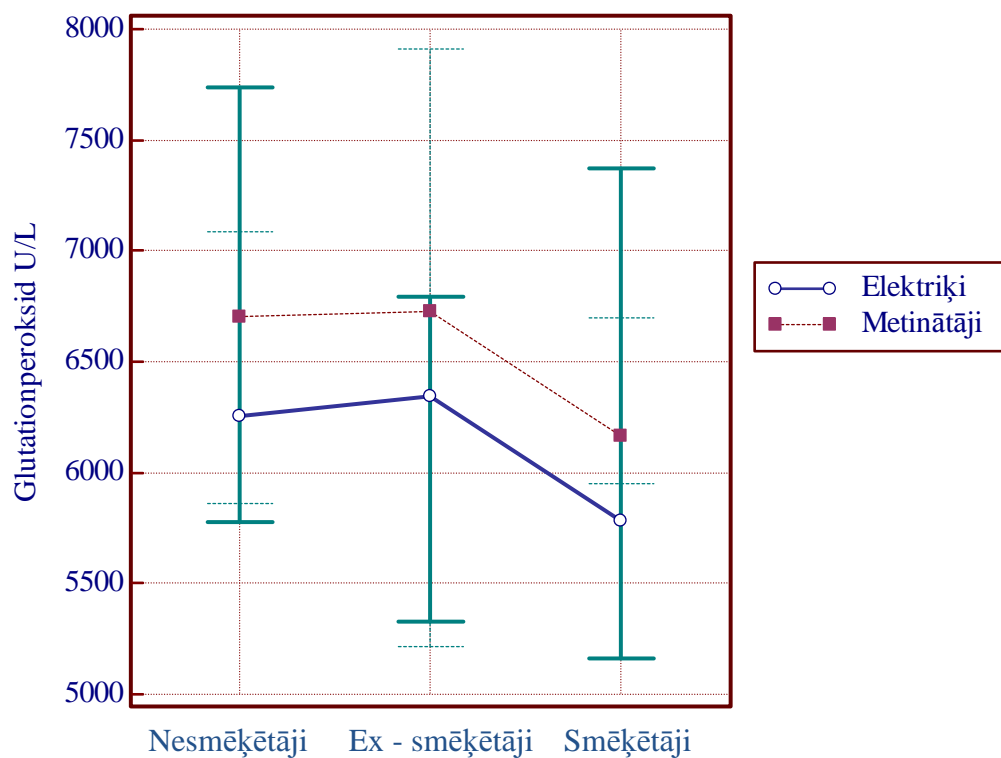
11. attēls. Cinka – vara attiecības līmenis elektrīku un metinātāju asinīs atkarībā no smēķēšanas paraduma



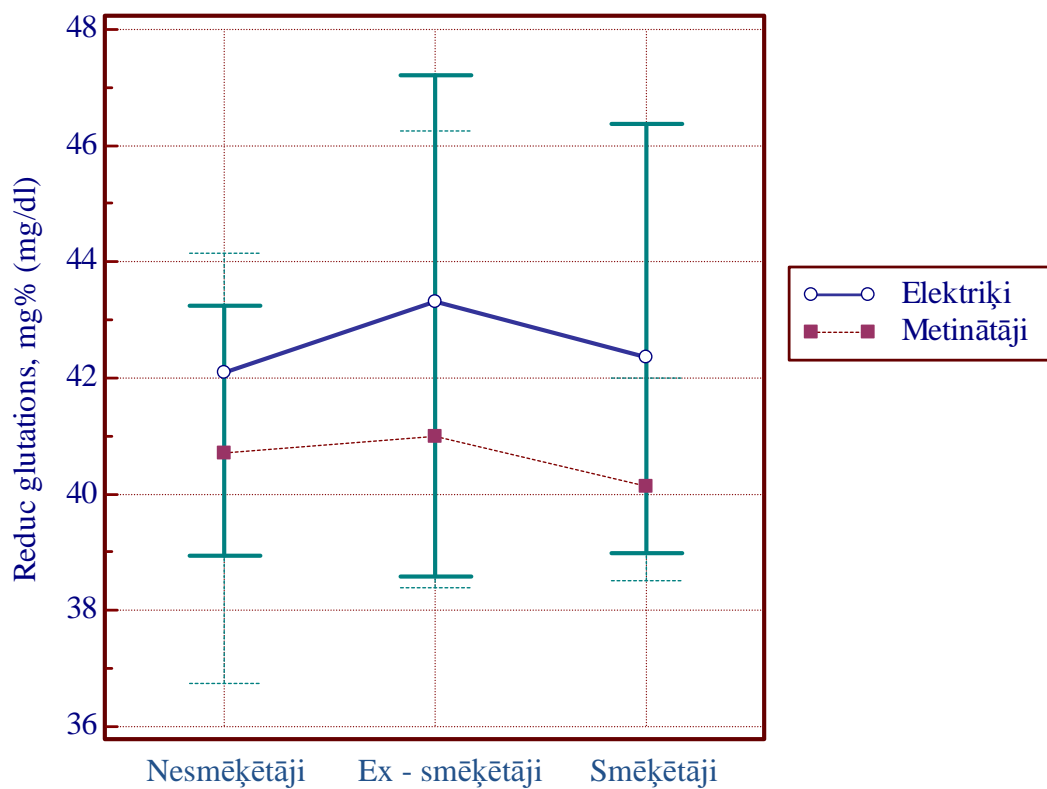
**12. attēls.** Cu, Zn -superoksīdismutāzes līmenis elektriķu un metinātāju asinīs atkarībā no smēķēšanas paraduma



