



RĪGAS STRADIŅA
UNIVERSITĀTE



Statens
arbeidsmiljøinstitutt



RSU aģentūra “Darba drošības un vides veselības institūts” (DDVVI)
Norvēģijas Valsts arodveselības institūts (STAMI)

Biroju tehniskā aprīkojuma radītā iekštelpu piesārņojuma noteikšana un tā iespējamās ietekmes uz organismu novērtējums

**Semināra programma
Prezentāciju kopsavilkumi**

Rīgā 2010. gada 22. oktobrī

Biroju tehniskā aprīkojuma radītā iekštelpu piesārņojuma noteikšana un tā iespējamās ietekmes uz organismu novērtējums: Semināra programma. Prezentāciju kopsavilkumi [Rīgā, 2010. gada 22. oktobrī]. – 79 lpp.

Organizatori:

Rīgas Stradiņa universitātes aģentūra "Darba drošības un vides veselības institūts" (DDVVI)
Norvēģijas Valsts arodveselības institūts (STAMI)

Maketētāja: *Ilze Stikāne*

Redaktore: *Indra Galiņa*

© Rīgas Stradiņa universitāte, 2010

ISBN 978-9984-788-75-3

SATURS

Semināra programma	4
RSU aģentūra “Darba drošības un vides veselības institūts”	6
Norvēģijas Valsts arodveselības institūts (STAMI)	8
Prezentāciju kopsavilkumi	10
Projekta “Biroju tehniskā aprikojuma radītā iekštelpu piesārņojuma noteikšana un tā iespējamās ietekmes uz organismu novērtējums” mērķi, uzdevumi un ieskaits to realizācijā <i>Baķe M. Ā.</i>	10
Biroju vides mikroklimatisko parametru izvērtējums <i>Zellāne M., Martinsone Ž., Seile A., Lakiša S.</i>	15
Biroju gaisa piesārņojums ar neorganiskām gāzēm – CO ₂ , NO ₂ , SO ₂ , O ₃ <i>Seile A., Martinsone Ž., Baķe M. Ā., Lakiša S., Zellāne M.</i>	19
Biroju darba vides gaisa piesārņojums ar aldehīdiem un izocianātiem un to iespējamais iedarbības risks darbinieku veselībai <i>Švedovs J., Baķe M. Ā., Martisone Ž., Sudmalis P., Piķe A., Zellāne M., Lakiša S.</i>	25
Dažādu gaistošo organisko savienojumu identifikācija biroju gaisā un to sorbcija putekļos <i>Sudmalis P., Baķe M. Ā., Martinsone Ž., Seile A., Lakiša S., Zellāne M.</i>	31
Chemical / Physical Characterisation of Nano-aerosols Experienced During Welding <i>Thomassen Y.</i>	37
Biroju darba vides piesārņojuma raksturojums pēc nanodaļiņu skaita un virsmas laukuma <i>Martinsone Ž., Baķe M. Ā., Piķe A., Lakiša S., Zellāne M.</i>	40
Biroja darbinieku subjektīvo sūdzību novērtējums <i>Lakiša S.</i>	48
Biroju tehniskā aprikojuma radītā iekštelpu gaisa piesārņojuma iedarbība uz balto žurku organismu <i>Sprūdža D., Martinsone Ž., Remeze I., Zellāne M., Silava A., Lārmane L.</i>	53
Biroju tehnikas darba vides piesārņojuma radīto trahejas un plaušu audu pārmaiņu imūnhistoloģisks citokīnu, antimikrobo peptīdu un programmētās šūnu nāves izvērtējums <i>Pilmane M., Moisejevs G., Martinsone Ž., Sprūdža D.</i>	62
Biroju tehnikas radītā nanodaļiņu piesārņojuma ietekmes izvērtējums, izmantojot perifērās mononukleārās asins šūnas <i>Martinsone Ž., Abramenkova A.</i>	69
Priekšlikumi neindustriālās darba vides kvalitātes novērtēšanai un uzlabošanas pasākumiem <i>Baķe M. Ā., Martinsone Ž., Sprūdža D., Vanadžiņš I.</i>	75
Seminārā referējošo personu kontaktinformācija	78



RĪGAS STRADIŅA
UNIVERSITĀTE



Biroju tehniskā aprīkojuma radītā iekštelpu piesārņojuma noteikšana un tā iespējamās ietekmes uz organismu novērtējums

Informatīvs seminārs

2010. gada 22. oktobrī

Rīgas Stradiņa universitātē,
Hipokrāta auditorijā, Dzirciema ielā 16,
Rīgā

Laiks	Tēma	Lektors
9.30	Reģistrācija	
10.00	Semināra atklāšana. Biroju vides problēmas aktualitāte mūsdienās	I. Vanadziņš, <i>Dr. med.</i> , RSU DDVVI direktors
10.20	Projekta "Biroju tehniskā aprīkojuma radītā iekštelpu piesārņojuma noteikšana un tā iespējamās ietekmes uz organismu novērtējums" mērķi, uzdevumi un ieskats to realizācijā	M. Ā. Baķe, <i>Dr. med.</i> , DDVVI vadošā pētniece, projekta vadītāja
10.50	Biroju vides mikroklimatisko parametru izvērtējums	M. Zellāne, sabiedrības veselības bakalaurs
11.10	Biroju gaisa piesārņojums ar neorganiskām gāzēm (CO_2 , NO_2 , SO_2 , O_3)	A. Seile, kvalitātes vadības maģistrs
11.30	Biroju darba vides gaisa piesārņojums ar aldehīdiem un izocianātiem un to iespējamais iedarbības risks darbinieku veselībai	J. Švedovs, <i>Mg. chem.</i>
11.45	Dažādu gaistošo organisko savienojumu identifi- kācija biroju gaisā un to sorbcija putekļos	P. Sudmalis, <i>Mg. chem.</i>
12.00	Diskusija	
12.15– 13.15	Pusdienas pārtraukums	
13.15	Norvēģijas Valsts arodveselības institūta (STAMI) pieredze nanodaļiņu fizikāli ķīmiskā raksturošanā un novērtējumā	Y. Thomassen, Prof., STAMI (ar tulkojumu)
14.00	Biroju darba vides piesārņojuma raksturojums pēc nanodaļiņu skaita un virsmas laukuma	Ž. Martinsone, sabiedrības veselības maģistrs, RSU HASL vadītāja

14.30	Biroja darbinieku subjektīvo sūdzību novērtējums	S. Lakiša, sabiedrības veselības bakalaurs
14.50	Kafijas pauze	
15.10	Biroju tehniskā aprikojuma radītā iekštelpu gaisa piesārņojuma iedarbība uz balto žurku organismu	D. Sprūdža, <i>Dr. med.</i> , RSU DDVVI vadošā pētniece
15.30	Biroju tehnikas darba vides piesārņojuma radīto trahejas un plaušu audu pārmaiņu imūnohistoloģisks citokīnu, antimikrobo peptīdu un programētās šūnu nāves izvērtējums	M. Pilmane, <i>Dr. habil. med.</i> , <i>Dr. med.</i> , prof., RSU AAI
16.00	Biroju tehnikas radītā nanodaļiņu piesārņojuma ietekmes izvērtējums, izmantojot perifērās mononukleārās asins šūnas	Ž. Martinsone, sabiedrības veselības maģistrs, RSU HASL vadītāja
16.30	Priekšlikumi neindustriālās darba vides kvalitātes novērtēšanai un uzlabošanas pasākumiem	M. Ā. Baķe, <i>Dr. med.</i> , DDVVI vadošā pētniece, projekta vadītāja
16.45	“Elpo brīvāk” – SIA “Filtri” informācija par gaisa kvalitātes uzlabojumu	Lienīte Bite, SIA “Filtri” direktore
17.00	Diskusija	
	Semināra noslēgums	

Rīgas Stradiņa universitātes aģentūra “Darba drošības un vides veselības institūts”

Ivars Vanadzīņš,
RSU DDVVI direktors

Rīgas Stradiņa universitātes aģentūra “Darba drošības un vides veselības institūts” (DDVVI) ir RSU pārraudzībā esoša zinātniska iestāde, kas izveidota ar RSU Senāta 2007. gada 17. aprīļa lēmumu Nr. 1-2/17.04.07. Vēsturiski Darba drošības un vides veselības institūts ir veidojies vairāku darba aizsardzības jomā strādājošu institūciju ilgstošas sadarbības rezultātā. DDVVI saknes meklējamas 1949. gadā toreizējā Rīgas Medicīnas institūtā izveidotajā Higiēnas katedrā un 1966. gadā nodibinātajā Higiēnas un arodslimību laboratorijā. Laika gaitā abas struktūras ir piedzīvojušas būtiskas izmaiņas, bet nav zaudējušas galveno uzdevumu – nodrošināt studentu apmācību un veikt zinātniskos pētījumus nodarbināto drošības un veselības aizsardzības jomā. 1992. gadā uz abu minēto struktūru bāzes tiek izveidots Darba medicīnas institūts, kuru reorganizējot un iekļaujot tajā arī Valsts Arodslimību un radiācijas medicīnas centru, tiek dibināts Darba un vides veselības institūts.

2007. gadā, realizējot ES Pārejas projekta Nr. 2004/006-245-03-01 “Darba drošības un veselības aizsardzības sistēmas turpmāka attīstība” (*Occupational Health and Safety System (further development)*) ekspertu sagatavotos ieteikums par Latvijas darba aizsardzības institucionālās sistēmas pilnveidošanu, Darba un vides veselības institūts tiek pārveidots par **RSU aģentūru “Darba drošības un vides veselības institūts” (DDVVI)**.

DDVVI svarīgākās funkcijas ir:

- publisku pakalpojumu sniegšana valsts un pašvaldību iestādēm, RSU un tās struktūrvienībām, kā arī privātpersonām darba drošības un veselības jomā;
- zinātniskā darbība, kā arī zinātniskās kvalifikācijas iegūšana un paaugstināšana darba drošības un veselības jomā;
- RSU, valsts un starptautisku, teorētisku un praktisku pētījumu projektu un programmu sagatavošana, pieteikšana un dalība to īstenošanā.

DDVVI darbības virzieni, lai īstenotu un nodrošinātu funkcijas:

- pirmsdiploma studentu apmācība par dažādiem apkārtējās un darba vides jautājumiem;
- ārstu pēcdiploma apmācība, doktorantu apmācība, ārstu un aroda medicīnas māsu kvalifikācijas paaugstināšana;
- nozarē strādājošo darba aizsardzības speciālistu apmācība un informēšana par dažādiem aktuāliem darba aizsardzības jautājumiem;
- dažādu informācijas materiālu sagatavošana un izplatīšana par darba drošību un veselības aizsardzību;
- pētījumu veikšana par nodarbināto veselību un drošību darbā;
- ekspertu pakalpojumu sniegšana darba vides riska faktoru novērtējuma jautājumos;

- darba vides laboratorisko mērījumu veikšana darba vietās;
- informācijas sniegšana valsts un pašvaldību institūcijām par ar darba drošību un veselību saistītiem jautājumiem.

DDVVI aktīvi darbojas pētniecībā, veicot dažādu ar darba vides iedarbību uz nodarbināto veselību saistītu jautājumu zinātnisku izpēti. Pēdējo 10 gadu laikā DDVVI ir veicis trīs pētījumus ar Latvijas Zinātnes padomes atbalstu, kā arī piedalījies vairāk nekā 10 starptautiskos pētniecības projektos un izstrādājis vairākus vietējas nozīmes projektus.

DDVVI svarīgākie pētniecības virzieni:

- pētījumi par darba un apkārtējās vides ierosinātajām arodslimībām;
- pētījumi par aroda izcelsmes plaušu slimībām Latvijā (pneimokoniozēm, hronisku bronhītu u.c.);
- veselības stāvokļa novērtējums un analīze Černobiļas AES avārijas seku rezultātā jonizējošās radiācijas ietekmei pakļautajām personām;
- darba vides psihosociālo riska faktoru novērtēšanas kritēriju izstrāde;
- darba vides riska faktoru analīze kokapstrādē nodarbinātajiem;
- ķīmiski farmaceitiskā rūpniecībā strādājošo monitorings un preventīvo pasākumu izstrādāšana arodslimību novēršanai;
- arodslimību izpēte celtniecības materiālu ražošanā (aroda dermatozes, pneimokoniozes, azbestozes u.c.);
- ķīmisko vielu koncentrāciju noteikšana frizētavās;
- riska faktoru izvērtējums biroju telpās;
- darba vide un strādājošo veselība naftas produktu pārkraušanas uzņēmumos;
- darba spēju indeksa novērtējums dažādām profesijām;
- maiņu darba ietekme uz medicīnas darbinieku miega kvalitāti;
- drošības datu lapu izstrāde un sastādīšana ķīmiskām vielām un produktiem;
- toksikoloģiskais novērtējums sadzīves ķīmijas un kosmētiskajiem līdzekļiem;
- kosmētisko līdzekļu mikrobioloģiskās tīrības noteikšana.

Darba vides riska faktoru mērījumus augstā kvalitātē veic Higiēnas un arodslimību laboratorija – DDVVI struktūrvienība, kas akreditēta atbilstoši LVS EN ISO/IEC 17025 standartam.

DDVVI turpmākā darba perspektīva ir aktīvi darboties darba aizsardzības jomā, veicinot nodarbināto veselības un drošības uzlabošanu, aktīvi piedalīties dažādu pētījumu projektu gatavošanā, kā arī ir atvērta sadarbības piedāvājumiem informatīvo un pētniecisko aktivitāšu veikšanai.

Norvēģijas Valsts arodveselības institūts (STAMI)

Gydas vei 8, Majorstuen, Oslo, Norway

Telefon: (+47) 23 19 51 00 Fax: (+47) 23 19 52 00

STAMI vīzija ir, ka Norvēģijā valsts un uzņēmēji spēj radīt tādu darba dzīvi un tādu darba vidi, kas izslēdz slimības rašanos un veicina labu veselību, mērķis – radīt zināšanas par saikni starp darba vidi, slimību un veselību, noteikt šīs sakarības, novērtēt risku un ieteikt profilaktiskos pasākumus, izplatīt zināšanas par saistību starp darbinieku veselību un darba vidi Norvēģijā.

Valsts arodveselības institūts ir pētniecības institūts, kas darbojas saskaņā ar Darba un sociālās integrācijas ministrijas noteiktām vadlīnijām darba drošības un aroda veselības jomā. Institūtā strādā vairāk nekā simts darbinieku, kuriem ir augstas zināšanas par darbu un veselību, un viņi tās piemēro pētījumos un izglīto darbiniekus.

STAMI darbinieki veido profesionālās grupas ar pieredzi dažādās disciplīnās un jomās (medicinā, ķīmijā, bioloģijā, psiholoģijā un citās). Institūts ir iesaistīts vairāk nekā 60 pētniecības projektos katru gadu. Daži no tiem ilgst vairākus gadus, ir ar lielāku praktisku ievirzi un risina lokālas problēmas.

Institūta darbība ir saistīta ar visām Norvēģijas darba dzīves jomām – STAMI izstrādā pētījumu kartes darba vides un darbinieku veselības vērtēšanai, izvērtē risku un iesaka profilakses pasākumus darba vietā. Institūtā ir klīniskā un arodmedicīnas daļa, kur tiek izmeklēti pacienti, kuriem, iespējams, ir ar profesiju saistīta slimība. STAMI informācijas centrs sniedz atbildes uz visiem jautājumiem, kas attiecas uz darba drošību un veselību. Bibliotēka ir atvērta visiem. Institūts nodrošina arī apmācību darba drošības un veselības darbiniekiem un citu profesiju pārstāvjiem darba veselības jomā.

Daži STAMI projekti arodveselības nozarē

iesākts (gads)	Pabeigts (gads)	Projekta tēma	Projekta vadītājs
2010	2012	Eļļas aerosolu ietekme uz plaušu funkcijām	Ulvestad
2009	2012	Maiņu darba, miega un veselības problēmas petrolejas industrijā PUSSH	Lau
2008	2012	Izocianātu ekspozīciju kartēšana	Olsen
2008	2012	Ķīmisko vielu ekspozīcija eļļas un gāzu industrijā (1102)	Bakke
2008	2012	Psihofizioloģisko faktoru vērtējums muskulo-skeletālo sāpju gadījumos (0652)	Matre

2007	2010	Bioloģisko aerosolu iedarbība uz elpceļu funkcijām zivsaimniecības nozarē (1081)	Heldal
2007	2010	Iekaisumi un elpceļu slimības: molekulāri bioloģiskā gēnu polimorfisma raksturojums plaušu vēža riska noteikšanai (0971)	Zienolddiny
2007	2010	PIMEX efektīva metode darba vides novērtēšanai alumīnija industrijā (1057)	Thomassen
2007	2010	Metinātāju nervu sistēmas pētījumi (1066)	Ellingsen

**Datu bāze par identificētām daļiņām aerosolos
(Partikkelatlas, 01.01.2001.–31.12.2011.)**

Projektā apkopotas individuālās elementu analīzes metodes, pielietojot mikroskopisko analīzi. Dati iegūstami: www.stami.no/partikkelatlas un http://www.stami.no/In_English/Particle_Atlas/

Projektā apkopota institūta ilggadējā pieredze putekļu daļiņu aroves veselības jautājumu risināšanā. Daļiņu identificēšana un raksturošana ir ļoti svarīga problēma aroves veselības jautājumu risināšanai: daļiņu lielums norāda to iekļūšanas dziļumu elpceļos, ķīmiskais sastāvs un morfoloģija sniedz informāciju par iespējamo toksisko iedarbību un veselības apdraudējumu, kā arī ļauj izvēlēties atbilstošus preventīvos pasākumus. Apkopotais daļiņu atlasis ir īpaši nozīmīgs tālākiem pētījumiem par aerosolu iedarbību.

Atlantā iekļauti dati, kas iegūti ar dažādām mikroskopijas tehnikām, tai skaitā arī skenējošo elektronu mikroskopo un rentgena mikroanalīzi (XRMA).

Ar projektu saistītās publikācijas

Skogstad A., Madsø L., Eduard W. Classification of particles from the farm environment by automated sizing, counting and chemical characterisation with scanning electron microscopy – energy dispersive spectroscopy // J Environ Monit, 1999; 1: s. 379–382. EP 2676/99.

Kruse K., Skulberg K., Skyberg K., et al. Dust reduction and health improvement in two intervention studies among office workers // Proceedings of the 26th International Congress on Occupational Health, PS 3, pp. 573. Singapore 2000.

Kruse K., Madsø L., Skogstad A., Eduard W., Levy F., Skulberg K., Skyberg K. Characterization of particle types in modern offices // Proceedings of the 9th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, I, pp. 880, Monterey, USA 2002.

PREZENTĀCIJU KOPSAVILKUMI

Projekta

“Biroju tehniskā aprīkojuma radītā iekštelpu piesārņojuma noteikšana un tā iespējamās ietekmes uz organismu novērtējums” mērķi, uzdevumi un ieskats to realizācijā

Mārīte Ārija Baķe

RSU aģentūra “Darba drošības un vides veselības institūts”

Pēdējos 10–15 gados Latvijā strauji ir pārmainījusies darba vide, tehnoloģijas un darbarīki, strauji palielināties birojos un citās neindustriālās nozarēs nodarbināto skaits (~ 63%). Kā darba vides risks birojos ir atzīts darbs ar datoru un ar to saistītas redzes sasprindzinājuma un ergonomiskās problēmas.

No darba vides riska faktoru identifikācijas viedokļa birojos un līdzīga tipa darba vietās ir daudz neskaidru un neizvērtētu aspektu, kas saistīti ar jaunām biroju iekārtām un tehnoloģijām: jauni ķīmiskie piesārņotāji iekštelpu gaisā, ultrasīkās putekļu daļiņas, oglekļa un citu ķīmisko savienojumu nanodaļiņas, polibromētie difenilēteri, ko izmanto kā liesmu slāpētājus, ftalāti un izocianāti, kas var migrēt no polimērmateriāliem, gaistošie organiskie savienojumi, kas izdalās no tīrīšanas līdzekļiem, sintētiskiem celtniecības un apdares materiāliem (Schechter *et al.*, 2005; Wolkoff *et al.*, 2006).

Ekspperimentālos pētījumos, ievietojot dažādus printerus testēšanas kamerās, pierādīta nanodaļiņu izdalīšanās vides gaisā un emisijas daudzuma saistība ar kopiju skaitu un printeru vecumu (Morawska *et al.*, 2007). Pieaugošās biroju darbinieku veselības un diskomforta sūdzības (20–30% no biroju darbiniekiem ziņo par dažādiem simptomiem) ir aktualizējušas jautājumu par biroju tehnikas radīto piesārņojumu darba vidē un tā ietekmes uz organismu novērtēšanu (Wargocki *et al.*, 2000). Nanodaļiņas, kas izdalās no biroja tehnikas, savu mazo izmēru un lielās kontakta virsmas dēļ spēj iekļūt no elpceļiem asinsritē un dažādu orgānu šūnās, izraisot kaitīgus veselības efektus. Lai novērtētu nanodaļiņu izraisītos kaitīgos efektus, tiek lietoti dažādi iekaisuma citokīni (IL-1 un IL-6) un alerģijas citokīni (IL-5, IL-10 un IgE), bet trūkst vispusīgas informācijas par to ietekmi uz dažādiem bioloģiskiem procesiem (oksidatīvo stresu, audzēju etioloģiju, DNS bojājumiem).

Latvijā nav veikti pētījumi par iekštelpu gaisa kvalitāti birojos un to iespējamo nelabvēlīgo ietekmi uz veselību. Darba vides riska vērtēšanai neindustriālā vidē trūkst vadlīnijas un iekštelpu gaisa normatīvi biroju tipa darba telpām.

Projekta mērķis

Novērtēt biroja tehniskā aprīkojuma (nanodaļiņu un ķīmisko vielu) iespējamo ietekmi uz veselību un izglītēt ar ārstus un darba aizsardzības speciālistus par biroju darba vides riskiem.

Projekta uzdevumi:

- 1) biroju tipa darba vides iekštelpu piesārņojuma veida noteikšana, darba procesos veidojošos piesārņotājielu identifikācija un koncentrāciju novērtējums;
- 2) biroju tehniskā aprīkojuma radītā darba vides piesārņojuma iespējamās ietekmes uz organismu eksperimentāls novērtējums pēc nanodaļiņu uzkrāšanās orgānos un organisma atbildes reakcijas;
- 3) korelāciju noteikšana starp piesārņojošiem faktoriem un organisma atbildes reakcijām;
- 4) semināra sagatavošana un organizēšana veselības aizsardzības un darba drošības speciālistiem.

Darba metodes

Metodes 1. aktivitātei – darba vides piesārņotāju kvalitatīva un kvantitatīva noteikšana:

- 1) nanodaļiņu koncentrācijas noteikšana pēc masas (*Split*), skaita (*P-Trak 8525*), virsmas izmēriem (*Aerotrak 9000*) un vizualizācija ar SEM (*Scanning Electron Microscope Mira/Tescan*);
- 2) hromatogrāfiska (GC un HPLC) gaistošo organisko savienojumu (GOS) un putekļu ekstraktu analīze (GC – *Micromas MS/MS Agilent-6890N* un *Varian 3800*, ar FID un ECD detektoru ; HPLC – *Waters Alliance 2695*);
- 3) biroju telpu mikroklimata (t °C, RM%, GPā ar “Testo 400” zondi) un neorganisko gāzu koncentrāciju mērījumi veikti ik pa stundai visas darba dienas garumā;
- 4) nodarbināto aptauja par pašsajūtu un sūdzībām par veselību, izmantojot starptautiski atzītu anketu.

Metodes 2. aktivitātei – eksperimentāls pētījums par biroju tehniskā aprīkojuma radītā darba vides piesārņojuma iespējamo ietekmi uz organismu:

- 1) pētījums ar *Wistar* populācijas baltām žurkām veikts ar pasīvās inhalācijas ekspozīcijas metodi, ievērojot starptautisko OECD vadlīnijas;
- 2) ietekmes uz organismu bioķīmiskā izmeklēšana, nosakot citokīnus (IL-6 un IL-10, imunoglobulīnus, antioksidantu enzīmātisko aktivitāti un kopējo plazmas antioksidantu koncentrāciju);
- 3) piesārņojuma nanodaļiņu iedarbība uz makrofāgu šūnām.

Metodes 3. aktivitātei – korelāciju izvērtēšana:

- 1) datu apstrādei un analīzei izmantotas *Excel* un *SPSS for Windows* 16.0 versija. Tā kā darba vides gaisa mērījumu rezultāti nepakļāvās normālsadalījumam, tad rezultātu statistiskai apstrādei izmantotas neparametriskās datu apstrādes metodes. Katram mainīgajam lielumam veikta atbilstošās statistikas analīze – atrasti centrālās tendences (aritmētiskais un ģeometriskais vidējais, mediāna) un izkliedes (standartnovirze, 95% ticamības intervāls) rādītāji. Rezultātu salīdzināšanai izmantotas ticamības intervāla (95%) analīzes metodes, kā arī Manna-Vitnija (*Mann-Whitney U test*) tests;

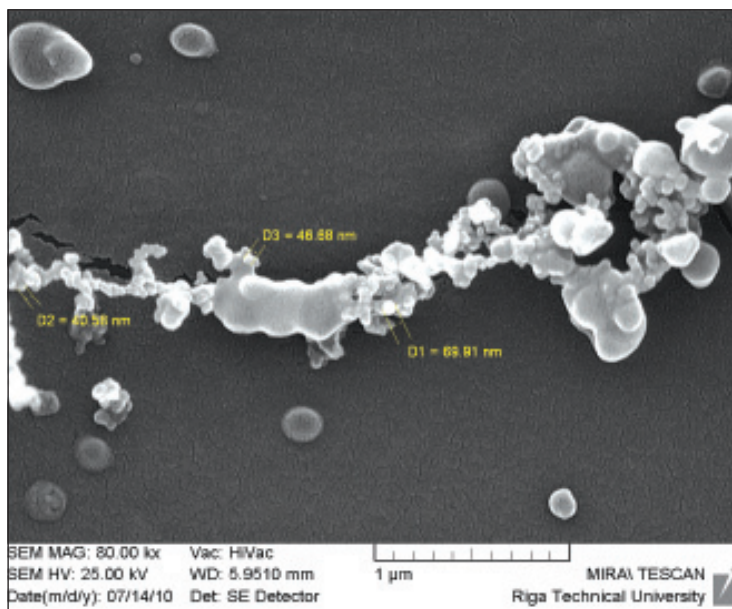
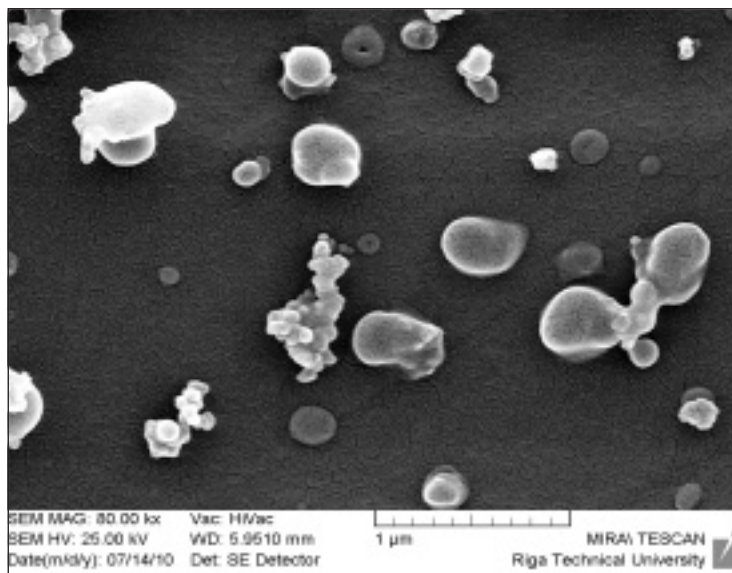
- 2) iespējamās piesārņojošo vielu iedarbības uz organismu riska pakāpes noteikšanai kā **gaisa kvalitātes normatīvie references lielumi** (Cref) izmantoti – iekšelpu vai ārtelpu normatīvi pēc PVO vadlīnijām (WHO, *Air Quality Guidelines for Europe, European Series, No. 91, second ed. WHO Regional Publications; 2000*) un Latvijas MK noteikumos Nr. 1290 “Noteikumi par gaisa kvalitāti (pieņemti 03.11.2009.)” reglamentējošie robežlielumi (gada vidējais Rg vai dienas Rdn) ārtelpu gaisam (formaldehīdam, ogļūdeņražiem-alkāniem, toluolam, ksilolam). Tām vielām, kurām nav uzrādīti lielumi pirmos divos dokumentos (acetaldehīds, propilaldehīds, butilaldehīds, benzaldehīds, etilacetāts, butilacetāts, etilbenzols, dibutilftalāts), kā rekomendējoši normatīvi situācijas vērtēšanai izmantoti Krievijas Federācijas standartā (ГН2.1.6.1338-03) noteiktie maksimāli pieļaujamo koncentrāciju lielumi atmosfēras gaisam. Ja reālās koncentrācijas C attiecība pret normatīvo references vērtību Cref ir lielāka par 1 ($C : Cref = RP > 1$), tad pastāv varbūtība, ka viela šajā koncentrācijā var izraisīt nelabvēlīgu iespaidu uz darbinieka veselību, t. i., riska pakāpe (RP) ir lielāka par 1.

