

Žanna Martinsone

**NERŪPNIECISKO IEKŠTELPU GAISA KVALITĀTES
RĀDĪTĀJI UN DARBA VIDES RISKA NOVĒRTĒŠANAS
PAMATMETOŽU IZSTRĀDE**

**Promocijas darba
kopsavilkums**

Specialitāte – aroda un vides medicīna

Rīga, 2012

Promocijas darbs izstrādāts Rīgas Stradiņa universitātes (RSU) aģentūras Darba drošības un veselības institūts Higiēnas un arodslimību laboratorijā, RSU Bioķīmijas laboratorijā, RSU Anatomijas un antropoloģijas institūtā, RSU Eksperimentālo dzīvnieku laboratorijā, Latvijas Universitātes (LU) Bioanalītisko metožu laboratorijā, LU Bioloģijas fakultātes Molekulārās bioloģijas katedrā.

Darbs veikts ar ESF programmas “Atbalsts doktorantiem studiju programmas apguvei un zinātniskā grāda ieguvei Rīgas Stradiņa universitātē” un EEZ projekta „Biroju tehniskā aprīkojuma radītā iekštelpu piesārņojuma noteikšana un tā iespējamās ietekmes uz organismu novērtējums” atbalstu.



Darbā izmantoti Rīgas Stradiņa universitātes Darba drošības un vides veselības institūta Higiēnas un arodslimību laboratorijas birojos veiktie darba vides gaisa mērījumi.

Darba zinātniskā vadītāji:

Medicīnas doktore, RSU vadošā pētniece, docente, **Mārīte Ārija Baķe**
Dr. habil. med. profesore, Maija Eglīte

Darba zinātniskie konsultanti:

Dr. chem., RSU asociētais profesors, Jānis Dundurs
Dr. med. Inese Mārtiņšone

Oficiālie recenzenti:

Dr. chem., docents Jāzepts Logins, LU Organiskās ķīmijas katedra
Dr. med., Remigius Jankauskas, Lietuvas Higiēnas Institūta direktors
Dr. med. Tija Zvagule, RSU Darba drošības un vides veselības institūta vadošā pētniece

Ar promocijas darbu var iepazīties RSU bibliotēkā un RSU mājas lapā.

Promocijas darba aizstāvēšana notiks 2012.gada 12. novembrī plkst. 14:00 Rīgas Stradiņa universitātes (RSU) Medicīnas nozares Teorētiskās medicīnas promocijas padomes atklātā sēdē Rīgā, Dzirciema ielā 16, Hipokrāta auditorijā. Teorētiskās medicīnas disciplīnu promocijas padomes priekšsēdētājs *Dr. habil. med. profesors Jānis Vētra*.