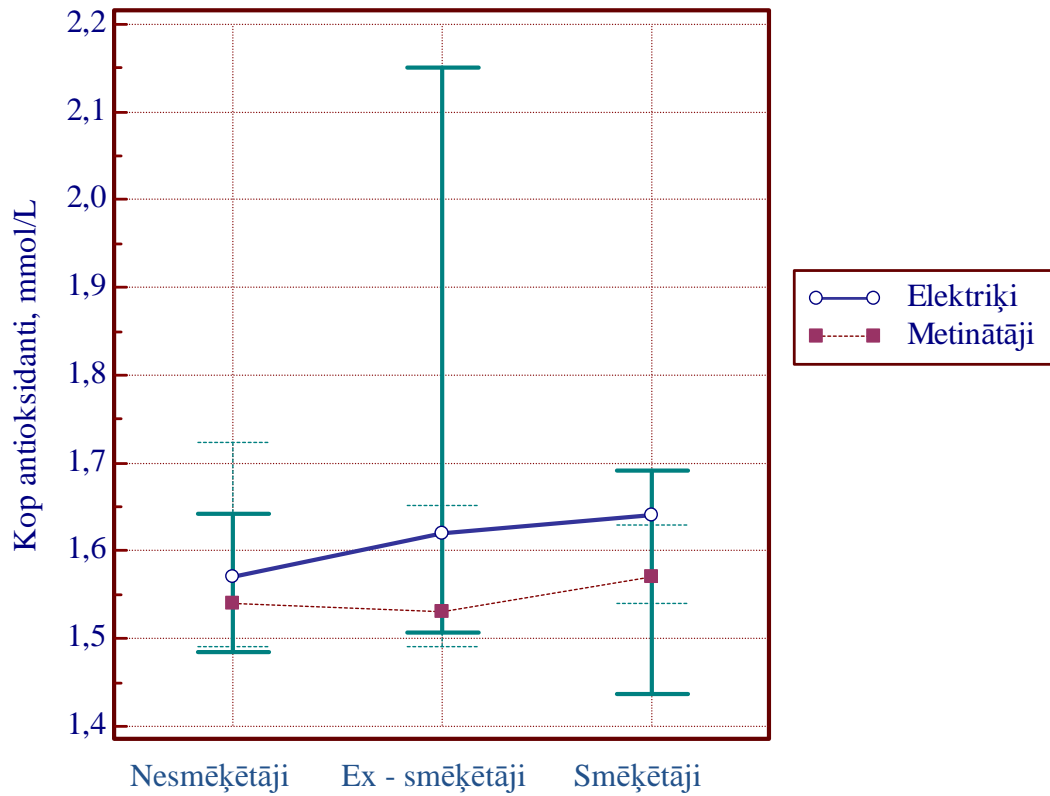
**13. attēls.** Katalāzes līmenis elektriķu un metinātāju asinīs atkarībā no smēķēšanas paraduma



**14. attēls.** Glutathione peroxidase līmenis elektrīķu un metinātāju asinīs atkarībā no smēķēšanas paraduma



**15. attēls.** Reducētā glutathione līmenis elektrīķu un metinātāju asinīs atkarībā no smēķēšanas paraduma



**16. attēls.** Kopējo antioksidantu līmenis elektriķu un metinātāju asinīs atkarībā no smēķēšanas paraduma

**4. pielikums**  
**„Metināšanas maskas un darba apģērbs”**



**1. attēls.** Metināšanas maska ar automātisku redzes lauka aptumšošanas (hameleons).





**3. attēls.** Metināšanas maska ar gaisa filtru, kas nodrošina tīra gaisa padevi maskas iekšpusē.