Pētījumu nodrošinājums iespējams, pateicoties RSU DDVVI modernai aparātūras bāzei ar RSU Anatomijas un antropoloģijas institūtu, Bioķīmijas laboratoriju, Eksperimentālo dzīvnieku laboratoriju, LU Bioloģijas katedru un Cietvielu fizikas institūtu.

Tiešais sadarbības partneris: Norvēģijas Nacionālais Aroda Veselības institūts (*National Institute of Occupational Health of Norway, Prof. Yngvar Thomassen*).

Rezultāti

1. Pētījums apstiprina, ka biroju tehnikas emitētās ultrasīkās **daļiņas ir nanoizmēru skalā** (sk. 1. att.).
2. Biroja telpās ar intensīvu kopēšanas / drukāšanas darbu un telpās ar neefektīvu ventilācijas sistēmas darbību tika konstatēta 2–3 reizes augstāka **nanodaļiņu skaits** koncentrācija un alveolārās un traheo-bronhiālās frakcijas **virsmas laukuma** paaugstināts līmenis, salīdzinot ar references telpām.
3. Veicot kopētāju **putekļu ekstrakta** masspektrālo analīzi, tika identificēta ķīmisko vielu (ftalāti, dažādi skābekli saturošie savienojumi, kas varētu veidoties kopētāju pulvera piededzināšanas procesā, polibromētie difenilēteri un polihlorētie bifenīli) adsorbēšana uz iekārtu emitētiem putekļiem. Pētījumā identificēta vienlaicīga **dažādu kļaušu gaistošu organisko savienojumu klātbūtne** biroju iekšelpu gaisā: aldehīdi (formaldehīds, acetaldehīds, propilaldehīds, butilaldehīds un benzilaldehīds), alkāni (heksāns, propāns, etāns, metāns), aromātiskie ogļūdeņraži (toluols, ksiloli, etilbenzols) spirti (etanols), ketoni (acetons) un esteri (etilacetāts, butilacetāts, dibutilftalāts) un toluilendiizociānāti. To iedarbības varbūtības risku uz cilvēka veselību apstiprina fakts, ka 48,6% mērījumu dažādu aldehīdu un 26% citu organisko savienojumu koncentrācija salīdzinājumā ar vielai rekomendēto normatīvo lielumu ir pārsniegta; koncentrāciju būtiski ietekmē ventilācijas organizācija telpā.



1. attēls. Printera emitētās ultrasoniskās daļiņas un to izmēru raksturojums skenējošās elektronu mikroskopijas fiksējumā (*MIRA / TESCAN*).

4. Iekštelpu gaisā tika atrasti raksturīgākie **iekštelpu gaisa piesārņotāji** – CO_2 , SO_2 , NO_2 , O_3 – un to koncentrācija 50% veikto mērījumu pārsniedz rekomendēto robežlielumu.
5. Biežākās subjektīvās **darbinieku sūdzības** (vairāk nekā 20% respondentu) par veselības stāvokli ir nogurušas vai sasprindzinātas acis, sausas, niezošas vai iekaisušas acis, sausa āda, kas varētu būt saistītas ar neatbilstošu telpas mikroklimatu un ķīmisko vielu koncentrācijas pieaugumu telpā, kas biežāk vērojams pēcpusdienā.
6. **Mikroklimata novērtējums** birojos parāda tā neatbilstību optimāliem apstākļiem lielā daļā veikto mērījumu (50% biroja telpu ir neatbilstošs relatīvais gaisa mitrums, visos gadījumos birojos ir neatbilstoši zema gaisa plūsma, gaisa temperatūra biroja telpās atbilst rekomendētiem lielumiem pēc jauniem MK noteikumiem) un neatbilstību apstiprina aptaujā noteiktās sūdzības par darba vidi (pārāk sauss gaiss, pārāk maza gaisa plūsma un paaugstināta gaisa temperatūra), bet lielākā daļā respondentu kopumā ir apmierināti ar savu darba vidi.
7. **Eksperimentālā pētījumā** par biroju tehniskā aprikojuma radītā darba vides piesārņojuma iespējamo ietekmi uz organismu (balto žurku) konstatēta eksperimenta beigās statistiski ticami mazāka ķermeņa masa eksperimentālajai grupai kā kontroles grupai; eksperimentālo dzīvnieku bronhoalveolārā surfaktanta analīze uzrādīja plaušu un augšējo elpceļu šūnu kvalitatīvās un kvantitatīvās izmaiņas.
8. Eksperimentālajiem dzīvniekiem pētījuma beigās statistiski ticami ($P < 0,05$) palielinājušies iekaisuma rādītāji (C-reaktīvais olbaltums un $\text{TNF-}\alpha$ līmenis) un daži oksidatīvā stresa rādītāji (superoksīddismutāze un reducētais glutations), novērotas statistiski ticamas izmaiņas atsevišķos imunitātes rādītājos (D-šūnu skaits, L-šūnu skaits, asins seruma cirkulējošo imūnkompleksu rādītājs).
9. Biroja tehnikas radītās putekļu daļiņas (nanodaļiņas) pēc iedarbības **uz perifērām mononukleārām asins šūnām (PMBC)** ir atrodamas izvietotas ap šūnas kodolu; pēc daļiņu iedarbības šūnās ir novērojama eksocitoze vai šūnu fragmentācija, kuras laikā no šūnām tiek izvadīti mitohondriji kopā ar bojātiem šūnu segmentiem. IL-6 ekspresija eksperimenta paraugos izteiktāka ir lielākās ekspozīcijas (augstākās koncentrācijas) gadījumā.
10. Pētījumus nepieciešams turpināt, nosakot vairākus iekaisuma marķierus un tos kompleksi izvērtējot, kā arī nosakot reālo daļiņu koncentrāciju asinīs.

Literatūra

1. Carslaw N., Langer S, and Wolkoff P. New Directions: Where is the link between reactive indoor air chemistry and health effects? // Atmospheric Environment, 2009; 43 (24, August): 3808–3838.
2. Morawska L, He C., Taplin L. Particle emission characteristics of office printers // Environmental Science Technology, 2007; 4: 6039–6045.

3. Schecter A., Pöpke O., Joseph J. E., Tung K. C. Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in U.S. computers and domestic carpet vacuuming: possible sources of human exposure // J Toxicol. Environ. Health., 2005; 68(7): 501–513.
4. Wargocki P., Lagercrantz L., Witterseh T., et al. Subjective perceptions, symptom intensity and performance: a comparison of two independent studies, both changing similarly the pollution load in the Office // Indoor Air, 2002; 12: 74–80.
5. Wolkoff P., Wilkins C. K., Clausen P. A., Nielsen G. D. Organic compounds in Office environments: sensory irritation, odor, measurements and the role of reactive chemistry // Indoor Air, 2006; 16: 7–19.

Biroja vides mikroklimatisko parametru izvērtējums

Mairita Zellāne, Žanna Martinsone, Anita Seile, Svetlana Lakiša
RSU aģentūra “Darba drošības un vides veselības institūts”

Mikroklimats (gaisa mitrums, temperatūra un gaisa plūsma) ir ļoti nozīmīgs biroja darba vides riska faktors, kas var ietekmēt darbinieka veselību, darba spējas, labsajūtu un komfortu. Ministru kabineta noteikumos Nr. 359 “Darba aizsardzības prasības darba vietās” nosaka, ka darba telpās jānodrošina darba raksturam un nodarbināto fiziskajai slodzei atbilstošs mikroklimats. Latvijā biroja vide ir ļoti maz pētīta, tāpēc ir svarīgi apzināt visus riska faktorus.

Pārāk zems gaisa relatīvais mitrums var būt iemesls sausām, niezošām acīm un elpceļiem, bet pārāk augsts mitruma līmenis var ierosināt baktēriju un sēnīšu augšanu, attīstību un veicināt elpceļu sasilšanas, akūtu respiratoru sasilšanu. Pārāk zema temperatūra veicina saaukstēšanos, bet pārāk augsta – pārkaršanu un diskomfortu. Pārāk liela gaisa plūsma var būt iemesls akūtām respiratorām sasilšanām, bet pārāk zema gaisa plūsma neveicina pietiekamu gaisa apmaiņu, kā dēļ var rasties galvassāpes, nogurums, nespēks (Eglīte, 2008; OSHA).

Mērķis

Novērtēt mikroklimatisko situāciju birojos un noskaidrot subjektīvo sūdzību saistību ar mikroklimatiskajiem rādītājiem biroju telpās.

Materiāls un metodes

Paraugi tika ņemti 10 Latvijas uzņēmumos (10 telpās), kuri atrodas Rīgas pilsētas robežās. Mikroklimatiskie rādītāji tika noteikti 0,6 m augstumā no grīdas, izmantojot “Testo 400” zondi (LVS EN ISO 7726), mērījumi veikti ik pa stundai visas darba dienas garumā.

Mērījumu rezultāti tika salīdzināti ar LR Ministru kabineta noteikumiem Nr. 359. “Darba aizsardzības prasības darba vietās”.

Rezultāti

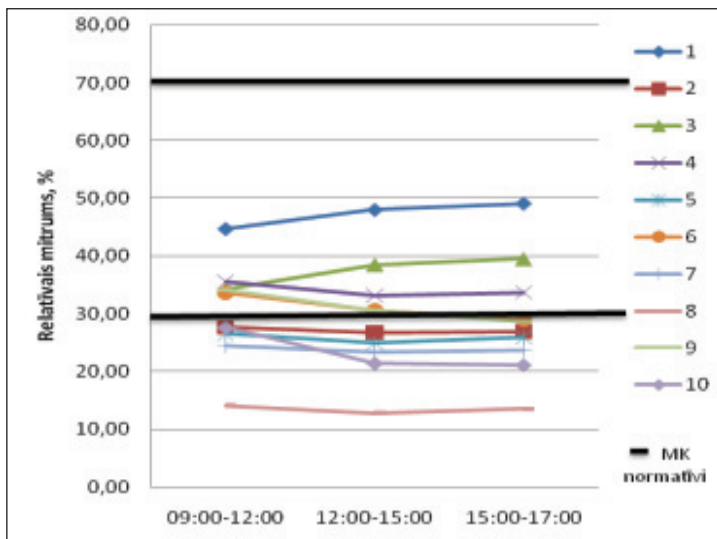
Telpu raksturojums:

1. Telpā nav logu, nav pieplūdes / nosūces ventilācijas sistēma, ir mīksta grīdas segums, telpā atrodas 2 darbinieki.
2. Telpā nav veramu logu, ir pieplūdes / nosūces ventilācijas sistēma un kondicionieris, ir mīksta grīdas segums, telpā atrodas 2 darbinieki.
3. Telpā nav veramu logu, ir pieplūdes / nosūces ventilācijas sistēma un kondicionieris, ir mīksta grīdas segums, telpā atrodas 14 darbinieki.
4. Telpā nav veramu logu, ir pieplūdes / nosūces ventilācijas sistēma, bet uz doto brīdi nedarbojas gaisa pieplūde, ir parketa grīdas segums, telpā atrodas 2 darbinieki.
5. Telpā ir verami logi, ir pieplūdes ventilācijas sistēma un kondicionieris, ir linoleja grīdas segums, telpā atrodas 1 darbinieks.
6. Telpā ir verami logi, ir pieplūdes / nosūces ventilācijas sistēma, ir parketa grīdas segums, telpā atrodas 1 darbinieks.
7. Telpā ir verami logi, ir pieplūdes / nosūces ventilācijas sistēma, ir mīksta grīdas segums, telpā atrodas 22 darbinieki.
8. Telpā ir verami logi, ir pieplūdes / nosūces ventilācijas sistēma, ir mīksta grīdas segums, telpā atrodas 22 darbinieki.
9. Telpā ir verami logi, ir pieplūdes / nosūces ventilācijas sistēma, ir mīksta grīdas segums, telpā atrodas 6 darbinieki.
10. Telpā ir verami logi, nav pieplūdes / nosūces ventilācijas sistēma, ir parketa grīdas segums, telpā atrodas 3 darbinieki.

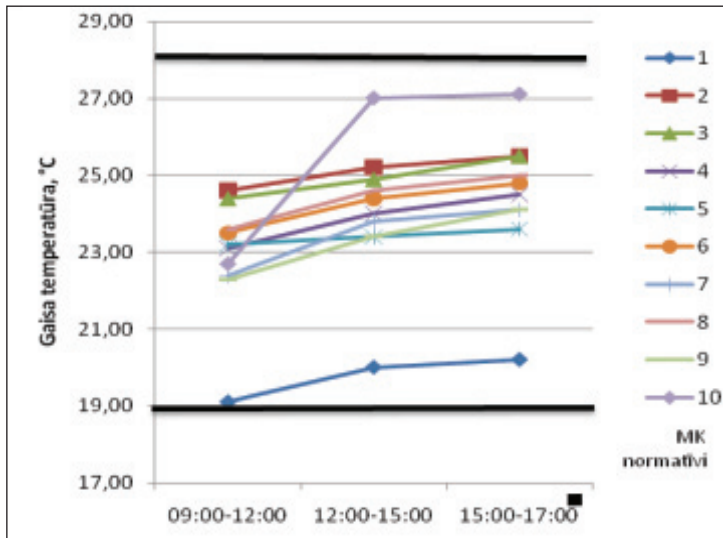
Rādītāji tika aplūkoti atsevišķi: relatīvais gaisa mitrums, temperatūra, gaisa plūsma.

Relatīvais gaisa mitrums uzņēmumos ir robežās no 12,5% līdz 49,5%. No plkst. 09.00 līdz 17.00 relatīvais gaisa mitrums 1. un 3. telpā pieauga par 4,4% un 5,3%, bet pārējās telpās – 2., 4., 5., 6., 7., 8., 9., un 10. telpā – samazinājās robežās no 0,6 līdz 6,5%. (sk. 1. attēlu). 50% gadījumu uzņēmumos (telpās Nr. 2., 5., 7., 8., 10.) relatīvais gaisa mitrums ir zem apakšējās robežvērtības (30%), ko nosaka MK noteikumi Nr. 359.

Temperatūra birojos (sk. 2. attēlu) variē no 19 °C (1. telpa) līdz 27,1 °C (10. telpa). Darba dienas sākumā temperatūra mainās no 19,0 °C (1. telpa) līdz 24,6 °C (2. telpa). Pusdienas laikā un vakarpusē: no 20 °C (1. telpa) līdz 27,1 °C (10. telpa). Visās telpās, izņemot 10., vērojams temperatūras konstants pieaugums no ~+0,5 līdz +2 °C dienas garumā, bet 10. telpā ir straujš kāpums – par +4,3 °C pusdienas laikā. Visiem uzņēmumiem, izņemot 1. telpu, pielīdzināmas siltā perioda normas, bet 1. telpā – aukstā perioda normatīvie lielumi.

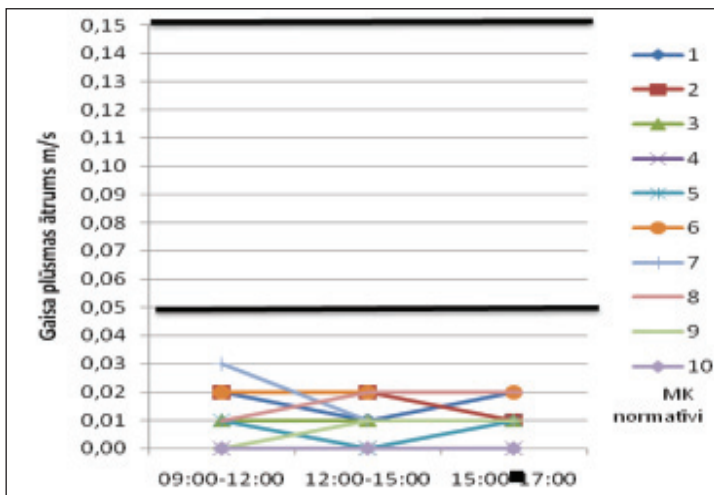


1. attēls. Relatīvais gaisa mitrums (%) dažādās biroja telpās (1.-10.).



2. attēls. Gaisa temperatūra dažādās biroja telpās (1.-10.).

Gaisa plūsmas ātrums (sk. 3. attēlu) variēja no 0,00–0,03 m/s. Gaisa plūsmas ātrums 0,03 m/s bija vērojams, kad tika atvērts logs. Gaisa plūsmas ātrums nevienā uzņēmumā neatbilda MK noteiktajiem normatīvajiem lielumiem.



3. attēls. Gaisa plūsmas ātrums dažādās biroja telpās (1.-10.).

Diskusija

Mikroklīmatam ir noteikti normatīvie lielumi (MK Nr. 359.), relatīvajam gaisa mitrumam jābūt robežās no 30–70%, temperatūra atšķiras no siltā / aukstā laika perioda, siltajā periodā tā ir no +20 līdz +28 °C, bet aukstajā periodā no +19 līdz +25 °C. Gaisa plūsmai jābūt robežās no 0,05–0,15 m/s. MK noteikumi Nr. 359 pieļauj rezultātiem lielākas svārstību amplitūdas nekā ir noteikts ISO standartā Nr. 7730:2005(E). ISO standartā relatīvā gaisa mitruma robežlielumi ir 40–60%, temperatūrai siltā laikā $24,5 \pm 1^\circ\text{C}$, bet aukstā laikā $22,0 \pm 1^\circ\text{C}$. Gaisa plūsmai siltajā periodā jābūt 0,12 m/s, bet aukstajā periodā – 0,1 m/s.

Aptaujas iegūtie dati liecina, ka biežākās sūdzības par darba vidi ir: sauss gaiss, pārāk maza gaisa plūsma, pārāk zema / augsta temperatūra. Sūdzības par veselību: sausas / niezošas un iekaisušas acis, sausa āda. Ņemot vērā, ka lielākā daļa sūdzību parādās pusdienlaikā, varam spriest, ka viens no sūdzību iemesliem varētu būt neatbilstošais mikroklīmatu, kas pasliktinās otrajā dienas pusē. Biežākās darbinieku sūdzības ir saistītas ar neadekvātu mikroklīmatu.

Iegūtie rezultāti parāda, ka 5 telpās relatīvais gaisa mitrums bija zem 30%, kas ir minimālais līmenis, ko nosaka Ministru kabineta noteikumi, bet, ja par normu tiek ņemts ISO standarts, tad tikai 1 uzņēmumā ir atbilstošs relatīvais gaisa mitrums.

Temperatūra atbilstoši MK noteikumiem visās telpās atbilst normatīvam, bet gaisa plūsmas ātrums nevienā darba telpā neatbilst normatīvajiem lielumiem.

Strādājot šādos apstākļos, darbinieki ir pakļauti virknei veselības problēmu, ir samazinātas darbaspējas un palielināta emocionālā slodze.

Neatbilstošā gaisa plūsma parāda, ka telpās nav pietiekama gaisa apmaiņa. Visās telpās, izņemot 1. un 10. telpu, ir pieplūdes / nosūces ventilācija, bet minimālā gaisa plūsma norāda, ka tā nav pareizi izbūvēta vai nestrādā pietiekami jaudīgi.

Secinājumi:

1. Pusei apsekoto biroja telpu ir normatīviem neatbilstošs relatīvais gaisa mitrums (MK noteikumi Nr. 359).
2. Pētījumā apsektajos birojos gaisa temperatūra visās telpās ir atbilstoša normatīvā noteiktajai (MK noteikumi Nr. 359).
3. Gaisa plūsma birojos visos pētījumā veiktajos mērījumos ir neatbilstoši zema.

Literatūra

1. 28.04.2009. MK noteikumi Nr. 359 "Darba aizsardzības prasības darba vietās" ("LV", 69 (4055), 06.05.2009.) [stājas spēkā 01.01.2010.]
2. http://www.ccohs.ca/oshanswers/phys_agents/thermal_comfort.html
3. Eglīte M. Darba medicīna. Rīga, 2000. – 704 lpp.
4. Eglīte M. Vides veselība. Rīga, 2008. – 696 lpp.
5. ISO 7730:2005 Ergonomics of the thermal environment // Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria.

Biroju gaisa piesārņojums ar neorganiskām gāzēm – CO_2 , NO_2 , SO_2 , O_3

**Anīta Seile, Žanna Martinsone, Māriete Ārija Baķe, Svetlana Lakiša,
Mairīta Zellāne**

RSU aģentūra "Darba drošības un vides veselības institūts",
Higiēnas un arodslimību laboratorija

Ievads

Ļoti lielu diennakts daļu cilvēki pavada dzīvojamās vai sabiedriskajās telpās, tādēļ, ja šajās telpās gaisā ir kaitīgās vielas pat nelielā koncentrācijā, tās var ietekmēt cilvēku veselību, pašsajūtu, darbaspējas un produktivitāti, un radīt neapmierinātību. Lai gan birojos darba apstākļi neveicina arodslimību rašanos un biroja darba telpas nav pakļautas ķīmisko vielu piesārņojumam, tomēr šo vidi var stipri ietekmēt gaiss, kas ieplūst iekštelpās no āra, kur tas ir piesārņots ar ķīmiskām vielām no satiksmes līdzekļu izplūdes gāzēm, rūpniecības uzņēmumu emisijām, un dažādu savstarpēji ietekmējošu faktoru – tīrīšanas pasākumu, telpu izbūves specifiku, telpās veikto darbību – dokumentu drukāšanas, kopēšanas,

laminēšanas; ēdienu gatavošanas vai smēķēšanas – rezultātā. Tieši pieaugošās cilvēku sūdzības par veselību un komfortu telpās mudinājušas pievērst uzmanību telpu gaisa kvalitātes problēmai. Telpu gaisa kvalitātes izpēte un to ietekmējošo faktoru analīze ļauj izprast iespējamo, nelabvēlīgo ietekmi uz cilvēku veselību un labsajūtu telpā, kā arī identificēt galvenos traucējošos faktorus. Tradicionāli iekštelpu gaisa piesārņotāji ir arī neorganiskās gāzes – sēra dioksīds (SO_2), slāpekļa dioksīds (NO_2), ozons (O_3). Būtisks telpas gaisa kvalitātes un svaiga gaisa rādītājs ir oglekļa dioksīda (CO_2) lielums telpā. Paaugstināta CO_2 koncentrācija gaisā var izsaukt subjektīvi nepatīkamas sajūtas: nogurumu, nelabumu, pulsa paātrināšanos, asinsspiediena paaugstināšanos, galvas sāpes, fizisko un garīgo darbaspēju pazemināšanos.

Darba mērķis

Noteikt raksturīgākos iekštelpu gaisa piesārņotājus – oglekļa dioksīdu, sēra dioksīdu, slāpekļa dioksīdu un ozonu, pētījumā izvēlēto biroju darba vidē, kā arī noteikt to koncentrāciju gaisā, ko rada biroju tehniskais aprīkojums.

Materiāls un metodes

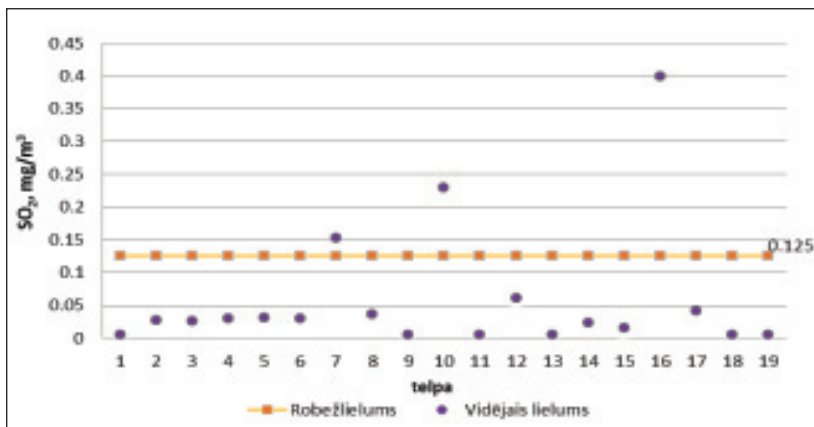
Iekštelpu gaisa paraugi tika ņemti 9 Latvijas uzņēmumos un 19 darba telpās, kuras ir aprīkotas ar biroja tehniku un kurās notiek dokumentu drukāšanas un kopēšanas darbi. Lielākā daļa novērtēto uzņēmumu atradās Rīgas pilsētas robežās. Biroja gaisa piesārņojums tika noteikts, ņemot gaisa paraugus caur nosakāmās vielas absorbējošiem šķīdumiem ar individuāliem paraugņēmējiem GilAir 3 un nosakot slāpekļa dioksīda (NO_2) (MN 1–5, Nr. 1638, 60 lpp), sēra dioksīda (SO_2) (LVS:EN 1231) un ozona (O_3) (T-049-V) koncentrācijas iekštelpu gaisā. Izmantojot “Testo 400” zondi, tika novērtēts oglekļa dioksīda (CO_2) daudzums gaisā. Caur absorbējošiem šķīdumiem paņemtie paraugi tika analizēti, izmantojot spektrofotometru *Varian Cary 50*. Mērījumu veikšana un testēšana tika veikta atbilstoši standartiem LVS EN 689:2004 L “Darba vides gaiss. Vadlīnijas ielopoamo ķīmisko vielu ekspozīcijas novērtējumam, salīdzinot ar robežvērtībām, un mērīšanas stratēģija” un LVS EN 482:2006 A “Darba vides gaiss. Vispārējās prasības ķīmisko vielu mērīšanas procedūras veikšanai”. Iegūtie rezultāti tika salīdzināti ar Ministru kabineta noteikumiem Nr. 1290 “Noteikumi par gaisa kvalitāti” (03.11.2009.) vai *“Indoor Air Quality in Office Buildings: a Technical Guide”*, 93-EHD-166, Canada, 2003.

Rezultāti

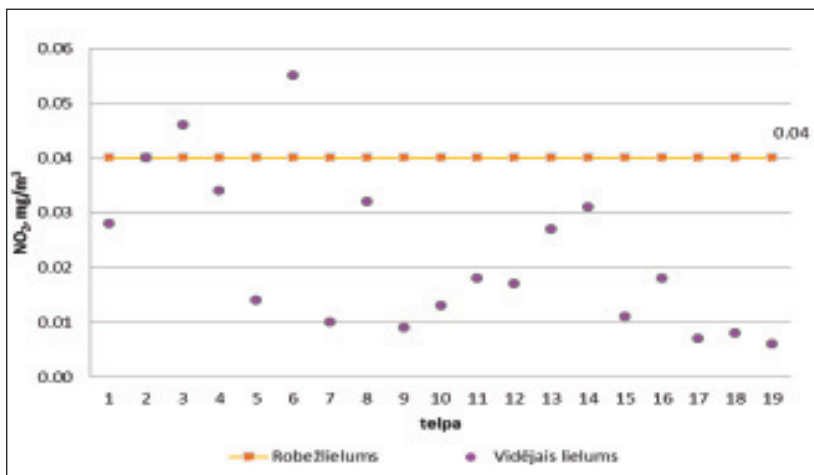
Pēc biroju darbinieku aptaujas datiem turpat trešdaļa aptaujāto pēdējā mēneša laikā ir sajutuši dažādu nepatīkamu smaržu vai ķīmisko vielu smaržu klātbūtni darba vietu gaisā, ko apstiprina arī veiktie ķīmisko vielu – SO_2 , NO_2 , O_3 , CO_2 testēšanas rezultāti.

Novērtēto biroju telpu gaisā sēra dioksīda koncentrācija variē no 0,023 līdz 0,66 mg/m^3 . Vidējā koncentrācija katrā novērtētajā telpā attēlota 1. attēlā. Sešos gadījumos rezultāts ir mazāks par metodes noteikšanas robežu, kas attēlā norādīts ar lielumu 0,005 mg/m^3 jeb puse no metodes detektēšanas robežas. Vidējais rezultāts, novērtētajās biroja telpās, visas darba dienas ekspozīcijai sēra dioksīdam ir 0,06 mg/m^3 (noteiktais vidējais diennakts robežlielums – 0,125 mg/m^3).

Sešpadsmit no 19 biroja telpām konstatēts, ka SO_2 koncentrācija ir mazāk nekā puse no pieļaujamā robežlieluma. Augsts rezultāts ir telpā, kurai logi atrodas ielas pusē, pa kuru brauc daudz smago kravas automašīnu un nereti, vairāk rīta pusē, veidojas arī sastrēgumi – $0,66 \text{ mg/m}^3$ (rīta periodā no 9.00–12.00) un $0,15 \text{ mg/m}^3$ (pēcpusdienā no 12.00–16.00). Augstie rezultāti varētu būt atkarīgi no tā, vai telpu tuvumā atrodas rūpnieciskie rajoni un privātmājas, kuru apkures iekārtas ir SO_2 piesārņojuma rašanās avots.



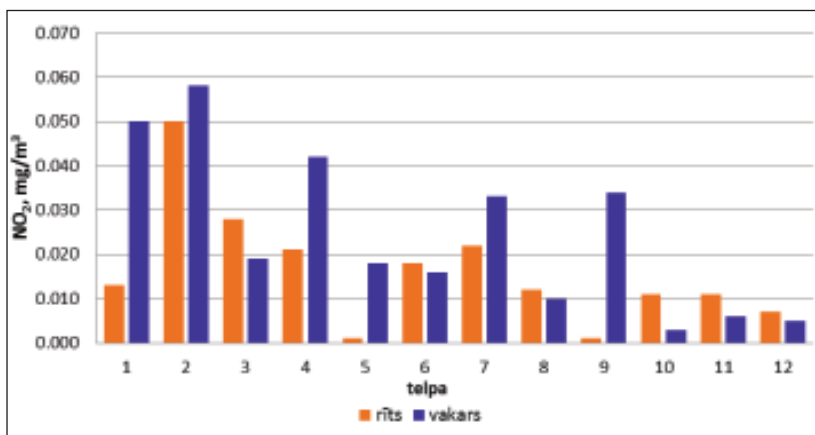
1. attēls. Sēra dioksīda vidējā koncentrācija birojos.