Padomes sekretāre: *Dr. habil. med. profesore Līga Aberberga-Augškalne*

SATURS

1.	Darba aktualitāte.....	4
	Promocijas darba mērķi un uzdevumi	5
	Promocijas darba hipotēzes	6
	Darba zinātniskā novitāte	6
	Darba praktiskā nozīmība/lietderība	7
2.	Materiāli un metodes.....	7
	2.1.Putekļu daļiņu novērtēšanas metodes.....	8
	2.2.Ķīmisko vielu novērtēšanas apraksts	9
	2.3.Gaistošo organisko savienojumu novērtēšanas metode	9
	2.4.Neorganisko gāzu (NO ₂ , SO ₂ , O ₃) novērtēšanas metodes.....	10
	2.5.Mikroklimata novērtēšanas metodes	10
	2.6.Ķīmisko vielu un mikroklimata rezultātu izvērtējums	11
	2.7.Kvalitatīvo pētījumu datu metodoloģija (aptauja un eksperimenti) ...	12
	2.8.Dzīvnieku eksperimenta materiāli un metodes	13
	2.9.Šūnu eksperimenta materiāli un metodes	15
3.	Rezultāti.....	16
	3.1.Putekļu daļiņu virsmas laukuma un skaita mērījumu rezultāti.....	16
	3.2.Gaistošo organisko savienojumu mērījumu rezultāti	19
	3.3.Slāpekļa dioksīda (NO ₂) un sēra dioksīda (SO ₂) mērījumu rezultāti ..	21
	3.4.Ozona (O ₃) mērījumu rezultāti.....	22
	3.5.Oglekļa dioksīda (CO ₂) mērījumu rezultāti	22
	3.6.Mikroklimata mērījumu rezultāti	23
	3.7.Putekļos veikto ķīmisko savienojumu analīžu rezultāti	23
	3.8.Biroja darbinieku aptaujas rezultāti.....	24
	3.9.Aptaujas rezultāti: vides apstākļi un veselība	26
	3.10.Aptaujas rezultāti: daudzfaktoru analīzes rezultāti	28
	3.11. Sakarības starp mērījumiem un veselības sūdzībām.....	29
	3.12. Dzīvnieku un šūnu eksperimenta rezultāti.....	30
	3.13. Iekštelpu gaisa kvalitātes rādītāju rekomendējamie lielumi Latvijā33	
4.	Diskusija	34
5.	Secinājumi	44
	Promocijas darbā izvirzīto hipotēžu apstiprinājums	45
6.	Praktiskās rekomendācijas	46
7.	Izmantotā literatūra	48
	Publikācijas par darba tēmu.....	51
	Pateicības.....	54

1. DARBA AKTUALITĀTE

Darba raksturs, tehnoloģija un darbarīki nepārtraukti mainās, it īpaši Latvijā, kur kopš deviņdesmito gadu sākuma darba vide ir ļoti pārmainījies. Strauji ir palielinājusies birojos un citās nerūpnieciskās darba vietās strādājošo skaits (sabiedriskās un komerciālās institūcijās).

Iekštelpu gaisa kvalitāte ir nozīmīgs sabiedrības veselības un indivīda veselību un labsajūtu ietekmējošs aspekts. Iekštelpu gaisa kvalitāte ir cieši saistīta ar apkārtējās vides gaisa problēmām, kurām Latvijā ir pievērsta īpaša uzmanība: tiek veikts atsevišķu ķīmisko savienojumu monitorings pilsētās; Ministru Kabineta noteikumos par gaisa kvalitāti ir noteiktas šo savienojumu pieļaujamās vērtības ārtelpu gaisā. Latvijā tiek pievērsta uzmanība arī rūpnieciskai darba videi – gaisa kvalitātei darba vietās, bet ļoti maz tiek novērtēta un pētīta nerūpnieciskās darba vides iekštelpu gaisa kvalitāte.

Latvijā nerūpnieciskā darba vidē (galvenokārt birojos) parasti tiek novērtēti ergonomiskie riska faktori (darbs ar datoru), apgaismojums darba vietā, mikroklimata rādītāji. Retos gadījumos, veicot kopēšanas darbus, tiek noteikta ozona un slāpekļa dioksīdu koncentrācija. Jāatzīmē, ka nerūpnieciskā iekštelpu gaisa piesārņojumu var radīt daudzi dažādi riska faktori, kas ir maz novērtēti un analizēti, līdz ar to nav noteiktas galvenās problēmas un prioritātes nerūpnieciskā darba vidē Latvijā.