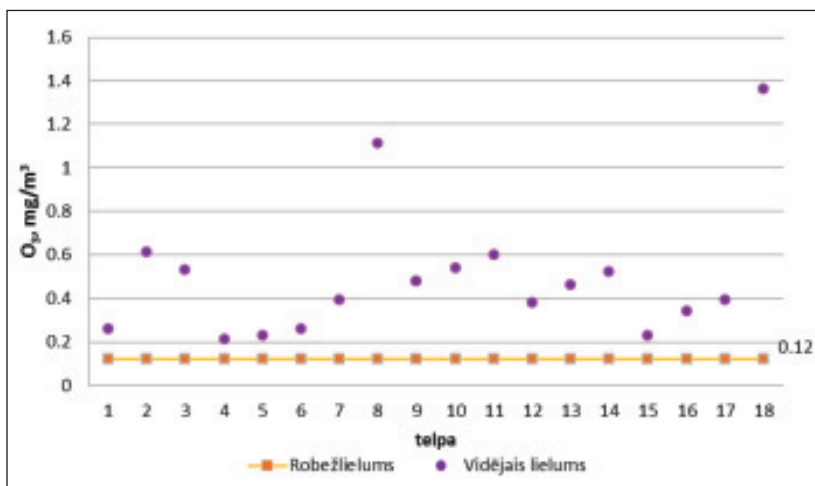
2. attēls. Slāpekļa dioksīda vidējā koncentrācija birojos.

Slāpekļa dioksīda koncentrācija biroju vides gaisā tika analizēta 19 biroja telpās. Izvērtējot slāpekļa dioksīda rezultātus, to koncentrācija iekštelpu gaisā ir robežās no 0,001 līdz 0,058 mg/m³. Vidējā koncentrācija katrā telpā uzrādīta 2. attēlā. NO₂ vidējā koncentrācija birojos visas darba dienas ekspozīcijai ir 0,023 mg/m³ (vidējais gada robežlielums – 0,04 mg/m³).

12 biroja telpās slāpekļa dioksīda paraugi tika ņemti gan no rīta (9.00–12.00), gan pēcpusdienā un pusei telpu koncentrācija dienas beigās ir palielinājusies (sk. 3. att.).



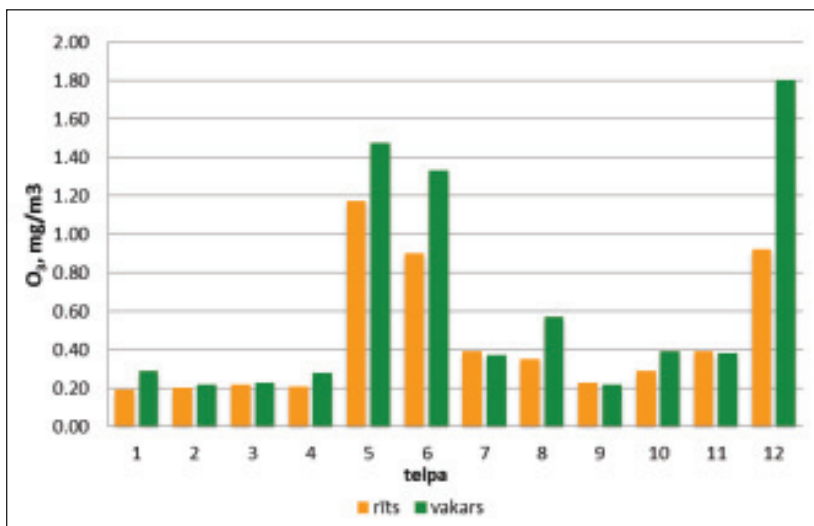
3. attēls. Slāpekļa dioksīda vidējās koncentrācijas salīdzinājums no rīta un vakarā.



4. attēls. Ozona vidējā koncentrācija birojos.

Ozona koncentrācija tika noteikta 18 biroja telpās. Rezultātu izvērtējums parāda, ka koncentrācija ir ļoti variabla – no 0,18 līdz 1,80 mg/m³ (vidējais diennakts robežlielums ir 0,12 mg/m³). Vidējā dienas koncentrācija birojos ozonam ir 0,49 mg/m³, bet katras biroja telpas vidējie rezultāti attēloti 4. attēlā. Visos 18 gadījumos tika konstatēta augsta ozona koncentrācija, pārsniedzot pieļaujamo robežlielumu.

Gaisa paraugi ozona noteikšanai tika ņemti no rīta un vakarā 12 biroja telpās, un 9 no 12 gadījumiem tā koncentrācija dienas laikā ir pieaugusi (sk. 5. att.). Izteikti augstāki rezultāti ir biroja telpās, kur aktīvi notiek dokumentu kopēšanas darbi. Dienas gaitā ozona un slāpekļa dioksīda koncentrācijas pieaug, kas būtu skaidrojams ar kopējamo dokumentu apjoma pieaugumu darba laikā un neefektīvo ventilācijas sistēmu telpā, kas nenodrošina pietiekamu gaisa apmaiņas biežumu un daudzumu.

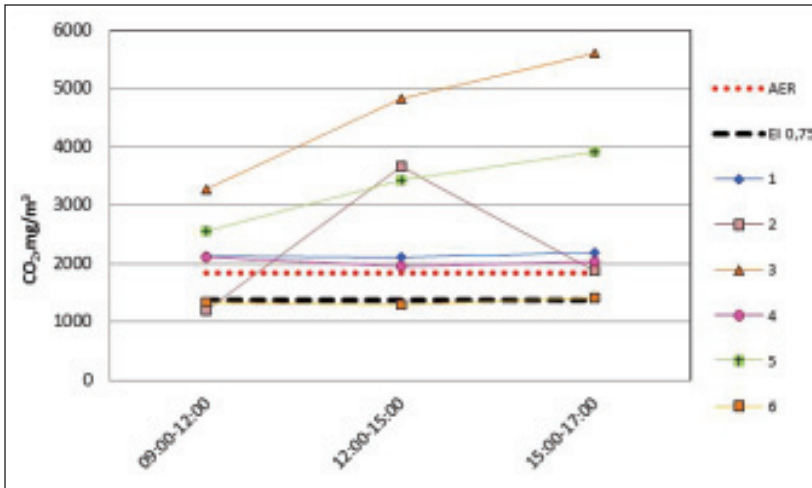


5. attēls. Ozona vidējās koncentrācijas salīdzinājums no rīta un vakarā.

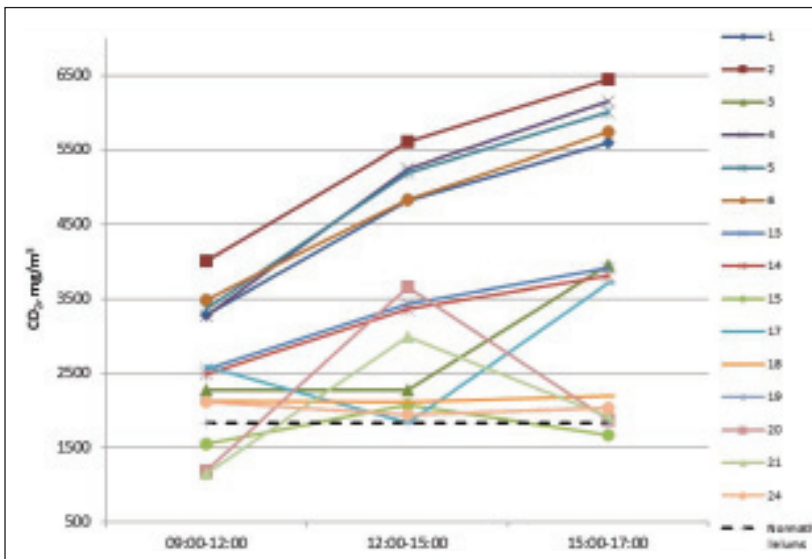
Iespējams, ka tipiskākie simptomi, ko minējuši liela daļa aptaujāto biroju darbinieku – sausas, niezošas vai iekaisušas acis, galvassāpes, sausa āda, šķaudīšana, pastāvīgs nogurums, nespēks vai miegainība – ir noteikto gaisa piesārņotāju izraisītas reakcijas. Turklāt sūdzības par veselības problēmām vairumam aptaujāto darbinieku parādās tieši pēcpusdienā un vakara pusē.

Sūdzību pieaugumu dienas garumā var saistīt arī ar CO₂ līmeņa pieaugumu, ko var redzēt 6. attēlā. CO₂ AER un 0,75 EI (eksponācijas indekss) vērtību visas dienas gadījumā nepārsniedz tikai 6. uzņēmumā. Šajā attēlā redzamas atsevišķu novērtēto uzņēmumu CO₂ koncentrācijas dinamika dienas laikā. CO₂ līmenim ir būtisks pieaugums visas dienas garumā, izņēmums ir uzņēmums, kur CO₂ koncentrācijas samazināšanās dienas beigās saistāma ar klientu apkalpošanas

samazināšanos un intensīvu telpu vēdināšanu. Uzņēmumu augstie CO_2 rādītāji saistāmi ar ventilācijas trūkumu un nepiemērotām darba telpām.



6. attēls. CO_2 koncentrācijas izmaiņas dinamika dienas garumā novērtētajos uzņēmumos.



7. attēls. CO_2 koncentrācijas izmaiņas dinamika dienas garumā novērtētajās telpās.

Dažās novērtētajās darba telpās CO₂ koncentrācija līdz 4 reizēm pārsniedz rekomendējamo lielumu. No 24 novērtētajām darba telpām CO₂ normatīvais lielums 1000 ppm jeb 1830 mg/m³ tiek pārsniegts 15 telpās, šo telpu CO₂ rādītāji parādīti 7. attēlā. Liela daļa respondentu ir atzīmējuši grūtības koncentrēties darbam un tas varētu būt saistīts ar CO₂ koncentrācijas pieaugumu (tātad arī skābekļa samazināšanos).

Secinājumi

1. Biroju darba vides gaisā tika atrastas visas tipiskākās piesārņotājielas – neorganiskās gāzes un to koncentrācija ir ievērojama.
2. Veselības problēmu sūdzību un ķīmisko vielu koncentrāciju pieaugums biežāk vērojams pēcpusdienā.
3. Sūdzības par veselības problēmām saistāmas ar paaugstinātu oglekļa dioksīda un ozona daudzumu.
4. Nepieciešams kompleksi izvērtēt piesārņotājvielu ietekmi uz darbinieku diskomfortu un iedarbību uz organismu.

Biroju darba vides gaisa piesārņojums ar aldehīdiem un izocianātiem un to iespējamais iedarbības risks darbinieku veselībai

**Jurijs Švedovs, Mārīte Ārija Baķe, Žanna Martinsone, Pāvels Sudmalis,
Anita Piķe, Mairita Zellāne, Svetlana Lakiša**
RSU aģentūra “Darba drošības un vides veselības institūts”

Ievads

Pieaugošās biroju darbinieku sūdzības par veselību un diskomfortu ir aktualizējušas jautājumu par biroju tehnikas radīto piesārņojumu darba vidē, tā ietekmi uz organismu, novērtēšanu. Galvenās sūdzības ir saistītas ar elpceļu kairinājumu, ko atbilstoši iekštelpu pētījumiem var izraisīt gaistošie organiskie savienojumi (GOS), īpaši tiek uzsvērti aldehīdu (formaldehīda, acetaldehīda, akroleīna), šķīdinātāju, polimēru materiālu destruktijas produktu, izdalīšanās produkti no materiāliem, liesmu slāpētājvielu iespējamā klātbūtne darba vides gaisā. GOS izdalīšanās iekštelpu gaisā ir saistīta ar to klātbūtni tīrīšanas un dezinfekcijas līdzekļos un biroja tehnikas izdalītā ozona izraisītiem tīrīšanas līdzekļu un dezodorantu gaistošo organisko savienojumu (limonēns, terpēns, pinēns, alkāni) oksidācijas procesiem (*Wolkoff, 2006, Bernstein, 2007*). Kvalitatīvais un kvantitatīvais biroju vides piesārņojums un tā ietekme uz darbiniekiem nav pietiekami izpētīta.

Darba mērķis

Novērtēt biroju darba vides gaisa piesārņojumu ar aldehīdiem un diizocianātiem un izvērtēt iespējamo risku darbinieku veselībai, salīdzinot testēšanas

rezultātus ar pieļauto veselības riska pakāpi pēc iekštelpu gaisa un ārtelpu normatīviem.

Materiāls un metodes

Darba vides gaisa paraugi tika ņemti darbinieku elpošanas zonā – biros ar individuālām gaisa paraugu ņemšanas ierīcēm *Gilliar* un *Buck*, lietojot aldehīdu sorbcijas patronas *Sep-Pak DNPH-Silica Cartidges* un ar reagentu piesātinātus stiklšķiedru filtrus. Biroji izvēlēti pēc pieejamības principa, ievērojot konfidencialitātes prasības. Biroju telpās ir standarta iekārtojums ar dažādām biroja mēbelēm un orgtehniku (printeri, kopētāji), kuras noslodze un pielietojamības intensitāte ir mainīga. Pārsvārā biroja telpas ir aprīkotas ar piespiedu ventilācijas sistēmu, bet ir arī telpas ar dabīgo ventilāciju. Birojos galvenokārt ir mikstais grīdas segums. Gaisa paraugi tika ņemti visas darba dienas laikā.

Paraugu hromatogrāfiskās analīzes aldehīdu noteikšanai tika veiktas augstefektīvā šķidrums hromatogrāfā (AEŠH) *Waters Alliance* 2695 ar automātisku paraugu ievadišanas sistēmu, ievērojot metodes norādījumus (NIOSH:2018 un ISO 17735:2009). Analītiskais signāls tika iegūts ar ultravioletā starojuma detektoru, pie viļņa garuma 360 nm (aldehīdiem) un ar fluorescences detektoru (diizocianātu gadījumā), pie viļņa garuma 368 nm (iniciēšana) un 408 nm (emisija). Metodi raksturojošie faktori: minimālais detektēšanas līmenis (MDL), minimālā nosakāmā koncentrācija (MNK), metodes paplašināta nenoteiktība (U), metodes atkārtojamība, metodes atgūstamība apkopota 1. tabulā.

1. tabula. AEŠH metodes raksturojošie faktori.

Metode	MDL	MNK	U	Atkārtojamība	Atgūstamība
NIOSH: 2018	5,6 ng/ml	8,4 ng/ml	11,2 %	13 %	96,1 %.
ISO 17735:2009	17 ng/paraugs	87 ng/paraugs	15%	Nav pārbaudīts	~90%

Datu apstrādes procesā tika izmantotas *Microsoft Excel* un *MedCalc 11.2.1.* programmas (<http://www.medcalc.be>) un pielietotas vispāratzītas statistikas metodes. Tika pārbaudīta iegūto pētījuma rezultātu atbilstība normālajam (Gausa) sadalījumam, izmantojot Kolmogorova – Smirnova testu (*K-S tests*), un novērtēta arī rezultātu asimetrija un ekscess. Tā kā darba vides gaisa mērījumu rezultāti nepakļāvās normālsadalījumam, tad rezultātu statistiskai apstrādei izmantotas neparametriskās datu apstrādes metodes. Katram mainīgajam lielumam tika veikta atbilstošās statistikas analīze – atrasti centrālās tendences rādītāji (aritmētiskais un ģeometriskais vidējais, mediāna) un izkliedes (standartnovirze, 95% ticamības intervāls) rādītāji. Rezultātu salīdzināšanai izmantotas ticamības intervāla (95%) analīzes metodes, kā arī Manna – Vitneja (*Mann-Whitney U test*) tests.

Iespējamās piesārņojošo vielu iedarbības uz organismu riska pakāpes noteikšanai kā gaisa kvalitātes normatīvie references (Cref) lielumi izmantoti – iekštelpu vai ārtelpu normatīvi pēc PVO vadlīnijām (*WHO, Air Quality Guidelines*

for Europe, European Series, No. 91, second ed. WHO Regional Publications; 2000) un Latvijas MK noteikumos Nr. 1290 "Noteikumi par gaisa kvalitāti (pieņemti 03.11.2009.) reglamentējošie robežlielumi (gada vidējais Rg vai dienas Rdn) ārtelpu gaisam (formaldehīdam). Tām vielām, kurām nav uzrādīti lielumi pirmos divos dokumentos (acetaldehīds, propilaldehīds, butilaldehīds, benzaldehīds) kā rekomendējoši normatīvi situācijas vērtēšanai izmantoti Krievijas Federācijas standartā (ГН2.1.6.1338-03) noteiktie maksimāli pieļaujamo koncentrāciju lielumi atmosfēras gaisam un NIOSH; Occupational exposure to diisocyanates, izocianātiem. Ja reālās koncentrācijas C attiecība pret normatīvo references vērtību Cref ir lielāka par 1 ($C:C_{ref}=RP>1$), tad pastāv varbūtība, ka viela šajā koncentrācijā var izraisīt nelabvēlīgu iespaidu uz darbinieka veselību, t.i., riska pakāpe (RP) ir lielāka par 1.

Rezultāti

Ar AEŠH metodi identificēta piecu aldehīdu (formaldehīds, acetaldehīds, propilaldehīds, butilaldehīds un benzilaldehīds) un divu diizocianātu (2,4-toluilēndiizocianāts un 2,6-toluilēndiizocianāts) klātbūtne biroju darba vidē. Visos birojos veiktajās 330 aldehīdu analizēs un 20 diizocianātu analizēs, konstatēta aldehīdu un diizocianātu klātbūtne dažādās koncentrācijās (sk. 2., 3., 4. tabulu). Pēc 1. tabulā apkopotajiem rezultātiem redzamas koncentrācijas svārstības (minimālā un maksimālā vērtība) plašās robežās: formaldehīds 0,032 – 0,749 mg/m³ ($C_{ref} = 0,1$ mg/m³), acetaldehīds 0,023 – 0,453 mg/m³ ($C_{ref} = 0,01$ mg/m³), propilaldehīds 0,001 – 0,179 mg/m³ ($C_{ref} = 0,01$ mg/m³), butilaldehīds 0,003 – 0,121 mg/m³ ($C_{ref} = 0,015$ mg/m³), un benzaldehīds 0,002 – 0,060 mg/m³ ($C_{ref} = 0,04$ mg/m³). Atrastā aldehīdu koncentrācija darba vides gaisā, salīdzinot ar atbilstošiem iekštelpu gaisa vai ārtelpu normatīviem, 48,6% gadījumu ir paaugstināta, reizēm pat vairākkārt. Acetaldehīda koncentrācija visos gadījumos pārsniedz references lielumu. Formaldehīdam – 33% analīžu C, propilaldehīdam – 51% analīžu reālā koncentrācija ir zemāka nekā references, butilaldehīdam – 72% analīžu reālā koncentrācija ir zemāka nekā references, benzaldehīdam – 91% analīžu reālā koncentrācija ir zemāka nekā references un toluilēndiizocianātiem 100% gadījumos atrastā koncentrācija nepārsniedz rekomendējamo robežvērtību, bet jāpiebilst, ka tomēr visos gadījumos tika konstatēta to klātbūtne darba vides gaisā.

Darba telpas noslodze pēc darbinieku skaita un biroja tehnikas (dažādas drukas un kopēšanas iekārtas) darba intensitātes (veikto kopiju skaits nepārsniedz vai pārsniedz 1000) nedod statistiski ticamas atšķirības noteikto aldehīdu koncentrāciju līmeņos. Būtiska atšķirība ir starp ventilācijas sistēmu klātbūtni darba telpā (sk.1. un 2. tabulu). Biroja telpās bez piespiedu ventilācijas sistēmas aldehīdu piesārņojums vairākkārt augstāks un starpība ir statistiski ticama ($p < 0,05$) – aldehīdu piesārņojums vairākkārt augstāks: acetaldehīdam – 6,4 reizes, formaldehīdam – 4,0 reizes, propilaldehīdam – 6,5 reizes, butilaldehīdam – 1,6 reizes un benzaldehīdam – 7,8 reizes. Acetaldehīda, formaldehīda un propilaldehīda koncentrācija šajā biroja telpā ir attiecīgi 14,6, 20,8 un 16,3 reizes augstāka nekā gaisa paraugā uz ielas, kas apstiprina piesārņojuma izcelsmi biroja telpā.

2. tabula. Aldehīdu koncentrācijas (C, mg/m³) statistiskais raksturojums atkarībā no iekārtas noslogojuma intensitātes un telpas ventilācijas.

Vides situācijas raksturojums	Noteiktais aldehīds	Koncentrācija C, mg/m ³						
		aritm. vid	SD	kopējā nenoteiktība	geom. vid	mediāna	min	max
Visu biroju apkopotie rezultāti (n=330 analīzes)	Acetaldehīds	0,089	0,105	0,018	0,063	0,052	0,023	0,453
	Formaldehīds	0,194	0,179	0,039	0,142	0,118	0,032	0,749
	Propilaldehīds	0,024	0,036	0,005	0,011	0,010	0,001	0,179
	Butilaldehīds	0,016	0,023	0,003	0,010	0,007	0,003	0,121
	Benzaldehīds	0,011	0,012	0,002	0,007	0,007	0,002	0,060
Iekārtas noslodze – veikto kopiju skaits >1000 gab.	Acetaldehīds	0,046	0,016	0,009	0,044	0,042	0,028	0,074
	Formaldehīds	0,095	0,020	0,019	0,092	0,102	0,061	0,118
	Propilaldehīds	0,009	0,004	0,002	0,008	0,007	0,005	0,015
	Butilaldehīds	0,006	0,002	0,001	0,005	0,006	0,003	0,009
	Benzaldehīds	0,005	0,006	0,001	0,003	0,002	0,002	0,017
Iekārtas noslodze – veikto kopiju skaits <1000 gab.	Acetaldehīds	0,058	0,024	0,012	0,054	0,053	0,031	0,119
	Formaldehīds	0,156	0,055	0,031	0,144	0,172	0,046	0,255
	Propilaldehīds	0,017	0,015	0,003	0,013	0,009	0,006	0,051
	Butilaldehīds	0,018	0,029	0,004	0,010	0,009	0,003	0,121
	Benzaldehīds	0,007	0,005	0,001	0,006	0,004	0,002	0,021
Darba telpa bez piespiedu ventilācijas	Acetaldehīds	0,370	0,132	0,074	0,335	0,407	0,104	0,453
	Formaldehīds	0,622	0,187	0,124	0,588	0,681	0,262	0,749
	Propilaldehīds	0,111	0,058	0,022	0,091	0,102	0,019	0,179
	Butilaldehīds	0,028	0,001	0,006	0,028	0,028	0,028	0,029
	Benzaldehīds	0,055	0,009	0,011	0,054	0,060	0,045	0,060

Vides situācijas raksturojums	Noteiktais aldehīds	Koncentrācija C, mg/m ³						
		aritm. vid	SD	kopējā nenoteiktība	geom. vid	mediāna	min	max
Uz ielas pie biroja ar vidēju satiksmes intensitāti	Acetaldehīds	0,027	0,003	0,005	0,027	0,028	0,023	0,029
	Formaldehīds	0,035	0,003	0,007	0,035	0,036	0,032	0,038
	Propilaldehīds	0,006	0,002	0,001	0,005	0,006	0,003	0,007
	Butilaldehīds	nav atrasti	-	-	-	-	-	-
	Benzaldehīds	nav atrasti	-	-	-	-	-	-

3. tabula. Diizocianātu koncentrācijas (C, µg/m³) statistiskais raksturojums atkarībā no iekārtas noslogojuma intensitātes un telpas ventilācijas (arodekspozīciju robežvērtība 36 µg/m³).

Vides situācijas raksturojums	Noteiktā viela	Koncentrācija C, µg/m ³						
		aritm. vid	SD	kopējā nenoteiktība	geom. vid	mediāna	min	max
Visu biroju apkopotie rezultāti (n=20 analizes)	2,6-toluilēndiizocianāts	1,18	0,51	0,24	1,02	1,42	0,37	1,66
	2,4-toluilēndiizocianāts	0,42	0,21	0,08	0,38	0,37	0,23	0,96

4. tabula. Aldehīdu koncentrācija (C, mg/m³) biroju darba vidē (D/v) ar un bez ventilācijas sistēmas nodrošinājuma, veicot dažādus darba pienākumus (C > Cref doti treknrakstā).

Noteiktā viela	D/v raksturojums bankas biroja telpā (darbojas kopējā ventilācijas sistēma) C, mg/m ³			D/v medicīnas servisa birojā (bez ventilācijas) C, mg/m ³	Normatīvais lielums Cref, mg/m ³
	D/v pie kopējamās iekārtas	Grāmatveža d/v	Klientu apkalpotāja d/v	Sekretāres d/v	
Formaldehīds	0,1 ± 0,015	0,047 ± 0,007	0,069 ± 0,01	0,62 ± 0,12	0,1**
Acetaldehīds	0,07 ± 0,01	0,032 ± 0,005	0,036 ± 0,006	0,37 ± 0,07	0,01*
Propilaldehīds	0,014 ± 0,002	0,006 ± 0,001	0,0005 ± 0,0001	0,11 ± 0,02	0,01*
Butilaldehīds	0,006 ± 0,001	0,003 ± 0,0004	0,003 ± 0,0005	0,028 ± 0,006	0,015*
Benzaldehīds	0,017 ± 0,003	0,007 ± 0,001	0,018 ± 0,002	0,06 ± 0,01	0,04*

** iekštelpu normatīvs;

* ārtelpu normatīvs

Secinājumi

1. Aldehīdi, izocianāti un citi gaistošie organiskie savienojumi ir biroja darba vides gaisu piesārņojošas vielas. Tam ir dažādi iemesli: tīrīšanas un sadzīves ķīmijas līdzekļu lietošana, izmantotie materiāli telpas aprīkojumam, ventilācijas sistēmas efektivitāte. Savukārt biroja tehnikas izmantošanas ietekme uz darba vides gaisa kvalitāti (aldehīdu un izocianātu gadījumā) ir mazāka, nekā iepriekš minētie faktori.
2. Biroju telpās ar nepietiekami efektīvu ventilāciju aldehīdu un izocianātu ietekmes iespēja uz veselību ir liela, jo gan izocianāti, gan aldehīdi tika identificēti darba vides gaisā, un aldehīdu koncentrācija pārsniedza normatīvos norādītās references lielumus.
3. Diizocianātiem atrastā koncentrācija nepārsniedz references lielumus norādītajā normatīvā, bet ievērojot vienlaicīgu dažādo piesārņotāju klātbūtni gaisā, iespējams arī izocianātu iedarbības varbūtības risks uz veselību.

Dažādu gaistošo organisko savienojumu identifikācija biroju gaisā un to sorbcija putekļos

**Pāvels Sudmalis, Mārīte Ārija Baķe, Žanna Martinsone, Anita Seile,
Svetlana Lakiša, Mairita Zellāne**
RSU aģentūra "Darba drošības un vides veselības institūts"

Ievads

Iekštelpu gaisa kvalitāte ir nozīmīga vides veselības problēma, jo, lielāko dienas daļu (līdz pat 90%) pavadot telpās, praktiski visi cilvēki ir pakļauti iekštelpu gaisa piesārņotāju iedarbībai. Piesārņots iekštelpu gaiss ir nopietns riska faktors, kas izraisa slimības, pazemina darba spējas un dzīves kvalitāti.

Iekštelpu gaisu veido ārējais gaiss, kurš bieži vien ir piesārņots ar ķīmiskām vielām no satiksmes līdzekļu izplūdes gāzēm un rūpniecības uzņēmumu emisijām. Āra gaisam ieplūstot telpās caur gaisa pievades sistēmām, to var piesārņot cietās daļiņas, šķiedras un ķīmiskās vielas no gaisa filtriem, kā arī telpu apdares materiāliem vai nogulsņētiem netīrumiem. Telpā tam pievienojas piesārņojums, ko rada biroju tehnika un paši cilvēki. Bez gaisā esošām gaistošām ķīmiskām vielām, kas cilvēka organismā nonāk caur elpceļiem, telpās esošie organiskie savienojumi var sorbēties uz smalkām putekļu daļiņām un organismā nonākt kopā ar tiem. Objektīvai situācijas novērtēšanai ir nepieciešams veikt gan gaisa sastāva mērījumus, gan uz putekļiem absorbēto vielu analīzi.

Darba mērķis

Novērtēt biroju darba vides gaisa piesārņojumu ar gaistošiem organiskiem savienojumiem (GOS) un izvērtēt iespējamo risku darbinieku veselībai, salīdzinot testēšanas rezultātus ar pieļauto veselības riska pakāpi pēc iekštelpu un ārtelpu gaisa normatīviem. Veikt kopētāju radīto putekļu adsorbēto organisko vielu analīzi un novērtēt to iespējamo iedarbības varbūtību uz nodarbināto veselību.

Materiāls un metodes

Darba vides gaisa paraugi tika ņemti darbinieku elpošanas zonā darba dienas garumā birojos ar individuālām gaisa paraugu ņemšanas ierīcēm "Gilian LFS - 113DC", uz aktīvās ogles caurulītēm "ORBO TM - 32". Kopētāju radīto putekļu paraugi tika vākti no kopētāju virsmas (400 cm²) ar medicīniskās vates tamponiem.

Biroji izvēlēti pēc pieejamības principa, ievērojot konfidencialitātes prasības. Biroju telpās ir standarta iekārtojums ar dažādām biroja mēbelēm un orgtehniku (printeri, kopētāji), kuras noslodze un pielietojamības intensitāte ir mainīga. Pārsvarā biroja telpas ir aprīkotas ar piespiedu ventilācijas sistēmu, bet ir arī telpas ar dabīgo ventilāciju. Birojos galvenokārt ir mīkstaīss grīdas segums.

Uz aktivētas ogles esošās vielas tika desorbētas ar 0,5 ml sēroglekļa. Sagatavoto paraugu analīze veikta ar gāzu hromatogrāfu "VARIAN 3800" ar automātisku paraugu ievadīšanas sistēmu "CP8200". Analītiskais signāls tika iegūts ar liesmas jonizācijas detektoru (FID).

Putekļu sastāvā esošo ķīmisko vielu ekstrakcija tika veikta nepārtrauktās destilācijas iekārtā 9 stundas, par šķīdinātāju lietojot 50 ml izooktāna. Ekstrakts

rotorietvaicētājā tika kvantitatīvi ietvaicēts līdz aptuveni 2 ml. Tālākā ekstrakta ietvaicēšana, līdz aptuveni 0,5 ml, notika cietās fāzes ekstrakcijas iekārtā ar gaisu. Iegūtais paraugs tika analizēts ar gāzu hromatogrāfu "VARIAN 3800" ar automātisku paraugu ievadīšanas sistēmu "CP8200", analītiskais signāls tika iegūts ar liesmas jonizācijas detektoru (FID) un gāzu hromatogrāfu "Agilent 6890N" ar masspektrālo analizatoru "Waters Micromass".

Iespējamās piesārņojošo vielu iedarbības uz organismu riska pakāpes noteikšanai kā gaisa kvalitātes normatīvie references (Cref) lielumi izmantoti iekštelpu vai ārtelpu normatīvi pēc PVO vadlīnijām (*WHO, Air Quality Guidelines for Europe, European Series, No. 91, second ed. WHO Regional Publications; 2000*) un Latvijas MK noteikumos Nr. 1290 "Noteikumi par gaisa kvalitāti (pieņemti 03.11.2009.)". Tām vielām, kurām nav uzrādīti lielumi pirmos divos dokumentos kā rekomendējoši normatīvi situācijas vērtēšanai izmantoti Krievijas Federācijas standartā (ĪH2.1.6.1338-03) noteiktie maksimāli pieļaujamo koncentrāciju lielumi atmosfēras gaisam. Ja reālās koncentrācijas C attiecība pret normatīvo references vērtību C_{ref} ir lielāka par 1 ($C:C_{ref}=RP>1$), tad pastāv varbūtība, ka viela šajā koncentrācijā var izraisīt nelabvēlīgu iespaidu uz darbinieka veselību, t. i., riska pakāpe (RP) ir lielāka par 1.

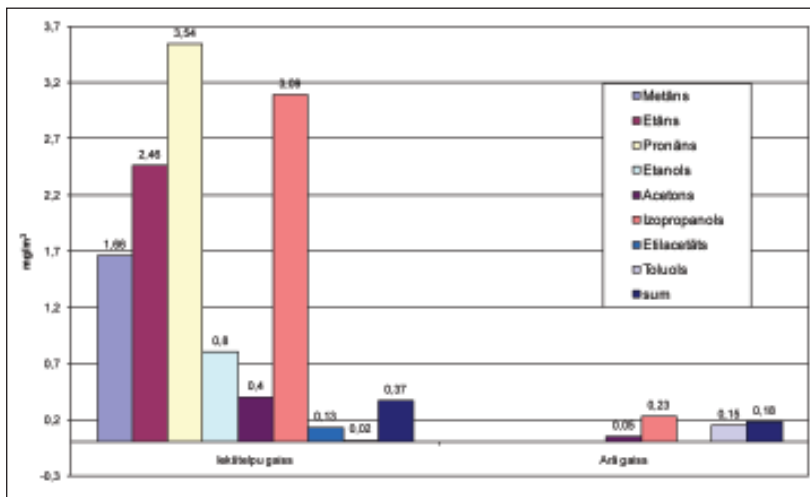
Rezultāti un diskusija

Alifātisko un aromātisko oglekļaūdeņražu, ketonu, spirtu, esteru klātbūtnes novērtēšanas rezultāti (veikto analīžu kopējais skaits 1008) biroju vides gaisā apkopoti 1. tabulā. Rezultāti apkopoti pēc vidējās koncentrācijas (aritmētiskais un ģeometriskais vidējais un mediānas vērtība). Tabulā uzrādīta mērījumu kopējā nenoteiktība, standartnovirzes un katra noteiktā savienojuma atrastās minimālā un maksimālā koncentrācija un rekomendējama normatīvs. Kā rāda rezultātu apkopojums, koncentrācija svārstās plašā diapazonā un objektīvāk situāciju kopumā raksturo mediānas vērtība. Pēc pētījuma rezultātiem birojos identificētiem un kvantificētiem GOS ir visai augsta vidējā koncentrācija turklāt tika konstatēts, ka pamatā vienā vietā tiek konstatēta praktiski visu vielu klātbūtne, nevis kāda GOS atsevišķi. Tika konstatēts, ka augstāka GOS koncentrācija ir birojos ar lielāku nodarbināto skaitu uz vienu kvadrātmetru, sliktāku ventilācijas sistēmu, vai tās neesamību, un mīksto grīdas segumu. GOS koncentrācijas birojos references lielumus kopumā pārsniedz 26% analīžu, turklāt šie pārsniegumi pamatā ir vairākkārtīgi.

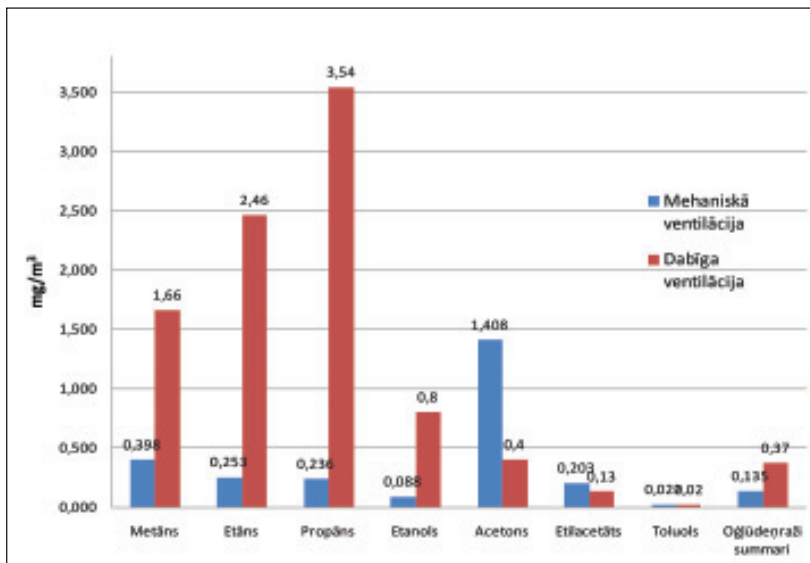
Pētījuma laikā tika konstatēts, ka GOS koncentrācija būtiski ir augstāka telpās, nekā uz ielas (1. attēls), izņemot toluola koncentrāciju, kas 7,5 reizes ir augstāka uz ielas, tas var būt saistīts ar transporta radīto piesārņojumu. Augstāka GOS koncentrācija iekštelpu gaisā ir izskaidrojama ar to, ka svarīgākie piesārņojuma avoti birojos ir iekārtas, telpu apdares materiāli, mēbeles, tīrīšanas līdzekļi un paši cilvēki, un to darbības. GOS piesārņojumā pārstāv dažādas savienojumu klases – tie ir alkāni, kas varētu būt saistīti ar ekoloģisko vidi un dabīgiem procesiem; spirti, esteri un aromātiskie savienojumi varētu būt saistīti ar lietotiem dezinfekcijas un tīrīšanas līdzekļiem, un izdalīties arī biroja tehnikas darbības procesos.

Izteikti augstāka ir GOS koncentrācija darba telpās bez piespiedu ventilācijas (2. attēls). Pēc pētījuma rezultātiem oglekļaūdeņražu un to atvasinājumu iespējamais risks veselībai ir augsts, jo lielākā daļā paraugu (61%) vienlaicīgi konstatēta visu

minēto vielu klātbūtne. Fakts, ka identificētiem GOS ir vienvirziena iedarbība uz organismu, var radīt augstu iespējamo risku nodarbināto veselībai, un korektai situācijas raksturošanai jālieto ekspozīcijas indekss.



1. attēls. Gaistošo organisko savienojumu analīžu rezultātu salīdzinājums birojā un uz ielas.

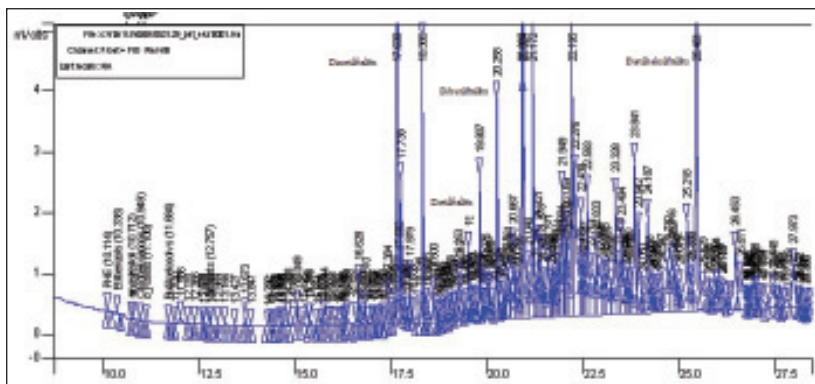


2. attēls. Gaistošo organisko savienojumu analīžu rezultātu salīdzinājums birosos ar dabīgu un mehānisku ventilāciju.

1. tabula. Biroju iekštelpu gaisā identificēto organisko savienojumu koncentrāciju raksturojums darba vietās (n = 1008 analīzes).

Gaisa paraugos identificēto ogļūdeņražu un to atvasinājumu koncentrāciju līmeņi gaisā (mg/m³)													
Statistikas rādītāji	Metāns	Etāns	Propāns	Etanols	Acetons	Heksāns	Etilacetāts	Butilacetāts	Toluols	Summāri ogļūdeņraži pēc C	Etilbenzols	Ksiloli	DBF
	0,488	0,343	0,375	0,125	1,210	0,131	0,450	0,005	0,062	0,382	0,004	0,025	0,007
	0,599	0,583	0,789	0,211	2,373	0,102	0,666	0,004	0,112	0,677	0,003	0,045	0,002
	0,098	0,069	0,075	0,025	0,242	0,026	0,090	0,001	0,012	0,076	0,001	0,000	0,001
	0,263	0,148	0,132	0,048	0,492	0,089	0,217	0,004	0,025	0,170	0,003	0,004	0,006
	0,2	0,14	0,13	0,05	0,3	0,15	0,185	0,003	0,017	0,155	0,003	0,002	0,007
	0,05	0,02	0,008	0,008	0,16	0,02	0,006	0,002	0,008	0,04	0,001	0,001	0,004
	1,86	2,46	3,54	0,8	10,2	0,19	2,3	0,01	0,45	2,32	0,01	0,011	0,008
	0,30	0,30	0,30	5,00	0,35	0,30	0,10	0,100	0,260	0,30	0,020	0,200	0,100

Veicot kopētāju putekļu ekstraktu gāzu hromatogrāfisko analīzi ar liesmas jonizācijas detektoru tika noteiktas vairāk nekā 250 hromatogrāfiskās smailes (3. attēls), kas nozīmē, ka dotajos paraugos ir aptuveni tikpat daudz dažādu ķīmisko vielu. Veicot kopētāju putekļu ekstrakta masspektālā analīzi, tika konstatēti ftalāti, dažādi skābekli saturošie savienojumi, kas varētu veidoties kopētāju pulvera piededzināšanas laikā, vai arī fotoķīmisku reakciju rezultātā, kā arī polihlorētie bifenili un polibromētie difenilēteri (4. attēls).



Putekļu ekstraktā identificētas vielas ir apkopotas 2. tabulā.

2. tabula. Putekļu ekstraktā identificētas vielas.

Ar liesmas jonizācijas detektoru				Ar maspektrometrisko detektoru	
Viela	Izdalīšanas laiks, min	Viela	Izdalīšanas laiks, min	Viela	Izdalīšanas laiks, min
Metanols	2,1	Perhlortilēns	9,9	3,4,4',5'-Tetrahlorbifenīls	14,80
Etanols	2,2	Etilbenzols	10,3	3,3',4,4'-Tetrahlorbifenīls	18,78
Acetons	2,4	m,p-Ksili	10,4	3,3',4,4',5'-Pentahlorbifenīls	21,87
Izopropanols	2,5	Cikloheksanons	10,6	3,3',4,4',5,5'-Heksahtlorbifenīls	23,63
Hloroforms	4,1	o-Ksili	10,8	2,2',4,4'-Tetrabromodifenil ēteris	44,83
Heksāns	4,2	Stirols	10,9		
Etilacetāts	4,4	Butilcelosols	11,5		
Metilcelosols	4,7	Valtspirts	12,6		
Epihlorhidrīns	5,0	Dimetilfālīts	17,0		
Tetrahlorglekis	5,1	Diētilfālīts	18,2		
Toluols	7,9	Dibutīlfālīts	20,9		
Butilacetāts	9,1	Diētilheksilfālīts	25,4		

Pētījums rāda, ka birojos nodarbinātie ir pakļauti ķīmisko vielu iedarbības riskam ne tikai ieelpojot GOS tvaikus, bet arī uz putekļiem sorbētās vielas var nonākt organismā. Identificētas vielas pieder pie praktiski visām organisko vielu klasēm. Veicot kopētāju putekļu ekstrakta maspektrālo analīzi uz polihlorētiem bifeniliem un polibromētiem difenilēteriem, tika konstatētas 12 šo savienojumu grupu vielas (4. attēls). Visi identificētie polihlorētie bifenīli (PHB) pieder dioksinlīdzīgo PHB grupai. Ar augstu varbūtības pakāpi var secināt, ka neidentificētās smalles arī pieder pie polihlorēto bifenīlu un polibromēto difenilēteru (PBDE) grupu savienojumiem.

Secinājumi

1. GOS ir izplatīts biroju darba vides gaisa piesārņotājs un to koncentrāciju nosaka biroju tehnikas darbība, telpu iekārtojums, lietotie tīrīšanas līdzekļi un ventilācijas sistēma.
2. Iespējamo iedarbības varbūtības risku nodarbināto veselībai apstiprina konstatētā vienlaicīga 13 dažādu GOS klātbūtne biroju iekštelpu gaisā, to koncentrāciju būtiski ietekmē ventilācijas organizācija telpā.
3. Birojos nodarbinātie ir pakļauti ķīmisko vielu iedarbības riskam ne tikai ieelpojot to tvaikus, bet arī putekļus. Situācijas uzlabošanai nepieciešams veikt regulāru un kvalitatīvu uzkopšanu.

Chemical / Physical Characterisation of Nano-aerosols Experienced During Welding

Yngvar Thomassen

National Institute of Occupational Health, P.O. Box 8149 Dep., N-0033
Oslo, Norway

Department of Plant and Environmental Sciences,
Norwegian University of Life Sciences, N-1432 Ås, Norway

Particles <100 nanometres in one or more dimension may be generated from natural sources (i.e. fires, volcanoes). They may also be formed unintentionally by man and are often termed ultrafine particles (UFPs). They are frequently combustion derived, i.e. particles in exhaust from combustion motors, fossil fuel burning or formed in thermal industrial processes. Occupational exposures to such particles frequently occurs at high air concentrations during e.g. production of metals and alloys, welding, metal spraying and production of carbon black. Exposure also occurs to engineered nanoparticles (ENPs) in the accelerating nanotechnology industry with potential important societal impacts. However, the health risks to workers from exposure to ENPs remain largely undocumented. Some UFPs, whether combustion derived or not, are suggestive to be of importance for risk assessment of ENPs. Thus, particulate air-pollution and UFP exposures have been linked to human morbidity and mortality, notably from cardiovascular diseases, but the mechanisms remain to be further elucidated. Also diesel exhaust particles which are in the UFP range have been linked to carcinogenesis, although this is still a matter of debate. Some of the most feared effects of ENPs, often thought to be mediated via inflammatory responses, are cancer and cardiovascular diseases. However, when examining across epidemiological studies, some of the unintentionally fabricated pollutants, such as amorphous silicon dioxide in the ferroalloy industry and various particles in welding fume, although being in the ultrafine size range, have seldom shown to be the cause of major lung inflammation, cancer or cardiovascular disease following exposure. Although UFP and ENPs share the nano scale size, and both tend to agglomerate, obvious differences exists. UFPs are more heterogenic, being polydispersed and chemically complex in composition, solubility, volatility, and compounds attached to their surfaces. On the other hand, ENPs, often generated in gas or a liquid phase, are more often solid and monodisperse with more definite chemical composition. Not only size, but also other parameters determine biological activity of these particles, also in interaction.

Welding aerosols are comprised of a large proportion of ultrafine particles, which are defined as particles < 100 nm in all dimensions. Ultrafine particles are commonly produced by combustion and evaporation/vapour re-condensation processes, such as welding. According to general definitions, nanoparticles are defined as primary particles with at least one dimension < 100 nm. In the present context this term is however used interchangeably with ultrafine particles.

Early deposition studies showed that deposition of inhaled ultrafine particles is apparent in all regions of the respiratory tract, very high in the upper respiratory tract for sizes below 10 nm, high also in the tracheobronchial region

for 5-10 nm particles, and for 20 nm particles in the alveolar region. Exposure to welding aerosols has been associated with both pulmonary and systemic diseases. These include decreases in pulmonary function, increased airway responsiveness, bronchitis, fibrosis, lung cancer, increased incidence of respiratory infection and metal fume fever. Effects of exposure to welding aerosols have been studied in both animals and in cell cultures, and in both they produced marked pro-inflammatory effects in the lungs. These effects thought to be driven largely by transition metals which undergo redox-cycling resulting in oxidative stress. For welding aerosol the presence of soluble transition metals appear to be the primary mechanism of oxidative stress and inflammation.

There is a strong likelihood that biological activity of ultrafine particles will depend on physicochemical parameters, as particle size and size distribution, agglomeration state, shape, crystal structure, chemical composition, surface area, surface chemistry, surface charge and porosity. In the present study we have studied the size distribution of welding aerosol particles by TEM and SMPS. The main aim of our study is to provide a full characterization of agglomerates formed during welding, including the size of primary particles, which cannot be obtained by SMPS. In addition, we also want to explore the dependence of the chemical composition on particle size.

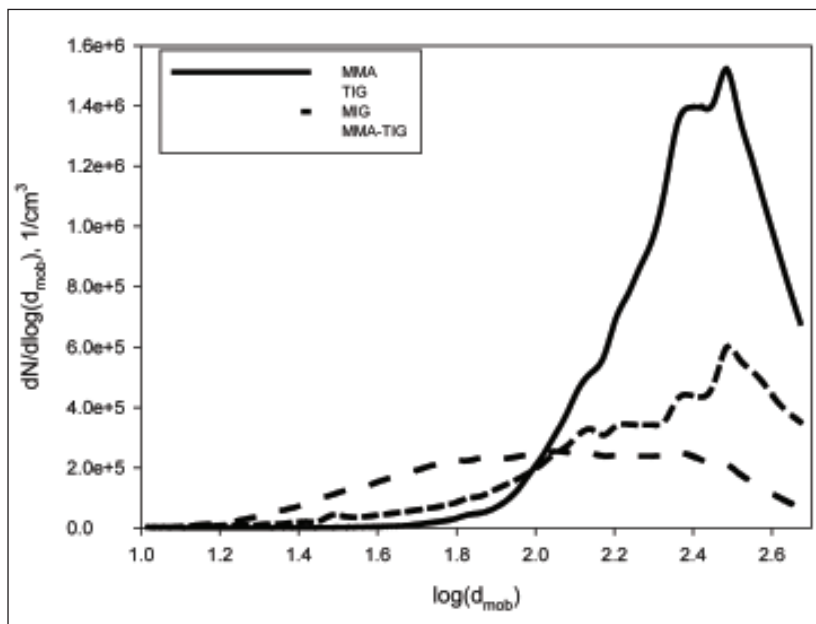


Figure 1. Characteristic number concentrations of the different welding aerosols determined by SMPS.

Particle size distributions of the investigated welding aerosols by SMPS are shown in Figure 1. In TIG welding, most particles have mobility diameters between 15 and 160 nm. In MMA welding aerosol, particles diameters are significantly larger (100 – 600 nm). For MIG welding, the size distribution is more even. For the mixed MMA-TIG welding the size distribution strongly depends on the operation conditions and can be regarded as the average of both techniques. There are no large differences in particle mass distributions determined gravimetrically between the welding aerosols investigated. The dominant range with respect to mass is between 0.1 and 1 μm , regardless of the welding technique.

The size distributions of the primary particles were measured by TEM. Most primary particles have geometric diameters (equivalent projected area diameter) between approximately 5 and 40 nm independently on the welding technique, and few primary particles were found with diameters above 50 nm.

Even though TEM is an excellent tool for evaluating the primary particle size distribution, shape and chemical composition in welding aerosol studies, this analytical tool has been used mainly to determine only the latter two parameters. There is still very little information on the primary particle size distribution of welding aerosols.

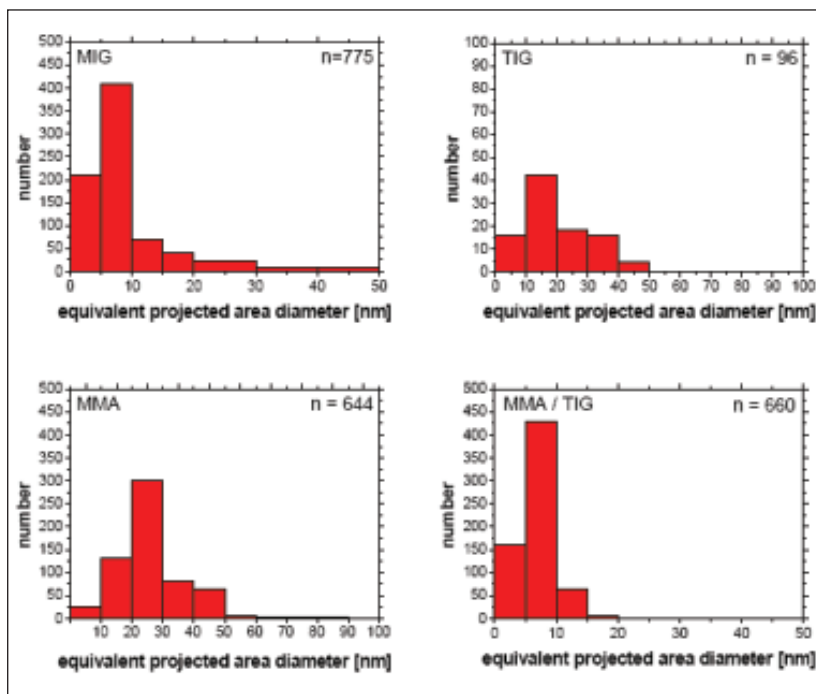


Figure 2. Size distributions of the primary particles in the different welding aerosols, determined by TEM.

It has to be emphasized that the particle size distribution that can be obtained by the SMPS or other kind of particle counters is not the same as the **primary** particle size distribution as determined by TEM. At the same time, some researchers dealing with welding aerosols do not clearly distinguish between these two particle size distributions when discussing welding aerosol characteristics.

Reference

B. Berlinger, N. Benker, S. Weinbruch, B. L'vov, M. Ebert, W. Koch, D. G. Ellingsen, and Y. Thomassen. Physicochemical characterisation of different welding aerosols // *Analytical and Bioanalytical Chemistry* (in press).

Biroju darba vides piesārņojuma raksturojums pēc nanodaļiņu skaita un virsmas laukuma

Žanna Martinsone, Mārite Ārija Baķe, Anita Piķe,
Svetlana Lakiša, Mairita Zellāne

RSU aģentūra "Darba drošības un vides veselības institūts",
Higiēnas un arodslimību laboratorija

Ievads

Iekštelpu gaisa kvalitāte ir nozīmīgs sabiedrības veselības un indivīda veselību un labsajūtu ietekmējošs faktors. Iekštelpu gaisa kvalitāte ir cieši saistīta ar apkārtējās vides gaisa problēmām. Latvijā tiek pievērsta uzmanība rūpnieciskai darba videi – iekštelpu gaisa kvalitātei, bet ļoti maz tiek novērtēta un pētīta nerūpnieciskā (biroju) iekštelpu gaisa kvalitāte.

Iekštelpu gaisa kvalitāti raksturo gaisa fizikālie faktori (mikroklimats: gaisa temperatūra, gaisa relatīvais mitrums; troksnis, apgaismojums u. c.), ķīmiskie faktori (putekļi, neorganiskie savienojumi: slāpekļa oksīdi, oglekļa dioksīds; organiskie šķīdinātāji u. c.); bioloģiskie faktori (putekļu ērcītes, pelējuma sēnes, infekcijas slimību ierosinātāji) un citi piesārņotāji.

Putekļu daļiņas, jo īpaši nanodaļiņas, ir viens no jaunākiem identificētiem riska faktoriem darba vidē – jo smalkākas un vairāk to ir gaisā, jo lielāka ir to aktīvā virsma. Svarīgi ir atzīmēt, ka liela nozīme ir putekļu daļiņu ķīmiskajam sastāvam (Maynard et al., 2005). No darba vides riska faktoru identifikācijas viedokļa, birojos un līdzīga tipa darba vietās ir ļoti daudz neskaidru un neizvērtētu aspektu, kas saistīti ar jaunām biroju iekārtām, tehnoloģijām un kondicionēšanas iekārtām: jauni ķīmiskie piesārņotāji iekštelpu gaisā – nanodaļiņas, oglekļa un citu ķīmisko savienojumu nanodaļiņas, polibromētie difenilēteri, ko lieto kā liesmu slāpētājus drukas iekārtās, ftalāti, gaistošie organiskie savienojumi, kas izdalās no tīrīšanas līdzekļiem, sintētiskiem celtniecības un apdares materiāliem, kā arī lietojot individuālās higiēnas preces (Schechter et al., 2005; Wolkoff et al., 2006; Morawska, He, 2007).

Pasaulē ir maz veikti pētījumi par nanodaļiņu ekspozīciju darba vidē un informācija ir pretrunīga gan par to ietekmi uz veselību saistībā ar daļiņu ķīmisko sastāvu, gan uzbūvi un izraisītiem efektiem. Ļoti mazo izmēru (1–100 nm) dēļ tās spēj iekļūt no elpceļiem asinsritē un šūnās, un izraisīt nopietnus veselības traucējumus. Nenoskaidrots paliek jautājums par nanodaļiņu toksicitāti un korelāciju ar to īpašībām. Nanodaļiņu izraisīto kaitīgo efektu novērtēšanai tiek pielietoti iekaisuma un alerģijas marķieri, bet trūkst vispusīgas informācijas par nanodaļiņu ietekmi uz dažādiem bioloģiskiem procesiem: oksidatīvo stresu, audzēju etioloģiju, DNS bojājumiem (*Oberdörster et al., 2005; Cormier et al., 2006; Maynard et al., 2005*). Sakarā ar jaunu tehnoloģiju (īpaši nanotehnoloģiju) un materiālu attīstību nanodaļiņu toksicitātes pētījumi ir ļoti aktuāli.

Nanodaļiņu piesārņojums biroju darba vidē ir maz pētīts, tāpat trūkst informācijas un konkrētu vadlīniju par daļiņu koncentrācijas normatīvo references lielumu iekštelpu gaisa kvalitātes novērtēšanai.

Darba mērķis

Noteikt putekļu daļiņu (t. sk. nanodaļiņu) virsmas laukuma koncentrāciju alveolārai un traheobronhiālai frakcijai, un putekļu daļiņu (t. sk. nanodaļiņu) skaita koncentrāciju biroju telpās Latvijā.

Materiāls un metodes

Putekļu daļiņu virsmas laukuma koncentrācija biroja telpās tika noteikta izmantojot iekārtu “AeroTrak 9000” (nosakāmo nanodaļiņu izmērs: 10–1000 nm). Daļiņu virsmas laukums tika noteikts frakcijās: TB-traheobronhiālā (daļiņu izmērs < 1000 nm) un A-alveolārā (daļiņu izmērs < 250 nm). Gaisa paraugi tika ņemti atbilstoši iekārtas “AeroTrak 9000” vadlīnijām, jo standartizētas metodes TB un A frakciju noteikšanai šobrīd nav pieejamas.

Daļiņu skaita koncentrācija tika noteikta izmantojot iekārtu “P-Trak Ultrafine Particle Counter” Model 8525 (nosakāmo daļiņu izmērs: 20–1000 nm). Gaisa paraugi tika ņemti atbilstoši iekārtas “P-Trak Ultrafine Particle Counter” Model 8525 vadlīnijām, jo standartizēta metode daļiņu skaita noteikšanai šobrīd nav pieejama.

Rekomendējamie lielumi putekļu daļiņu izvērtēšanai tika piemēroti, vadoties pēc līdzīgu starptautisko pētījumu datiem (*SCENIHR, 2005*):

- daļiņu virsmas laukuma rezultāti iekštelpu gaisā tiek salīdzināti ar fona datiem (telpa bez pētāmām aktivitātēm, telpa brīvdienās, apkārtējās vides gaisa piesārņojums u. c.), jo Latvijā un starptautiskos normatīvos nav noteikti pieļaujamie lielumi dažādu veidu nanodaļiņām;
- daļiņu skaits biroju telpās svārstās 10 000–30 000 daļiņas/cm³.