Iekštelpu gaisa kvalitāti raksturo fizikālie (mikroklimats – gaisa temperatūra, gaisa relatīvais mitrums; troksnis, apgaismojums), ķīmiskie (putekļi, neorganiskie savienojumi – formaldehīds, oglekļa dioksīds; organiskie savienojumi) un bioloģiskie (putekļu ērcītes, pelējuma sēnes, infekcijas slimību ierosinātāji) piesārņotāji. Pasaulē liela uzmanība tiek pievērsta ļoti sīko putekļu daļiņu (PM_{10} , $PM_{2,5}$ un $PM_{0,1}$, kur PM – *particular matter* ir vielu daļiņas ar diametru 10 μm , 2,5 μm un 0,1 μm jeb 100 nm lielas nanodaļiņas) koncentrācijai apkārtējā un darba vidē. Putekļu daļiņas, jo īpaši nanodaļiņas, ir viens no jaunākiem identificētiem riska faktoriem darba vidē – jo tās ir smalkākas un to ir vairāk gaisā, jo lielāka ir to aktīvā virsma. Svarīgi ir atzīmēt, ka liela nozīme ir putekļu daļiņu ķīmiskajam sastāvam [Maynard et al., 2005; Maynard et al., 2003]. 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 dažāda veida nanodaļiņas, piemēram, oglekļa u.c. 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 [Schecter et al., 2005; Wolkoff, Wikins et al., 2006; Andersson et al., 1998; Morawska, He et al. 2007].

Literatūrā minētie nozīmīgākie veselības traucējumi biroju darbiniekiem un citiem nerūpnieciskās darba vides pārstāvjiem ir nogurums, galvassāpes, galvas reiboņi, sausa āda, gļotādas kairinājums, sauss klepus, acu asarošana, alerģiski izsitumi, saaukstēšanās u.c. [Wolkoff, Nojgaard et al. 2006]. Atzīmējot putekļu daļiņu iedarbību uz veselību, epidemioloģiskos pētījumos ir konstatētas saistības starp apkārtējās vides piesārņojumu ar putekļu daļiņām (PM₁₀, PM_{2,5}) un paaugstinātu saslimstību ar akūtām plaušu un sirds un asinsvadu slimībām, kā arī hronisku slimību saasinājumu, organisma imunitātes samazināšanos, aterosklerozes attīstības veicināšanu un nozīmi citu slimību attīstībā [Cormier et al., 2006; Wolkoff, Nojgaard et al., 2006]. Tomēr vēl nav pietiekami izpētīta putekļu daļiņu, t.sk. nanodaļiņu nelabvēlīgā ietekme uz nerūpnieciskā vidē nodarbināto veselību, dzīves kvalitāti, darba spējām un darba produktivitāti.

Pasaulē ir maz pētījumu par nanodaļiņu ekspozīciju darba vidē, un informācija par to ietekmi uz veselību saistībā ar daļiņu ķīmisko sastāvu, uzbūvi un izraisītiem efektiem ir pretrunīga. Ļoti maza lieluma (1-100 nm) dēļ tās spēj no elpceļiem iekļūt asinsritē un šūnās un izraisīt nozīmīgus veselības traucējumus. Nenoskaidrots ir jautājums par nanodaļiņu toksicitāti un tās korelāciju ar daļiņu 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]. Attīstoties tehnoloģijām (īpaši nanotehnoloģijai) un materiālu ražošanai, nanodaļiņu toksicitātes pētījumi ir ļoti aktuāli.

Jāatzīmē, ka nerūpnieciskās darba vides iekštelpu gaisa kvalitāti raksturo zemāks piesārņojuma līmenis salīdzinājumā ar rūpniecisko darba vidi. Darba higiēnā aktuāla problēma ir arī dažādu riska faktoru dažāda piesārņojuma līmeņu vienlaicīgas iedarbības uz darbinieku veselību izpēti un pareizu principu un metožu izvēle iespējamā riska novērtēšanai, ietverot atbilstošu normatīvu pielietošanu.

Latvijā nerūpnieciskās darba vides riska faktori nav pietiekami aktualizēti, trūkst informācija, konkrētu vadlīniju un normatīvo dokumentu nerūpnieciskā iekštelpu gaisa kvalitātes novērtēšanā, gan darba vides aizsardzības ekspertiem, gan darba devējiem, darbiniekiem un sabiedrībai kopumā.