Mērījumi veikti biroju telpās, kas tika izvēlētas pēc izdevīguma principa, t. i., tika izvēlēti biroji ar dažādu kopēšanas intensitāti, lokalizāciju un biroja lielumu, ievērojot konfidencialitāti.

Mērījumi tika veikti 10 dažādu biroju 14 telpās visas darba dienas garumā, vienlaicīgi mērot gan putekļu daļiņu virsmas laukumu, gan putekļu daļiņu skaita koncentrāciju.

Pirms mērījumu veikšanas tika apkopota informācija par telpas raksturojumu (platība, darbinieku skaits, telpai izmantotie celtniecības materiāli u. c.), telpā esoša biroja tehnika un tās darbības intensitāte, telpā esošā ventilācijas sistēma, telpas uzkopšanas grafiks u. c. informācija.

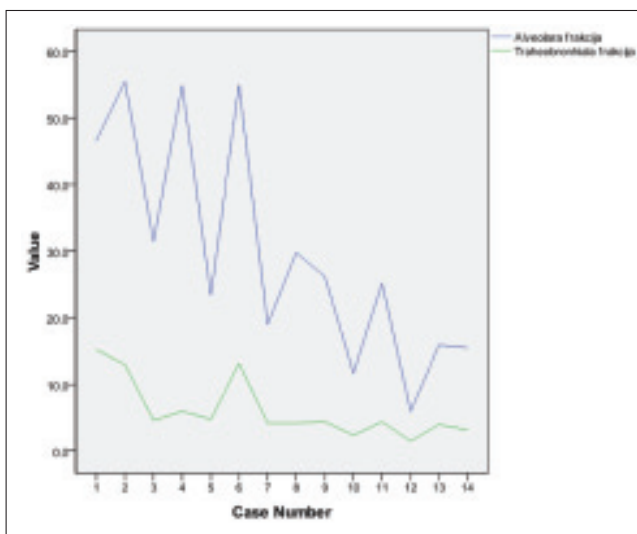
Mērījumu dati statistiski tika apstrādāti, izmantojot *MS Office Excel* un *SPSS for Window 17.0* programmas.

Rezultāti

Mērījumu rezultātā nanodaļiņu virsmas laukums biroju telpās tika konstatēts robežās alveolārai frakcijai no 6,0 (min) līdz 204,4 $\mu\text{m}^2/\text{cm}^3$ (max) un no 1,5 (min) līdz 25,0 (max) $\mu\text{m}^2/\text{cm}^3$ traheobronhiālajai frakcijai. Savukārt, analizējot vidējās laukumu koncentrāciju vērtības putekļu daļiņām, alveolārai frakcijai tās tika konstatētas robežās no 6,0 līdz 55,5 $\mu\text{m}^2/\text{cm}^3$, traheobronhiālajai frakcijai robežās no 1,5 līdz 15,2 $\mu\text{m}^2/\text{cm}^3$, bet putekļu daļiņu skaitam – no 1060 līdz 30 000 daļiņas/ m^3 .

1. tabula. Putekļu virsmas laukuma un putekļu daļiņu skaita vidējie rādītāji.

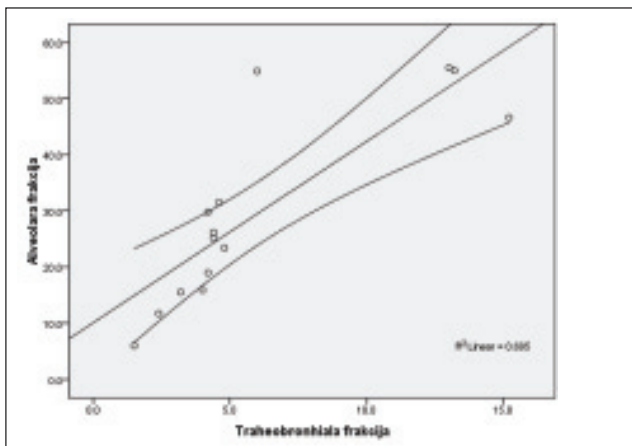
Rādītāji	Minimālā vidējā vērtība	Maksimālā vidējā vērtība	Vidējā vērtība
Alveolārā frakcija, $\mu\text{m}^2/\text{cm}^3$	6,0	55,5	$29,7 \pm 16,9$
Traheobronhiālā frakcija, $\mu\text{m}^2/\text{cm}^3$	1,5	15,2	$6,1 \pm 4,3$
Putekļu daļiņu skaits, $\mu\text{m}^2/\text{cm}^3$	1880,0	14756,0	$6446,9 \pm 3462,8$



1. attēls. Alveolārās frakcijas (zilā līnija) un traheobronhiālās frakcijas (zaļā līnija) putekļu daļiņu virsmas laukuma ($\mu\text{m}^2/\text{cm}^3$) koncentrācija biroju telpās.

Savukārt traheobronhiālajai frakcijai visaugstākā vidējā koncentrācija – $15,2 \mu\text{m}^2/\text{cm}^3$ – tika konstatēta telpā, kurā nav logu un nedarbojas ventilācijas sistēma (caurstaigājamā telpā).

Alveolārās frakcijas un traheobronhiālās frakcijas putekļu daļiņu virsmas laukuma koncentrācijas dinamika ir līdzīga visās testētās biroja telpās (sk. 1., 2. attēlu).

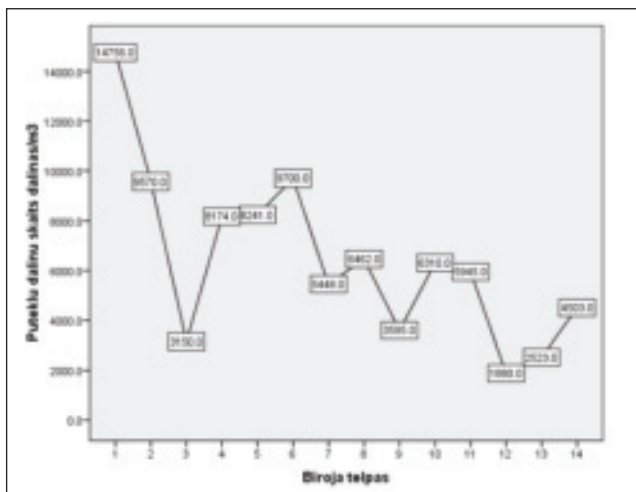


2. attēls. Sakarība starp alveolārās un traheobronhiālās frakcijas putekļu daļiņu virsmas laukumu koncentrācijām ($\mu\text{m}^2/\text{cm}^3$).

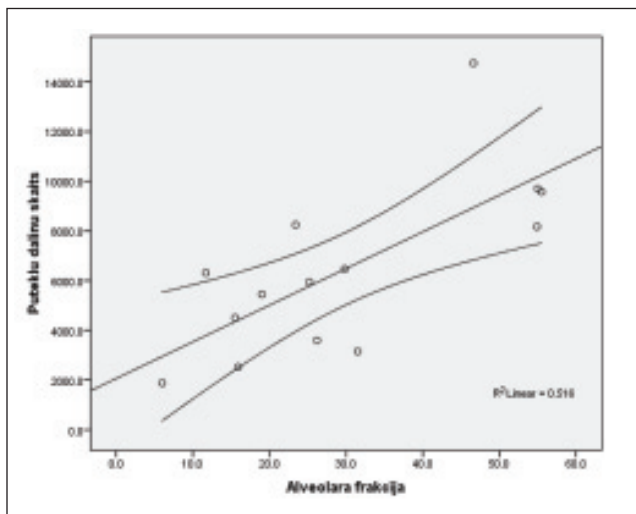
Analizējot iegūtos datus, pastāv cieša sakarība ($R^2 = 0,695$) starp alveolārās un traheobronhiālās frakcijas putekļu daļiņu virsmas laukumu koncentrācijām ($p < 0,01$), kas norāda uz putekļu daļiņu lieluma viendabīgumu pētījumā iekļauto biroju telpu gaisā (sk. 2. attēlu).

Biroju telpās tika novērtēta arī nanodaliņu skaita koncentrācija, kas tika noteikta robežās no 3 140 līdz 30 000 daļiņas/ cm^3 (sk. 3. attēlu), vidējā putekļu daļiņu skaita koncentrācija bija robežās no 1 880 līdz 14 756 daļiņas/ cm^3 (sk. 3. attēlu).

Pētījuma rezultātā tika iegūti dati, kas parāda sakarību starp nanodaliņu alveolārās frakcijas virsmas laukuma un putekļu daļiņu skaita koncentrācijām visas dienas laika mērījumos ($R^2 = 0,516$; $p < 0,01$; sk. 4. attēlu).



3. attēls. Putekļu daļiņu skaita (daļiņas/m³) koncentrācija dažādās biroju telpās.



4. attēls. Sakarība starp putekļu daļiņu skaitu (daļiņas/m³) un alveolārās frakcijas putekļu daļiņu virsmas laukumu koncentrācijām ($\mu\text{m}^2/\text{cm}^3$).

Biroju darba vides gaisa testēšanas rezultāti norāda uz putekļu daļiņu ekspozīciju gaisā un to atkarību no ventilācijas sistēmas darbības: telpās bez ventilācijas sistēmas tika konstatēta divreiz augstāka koncentrācija gan alveolārās un traheo-bronhiālās frakcijas virsmas laukumiem, gan putekļu daļiņu skaitam (sk. 2. tabulu).

2. tabula. Putekļu daļiņu rādītāju un ventilācijas veida novērtējums.

Ventilācijas veids	Noteiktie rādītāji	Minimālā vidējā vērtība	Maksimālā vidējā vērtība	Vidējā vērtība	Standart-novirze
Nav ventilācijas sistēmas	Alveolārā frakcija, $\mu\text{m}^2/\text{cm}^3$	46,6	55,0	50,8	5,9
	Traheobronhiālā frakcija, $\mu\text{m}^2/\text{cm}^3$	13,2	15,2	14,2*	1,4
	Putekļu daļiņu skaits, daļiņas/ m^3	9700,0	14756,0	12228,0*	3575,1
Pieplūde / nosūce	Alveolārā frakcija, $\mu\text{m}^2/\text{cm}^3$	11,7	55,5	29,7	15,8
	Traheobronhiālā frakcija, $\mu\text{m}^2/\text{cm}^3$	2,4	13,0	5,2*	3,1
	Putekļu daļiņu skaits, daļiņas/ m^3	3150,0	9570,0	6161,4*	2208,5

Piezīme: * statistiskā ticamība ($p < 0,05$)

Analizējot putekļu daļiņu rādītājus un printēšanas intensitātes datus, redzams, ka ir novērojamas tendences alveolārās frakcijas koncentrācijas nozīmīgai paaugstināšanai, kopējot vairāk par 1000 lapām dienā (sk. 3. tabulu).

3. tabula. Putekļu daļiņu rādītāju un printēšanas intensitātes novērtējums.

Printēšanas intensitāte	Noteiktie rādītāji	Minimālā vidējā vērtība	Maksimālā vidējā vērtība	Vidējā vērtība	Standart-novirze
Mazāk par 1000 lapām dienā	Alveolārā frakcija, $\mu\text{m}^2/\text{cm}^3$	6,0	54,9	25,3	15,5
	Traheobronhiālā frakcija, $\mu\text{m}^2/\text{cm}^3$	1,5	15,2	5,0	3,8
	Putekļu daļiņu skaits, daļiņas/ m^3	1880,0	14756,0	5628,4*	3736,1
Vairāk par 1000 lapām dienā	Alveolārā frakcija, $\mu\text{m}^2/\text{cm}^3$	23,4	55,5	40,9	16,8
	Traheobronhiālā frakcija, $\mu\text{m}^2/\text{cm}^3$	4,2	13,2	8,8	5,0
	Putekļu daļiņu skaits, daļiņas/ m^3	6462,0	9700,0	8493,3*	1506,1

Piezīme: * statistiskā ticamība ($p < 0,05$)

Putekļu daļiņu rādītāju un grīdas seguma veida novērtējuma dati parāda, ka mīkstaais grīdas segums ir būtisks piesārņojuma avots (sk. 4. tabulu).

4. tabula. Putekļu daļiņu rādītāju un grīdas seguma veida novērtējums.

Grīdas seguma veids	Noteiktie rādītāji	Minimālā vidējā vērtība	Maksimālā vidējā vērtība	Vidējā vērtība	Standart-novirze
Mīkstaais grīdas segums	Alveolārā frakcija, $\mu\text{m}^2/\text{cm}^3$	11,7	55,5	33,2	15,7
	Traheobronhiālā frakcija, $\mu\text{m}^2/\text{cm}^3$	2,4	15,2	6,5	4,4
	Putekļu daļiņu skaits, daļiņas/ m^3	3150,0	14756,0	7300,7	3508,1
Parketa / akmens flīžu grīda	Alveolārā frakcija, $\mu\text{m}^2/\text{cm}^3$	6,0	55,0	23,5	18,9
	Traheobronhiālā frakcija, $\mu\text{m}^2/\text{cm}^3$	1,5	13,2	5,3	4,6
	Putekļu daļiņu skaits, daļiņas/ m^3	1880,0	9700,0	4910,2	3124,9

Diskusija

Pētījumā iegūtais putekļu daļiņu **virsmas laukuma** novērtējums iekštelpu gaisā alveolārai frakcijai ($< 250 \text{ nm}$, t. i., no 10 līdz 250 nm) norāda, ka “vistirākā” jeb references telpā vidējā vērtība ir $6,0 \mu\text{m}^2/\text{cm}^3$, bet pētījumā konstatētā visaugstākā vērtība ir $55,5 \mu\text{m}^2/\text{cm}^3$. Telpā ar novēroto augstāko virsmas laukuma koncentrāciju galvenais piesārņojuma avots ir intensīvi nodarbinātā biroju tehnika, telpā esošais mīkstaais grīdas segums.

Pētījumā iegūtais putekļu daļiņu virsmas laukuma novērtējums iekštelpu gaisā traheobronhiālai frakcijai ($< 1000 \text{ nm}$, t. i., no 250 līdz 1000 nm) norāda, ka “vistirākā” jeb references telpā vidējā vērtība – $1,5$, visaugstākā vērtība – $15,2 \mu\text{m}^2/\text{cm}^3$ (sk. 1. tabulu).

Gan alveolārajās frakcijās, gan traheobronhiālās frakcijas putekļu daļiņu virsmas laukuma rezultāti sniedz informatīvu ieskatu par iekštelpu gaisa piesārņojuma līmeni, ko izraisa ventilācijas sistēmas darbība, kopēšanas / printēšanas aktivitātes telpā un arī telpā esošais mīkstaais grīdas segums. Tomēr ņemot vērā, ka nedz alveolārās, nedz traheobronhiālās frakcijas putekļu daļiņu virsmas laukuma koncentrācija Latvijā un pasaulē netiek normēta, kā arī nav pieejami publicēti raksti par līdzīgiem mērījumiem pasaulē, nevar uzskatīt, ka tā pārsniedz vai neatbilst normām, bet var runāt par to, vai telpa ir piesārņotāka, vai nepiesārņotāka, salīdzinājumā ar references telpu (pētījumā konstatēto tīrāko telpu, kurā nenorit intensīvs kopēšanas darbs).

Putekļu **daļiņu skaita** koncentrācija iekštelpu gaisā viszemākā koncentrācijā pētījuma laikā tika konstatēta līdzīgi kā alveolārai un traheobronhiālai frakcijai – tajā pašā biroja telpā (sk. 1. tabulu). Pētījuma mērījumos atrastā putekļu

daļiņu skaita koncentrācija vistīrākā jeb references telpā bija 1880 daļiņas/cm³, bet vispiesārņotākā telpā – 14 756 daļiņas/cm³, kas nepārsniedz pasaulē pieņemto piesārņojuma līmeni (10 000–30 000 daļiņas/cm³) biroju telpās (Maynard, 2003; Andrejs and Rietschel, 2008). Savukārt Vācijā veiktajā pētījumā tika konstatēts, ka biroju darba vidē kopējā putekļu daļiņu (daļiņu lieluma diapazons: 14–673 nm) skaita koncentrācija ir zemāka nekā 10 000 daļiņas/cm³ (SCENIHR, 2005).

Pētījuma rezultātā izteikti tika novērota sakarība starp alveolārās frakcijas virsmas laukuma koncentrācijas rezultātiem un daļiņu skaita koncentrāciju biroja telpās ($R^2 = 0,52$), t. i., vienlaicīgi veicot abu parametru mērījumus, maksimālās vērtības tika iegūtas vienā un tajā pašā laikā – mērījumu koncentrāciju dinamika bija līdzīga pēc laika.

Pētījuma dati norāda uz izteiktu tendenci putekļu daļiņu piesārņojumam palielināties atkarībā no kopēšanas / drukāšanas intensitātes, telpas raksturojuma, biroja ēkas lokalizācijas un ventilācijas sistēmas darbības efektivitātes. Pētījums ir pirmais mēģinājums Latvijā, un viens no nedomājamajiem pasaulē, novērtēt biroju darba vides piesārņojumu ar nanodaļiņām, kuru emisiju avots ir biroju tehnika. Moravska un līdzautori eksperimentālos pētījumos, ievietojot dažādus printerus testēšanas kamerās, pierādīja nanodaļiņu izdalīšanos vides gaisā un emisijas daudzuma saistību ar kopiju skaitu un printeru vecumu (Morawska et al., 2007).

Secinājumi

1. Biroja telpās ar intensīvu kopēšanas / drukāšanas darbu un telpās ar neefektīvu ventilācijas sistēmas darbību ir paaugstināta putekļu daļiņu (t. sk. nanodaļiņu) virsmas laukuma un skaita koncentrācija.
2. Pastāv sakarība starp paaugstinātu nanodaļiņu alveolārās frakcijas virsmas laukuma koncentrāciju un nanodaļiņu skaita koncentrāciju biroju telpās.
3. Pastāv sakarība starp putekļu daļiņu virsmas laukuma frakcijām, kas norāda uz piesārņojuma viendabīgumu biroja telpās.
4. Pētījuma dati apstiprina tendenci, ka grīdas seguma veids un biroja atrašanās vieta var ietekmēt putekļu daļiņu piesārņojuma līmeni telpā.

Literatūra

1. Andrejs B., Rietschel P. Multi functional analysis of health problems in Office spaces // SJWEH. Suppl. 2008; Volume 4: 21–24.
2. Cormier S. A., Lomnicki S., Backes W. and Dellinger B. Origin and Health Impacts of Emissions of Toxic By-Products and Fine Particles from Combustion and Thermal Treatment of Hazardous Wastes and Materials // Environmental Health Perspectives, 2006; Volume 114 (6): 810–817.
3. Maynard A. D., Kuempel E. D. Airborne nanostructured particles and occupational health // Journal of Nanoparticle Research, 2005; Volume 7(6): 587–614.
4. Morawska L., He C., Taplin L. Particle emission characteristics of office printers // Environmental Science Technology, 2007, Volume 4: 6039–6045.

5. Scientific Committee on Emerging and Newly Identified Health Risks (SCENIHR). The appropriateness of existing methodologies to assess the potential risks associated with engineered and adventitious products of nanotechnologies. Report, 2005, 9: 39.
6. Oberdörster G., Oberdörster E., Oberdörster J. Nanotoxicology: An emerging discipline evolving from studies of ultrafine particles // *Environmental Health Perspectives*, 2005; Volume 113 (7): 823–839.
7. Schecter A., Papke O., Joseph J. E., Tung K. C. Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in U. S. computers and domestic carpet vacuuming: possible sources of human exposure // *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 2005; 68 (7): 501–513.
8. Office environments – sensory irritation, odor, measurements and the role of reactive chemistry // *Indoor Air*, 2006; 16: 7–19.

Biroju darbinieku subjektīvo sūdzību novērtējums

Svetlana Lakiša

RSU aģentūra “Darba drošības un vides veselības institūts”,
Higiēnas un arodslimību laboratorija

Iekštelpu vide ietver sevī daudzus riska faktorus, neskatoties uz to, ka darbs birojā parasti nav saistīts ar arodslimībām vai nelaimes gadījumiem. Arī biroja darba vidē ir psihosociālie riska faktori, iekštelpu gaisa piesārņotāji (no tehnikas, mēbelēm, grīdas seguma un mazgāšanas līdzekļiem), mikroklimats (gaisa temperatūra, mitrums un gaisa plūsma), nepietiekams vai spilgts apgaismojums, nesabalansēta ventilācijas sistēma, darba vietas ergonomiskais iekārtojums, kas var atstāt zināmu ietekmi uz darbinieku pašsajūtu un darba produktivitāti.

Pēdējos gados pieaugošās cilvēku sūdzības par veselību un komfortu mudinājušas pievērst uzmanību riska faktoru analīzei, kas ļauj izprast to iespējamo, nelabvēlīgo ietekmi uz cilvēku veselību un labsajūtu telpā.

Pētījums mērķis bija identificēt galvenās subjektīvās sūdzības un biroja darba vides riska faktorus, lai varētu tos tālāk analizēt saistībā ar iekštelpu gaisa piesārņojumu.

Iekštelpu gaisa paraugi un aptaujas anketas tika ņemtas Latvijas uzņēmumos, kuros darba telpas ir aprīkotas ar biroja tehniku un kurās notiek dokumentu drukāšanas un kopēšanas darbi. Visi novērtētie uzņēmumi atradās Rīgas pilsētas robežās. Lai iegūtu datus par darbiniekiem un viņu sūdzībām, tika izmantotas starptautiskas aptaujas anketas par iekštelpu klimatu, arodveselību un labsajūtu (*Andersson 1998, Rafferty, 1999*). Datu analīzei izmantota programma *SPSS*.

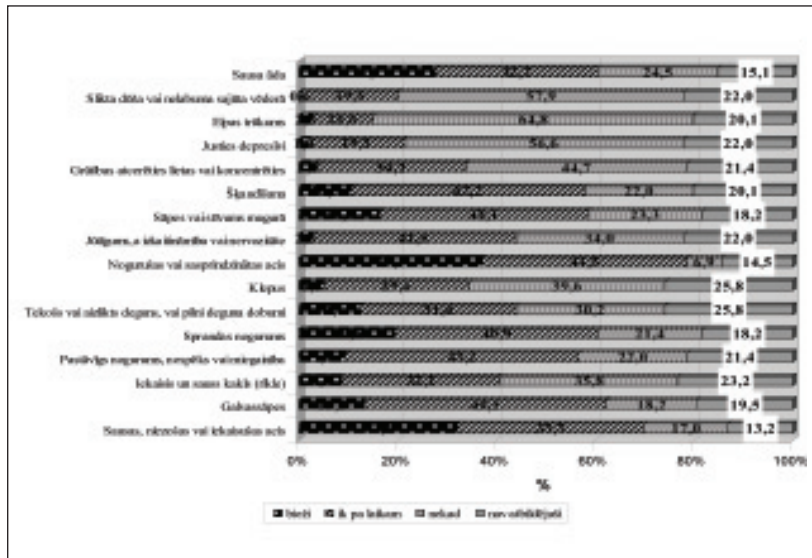
Aptaujā piedalījās 159 biroja darbinieki, no tiem 81,8% (n = 130) sievietes un 18,2% (n = 29) vīrieši, 69,2% (n = 110) respondentu ir augstākā izglītība. Respondentu sadalījums pa vecuma grupām bija sekojošs: 44,7% (n = 71) ir vecuma grupā no 25 līdz 34 gadiem, 18,2% (n = 29) vecuma grupā līdz 25 gadiem,

18,2% (n = 29) 35 līdz 45 gadu vecuma grupā, 11,3% (n = 18) – 45 līdz 54 gadu vecuma grupā un 7,5% (n = 2) respondentu bija vecāki par 55 gadiem.

Lielākā daļa aptaujāto strādā dalītā tipa biroja telpā, sekojoši arī darbinieku skaits telpā 60,4% (n = 96) ir lielāks par 8. Mīkstais grīdas segums darba kabinetos ir 94,3% (n = 150), kas varētu palielināt gaisa ķīmisko piesārņojumu, jo tīrīšanai tiek izmantota dažādākā sadzīves ķīmija. Vērtējot savu darba vietas iekārtojumu, 56,0% (n = 89) uzskata savu darba vietu par diezgan ērtu un 30,2% (n = 48) – par mazliet neērtu.

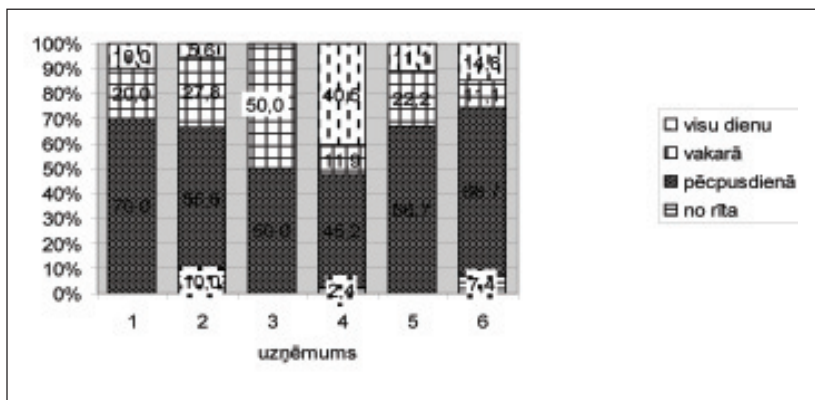
Lielākai daļai aptaujāto (vairāk nekā 80%) nav tādu ārsta apstiprinātu saslimšanu kā astma, migrēna, ekzēma vai alerģija uz putekļiem, pelējumu, kaķiem, zālēm vai ķīmiskām vielām. Bet respondenti ir atzīmējuši simptomus, kurus ir sajutuši pēdējā mēneša laikā atrodoties birojā (sk. 1. attēlu).

Visbiežāk minētie simptomi (atbilde “bieži” un “ik pa laikam”) tiek minēti – nogurušas vai sasprindzinātas acis 78,6% (37,1 + 41,5%), sausas, niezošas vai iekaisušas acis – 69,8% (32,1 + 37,7%), galvassāpes – 62,3% (13,2 + 49,1%), sprandas nogurums – 60,4% (19,5 + 40,9%), sausa āda – 60,4% (27,7 + 32,7%), sāpes vai stīvums mugurā – 58,5% (16,4 + 42,1%), šķaudīšana – 57,9% (10,7 + 47,2%), pastāvīgs nogurums, nespēks vai miegainība – 56,6% (9,4 + 47,2%). Apskatot darbinieku sūdzības par palielinātu acu sasprindzinājumu, jāpiebilst, ka 56,6% (n = 90) ir nepieciešama redzes korekcija (jālieto brilles vai kontaktlēcas). Liela daļa respondentu (45,3%) atzīmē, ka šie simptomi lielākoties tiek novēroti pēcpusdienā. Atšķirība nedēļas un gada laikā nav nozīmīga.

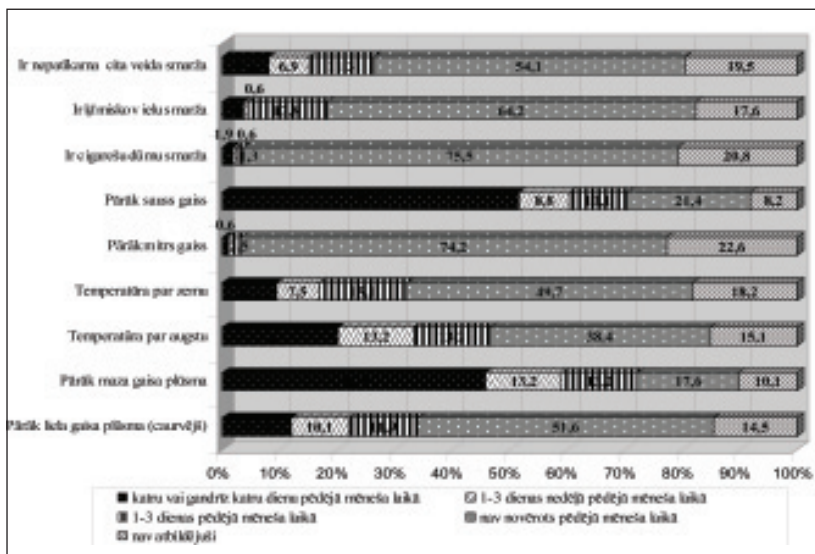


1. attēls. Respondentu subjektīvās sūdzības par veselības problēmām.

2. attēlā redzams, ka dažādos uzņēmumos atšķiras laiks, kad parādās sūdzības par veselības problēmām. Visbiežāk simptomi parādās pēcpusdienā 45,2–70,0% vai vakarā 11,1–50,0%. Daži respondenti atbildējuši, ka simptomi parādās jau no agri rīta 2,4–10,0%, bet 5,6–40,5% respondentu atbildējuši, ka simptomi novērojami visas dienas garumā.



2. attēls. Dienas laiks, kad parādās sūdzības par veselību.



3. attēls. Respondentu biežākās sūdzības par darba vidi.

Sūdzību pieaugumu dienas garumā var saistīt gan ar CO₂ līmeņa pieaugumu, gan mikroklimata rādītāju pasliktināšanos. Kā varam redzēt arī pēc aptaujas datiem, tad pastāvīgs nogurums, nespēks vai miegainība ir 56,6% respondentu, galvassāpes – 62,3% respondentu, bet sūdzības par elpas trūkumu un sliktu dūšu nav izteiktas. Grūtības koncentrēties ir atzīmējuši 34,0% respondentu, un tas varētu būt saistīts ar CO₂ koncentrācijas pieaugumu (tātad arī skābekļa samazināšanos).

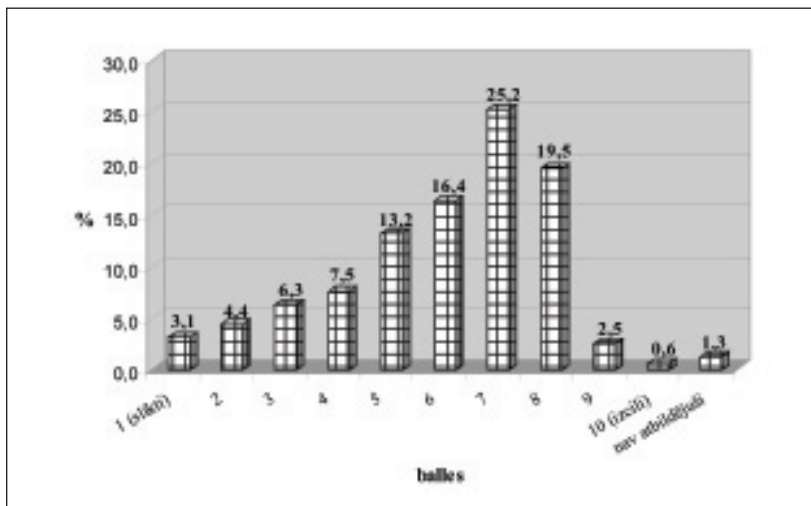
Biroja darbinieku biežākās sūdzības par darba vides apstākļiem var apskatīt 3. attēlā.

Visvairāk darbinieki sūdzas (katru dienu vai 1–3 dienas nedēļā) par pārāk sausu gaisu (60,4%), pārāk mazu gaisa plūsmu (59,1%) un paaugstinātu gaisa temperatūru (33,3%).

Lielākai daļai respondentu (93,1%) darba kabinetā ir logi, bet 39,6% logi nav atverami, tāpēc telpas ventilācija notiek tikai caur mehānisko ventilācijas sistēmu. No 57,2% aptaujāto, kuriem logi atveras – 65,4% tie atveras uz ielas pusi, kas arī var būt gaisa piesārņojuma avots.

Turpat trešdaļa no aptaujātajiem (26,4%) pēdējā mēneša laikā ir sajutuši arī dažādu nepatīkamu smaržu vai ķīmisko vielu smaržu (18,2%) parādīšanos gaisā darba vietā.

Savu darba vidi kopumā 64,2% respondentu vērtē kā apmierinošu (no 6 līdz 10 ballēm) bet 34,6% vērtē to kā neapmierinošu (no 1 līdz 5 ballēm), sk. 4. attēlu.



4. attēls. Darba vides subjektīvais novērtējums.

Pētījums parāda, ka biroju vidē pastāv dažādi riska faktori, kas var radīt darbiniekos diskomfortu un atstāt ietekmi uz veselību. Kā biežākie simptomi, kurus respondenti ir sajutuši pēdējā mēneša laikā atrodoties birojā (atbilde “bieži” un “ik pa laikam”) tiek minēti nogurušas vai sasprindzinātas acis, sausas, niezošas

vai iekaisušas acis, galvassāpes, sprandas nogurums, sausa āda, sāpes vai stīvums mugurā, šķaudīšana, pastāvīgs nogurums, nespēks vai miegainība. Līdzīgi rezultāti par subjektīvo pašsajūtu un iekštelpu gaisa kvalitāti ir arī pētījumā par gaisa kvalitāti studiju auditorijās (*Bake, 2004*).

Visbiežāk simptomi parādās pēcpusdienā, lai gan simptomu parādīšanās laiks dažādos uzņēmumos ir atšķirīgs. Atšķirības ir saistāmas gan ar ventilācijas trūkumu, gan tās efektivitāti, grīdas un sienu segumu, cilvēku skaitu telpā, telpas vēdināšanu u. c. faktoriem, kas var ietekmēt gaisa kvalitāti. Sūdzību pieaugumu dienas garumā var saistīt gan ar CO₂ līmeņa pieaugumu, gan mikroklimata rādītāju pasliktināšanos. Simptomi, kas raksturojas ar CO₂ paaugstinātiem rādītājiem ir: galvassāpes, nogurums, grūtības koncentrēties, elpas trūkums un slikta dūša un tas varētu būt saistīts ar CO₂ koncentrācijas pieaugumu (tātad arī skābekļa samazināšanos), kas atkarīgs no cilvēku skaita un nesabalansētas ventilācijas sistēmas (*Kinshell, 2001; Lindgren, 2009; Scheff, 2000; Woodcock, 2000*).

Sūdzības par pārāk sausu gaisu, pārāk mazu gaisa plūsmu un paaugstinātu gaisa temperatūru liek secināt, ka ventilācijas sistēma darbojas neefektīvi. Jāpiebilst, ka liela daļa aptaujas anketu tika aizpildītas apkures sezonas laikā, kas var zināmi ietekmēt atzīmētās sūdzības. Šīs sūdzības vasaras periodā pat varētu pieaugt, jo tad telpas tiek vairāk ventilētas atverot logus, kas paaugstina iespējamību telpās ieplūst apkārtējās vides gaisam, kurš ir piesārņots ar ķīmiskām vielām no satiksmes līdzekļu izplūdes gāzēm. Par līdzīgiem simptomiem no centrālo ielu satiksmes piesārņojuma ietekmes uz iekštelpu gaisu un saistību ar respiratorām slimībām pieaugušajiem raksta Šveices pētnieku grupa (*Bayer-Oglesby, 2006*).

Secinājumi

1. Biežākās subjektīvās darbinieku sūdzības (vairāk nekā 20% respondentu) par veselības stāvokli ir nogurušas vai sasprindzinātas acis, sausas, niezošas vai iekaisušas acis, sausa āda, kas varētu būt saistīts ar neatbilstošu telpas mikroklimatu, ventilāciju un ķīmisko vielu uzkrāšanos telpā.
2. Subjektīvo sūdzību pieaugums biežāk vērojams pēcpusdienā.
3. Sūdzības par veselības problēmām saistāmas ar paaugstinātu oglekļa dioksīda un ozona daudzumu, kā arī nelabvēlīgu mikroklimatu biroja telpā.
4. Biežākās sūdzības par darba vidi ir pārāk sauss gaiss, pārāk maza gaisa plūsma un paaugstināta gaisa temperatūra, bet lielākā daļa respondentu kopumā ir apmierināti ar savu darba vidi.

Literatūra

1. Andersson K. Epidemiological Approach to Indoor Air Problems // *Indoor Air*, 1998. Suppl 4: 32–39.
2. Baķe M. Ā., Lazdiņa A. RSU Zinātniskie raksti, Rīga: RSU, 2004; 194.–198. lpp.

3. Bayer-Oglesby L., Schindler C., Hazenkamp-von Arx M. et al. Living near Main Street and Respiratory Symptoms in Adults // American Journal of Epidemiology, 2006; 164 (12): 1190–1198.
4. Rafferty P. J. The Industrial Hygienist's Guide to Indoor Air Quality Investigations, 1999; 57–60.
5. Kinshella R. M., Van Dyke V. M., Douglas E.K. et al. Perceptions of Indoor Air Quality Associated with Ventilation System Types in Elementary Schools // Applied Occupational and Environmental Hygiene, 2001; 16 (10): 952–960.
6. Lindgren T. A Case of Indoor Air Pollution of Ammonia Emitted from Concrete in a Newly Built Office in Beijing // Building and Environment, 2009; 45 (2010): 596–600.
7. Scheff A. P., Paulius K. V., Huang W. S. et al. Indoor Air Quality in a Middle School, Part I: Use of CO₂ as a Tracer for Effective Ventilation // Applied Occupational and Environmental Hygiene, 2000; 15 (11): 824–834.
8. Woodcock R. C. CO₂ Measurements for IAQ Analysis // Occupational Health Safety, 2000 May; 69 (5): 56–58; 60–62.

Biroju tehniskā aprīkojuma radītā iekštelpu gaisa piesārņojuma iedarbība uz balto žurku organismu

**Dagmāra Sprūdža¹, Žanna Martinsone¹, Inese Remeze¹, Mairita Zellāne¹,
Alise Silava², Līga Lārmane²**

¹ RSU aģentūra "Darba drošības un vides veselības institūts",

² RSU Bioķīmijas laboratorija

Ievads

Ir zināms, ka birojos ir dažāda tehnika, kas rada gaisa piesārņojumu un šis piesārņojums var ietekmēt tur strādājošo veselību. Biroju iekštelpā gaisa piesārņojums var nonākt organismā galvenokārt caur elpošanas sistēmu, kur alveolās notiek gāzu apmaiņas process un piesārņotāji var nokļūt asinsritē, radot visa organisma atbildes reakciju (iekaisumu, imūnās sistēmas darbības izmaiņas u. c.).

Darba mērķis

Novērtēt biroju tehnikas radītā iekštelpu gaisa piesārņojuma ietekmi uz organismu, pielietojot eksperimentālajiem dzīvniekiem pasīvās inhalācijas ekspozīcijas metodi.

Materiāls un metodes

Pētījums veikts, ievērojot starptautisko OECD vadlīniju un labas laboratorijas prakses principus (1), kā arī LR MK noteikumus par eksperimentos un

zinātniskos nolūkos pielietojamām metodēm un izmantojamo dzīvnieku turēšanas, izmantošanas, tirdzniecības un nogalēšanas kārtību (2, 3).

Pētījums veikts ar *Wistar* populācijas baltām žurkām. Pētījumam izmantoti dzīvnieki no Rīgas Stradiņa universitātes Eksperimentālo dzīvnieku laboratorijas vivārija ar atbilstošu veselības sertifikātu. Pētījuma veikšanai saņemta atļauja no Pārtikas un veterinārā dienesta Ētikas komisijas (Nr. 19 / 11.03.2010.). Dzīvnieku turēšana un aprūpe ir atbilstoša dzīvnieku labturības prasībām.

Pētījumā izmantotas 25 pieaugušas baltās žurkas – tēviņi, kuri iedalīti 2 grupās: kontroles grupā – 10 dzīvnieki, eksperimentālā grupā – 15 dzīvnieki. Dzīvnieku vidējā ķermeņa masa abās grupās pētījuma sākumā bija līdzīga 182–184 grami.

Pētījums tika veikts dabīgos apstākļos, būrišus ar eksperimentālās grupas dzīvniekiem novietojot biroja telpā, kurā notiek kopēšana, printēšana, darbs ar papīru. Kontroles grupas dzīvnieki atradās līdzīgos apstākļos – atsevišķā telpā, bez biroja tehnikas. Pētījuma ilgums – 28 dienas.

Katru dienu regulāri tika novērtētas fizioloģiskās un klīniskās izmaiņas – dzīvnieku uzvedība, ārējais izskats, barības un ūdens patēriņš. Dzīvnieku ķermeņa masa tika noteikta pirms eksperimenta un pēc katrām 7 dienām.

Eksperimenta beigās tika veikti šādi izmeklējumi:

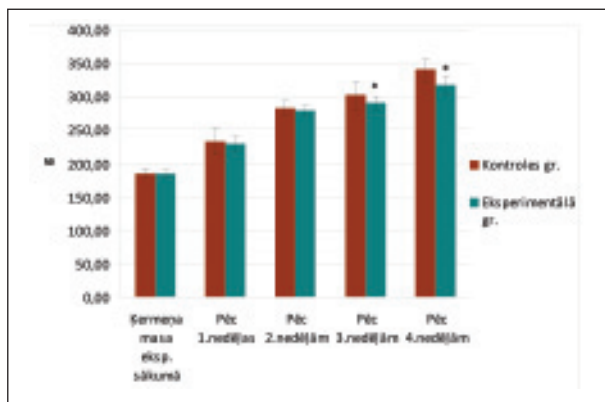
- 1) bronhoalveolārā surfaktanta analīze (noteiktas plaušu un augšējo elpceļu šūnu kvalitativās un kvantitatīvās izmaiņas); pēc modificētas *La Belle* un *Brieger* (4) metodes;
- 2) asins klīniskā analīze (eritrocītu un leukocītu skaits, hemoglobīna daudzums, leukocītu formula); hematoloģiskie rādītāji tika noteikti ar hematoloģisko analizatoru “*PENTRA 120*”;
- 3) noteikti biķīmiskie rādītāji asins serumā (C-reaktīvais olbaltums – noteikts ar iekārtu “*INTEGRA 400+*”, citokīni IL-1 un TNF- α faktors – noteikti ar iekārtu “*Elisa*”);
- 4) noteikti oksidatīvā stresa faktori asins serumā – superoksīddismutāze (SOD) ar klīniskās ķīmijas analizatoru “*RX Daytona*” (5, 6), malondialdehīds (MDA) (7), glutations (GSH) – noteikti spektrofotometriski ar iekārtu “*Cary 50*” (8) un agrīnai lipīdu peroksidācijas (LOOH) mērīšanai plazmā tika izmantots NWLSS™ NWK-LHP reaģentu komplekts (kits);
- 5) veikts imunitātes rādītāju novērtējums (asins T-, B-, D-, L- šūnu analīze (9, 10), cirkulējošā imūnkompleksa (CIK) novērtējums (spektrofotometriski ar iekārtu “*Cary 50*” (11), imūnkompetento orgānu (aizkrūts dziedzeris un liesa) masas relatīvais koeficients);
- 6) elpceļu gļotādas histopatoloģiskā izmeklēšana (sk. M. Pilmanes u. c. tēzes).

Rezultātu matemātiskā apstrāde veikta ar *Microsoft Excel* programmu, nosakot vidējo lielumu, standartkļūdu un “t” testu pēc Stjudenta pie $P = 0,05$.

Pētījuma rezultāti

Novērtējot dzīvnieku ārējo izskatu un uzvedību visa pētījuma laikā, vispārējā izskata izmaiņas netika konstatētas – abu grupu dzīvniekiem spalva gluda, spīdīga, ausis un deguns viegli rozā krāsā, tīrs. Barības un ūdens patēriņš abās grupās neatšķīrās, tika novērots dzīvnieku masas pieaugums.

Dzīvnieku ķermeņa masas rādītāji parādīti 1. attēlā.



*starpība statistiski ticama pie $P < 0,05$, salīdzinot ar kontroles grupu

1. attēls. Balto žurku ķermeņa masa 28 dienu laikā eksperimentālajā grupā un kontroles grupā.

Kā redzams no rezultātiem, visu dzīvnieku (gan kontroles, gan eksperimentālās grupas) ķermeņa masa eksperimenta laikā pieauga. Salīdzinot iegūtos rādītājus redzams, ka eksperimentālajā grupā ķermeņa masa pēc 21. dienas un eksperimenta beigās statistiski ticami mazāka nekā kontroles grupā. Pēc 1. un 2. nedēļas ķermeņa masas pieaugums abās grupās aptuveni vienāds 45–48 grami, bet, sākot ar trešo nedēļu, eksperimentālās grupas dzīvniekiem ķermeņa masas pieaugums ir mazāks.

Veicot bronhoalveolārā surfaktanta analīzi, tika saskaitītas epitēlijsūnas, limfocīti, neitrofili, makrofāgi, kā arī aprēķināts kopējais šūnu skaits. Plaušu un augšējo elpceļu šūnu kvalitatīvās un kvantitatīvās izmaiņas parādītas 1. tabulā.

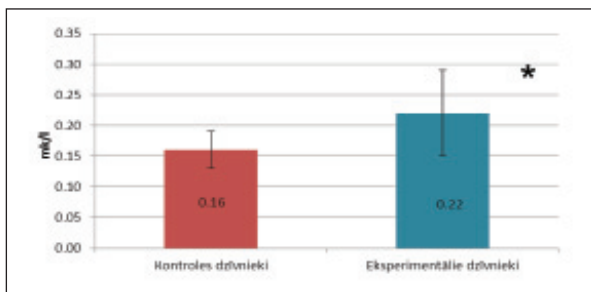
1. tabula. Plaušu un augšējo elpceļu šūnu kvalitatīvās un kvantitatīvās izmaiņas.

Eksperimenta grupas	Dzīvnieku skaits (n)	Kopējais šūnu skaits	Makrofāgi	Neitrofili	Līmfcīti	Epitēlij-sūnas
Augšējie elpceļi						
Kontroles gr.	5	27,4 ± 3,2	1,2 ± 0,8	11,4,0 ± 2,3	8,0 ± 1,9	6,8 ± 2,3
Eksperim. gr.	10	65,0 ± 22,0*	0	43,0 ± 18,8*	14,0 ± 5,3*	8,0 ± 1,2
Plaušas						
Kontroles gr.	5	118,4 ± 43,9	1,6 ± 1,2	45,4 ± 15,1	66,2 ± 25,6	5,2 ± 1,8
Eksperim. gr.	10	107,2 ± 52,2	0,8 ± 0	24,2 ± 14,6*	74,2 ± 48,5	8,0 ± 4,2

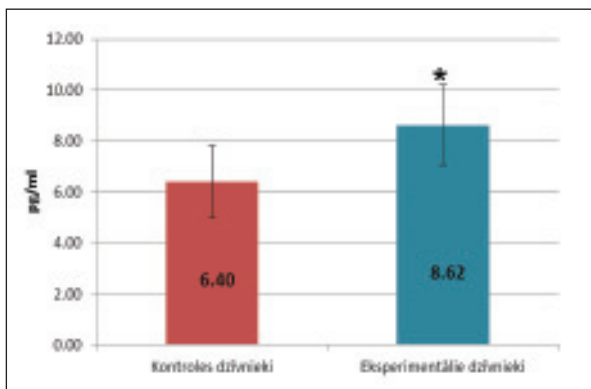
*starpība statistiski ticama pie $P \leq 0,05$, salīdzinot ar kontroles grupu

Iegūtie dati liecina, ka eksperimenta beigās pēc 28 dienu atrašanās telpā ar dažādu biroja tehniku eksperimentālās grupas dzīvniekiem augšējos elpceļos notikušas šūnu izmaiņas. Ievērojami (2,4 reizes) palielinājies ($P \leq 0,05$) kopējais šūnu skaits, neitrofilu (3,8 reizes) un limfocītu (1,8 reizes) skaits, nedaudz palielinājies arī epitēlijušūnu skaits. Augšējo elpceļu skalojumā netika atrasti makrofāgi. Plaušu skalojuma analīze parādīja, ka statistiski ticami ir samazinājies neitrofilu skaits, pārējo šūnu kvantitatīvajās izmaiņās ir vērojama tendence samazināties kopējam šūnu, makrofāgu skaitam un palielināties limfocītu un epitēlijušūnu skaitam.

Asins klīniskā ainā un leukocītu formulā būtiskas izmaiņas netika konstatētas. Analizējot leukocītu formulu, redzam, ka visa eksperimenta laikā dzīvniekiem leukocītu morfoloģiskā struktūra statistiski ticami nav izmainīta un būtiski neatšķiras no fizioloģiskās normas, novērotās izmaiņas neitrofilu daudzumā var uzskatīt tikai kā tendenci. Bioķīmisko rādītāju izmaiņas parādītas 2., 3. un 4. attēlā.

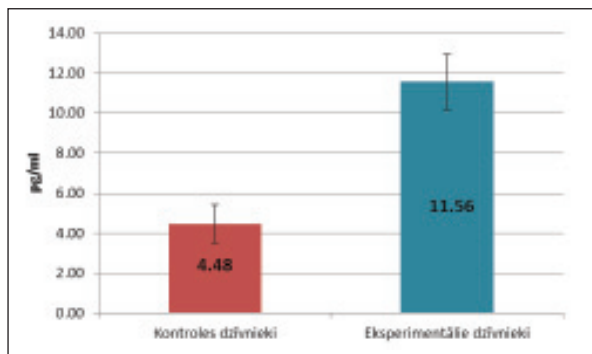


2. attēls. C-reaktīvā olbaltuma izmaiņas balto žurku asinīs pēc 28 dienu ekspozīcijas.



*starpība statistiski ticama pie $P \leq 0,05$, salīdzinot ar kontroles grupu

3. attēls. IL-1 izmaiņas balto žurku asinīs pēc 28 dienu ekspozīcijas.



*starpība statistiski ticama pie $P \leq 0,05$, salīdzinot ar kontroles grupu

*starpība statistiski ticama pie $P \leq 0,05$, salīdzinot ar kontroles grupu

4. attēls. TNF- α izmaiņas balto žurku asinīs pēc 28 dienu ekspozīcijas.

Konstatēts, ka eksperimentālajiem dzīvniekiem pētījuma beigās iekaisuma rādītāji statistiski ticami ($P < 0,05$) palielinājušies – C-reaktīvais olbaltums palielinājies 1,4 reizes un TNF- α līmenis palielinājies 2,5 reizes, salīdzinot ar kontroles grupu. Konstatēta arī citokīna IL-1 palielināšanās, bet, tā kā dzīvniekiem tika atrastas lielas individuālās svārstības, tad starpība nav statistiski ticama.

Oksidatīvā stresa faktora rādītāji apkopoti 2. tabulā. Kā redzams no pētījuma rezultātiem, palielinājušies daži oksidatīvā stresa rādītāji: superoksīddismutāze – gandrīz 1,2 reizes – un nedaudz reducētais glutatons ($P < 0,05$). Pārējo rādītāju – MDA, LOOH – izmaiņas nav statistiski ticamas.

2. tabula. Oksidatīvā stresa rādītāji eksperimentālajiem dzīvniekiem pēc 28 dienu ekspozīcijas biroja telpās.

Eksperimentālās grupas	Rādītāji									
	SOD ^x , U/g Hb		MDA ^x , mkM		LOOH ^x reakcijas maisījuma, mM		Rezultāts LOOH ^x visā paraugā, mM		GSH ^x , mg/dL	
	M	± m	M	± m	M	± m	M	± m	M	± m
Kontroles gr.	2424,6	± 179,2	3,08	± 0,4	0,68	± 0,33	4,16	± 1,9	66,51	± 3,7
Eksperimentālā gr.	2769,8*	± 249,3	3,77	± 0,7	0,88	± 0,23	5,39	± 1,42	71,63*	± 4,43

^x-SOD-superoksīddismutāze; MDA-malondialdehīds; LOOH-lipīdu hidroperoksīdi; GSH-reducētais glutatons

* starpība statistiski ticama pie $P \leq 0,05$, salīdzinot ar kontroles grupu

Imūnsistēmu raksturojošo rādītāju izmaiņas apkopotas 3., 4. tabulā un 5. attēlā.

3. tabula. Imūnkompetento šūnu relatīvais skaits eksperimentālo dzīvnieku asinīs pēc 28 dienu ekspozīcijas biroja telpās.

Eksperimentālās grupas	Rādītāji				
	T-šūnas, %	B-šūnas, %	D-šūnas, % × 10	L-šūnas, %	CIK, vien. × 10
	M ± m	M ± m	M ± m	M ± m	M ± m
Kontroles gr.	31,0 ± 2,3	8,0 ± 1,0	7,0 ± 3,7	54,0 ± 5,8	10,2 ± 3,3
Eksperimentālā gr.	34,0 ± 7,9	9,0 ± 1,4	16,0* ± 5,5	41,0* ± 10,7	18,0* ± 3,6

* starpība statistiski ticama pie $P \leq 0,05$, salīdzinot ar kontroles grupu

No 3. tabulā sniegtajiem datiem var redzēt, ka T- un B- limfocītu relatīvais skaits eksperimentālajā grupā neatšķiras no kontroles grupas rādītājiem. D-šūnu relatīvais skaits eksperimentālajā grupā bija statistiski ticami ($P \leq 0,05$) augstāks, salīdzinot ar kontroles grupu. L-šūnu relatīvais skaits eksperimentālajā grupā bija statistiski ticami ($P \leq 0,05$) zemāks, salīdzinot ar kontroles grupu. Žurku asins serumā cirkulējošais imūnkompleksa rādītājs (CIK) eksperimentālajā grupā bija statistiski ticami augstāks ($P \leq 0,05$), salīdzinot ar kontroles grupu.

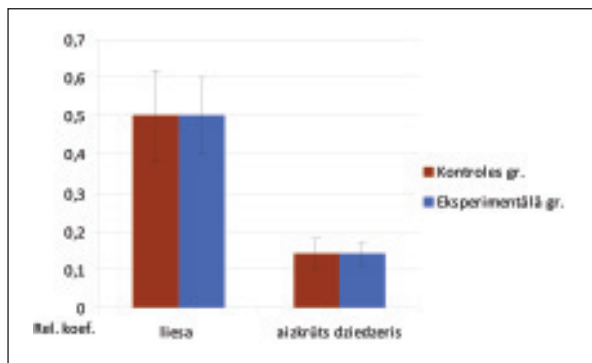
Imūnsistēmas izmaiņu raksturošanai var tikt izmantots asins limfocītu un dažādu populāciju limfocītu absolūtais skaits, kas ir atspoguļots 4. tabulā.

4. tabula. Limfocītu un imūnkompetento šūnu absolūtais skaits eksperimentālo dzīvnieku asinīs pēc 28 dienu ekspozīcijas biroja telpās.

Eksperimentālās grupas	Leikocīti 10 ³ /mm ³ M ± m	LYM, % M ± m	LYM, abs. M ± m	T-šūnas, abs. M ± m	B-šūnas, abs. M ± m	D-šūnas, abs. M ± m
Kontroles gr.	14,7 ± 3,03	85,5 ± 2,04	12,6 ± 3,5	4,01 ± 0,82	0,93 ± 0,16	0,77 ± 0,53
Eksperimentālā gr.	17,33 ± 3,2	88,6 ± 0,6	15,35 ± 3,4	5,64 ± 2,04	1,4* ± 0,5	2,28* ± 1,39

Kā redzams 4. tabulā, leikocītu un limfocītu absolūtais skaits eksperimentālās grupas un kontroles grupas dzīvniekiem statistiski ticama neatšķiras. T-limfocītu skaitam arī nebija statistiski ticama starpība ar kontroles grupu. B- un D- limfocītu absolūtais skaits eksperimentālajai grupai bija augstāks, salīdzinot ar kontroles grupu ($P \leq 0,05$).

Imūnkompetento orgānu masa un masas relatīvais koeficients parādīts 5. attēlā.



5. attēls. Imūnkompetento orgānu (liesas un aizkrūtes dziedzera) relatīvais masas koeficients.

Iegūtie rezultāti liecina, ka imūnkompetento orgānu – liesas un aizkrūtes dziedzera – masas relatīvais koeficients gan kontroles grupas, gan eksperimentālās grupas dzīvniekiem savstarpēji neatšķiras un pētījuma apstākļi tos nav ietekmējuši.

Diskusija

Biroja telpās, kurās notiek kopēšana, printēšana, darbs ar datoru un papīriem, gaiss var tikt piesārņots ar papīra putekļiem, ļoti sīkām oglekļa daļiņām (nanodaļiņām), ozonu u.c. Dotajā pētījumā tika noskaidrots, vai eksperimentālo dzīvnieku atrašanās 28 dienas telpā, kurā notika intensīva kopēšana (~3000 lpp. / dienā), printēšana u. c. darbi ar datoru un papīru, ietekmē to organisma funkcionālo stāvokli. Pirmkārt, tika konstatēta eksperimentālās grupas dzīvnieku masas pieauguma samazināšanās eksperimenta beigās, salīdzinot ar kontroles grupu. Iespējams, ka to var skaidrot ar iekaisuma procesa attīstību, par ko liecina eksperimentālo dzīvnieku bronhoalveolārā surfaktanta analīzē konstatēto elpceļu šūnu kvantitatīvās un kvalitatīvās izmaiņas. Augšējos elpceļos novērota šūnu proliferācija, palielinājās gan kopējo epitēlijšūnu skaits, gan neitrofilu (graudaino leukocītu), gan limfocītu skaits. Šīs šūnas atrodas asinsritē un ir būtiska imūnsistēmas daļa, tās pirmās sasniedz iekaisuma procesa vietu. Dažādas bioloģiski aktīvas vielas var izraisīt neitrofilu migrāciju uz iekaisuma perēkli. Aktivētie neitrofili migrācijas laikā kļūst lielāki par neaktīviem neitrofiliem, jo uzņem skābekli, ļoti ātri to izlieto, veidojot brīvos radikālus. Savukārt pētījumā konstatēto neitrofilu skaita samazināšanos plaušu audos varētu ietekmēt arī konstatētās imūnās sistēmas funkcionālās izmaiņas.

Audu makrofāgi veidojas no monocītiem. Makrofāgi izdala vairākas aktīvas vielas – interferonu, lizocimu, interleikīnus u. c., kas var ietekmēt apkārtējās šūnas. Iekaisuma perēkli monocīti pārvēršas par aktīviem makrofāgiem. Makrofāgu skaita samazināšanās augšējos elpceļos varētu liecināt par fagocitārās funkcijas izsīkumu. Pēc iekaisuma procesa likvidēšanās makrofāgi pārveidojas par histiocītiem (12, 13).

Iekaisuma citokīnus IL-1, TNF-a producē aktivizēti makrofāgi un tie tiek uzskatīti par agrīniem iekaisuma mediatoriem, to līmeņa paaugstināšanās, kas tika novērota dotajā eksperimentā, var liecināt par iekaisuma procesa attīstību. Arī C-reaktīvā olbaltuma paaugstināšanās liecina par iekaisuma procesa attīstību.

Paaugstināts superoksīddismutāzes un reducētā glutaciona līmenis var tikt uzskatīts par norādi uz oksidatīvo stresa pieaugumu, kurš ir kompensēts, jo pārējo antioksidatīvo enzīmu aktivitāte nebija paaugstināta. Ir atrasta tieša saistība starp brīvo radikāļu daudzumu un iekaisuma procesu (14).