Promocijas darba mērķi

- Novērtēt nerūpnieciskās darba vides iekštelpu gaisa kvalitātes rādītājus un to noteikšanas metodes.

- Izveidot zinātniski pamatotu pamatmetožu kopumu nerūpnieciskās darba vides iekštelpu gaisa kvalitātes un darbinieku veselības riska novērtēšanai.

Promocijas darba uzdevumi

- Apkopot informāciju par nerūpniecisko iekštelpu gaisa kvalitātes rādītājiem un to novērtēšanas metodēm, atlasīt nozīmīgākos kvalitātes pamatrādītājus nerūpniecisko iekštelpu gaisa kvalitātes novērtēšanai.
- Apkopot informāciju par nerūpnieciskā darba vidē sastopamo nanodaļiņu toksicitāti, iedarbības mehānismiem un iespējamiem biomarkeriem, lai izvēlētos piemērotākos veselības pārmaiņu rādītājus, ko varētu izmantot preventīvajā medicīnā.
- Pamatmetožu kompleksa izveide nerūpniecisko iekštelpu gaisa kvalitātes riska noteikšanai
- Veikt aptauju biroju darbinieku vidū un analizēt sakarības starp darbinieku veselības sūdzībām un iekštelpu gaisa piesārņojuma līmeni.
- Veikt biroju tehniskā aprīkojuma (printeri, kopētāji) radītā darba vides piesārņojuma iespējamās ietekmes uz organismu eksperimentālu novērtējumu, noteikt sevišķi sāpīgos putekļu daļiņu (nanodaļiņu) transportu organismā, to izgulsnēšanos konkrētos orgānos un organisma atbildes reakciju.
- Sagatavot priekšlikumu projektu par nerūpniecisko iekštelpu gaisa kvalitātes rādītāju normatīviem lielumiem, pamatojoties uz veiktajiem pētījumiem un citu valstu pieredzi.

Promocijas darba hipotēzes

- Putekļu daļiņas (t.sk. nanodaļiņas) rada paaugstinātu iekštelpu gaisa piesārņojumu nerūpnieciskās darba vidē (birojos).
- Sevišķi sāpīgas putekļu daļiņas (t.i., nanodaļiņas) izgulsnējas laboratorijas dzīvnieku (žurkas) orgānos un rada tajos funkcionālus traucējumus.
- Piesārņots iekštelpu gaiss birojos izraisa nelabvēlīgu ietekmi uz biroja darbinieku veselību.

Darba zinātniskā novitāte

1. Kvalitatīvi un kvantitatīvi identificēti ar plaši izmantotām biroju iekārtām un tehnoloģijām saistīti darba vides riska faktori:
 - ✓ ultrasīkās putekļu (oglekļa un citu ķīmisko savienojumu) nanodaļiņas,

- ✓ noteiktie daļiņu izmēri, skaits, virsmas laukums ir būtiski nanodaļiņu toksicitātes novērtēšanas rādītāji.
- 2. Latvijā pirmoreiz veikta kompleksa neindustriālo iekštelpu gaisa kvalitātes izvērtēšana, nosakot darba vides higiēnisko mērījumu korelāciju ar darbinieku sūdzībām par veselību.
- 3. Objektīvos eksperimentālos pētījumos *in vivo* un *in vitro* identificēta biroju iekštelpu gaisa piesārņojuma ietekme uz organismu, kas apstiprina tā iespējamo risku cilvēku veselībai.