Imūnkompetento šūnu skaita izmaiņas var saistīt ar organisma aizsargreakciju pret antigēnu, dotajā gadījumā – pret biroja telpu piesārņojošiem aģentiem. T- un B-limfocīti pieder pie imunitāti regulējošām šūnām. To skaita pieaugums liecina par imūnās sistēmas mobilizāciju. Asins B- un D- šūnu skaits var palielināties iekaisuma procesa gadījumā, kā arī dažādu citu organisma kairinājuma procesos. D- limfocītus uzskata par T- un B- šūnu priekštečiem un to skaita palielināšanās liecina par T- un B- šūnu aktivāciju, imunitātes stimulāciju.

CIK ir antigēna un antivielas savienojums. Iekaisuma procesa gadījumā organismā CIK var paaugstināties, un tas tiek uzskatīts kā imūnās sistēmas atbildes reakcija (15).

Secinājumi

1. Eksperimentālajā grupā balto žurku ķermeņa masa pēc 21. dienas un eksperimenta beigās statistiski ticami mazāka nekā kontroles grupā.
2. Eksperimentālo dzīvnieku bronhoalveolārā surfaktanta analīze uzrādīja plaušu un augšējo elpceļu šūnu kvalitatīvās un kvantitatīvās izmaiņas.
3. Asins klīniskā ainā un leikocītu formulā būtiskas izmaiņas netika konstatētas.
4. Eksperimentālajiem dzīvniekiem pētījuma beigās statistiski ticami ($P < 0,05$) palielinājušies iekaisuma rādītāji – C-reaktīvais olbaltums un TNF-a līmenis.
5. Eksperimentālajiem dzīvniekiem pētījuma beigās statistiski ticami ($P < 0,05$) palielinājušies daži oksidatīvā stresa rādītāji – superoksīddismutāze un reducētais glutations.
6. Imūnkompetento šūnu skaita izmaiņas norāda uz organisma aizsargreakcijas palielināšanos. D-šūnu relatīvais skaits un absolūtais skaits eksperimentālajā grupā bija statistiski ticami augstāks, salīdzinot ar kontroles grupu. L-šūnu relatīvais skaits eksperimentālajā grupā bija statistiski ticami zemāks, salīdzinot ar kontroles grupu. Cirkulējošā imūnkompleksa rādītājs eksperimentālajā grupā bija statistiski ticami augstāks, salīdzinot ar kontroles grupu.
7. Pētījuma gaitā novērotās izmaiņas liecina par kompensējamu iekaisuma procesa attīstību eksperimentālajiem dzīvniekiem, kas bija pakļauti biroja piesārņojuma pasīvai ekspozīcijai 28 dienas.

Literatūra

1. OECD Guideline for the testing of chemicals, Subacute Inhalation Toxicity: 28-Day Study, 412, Adopted 07.09.2009.
2. MK noteik. Nr. 450 "Eksperimentos un zinātniskajos nolūkos izmantojamo dzīvnieku turēšanas, izmantošanas, tirdzniecības un nogalēšanas kārtība", 01.02.2002.
3. MK noteik. Nr. 58 "Noteikumi par laboratoriskajām metodēm ķīmisko vielu un ķīmisko produktu fizikālo, ķīmisko, toksikoloģisko vai ekotoksikoloģisko īpašību noteikšanai", 17.01.2006.
4. Taylor & Francis. Concepts in inhalation toxicology; Second edit. 1995.
5. Wooliams J. A., Wiener G., Anderson P. H., Mc Murray C. H. Research in Veterinary Science 1983, 34 : 253-256.
6. Suttle N. F. L., Mc Murray C. H. Research in Veterinary Science, 1983; 35 : 47.
7. Гаврилов В. Б., Гаврилова А. Р. и др. Вопросы мед. хим. 1987, 1, С. 118-122.
8. Beutler E., Duron O. & Kelley B. M. Improved method for the determination of blood glutathione // J. Lab. Clin. Med., 1963; 61: 882-888.
9. Гришина Т. И., Мюллер С. Одновременное выявление Т-, В-, и D-розеткообразующих лимфоцитов и нулевых клеток человека // Бюлл. exper. биол., 1978; 4: 503-506.
10. Gergely P., Scabo G., Fokete B. Effect of phytohaemagglutinin and concanavalin A on human rosette-forming cells // Experientia, 1974; 30 (3) : 300-301.
11. Барановский П. В., Рудык Б. И. Определение циркулирующих иммунных комплексов методом спектрофотометрии // Лаб. Дело, 1982; N 12., С. 35-39.
12. Topfer G., Trefz G., Zawta B. Proteins. Questions and Answers for Medical Diagnostics, Roche, 2000.
13. Vander, Sherman, Luciano. Human Physiology. Fifth Edition, 1990.
14. Makay B., Makay O., Yenisey C., Icoz G., Akyildiz A., Yetkin E. The Interaction of oxidative response with Cytokines in the Thyrotoxic Rat, Mediators of Inflammation, 2009; (10) : 1155-1162.
15. Bier O., Dias da Silva W., Gotze D., Mota I. Fundamentals of Immunology. - New York, Heidelberg, Berlin, 1981; 442 p.

Biroju tehnikas darba vides piesārņojuma radīto trahejas un plaušu audu pārmaiņu imūnohistoloģisks citokīnu, antimikrobo peptīdu un programmētās šūnu nāves izvērtējums

**Māra Pilmane¹, Georgijs Moisejevs², Žanna Martinsone²,
Dagmāra Sprūdža²**

¹ RSU Anatomijas un antropoloģijas institūts

² RSU aģentūra "Darba drošības un vides veselības institūts"

Ievads

Liela putekļu koncentrācija un ķīmiskās daļiņas gaisā var radīt elpceļos 4 veida saslimšanas: 1) augšējo elpceļu (hronisks rinosinusīts, reaktīvais augšējo elpceļu disfunkcijas sindroms) saslimšanas; 2) apakšējo elpceļu saslimšanas (reaktīvais apakšējo elpceļu disfunkcijas sindroms, astma, HOPS); 3) intersticiālās vai parenhimatozās saslimšanas (sarkoidoze, plaušu fibroze, obliterējošais bronhiolīts); 4) plaušu un / vai pleiras vēzi (Prezant *et al.*, 2006).

Pētīta vesela virkne ārējās vides putekļu daļiņu ietekme uz dažādām šūnām, piemēram, makrofāgiem un konstatēta aktīva to citokīnu izdale (Määttä *et al.*, 2005), kas izraisa plaušu iekaisumu ar dažādu morfopatogēnēzi (Määttä *et al.*, 2002).

Būtiska ir arī iekštelpu putekļu nozīme, kuru ietekmes izpēte aktualizējusies pēdējos gados un starp kuriem tiek minēti e-vides putekļi (Wang *et al.*, 2010), kas satur smagos metālus, dioksīnu, policikliskos aromātiskos hidrokarbonātus un citas vielas, kas var izraisīt audu saslimšanas (Robinson, 2009).

Balstoties uz augstākminēto, kā arī uz to, ka elpceļi, iespējams, šūnu un molekulāro notikumu līmeņos cieš kā vieni no pirmajiem, mūsu **darba mērķis** bija mēnēsi ikdienas biroja vidē turētu balto žurku elpceļu pārmaiņu morfoloģiskā izpēte.

Materiāls un metodes

Pētījums veikts, ievērojot starptautisko OECD (*OECD – Organisation for Economic co-Operation and Development; Considers Animal Welfare in the Development of Test Guidelines*) vadlinijas un labas laboratorijas prakses principus, kā arī LR MK noteikumus Nr. 450 (01.02.2002.) "Eksperimentos un zinātniskajos nolūkos izmantojamo dzīvnieku turēšanas, izmantošanas, tirdzniecības un nogalēšanas kārtība", (01.02.2002.), un Nr. 58 "Noteikumi par laboratoriskajām metodēm ķīmisko vielu un ķīmisko produktu fizikālo, ķīmisko, toksikoloģisko vai ekotoksikoloģisko īpašību noteikšanai", (17.01.2006.).

Pētījums tika veikts, izmantojot 10 *Wistar* populācijas baltās žurkas. Pētījuma veikšanai saņemta atļauja no Pārtikas un veterinārā dienesta Ētikas komisijas (Nr. 19 / 11.03.2010.). Pētījumam izmantoti dzīvnieki no Rīga Stradiņa universitātes Eksperimentālo dzīvnieku laboratorijas vivārija. Eksperimentālie dzīvnieki pēc ekspozīcijas beigām un asins analīžu noņemšanas nākošā dienā tika eitanizēti.

Audus fiksēja maisījumā, kas sastāvēja no 2% formaldehīda un 0,2% pikrīnskābes 0,1 M fosfātbuferī (pH 7,2), skaloja 12 h tiroīdbuferī, kurā bija 10% saharozes, ieguldīja parafīnā un mikrotomā sagrieza 5 µm biezus griezumus.

Hematoksilīna un eozīna (H/e) krāsojums tika lietots audu pārmaiņu pārskata iegūšanai.

Imūnhistoķīmijai (IMH, *Hsu et al., 1981*) lietotām sekojošas antivielas: iekaisuma marķierus: IL1a (pele), darba atšķaidījums 1 : 100 (*Santa Cruz Biotechnology, Inc.*), IL6 (pele), darba atšķaidījums 1 : 50 (*Santa Cruz Biotechnology, Inc.*), TNF α (trusis, 1 : 100, *abcam*), antimikrobās aizsardzības noteikšanai – defensīnu β2 (trusis, 1: 100, *quartett*).

TUNEL lietotām apoptozes noteikšanai (Nr. 11 684 817 910, *Roche diagnostics*, Vācija) (*Negoescu et al., 1998*).

Struktūru kvantifikācijai izmantotām puskvantitatīvo skaitīšanas metodi. Apzīmējumi bija sekojoši: (0) – negatīva reakcija, (0/+) – retas iezīmētas struktūras redzes laukā, (+) – neliels daudzums iezīmētu struktūru redzes laukā, (++) – vidēji daudz iezīmētu struktūru redzes laukā, (+++) – daudz iezīmētu struktūru redzes laukā, (+++++) – ļoti daudz iezīmētu struktūru redzes laukā (*Pilmane, 1997*). Datu statistiskai apstrādei tika izmantota arī *SPSS for Windows 17.0* programma.

Rezultāti

No pētītajām kontrolēm tikai trīs dzīvnieku audi atbilda nosacītai vispārpieņemtajai kontroles ainai, bet pārējām divām žurkām elpceļi atklāja iekaisuma ainu, tādēļ šo grupu nācās samazināt.

Kopumā galvenās pārmaiņas, kas atšķīrās kontroles un eksperimenta dzīvniekiem bija iekaisuma infiltrācijas dziļums, audu tūska, trahejas epitēlija bazālo šūnu hiperplāzija, sekundāro mezgliņu daudzums un hialīnā skrimšļa degenerācija (sk. 1. tabulu).

1. tabula. Biroja putekļu neietekmētu un ietekmētu žurku trahejas audu pārmaiņas.

Dzīvnieka No	Iekaisuma šūnu infiltrācija	Tūska	Bazālo šūnu hiperplāzija	Dziedzeru hipertrofija	Linfātiskie mezgliņi	Hialīnā skrimšļa degenerācija
K1	0	+ / ++	0	+	+	+
K2	+ / ++	+ / ++	0	+	+	0
K3	++	+	0	+	0	0
Kopā	0 - ++	+ / ++	0	+	+	0
E1	+ / ++	+	+	+	0	0
E2	0	+	0	+	0	0
E3	0 / +	+	0	+	0	+
E4	0 / +	++	+	+	0	0
E5	+ / ++	+ / ++	0	+	0	+
Kopā	variabls	+ / ++	0 / + ↑	+	0 ↓	Individuālas variācijas

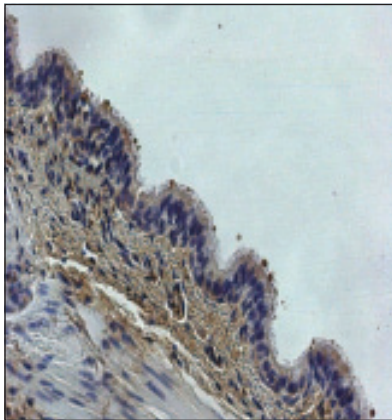
K – kontroles dzīvnieks; E – eksperimenta dzīvnieks

Izvērtējot trahejas audu iekaisuma citokīnus, konstatējām eksperimenta dzīvnieku audos IL1saturšo struktūru relatīvajam daudzumam tendenci palielināties, bet IL6 un un TNFα saturošo struktūru daudzumam – tendenci samazināties (2. tabula; 1., 2. att.), kamēr antimikrobo peptīdu izdalošo šūnu relatīvais daudzums praktiski neatšķirās starp kontroles un eksperimenta dzīvniekiem (3. att.).

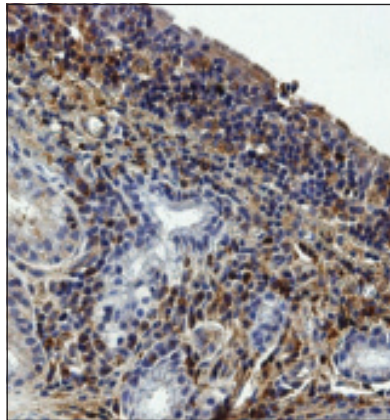
2. tabula. Citokīnu un antimikrobo proteīnu relatīvā daudzuma sadalījums kontroles un eksperimenta žurku trahejā.

No	IL1	IL6	TNFα	defensīns
K1	0	+++	0	++++
K2	0	+++	+	++++
K3	++	+++	+	++++
KOPĀ	0 ar individ. variāc.	+++	+	++++
E1	0	+ / ++	0 / +	++++
E2	0	++	0 / +	++++
E3	+ / +++p	++ / +++	+	++++
E4	0 / +	++	0 / +	++++
E5	0 / +	++	+	++++
KOPĀ	0 / + ↑	++ ↓	0 / +- + ↓	++++

K – kontroles dzīvnieks; E – eksperimenta dzīvnieks



1. attēls. Kontroles grupas žurkas trahejā vidēji daudz šūnas ekspresē IL6. IL6 IMH, X250.



2. attēls. Eksperimenta žurkas trahejā praktiski lielākā daļa šūnu ekspresē IL6. IL6 IMH, X400.

Eksperimenta dzīvnieku plaušās galvenās pārmaiņas bija izteikta iekaisuma šūnu infiltrācija, kas dažkārt bija perēkļveida, bet vienam dzīvniekam izvērtās pneimonijas ainā, konstatēta asinsvadu pilnasinība, perēkļveida un / vai difūzi

izvietoti limftiskie mezgliņi un visbeidzot – asinsvadu skleroze un perēkļveida emfizēma (3. tabula, 4.-5. att.).

Eksperimenta dzīvnieku plaušās palielinājās IL1 un defensīnu saturošo šūnu daudzums, kamēr IL6 un TNFα saturošo šūnu skaits variēja (4. tabula; 6.-11. att.). Apoptotisko šūnu skaits eksperimenta dzīvniekiem palielinājās, kaut gan bez statistiski ticamas atšķirības no tāda kontroles dzīvnieku plaušās (12. att.).

3. tabula. Biroja putekļu neietekmētu un ietekmētu žurku plaušu audu pārmaiņas.

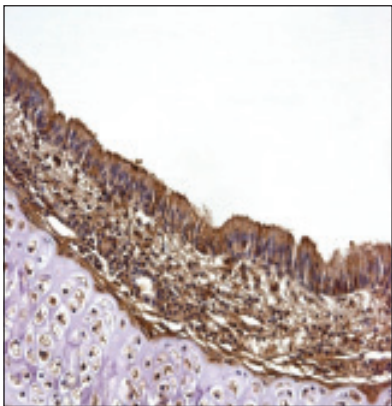
Dzīvnieka No	Iekaisuma šūnu infiltrācija	Asinsvadu pīlnasinība	Asinsvadu skleroze	Limfātiskie mezgliņi	Emfizēma
K1	+	0+	+	+++	+
K2	++	++	+	++	0
K3	+ / ++	+	+	+ / ++	0
Kopā	+ / ++	+	+	++	0 / +
E1	+ / ++	0	++	!!! 0	+p
E2	++	+++	++	+	+p
E3	+	0	++	+	0 / +
E4	+++	+++	++	++	0
E5	0 / +	0	+	++	+
Kopā	++ ↑	0 vai +++	++ ↑	+ / ++ ↓	+ ↑

K – kontroles dzīvnieks; E – eksperimenta dzīvnieks

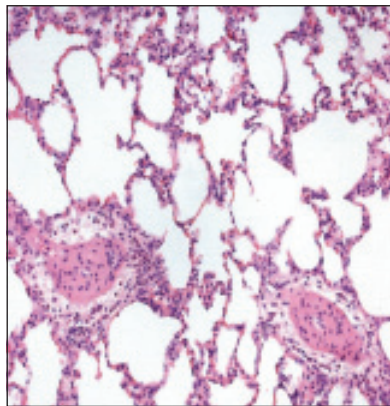
4. tabula. Citokīnu, antimikrobo proteīnu relatīvā daudzuma sadalījums un apoptotisko šūnu vidējais skaits un standartnovirze kontroles un eksperimenta žurku plaušās.

No	IL1	IL6	TNFα	defensīns	Apoptotiskās šūnas Vid ± SD
K1	+ / ++	+ / ++	+	++++	23.333 ± 1.528
K2	+ / ++	++	++ / +++	+++	23.000 ± 6.245
K3	+	+ / ++	+	+++	35.000 ± 4.359
KOPĀ	+ / ++	+ / ++	variabli	+++	27.111 ± 7.079
E1	+ / ++	+	+	++++	34.000 ± 6.928
E2	++ / +++	++	+++	++++	30.333 ± 4.933
E3	+	+	++	+++	35.333 ± 6.658
E4	+++	+++	+++	++++	36.333 ± 4.041
E5	++ / +++	+	0 / +	+++	37.000 ± 2.646
KOPĀ	↑ ++ / +++	+ - +++ variabli	+ - +++ variabli	+++ / ++++ ↑	34.600 ± 5.096

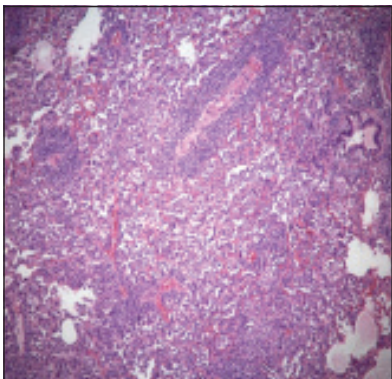
K – kontroles dzīvnieks; E – eksperimenta dzīvnieks



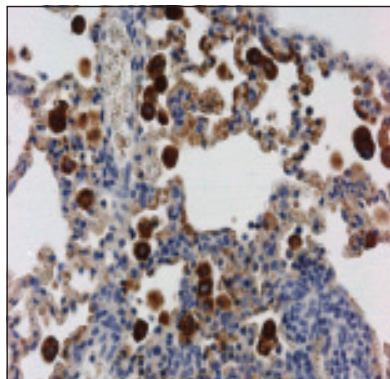
3. attēls. Beta defensīnu 2 ekspresē visas struktūras eksperimenta žurkas trahejā. Beta defensīna 2 IMH X250.



4. attēls. Asinsvadu skleroze ar lūmenu obliterāciju eksperimenta žurkas plaušās. X200, H/e.



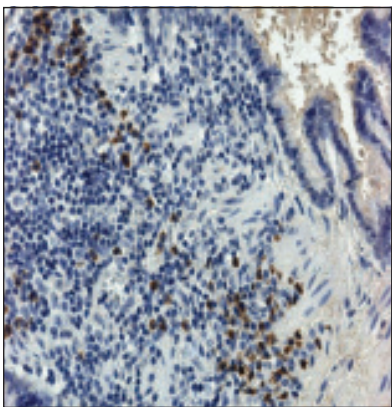
5. attēls. Pneimonijas aina eksperimenta žurkas plaušās, vērojami atsevišķi sekundārie mezgliņi, eksudāts alveolās un asinsvadu pilnasinība. 100X, H/e.



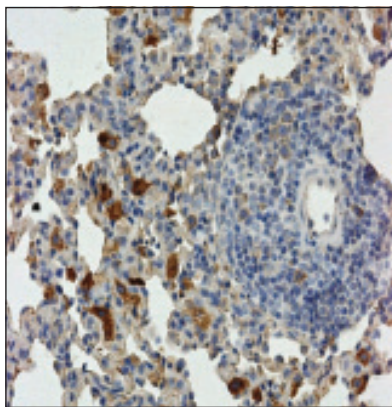
6. attēls. IL1 ekspresējošu alveolāro makrofāgu konglomerāti eksperimenta žurkas plaušās. IL1 IMH, X400.

Antimikrobaļs peptīds defensīns baġātīgi izdalās visā elpošanas sistēmā, kaut gan izteikta iekaisuma ġadījumā tā saturošo struktūru skaitam ir tendence palielināties.

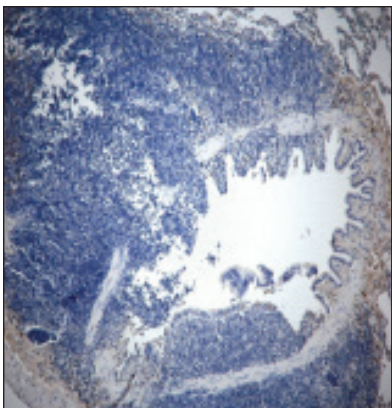
Programmētā šūnu nāve vairāk skar plaušas, kurās novēro iekaisumu (lai gan bez statistiski ticamas atšķirības), kopumā vidēji uzrādot tikai perēkļveida daudz apoptotisko alveolocītu un iekaisuma šūnu lokalizāciju.



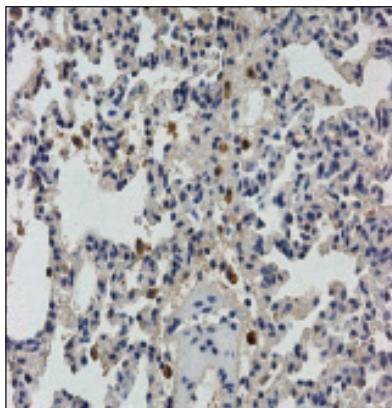
7. attēls. IL1 ekspresējošie limfocīti un makrofāgi sekundārā mezgliņa perifērijā eksperimenta žurkas plaušās. IL1 IMH, X400.



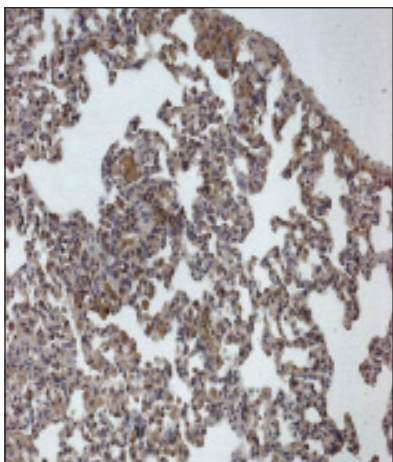
8. attēls. IL6 intensīvi ekspresējošie makrofāgi un tādi ar vāju citokīna ekspresiju sekundārā mezgliņā eksperimenta žurkas plaušās. IL6 IMH, X400.



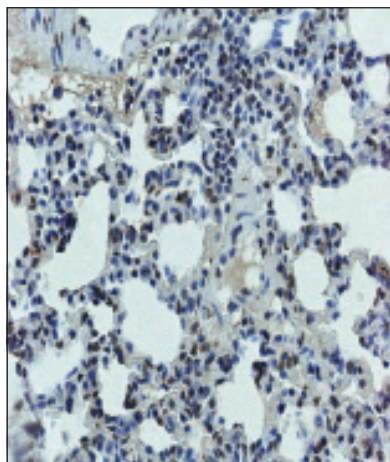
9. attēls. Izteikta limfocitārā infiltrācija uz iekaisuma fona eksperimenta žurkas plaušās. Tikai atsevišķi limfocīti satur IL6. IL6 IMH, X100.



10. attēls. TNFα ekspresējošie makrofāgi ap eksperimenta žurkas plaušu sklerotizētiem asinsvadiem. TNFα IMH, X400.



11. attēls. Praktiski eksperimenta žurkas visas plaušu šūnas ekspresē beta defensīnu 2. Beta defensīna 2 IMH, X200.



12. attēls. Vidēji daudz apoptozes skartu šūnu eksperimenta dzīvnieka plaušās – sklerotisko asinsvadu un alveolu sienā. TUNEL, X400.

Secinājumi

Kontroles žurku elpošanas sistēmas audu pārmaiņas tikai nosacīti uzskatāmas par normu audos esošā nelielā iekaisuma, tūskas, jaukto dziedzeru hipertrofijas dēļ; augstākminētais atbilst saslimšanu izraisītām audu nespecifiskām atbildes reakcijām. Trahejas hialīnā skrimšļa deģeneratīvās pārmaiņas gan kontroles, gan eksperimenta dzīvniekiem parasti noris ilgstošākā laika posmā nekā mēnesis, tādēļ uzskatāmas par individuālām variācijām, kas pat varētu būt nesaistītas ar eksperimentu.

Biroja darba vides piesārņojuma izraisītās pārmaiņas – kā trahejas epitēlija bazālo šūnu hiperplāzija, izteiktā iekaisuma šūnu infiltrācija un asinsvadu pilnasinība plaušās liecina par nopietnām iekaisuma radītām pārmaiņām šīnī orgānā ar sekojošu asinsvadu sklerozi un emfizēmu. Limfātisko mezgliņu samazināšanās gan trahejā, gan plaušās vērtējami kā imūnās sistēmas izsīkums / dekompensācija.

IL1 ekspresējošo struktūru daudzumam ir tendence palielināties elpošanas sistēmas orgānu sienā mēnesi pēc biroja tehnikas piesārņojuma regulāras ieelpošanas. IL6 un TNF α stabili samazinās trahejas audos, bet variē iekaisuma skartās plaušās, galvenokārt, uzrādot intensīvu ekspresiju no perēkļveida iekaisuma infiltrāta šūnām ap sekundārajiem mezgliņiem, ko, iespējams, nosaka lokālo audu aizsardzību ietekmējošie faktori.

Biroju tehnikas radītā nanodaļiņu piesārņojuma ietekmes izvērtējums, izmantojot perifērās mononukleārās asins šūnas

Žanna Martinsone¹ un Andris Abramenskova²

¹ RSU aģentūra "Darba drošības un vides veselības institūts",

Higiēnas un arodslimību laboratorija

² LU Bioloģijas fakultāte

Ievads

Pasaulē veiktie pētījumi gan par biroju tehnikas testēšanu, gan par iekštelpu vides gaisa kvalitātes noteikšanu norāda, ka biroju darba vidē ir piesārņojums ar dažāda izmēra putekļu daļiņām, kuru izmērs var būt mazāks par 100 nm, t. i., nanodaļiņas. Turklāt, printeru un kopētāju radītās daļiņas var saturēt dažādas ķīmiskās komponentes, kas pievienotas pulveriem (arī papīram), lai nodrošinātu drukas kvalitāti, un, kas augstas temperatūras un mehāniskas iedarbības rezultātā, izdalās printēšanas / kopēšanas procesa laikā un nonāk iekštelpu gaisā. Darbinieki tiek pakļauti paaugstinātai šo putekļu daļiņu iedarbībai, ja telpā ir neefektīva ventilācijas sistēmas darbība, noris nepārtraukta dokumentu printēšana, kopēšana, jo īpaši smalkās putekļu daļiņas var ilgstoši atrasties gaisā un nelabvēlīgi ietekmēt biroju darbinieku veselību (*Araujo et al., 2008*).

Literatūrā trūkst datu par reālu ekspozīcijas situāciju novērtējumu birojos un biroju tehnikas radītā piesārņojuma raksturojumu. Pētījumos tiek minēts, ka viens no galvenajiem ekspozīcijas veidiem ir ieelpojot. Turklāt, tiek aprakstīti pētījumi, piemēram, ar dīzeļa izmetēm vai metāla oksīdu daļiņām, kuros ir atklāts, ka plaušās, notiekot gāzu apmaiņas procesam, ar asinsrites palīdzību nanodaļiņas var nonākt un uzkrāties dažādos orgānos (*Gwinn et al., 2006; Beckett et al., 2005; Oberdörster et al., 2004*).

Pieņemot, ka biroju tehniskā aprīkojuma radītā piesārņojuma nanodaļiņas caur plaušām nonāk asinīs, tika modelētas divu iekštelpu gaisa koncentrāciju ietekme uz perifērām mononukleārām asins šūnām.

Literatūrā plaši tiek aprakstīti pirms iekaisuma marķieri / indikatori: interleikīns IL-1, IL-6, TNF- α u. c., kas nelielā eksperimenta laikā tiks arī noteikti.

Mērķis

Novērtēt biroju iekštelpās konstatēto putekļu daļiņu koncentrācijas ietekmi uz cilvēka perifērām mononukleārām asins šūnām (t. sk. makrofāgiem).