Darba praktiskā nozīmība/lietderība

1. Promocijas darba rezultātā tika identificēti nozīmīgākie iekštelpu gaisa kvalitātes rādītāji nerūpnieciskā darba vidē (birojos), norādītas novērtēšanas metodes un izstrādāti kompleksas novērtēšanas pamatprincipi/kritēriji.
2. Promocijas darbs ir pamats iekštelpu gaisa kvalitātes vadlīniju izveidošanai Latvijā. Tas ietver prasības novērtēšanas kārtībai, nosakāmiem rādītājiem un normatīviem lielumiem. Latvijā ir izstrādāti normatīvie lielumi (AER – arodekspozīcijas robežvērtība) gaisa kvalitātes rādītājiem rūpnieciskā darba vidē, bet tie nav attiecināmi uz nerūpniecisko darba vidi (birojiem un administratīvo darbu), jo darba specifika un telpu aprīkojums būtiski atšķiras, netiek veikta darbinieku veselības uzraudzība atbilstoši iekštelpu gaisa piesārņojumam. Definētos iekštelpu gaisa kvalitātes rādītājus var pielāgot mājokļiem, izglītības iestādēm u.c publiskām telpām.
3. Promocijas darbs sniedz galvenos principus darbinieku veselības stāvokļa un iekštelpu gaisa kvalitātes rādītāju savstarpējās iedarbības izvērtēšanā.

Promocijas darba apjoms un struktūra

Promocijas darbs sarakstīts latviešu valodā. Tam ir 8 daļas: ievads, literatūras apskats, materiāli un metodes, rezultāti, diskusija, secinājumi un praktiskās rekomendācijas, literatūras saraksts. Promocijas darba apjoms ir 162 lappuses, ieskaitot 86 tabulu un 75 attēlus. Literatūras sarakstu veido 161 atsauce. Promocijas darbam ir 10 pielikumi. Par promocijas darba tēmu ir 7 publikācijas.

2. MATERIĀLI UN METODES

Vispārējais pētījuma apraksts: promocijas darbā ir apkopoti prospektīva kohortas pētījuma dati (kohorta – biroja darbinieki), kā arī dzīvnieku un šūnu eksperimenta rezultātu dati. Pētījums tika veikts izmantojot gan kvantitatīvus (iekštelpu gaisa mērījumi), gan kvalitatīvus (aptauja) datu ieguves veidus un

eksperimentu rezultātā iegūtos datus.

Pētījuma kvantitatīvo datu (mērījumu) apraksts: mērījumi nerūpnieciskā darba vidē (darba vide, kur nenotiek materiālu un produktu ražošanas procesi) tika veikti no 2009. gada oktobra līdz 2011. gada septembrim dažāda veida birojos (bankās, valsts un privātos birojos) Rīgā, Aconē, Salaspilī, Ķegumā, kas nodarbojas ar dokumentu sagatavošanu, elektronisko saziņas līdzekļu intensīvu izmantošanu, kā arī klientu apkalpošanu gan virtuālu (e-pasti, tālruni), gan klātienēs (klientu centri u.c.).

Biroju atlase tika veikta pēc pieejamības un brīvprātības principa. Tas nozīmē, ka mērījumi tika veikti, saskaņojot mērīšanas procedūras ar biroja atbildīgām personām. Jāatzīmē, ka biroju lielākā daļa atbildīgo personu saprot darba vides faktoru novērtēšanas nozīmi darba vidē un ir gatavas risināt problēmas, lai uzlabotu iekštelpu gaisa kvalitāti. Pētījumā tika veikti mērījumi 10 birojos un 1 specializētā kopētavā.

Finansiālu un tehnisku iemeslu dēļ pētījumā nebija iespējams iekļaut lielāku Latvijas biroju skaitu. Biroju un biroju telpu atlase tika veikta, ņemot vērā biroja telpu atrašanos (vietās ar intensīvu satiksmi, rūpniecisko darbību), kopēšanas/printēšanas aktivitātēm telpās (ir kopētājs un/vai printeris), biroju veidu (atvērtā tipa birojs un/vai kabineti), ventilācijas sistēmas stāvokli (ir/nav mehāniskā ventilācija), telpu raksturojumu (mēbeles, grīdas segums, sienu/griestu apdare, uzkopšanas grafiks). Iekštelpu gaisa kvalitātes mērījumi veikti darba vietās (birojos). Kopumā 14 biroju iekštelpu gaisā veikti ķīmisko vielu mērījumi, bet 24 telpās tika veikti mikroklimata (gaisa relatīvais mitrums, gaisa temperatūra, gaisa plūsmas ātrums) mērījumi.

Pētījuma ietvaros veikti šādu rādītāju mērījumi: gaisa temperatūra, gaisa relatīvais mitrums, gaisa plūsmas ātrums, koncentrācija gaisā oglekļa dioksīdam (CO_2), sēra dioksīdam (SO_2), slāpekļa dioksīdam (NO_2), ozonam (O_3), gaistošiem organiskiem savienojumiem (GOS), aldehīdiem, putekļu daļiņu skaitam un virsmas laukumam.

2.1. Putekļu daļiņu novērtēšanas metodes

Putekļu daļiņu virsmas laukuma koncentrācija biroja telpās noteikta, izmantojot iekārtu „AeroTrak 9000” (nanodaļiņu izmērs 10 – 1000 nm), bet daļiņu skaita koncentrācija noteikta, izmantojot iekārtu „P-Trak Ultrafine Particle Counter” Model 8525 (daļiņu izmērs 20 – 1000 nm).

Daļiņu virsmas laukums noteikts frakcijās: TB-traheobronhiālā (daļiņu izmērs < 1000 nm) un A-alveolārā (daļiņu izmērs < 250 nm).

Visi iegūtie dati analizēti, izmantojot datu apstrādei iekārtu elektroniskās programmas.

Normatīvie lielumi putekļu daļiņu/nanodaļiņu koncentrāciju izvērtēšanai pēc skaita un virsmas laukuma pagaidām nav noteikti, bet, vadoties pēc ārvalstu laboratoriju un ekspertu (Vācijas, Francijas, Somijas) pieredzes, rezultāti tiek salīdzināti ar fona datiem (telpa bez pētāmām aktivitātēm, telpa brīvdienās, ārtelpu gaisa piesārņojums). Pētījumā salīdzinājums veikts ar „tīrāko jeb references telpu”.

2.2. Ķīmisko vielu novērtēšanas apraksts

Pētījumā tika identificētas dažādu grupu GOS 19 vielas: aldehīdi (formaldehīds, acetaldehīds, propilaldehīds, butilaldehīds un benzilaldehīds), alkāni (heksāns, propāns, etāns, metāns), aromātiskie ogļūdeņraži (toluols, ksiloli, etilbenzols) spirti (etanols, izopropanols), ketoni (acetons) un esteri (etilacetāts, butilacetāts, dibutilftalāts). Kopumā tika noteiktas koncentrācijas iekštelpu gaisā šādām ķīmiskām vielām: NO₂ (analīzu skaits, N=61), SO₂ (N=58), O₃ (N=55), acetaldehīds (N=55), formaldehīds (N=55), propilaldehīds (N=55), butilaldehīds (N=49), benzaldehīds (N=52), metāns (N=30), etāns (N=42), propāns (N=41), etanols (N=37), acetons (N=45), izopropanols (N=53), heksāns (N=6), etilacetāts (N=43), butilacetāts (N=22), toluols (N=53), ogļūdeņraži (summāri pēc oglekļa (C)) (N=56), etilbenzols (N=24), ksiloli (N=21), dibutilftalāts (tika identificēts un noteikts kopētāja/printera pulvera putekļos, N=9).

Ķīmisko vielu mērījumi telpās veikti pēc šāda principa: darbinieka darba vietā (uz/pie galda) un pie kopētāja vai printera. Mērījumi katrā telpā tika veikti vienas darba dienas garumā. Katrā mērīšanas punktā, atbilstoši likumdošanai, tika ņemti trīs paralēli gaisa paraugi, izņemot CO₂ un mikroklimata mērījumiem, kur mērījumu punkti izvēlēti atkarībā no telpas platības (5 – 25 mērījumu punkti). Rezultāti summēti un aprēķināts vidējais konkrētās vielas daudzums.