Uzdevumi:

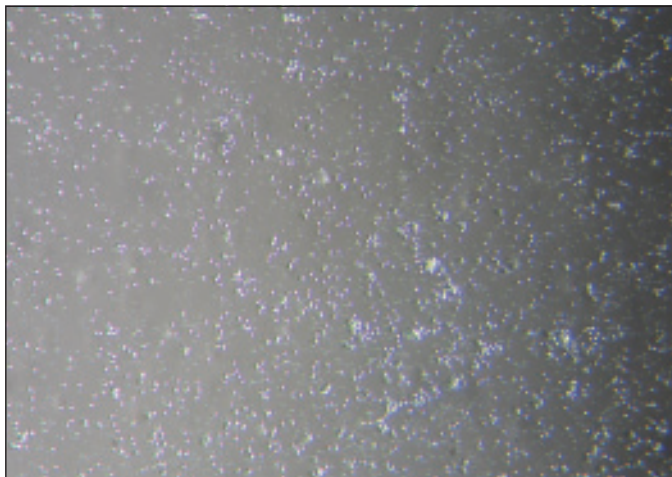
- 1) noteikt biroja aprīkojuma radītās putekļu daļiņas cilvēka perifērās mononukleārās asins šūnās;
- 2) modelēt divu iekštelpu gaisa koncentrāciju ietekmi uz perifērām mononukleārām asins šūnām un noteikt interleikīnu ekspresiju (IL-6).

Materiāls un metodes

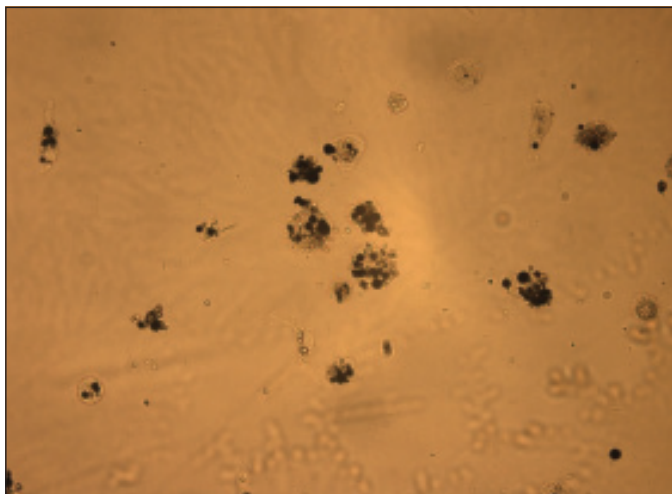
Putekļu daļiņu sagatavošana eksperimentam: putekļu paraugi tika savākti no biroju tehnikas (printeriem / kopētājiem) un fizioloģiskā šķīdumā tika sagatavots putekļu daļiņu materiāls eksperimentam.

Perifēro mononukleāro asins šūnu izdalīšana: asins paraugi (16 ml) tika ņemti no 3 praktiski veseliem cilvēkiem (1 - vīrietis un 2 - sievietes, vidējais vecums: 28 gadi).

Perifērās mononukleārās asins šūnas tika izdalītas no asins paraugiem, izmantojot *Ficoll* gradientu un centrifugējot iegūto parauga materiālu.



1. attēls. Izdalītās perifērās mononukleārās asins šūnas (t. sk. makrofāgi).



2. attēls. Izdalītās perifērās mononukleārās asins šūnas (t. sk. makrofāgi) un putekļu daļiņu aglomerāti.

Ekspperiments ar putekļu daļiņām un perifērām mononukleārām asins šūnām:

6 lauciņu platītes ar 0,5 miljons šūnām un 2 ml barotnes (RPMI + 10% FBS): 2 lauciņi – kontrole (bez putekļu daļiņām), 2 – lielākā putekļu daļiņu koncentrācija (0,05 mg/ml) un 2 – mazākā putekļu daļiņu koncentrācija (0,03 mg/ml).

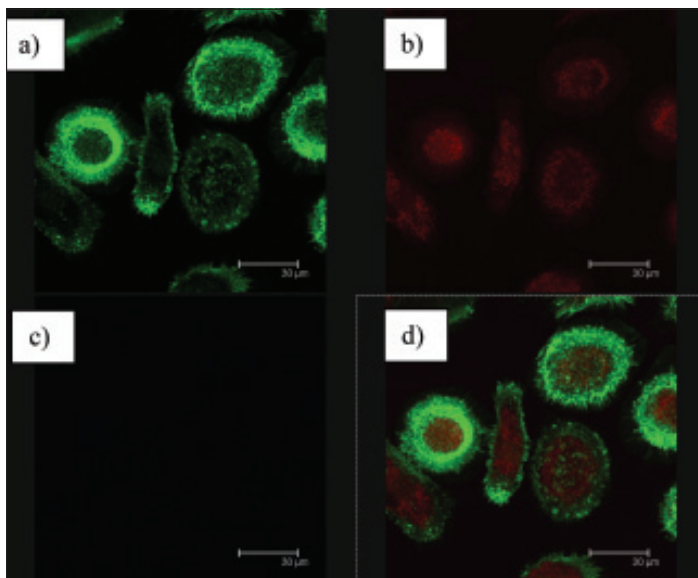
Visas 6 lauciņu plates ar eksperimenta materiālu tika inkubētas 37 °C un 5% CO₂, un pēc 72 h šūnas lizētas, izmantojot TRIzol, izdalīts RNS, no kura iegūta komplementārā DNS, un semi kvalitatīvi noteikta polimerāzes ķēdes reakcija, nosakot interleikīna 6 (IL-6) ekspresiju 1,5 % agarozes gēla elektroforēzē un apstrādājot ar etīdija bromīda šķīdumu.

Putekļu daļiņu vizualizēšana šūnās: šūnas tika krāsotas, izmantojot dažādas krāsvielas (*MitoTracker Red CMXRos* (mitohondriju iekrāsošana); *Alexa Fluor 488 phalloidin* (šūnas aktīna iekrāsošana) un šūnas struktūru vizualizēšanai tika izmantots Konfokālais mikroskops (*Alexa Fluor 488 phalloidin* emisija – max 519 nm; *MitoTracker Red CMXRos* – max 599 nm; putekļu daļiņu absorbcija / emisija = 633 nm).

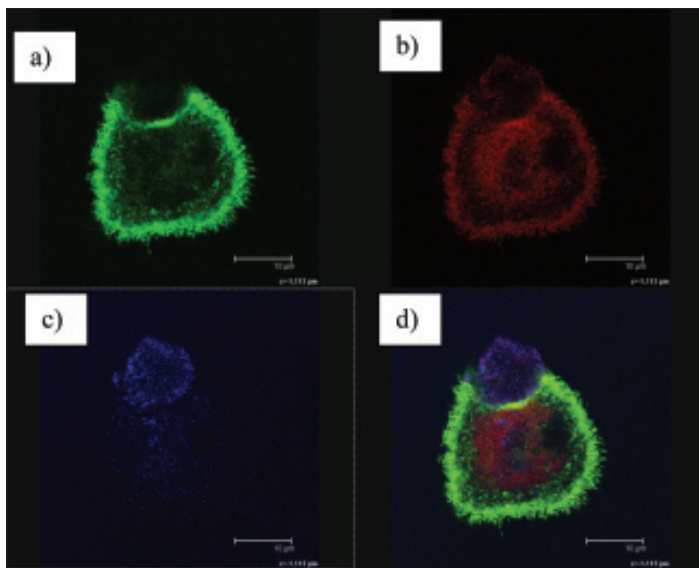
Rezultāti

Putekļu daļiņu noteikšana perifērās mononukleārās asins šūnās (PMAŠ)

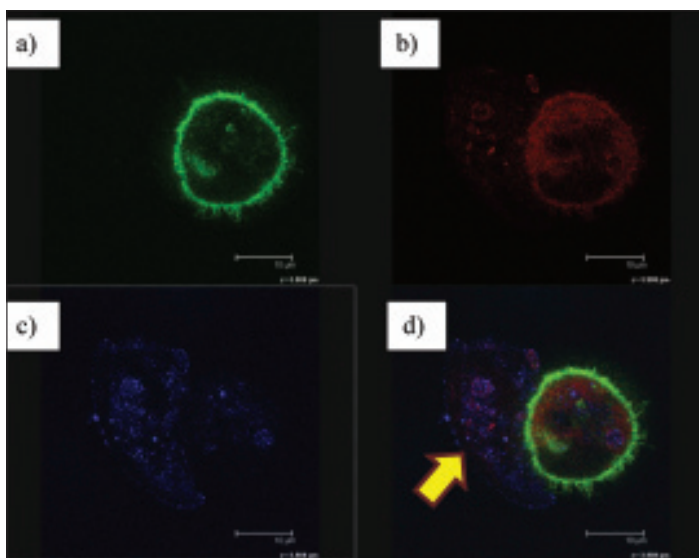
Putekļu daļiņas tika konstatētas gan perifērās mononukleārās asins šūnās, gan uz tām. To mazākais nosakāmais izmērs bija 0,1 μm. Putekļu daļiņas tika noteiktas, izmantojot konfokālo mikroskopēšanas metodi (sk. 3. attēlu).



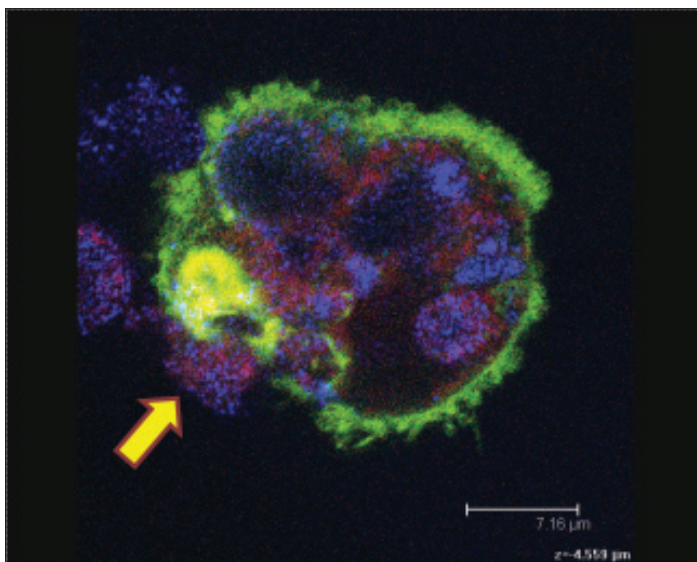
3. attēls. Kontroles paraugu konfokālā mikroskopa attēls: a) zaļais filtrs – šūnas aktīns; b) sarkanais / oranžais – mitohondriji; c) zilais – putekļu daļiņas (nav); d) visas struktūras kopā.



4. attēls. Eksperimenta paraugu konfokālā mikroskopa attēls: a) zaļais filtrs – šūnas aktīns; b) sarkanais / oranžais – mitohondriji; c) zilais – putekļu daļiņas; d) visas struktūras kopā.



5. attēls. Konfokālā mikroskopa attēls: zaļais – šūnas aktīns; sarkanais / oranžais – mitohondriji; zilais – putekļu daļiņas. Eksocitozes process (dzeltena bulta).

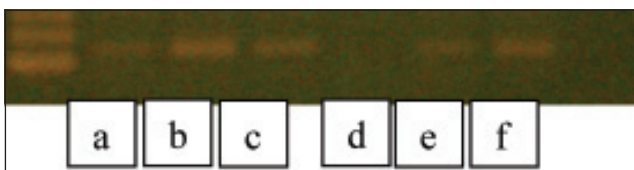


6. attēls. Konfokālā mikroskopa attēls: zaļais – šūnas aktīns; sarkanais / oranžais – mitohondriji; zilais – putekļu daļiņas. Eksocitozes process (dzeltena bulta).

Veicot sagatavoto paraugu mikroskopēšanu, redzams, ka mitohondriji izvietoti galvenokārt ap šūnu kodolu. Daļiņas lielākoties šūnā lokalizējas difūzi. Turklāt, šūnās visticamāk ir notikusi daļiņu eksocitoze (daļiņu izvadīšana vai šūnas fragmentācija, izsviežot bojātos šūnu sektorus) no šūnas, jo paraugā ārpus šūnas ir redzami mitohondriji, kas varētu norādīt uz daļiņu nelabvēlīgo ietekmi uz periferiālo mononukleāro šūnu funkcijām un tam sekojošu šūnas nekrozi (sk. 5. un 6. attēlu). Šūnu aktīns aptver daļiņas. Attēli rāda iespējamību, ka daļiņas ir lokalizējušās arī mitohondrijos.

Interleikīna 6 (IL-6) ekspresija atkarībā no eksperimentā modelētām koncentrācijām

IL-6 ir viens no pirmajiem marķieriem, kas norāda uz akūtu iekaisuma procesu šūnā, kā arī tā producēšanā liela loma ir makrofāgiem.



7. attēls. IL-6 ekspresija gelā ar kontroles un 2 dažādu koncentrāciju ekspozīciju (a un d – kontroles; b un e – 0,05 mg/ml; c un f – 0,03 mg/ml).

Ekspimenta rezultātā kvalitatīvi tika noteikts, ka izteiktāki novērojama IL-6 ekspresija pie lielākās daļiņu ekspozīcijas (0,05 mg/ml) nekā pie zemākās ekspozīcijas (0,03 mg/ml).

Diskusija

Putekļu daļiņu vizualizēšana perifērās mononukleārās asins šūnās

Daļiņas tika konstatētas gan uz šūnām, gan iekšā tajās. Analizējot attēlus, tika pieņemts, ka daļai šūnu ir notikusi eksocitoze, kas varētu norādīt uz iespējamiem šūnu funkcionāliem traucējumiem, jo daļa mitohondriju tiek izvadīti ārpus šūnas kopā ar bojātiem šūnu fragmentiem. Turklāt, daļiņas lielākoties šūnā lokalizējas difūzi, kas varētu ietekmēt šūnu funkcijas nelabvēlīgi.

Precizākai putekļu daļiņu izmēra, lokalizācijas un ietekmes uz veselību noteikšanai, būtu nepieciešams izmantot specifiskākas metodes (elektronmikroskopēšanu, daļiņu marķēšanu u.t.t.).

IL-6 ekspresija atkarībā no ekspozīcijas

Ekspimenta rezultātā novērots, ka lielākā daļiņu parauga koncentrācija izraisa augstāku IL-6 ekspresiju, kas kopumā varētu norādīt uz organisma reakciju un pirms iekaisuma pazīmēm – akūta iekaisuma pazīmes. Lai varētu detalizētāk novērtēt šūnu atbildes reakciju uz kairinātāju, būtu nepieciešams noteikt vēl citus rādītājus: IL-1, TNF- α un izmēģināt vairākus ekspozīciju scenārijus.

Secinājumi

1. Biroja tehnikas radītās putekļu daļiņas (nanodaļiņas), pēc iedarbības uz perifērām mononukleārām asins šūnām, ir atrodamas difūzi izvietotas šūnā.
2. Perifērās mononukleārās asins šūnās pēc daļiņu iedarbības ir novērojama eksocitoze vai šūnu fragmentācija, kuras laikā no šūnām tiek izvadīti mitohondriji kopā ar bojātiem šūnu segmentiem.
3. IL-6 ekspresija eksperimenta paraugos izteiktāka ir lielākās ekspozīcijas (augstākas koncentrācijas) gadījumā.
4. Pētījumus nepieciešams turpināt, nosakot vairākus iekaisuma marķierus un tos kompleksi izvērtējot, kā arī, nosakot reālo daļiņu koncentrāciju asinīs.

Pateicība par sadarbību

Šī projekta sadaļas vislielākais ieguvums ir multidisciplināra sadarbība ar Latvijas Universitātes Bioanalītisko metožu laboratoriju, it īpaši ar Dr. biol. Jāni Ancānu un Mag. biol. Mārtiņu Boroduški, kā arī Latvijas Universitātes Bioloģijas fakultātes Molekulārās bioloģijas katedras Dr. biol., doc. Tūru Selgu.

Literatūra

1. Araujo J. A., Barajas B., Kleinman M., Wang X., Bennet B. J., Gong K. W., Navab M., Harkema J., Sioutas C., Lusis A. J., Nel A. E. Ambient particulate pollutants in the ultrafine range promote early atherosclerosis and systemic oxidative stress. *Circ Res*, 2008; 102 : 589–596.

2. Beckett W. S., Chalupa D.F., Pauly-Brown A., Speers D. M., Stewart J. C., Frampton M. W., Utell M. J., Huang L-S, Cox C., Zareba W. and Oberdorster G. Comparing inhaled ultrafine versus fine zinc oxide particles in healthy adults: a human inhalation study // Am J Respir Crit Care Med., 2005; 171 (10) : 1129–1135.
3. Gwinn M. R., Leonard S. S. & Vallyathan V. Variation in biological effects of exposure to different nanoparticles // Toxicologist, 2006; 90 (1) : 112.
4. Oberdorster G., Sharp Z., Atudorei V., Elder A., Gelein R., Kreyling W. & Cox C. Translocation of inhaled ultrafine particles to the brain. Inhalation toxicology, 2004; 16 (6/7) : 437–445.

Priekšlikumi neindustriālās darba vides kvalitātes novērtēšanai un uzlabošanas pasākumiem

Māriete Ārija Baķe, Žanna Martinsone, Dagmāra Sprūdža,
Ivars Vanadžiņš

RSU aģentūra “Darba drošības un vides veselības institūts”

Biroju darbinieki pēdējos gados bieži sūdzas par veselības problēmām un diskomfortu, bet slikta iekštelpu gaisa kvalitāte atzīta par plašāku sabiedrības problēmu tikai nesen. Biroja iekštelpu gaisa kvalitāti var ietekmēt dažādi ķīmiskie savienojumi, putekļu daļiņas (t. sk. nanodaļiņas), mikroklimats, ventilācijas iekārtas u. c. Ņemot vērā nanodaļiņu tehnoloģiju un pētniecības straujo attīstību, arī Latvijā ir būtiski apzināt situāciju par nanodaļiņu izplatību dažādās nozarēs un darba vietās, kurās nodarbinātie var tikt pakļauti ultrasīko daļiņu <100nm (nanodaļiņu) ietekmei.

Eiropas Ekonomiskās zonas finansētā projekta EEZ09AP-22 “Biroju tehniskā aprīkojuma radītā iekštelpu piesārņojuma noteikšana un tā iespējamās ietekmes uz organismu novērtējums” ietvaros veiktiem pētījumiem ir **liela praktiskā nozīme** neindustriālās darba vides riska faktoru apzināšanā, novērtējumā un to iespējamā riska darbinieku veselībai izpētē. Izmantojot Darba drošības un vides veselības institūta (DDVVI) moderno aparātūras bāzi, kas iegūta pateicoties ES atbalsta projektiem darba aizsardzības uzlabošanai Eiropas valstīs, pirmo reizi Latvijā biroju darba vidē kvalitatīvi un kvantitatīvi identificēti piesārņotāji:

- nanodaļiņas (pēc skaita un pēc virsmas laukuma);
- dažādi organiskie savienojumi (aldehīdi, ogļūdeņraži, izocianāti, liesmu slāpētāji polibromētie difenilēteri, plastifikatori ftalāti) gan tvaiku fāzē, gan adsorbēti uz nanodaļiņu virsmas;
- tradicionālās iekštelpu un ārtelpu piesārņojošās neorganiskās gāzes un mikroklimats darba telpās.

Problēmas nozīmīgumu un aktualitāti apstiprina pieaugošās biroju darbinieku veselības un diskomforta sūdzības, kā arī fakts, ka lielāko dienas daļu (līdz pat 90%) pavadot telpās, praktiski visi cilvēki izjūt iekštelpu gaisa kvalitāti.

Piesārņots iekštelpu gaiss ir nopietns riska faktors, kas var izraisīt slimības, pazemina darba spējas un dzīves kvalitāti. Projekta ietvaros veiktā biroju darbinieku aptauja par pašsajūtu pēc subjektīvā vērtējuma pierādīja, ka subjektīvās darbinieku sūdzības par diskomfortu un veselību korelē ar darba vides higiēniskā stāvokļa kvalitāti (mikroklimatiskie parametri, piesārņojuma līmenis).

Objektīvie eksperimentālo pētījumu (*in vitro* / *in vivo*) rezultāti par darba vides piesārņojuma ietekmi uz organismu un nanodaļiņu iedarbību pēc novērotiem iekaisuma, oksidatīva stresa, klīnisko, bioķīmisko un funkcionālo indikatoru statistiski ticamām izmaiņām un izmaiņu tendencēm ļauj identificēt biroju iekštelpu gaisa iespējamo iedarbību uz cilvēku veselību.

Pētījuma rezultātu **zinātniska nozīmība** ir saistīta ar darba vides riska faktoru identifikāciju birojos un līdzīga tipa darba vietās, kur ir daudz neskaidru un neizvērtētu aspektu, kas saistīti ar jaunām biroju iekārtām un tehnoloģijām: jauni ķīmiskie piesārņotāji iekštelpu gaisā – ultrasīkās putekļu daļiņas, oglekļa un citu ķīmisko savienojumu nanodaļiņas, polibromētie difenilēteri, ko izmanto kā liesmu slāpētājus dažādos materiālos, ftalāti un izocianāti, kas var migrēt no polimērmateriāliem, gaistošie organiskie savienojumi. Darba vidē var veidoties jauni savienojumi, kuri nav identificēti un to toksicitāte vēl nav izpētīta, piemēram, ozona ietekme uz ķīmiskā piesārņojuma raksturu, jaunu toksisku savienojumu veidošanos. Nanodaļiņas, kas izdalās no biroja tehnikas, savu mazo izmēru un lielās kontakta virsmas dēļ spēj iekļūt no elpceļiem asinsritē un dažādu orgānu šūnās, izraisot veselības problēmas, bet par to toksicitāti dati nav viennozīmīgi, nav noteikti standartmateriāli daļiņām un testēšanas metodes pētījumu veikšanai. Daļiņu izmēri, skaits, virsmas laukums un ķīmiskais sastāvs ir būtiski nanodaļiņu toksicitātes novērtēšanas aspekti. Pētījums dod ieguldījumu nanodaļiņu toksicitātes izvērtēšanā un biroju piesārņotāju identifikācijā.

Kompleksa jauno riska faktoru izpēte reālā darba vidē ir ļoti aktuāla, lai apkopotu iegūtos datus, izstrādātu jaunas pieejas nanodaļiņu novērtēšanai darba vidē, ietekmes uz veselību izzināšanai, izstrādātu pamatojumu normatīvās bāzes radīšanai drošam darbam ar nanoskalas izmēru materiāliem, kā arī sabiedrības, t. sk. nodarbināto, informēšanai.

Galvenās **risināmās problēmas** un **veicamie pasākumi**:

- Darba vides piesārņojuma iespējamība birojos nav definēta kā riska faktors, darbinieki un darba devēji nav informēti par biroju iekštelpa gaisa kvalitātes iespējamo ietekmi uz darbinieku veselību.
- Kompetentām organizācijām birojos, izvērtējot risku, blakus darba vietas apgaismojuma un ergonomiskam vērtējumam paredzēt darba vides gaisa mērījumus, iekļaujot kā obligātu CO₂ koncentrācijas izvērtējumu visas darba dienas laikā.
- Veikt iespēju robežās dažādu ķīmisko vielu (īpaši aldehīdu, summāri ogļūdeņražu) kontroli gaisā, vienlaicīgi ievērojot pieejamo DDL informāciju par lietotiem tīrīšanas un uzkopšanas līdzekļiem, risku; vērtējot, ņemt vērā visu darbā lietoto ķīmisko vielu un ķīmisko produktu iespējamo savstarpējo un kopējo iedarbību un tās ietekmi.

- MK noteik. Nr. 359/2009: punktā noteikts: “13.2. to ķīmisko vielu vai produktu koncentrācija, kura darba vidē var radīt vai rada risku nodarbinātā veselībai un, nonākot saskarē ar cilvēka organismu, var radīt traumu, arodslimību vai citus veselības traucējumus (turpmāk – ķīmiskā viela), nedrīkst pārsniegt maksimāli pieļaujamo ķīmisko vielu un ķīmisko produktu koncentrāciju darba vides gaisā atbilstoši normatīvajiem aktiem par darba aizsardzības prasībām, saskaroties ar ķīmiskajām vielām darba vietās”, bet uz **biroju darba vietām minētais normatīvais akts neattiecas.**
- Iekštelpu gaisa kvalitātes rādītāju trūkums ķīmiskām vielām normatīvajos dokumentos Latvijā apgrūtinā zinātniski pamatotu objektīvu riska izvērtēšanu, ko varētu risināt, papildinot MK noteik. Nr. 325/2007 par darba aizsardzības prasībām, saskaroties ar ķīmiskajām vielām darba vietās ar atsevišķu pielikumu.
- Problēma riska novērtēšanai ir **normatīvu trūkums** par neindustriālās darba vides (biroju iekštelpu gaisa) piesārņojošo vielu pieļaujamiem līmeņiem. Pētījumā izmantotie ārtelpu normatīvi ne vienmēr ir adekvāti (īpaši Krievijas Federācijas definētās maksimāli pieļaujamās koncentrācijas aldehīdiem: acetaldehīdam, propilaldehīdam, butilaldehīdam un benzilaldehīdam ir par kārtu stingrākas ($0,01 \text{ mg/m}^3$), salīdzinot – toksiskākajam formaldehīdam $C_{\text{ref}} = 0,1 \text{ mg/m}^3$ (PVO atzītā un Latvijas MK noteikumos par gaisa (ārtelpu) kvalitāti definētā koncentrācija).
- Piedāvājam visiem aldehīdiem līdz plašākas informācijas iegūšanai, kā rekomendējošu normatīvo lielumu biroju iekštelpu gaisā izmantot $C_{\text{ref}} = 0,1 \text{ mg/m}^3$.
- Biroja tehniku (kopētāji/ printeri) nepieciešams telpiski atdalīt no darbiniekiem un nodrošināt pareizu lokālu ventilāciju pie iekārtām.
- Nepieciešams biroju labvēlīga mikroklimata nodrošināšanai paredzēt piespiedu gaisa apmaiņu (iekļaut kā prasību būvnormatīvos) un sekot atbilstošām MK noteik. Nr. 325/2009 13. punktā definētām prasībām “Prasības slēgtu darba telpu vēdināšanai: 13.1. nodrošināta svaiga gaisa pievade, ņemot vērā darba raksturu un nodarbināto fizisko slodzi”.

Mikroklimata noteiktie normatīvi pēc MK noteik. Nr. 359/2010 (pieļaujamā temperatūra siltajā periodā līdz $+ 28 \text{ }^{\circ}\text{C}$ un relatīvais mitrums zemākā robeža 30%) pēc pētījuma darbinieku aptaujas datiem, salīdzinot ar objektīviem mērījumiem, neatbilst komforta līmenim un tiek subjektīvi uzskatīta kā nelabvēlīga. Komforta sajūtai atbilstošāki ir noteiktie līmeņi ISO standartā 7730:2005(E) – relatīvā gaisa mitrums robežlielumi ir 40% – 60% , temperatūrai siltā laikā $+ 24,5 \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$, bet aukstā laikā $+ 22,0 \pm 1 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Gaisa plūsmai siltajā periodā jābūt $0,12 \text{ m/s}$, bet aukstajā periodā $0,1 \text{ m/s}$

Seminārā referējošo personu kontaktinformācija

Lektors (Uzvārds, vārds)	Organizācija, adrese	e-pasts
Baķe, Mārite Ārija	RSU DDVVI, Dzirčiema ielā 16, A-701	Marite.Bake@rsu.lv
Lakiša, Svetlana	RSU DDVVI Higiēnas un arodslimību laboratorija, Dzirčiema ielā 16, A-704	Svetlana.Lakisa@rsu.lv
Martinsone, Žanna	RSU DDVVI Higiēnas un arodslimību laboratorija, Dzirčiema ielā 16, A-702	Zanna.Martinsone@rsu.lv
Pilmane, Māra	RSU Anatomijas un antropoloģijas institūts, Anatomikums, Kronvalda bulv. 9	Mara.Pilmane@rsu.lv
Pujāte, Sarmīte	SIA Filtri, Baltā ielā 7	Sarmite.Pujate@filtri.lv
Seile, Anita	RSU DDVVI Higiēnas un arodslimību laboratorija, Dzirčiema ielā 16, A-704	Anita.Seile@rsu.lv
Sprūdža, Dagmāra	RSU DDVVI Higiēnas un arodslimību laboratorija, Dzirčiema ielā 16, A-702	Dagmara.Sprudza@rsu.lv
Sudmalis, Pāvels	RSU DDVVI Higiēnas un arodslimību laboratorija, Dzirčiema ielā 16, A-704	Pavels.Sudmalis@rsu.lv
Švedovs, Jurijs	RSU DDVVI Higiēnas un arodslimību laboratorija, Dzirčiema ielā 16, A-704	Jurijs.Svedovs@inbox.lv
Thomassen, Yngvar	National Institute of Occupational Health, Oslo, Norway, P.O.Box 8149 Dep.	Yngvar.Thomassen@stami.no
Vanadzīņš, Ivars	RSU DDVVI, Dzirčiema ielā 16, A-708	Ivars.Vanadzins@rsu.lv
Zellāne, Mairita	RSU DDVVI Higiēnas un arodslimību laboratorija, Dzirčiema ielā 16, A-704	Mairita.Zellane@rsu.lv Mairita.Zellane@inbox.lv

Piezīmes

Piezīmes



Elpo brīvāk!

Kādu gaisu
Tu elpo?

Tīrs gaiss ienāks Tavā mājā vai
darba vietā, ja uzstādīsi
un savlaicīgi nomainīsi
gaisa filtrus.

FILTRI SIA ieteiks un piegādās
atbilstošāko risinājumu
svaigam gaisam -
Tu jutīsies vēl labāk!



Līvija Birze
(FILTRI SIA Direktore)

DEKORO
Filtru sistēmas

 **FILTRI**

ELPO BRĪVĀKI!

Tel.: +371 67466674

www.filtru.lv