2.3. Gaistošo organisko savienojumu novērtēšanas metode

Darba vides gaisa paraugi 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 savākti no kopētāju virsmas (400 cm²) ar medicīniskās vates tamponiem. Sagatavoto paraugu analīze veikta 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*”.

Lai noteiktu iespējamo piesārņojošo vielu iedarbību riska pakāpi uz organismu par gaisa kvalitātes normatīviem references lielumiem izmantoti – iekštelpu vai ārtelpu normatīvi pēc Pasaules Veselības organizācijas (PVO) vadlīnijām un Latvijas MK noteikumos Nr.1290 „Noteikumi par gaisa kvalitāti” (pieņemti 3.11.2009.) noteiktie robežlielumi. Vielām, kurām nav uzrādīti lielumi pirmos divos dokumentos kā rekomendējoši normatīvi situācijas vērtēšanai izmantoti Krievijas Federācijas standartā (ГН 2.1.6.1338-03) noteiktie maksimāli pieļaujamo koncentrāciju lielumi atmosfēras gaisam.

Aldehīdu novērtēšanas metode. Darba vides gaisa paraugi ņemti darbinieku elpošanas zonā ar individuālām gaisa paraugu ņemšanas ierīcēm *Giliar* un *Buck*, lietojot aldehīdu sorbcijas patronas *Sep-Pak DNP-H-Silica Cartridges* un ar reaģentu piesātinātus stiklšķiedru filtrus. Paraugu hromatogrāfiskās analīzes aldehīdu noteikšanai veiktas augstefektīvā šķīduma hromatogrāfā (AESĤ) *Waters Alliance 2695* ar automātisku paraugu ievadišanas sistēmu un UV detektoru, ievērojot metodes norādījumus (NIOSH:2018 un ISO 17735:2009).

2.4. Neorganisko gāzu (NO₂, SO₂, O₃) novērtēšanas metodes

Birojos gaisa piesārņojums noteikts, ņemot gaisa paraugus caur nosakāmās vielas absorbējošiem šķīdumiem ar individuāliem paraugņēmējiem GilAir 3 un nosakot slāpekļa dioksīda (NO₂) (MN 1-5, Nr.1638, 60 lpp), sēra dioksīda (SO₂) (LVS:EN 1231) un ozona (O₃) (T-049-V) koncentrācijas iekštelpu gaisā. Izmantojot "*Testo 400*" zondi, tika novērtēts oglekļa dioksīda (CO₂) daudzums gaisā. Caur absorbējošiem šķīdumiem paņemtie paraugi tika analizēti, izmantojot spektrofotometru „*Varian Cary 50*”. Mērījumu veikšana un testēšana veikta atbilstoši standartiem LVS EN 689:2004 L „Darba vides gaiss. Vadlīnijas ieelpojamo ķīmisko vielu ekspozīcijas novērtējumam, salīdzinot ar robežvērtībām, un mērīšanas stratēģija” un LVS EN 482:2006 A „Darba vides gaiss. Vispārējās prasības ķīmisko vielu mērīšanai”. Iegūtie rezultāti salīdzināti ar Ministru kabineta noteikumiem Nr.1290 „Noteikumi par gaisa kvalitāti” (03.11.2009.) un „*Indoor Air Quality in Office Buildings: a Technical Guide*”, 93-EHD-166, Canada, 2003.

2.5. Mikroklimate novērtēšanas metodes

Mikroklimate rādītāji tika noteikti 0,6 m augstumā no grīdas, izmantojot “*Testo 400*” zondi. Mērījumi veikti ik pa stundai visas darba dienas garumā, atbilstoši LVS EN ISO 7726:2004 L standartam un Testo instrukcijas vadlīnijām.

Mērījumu rezultāti salīdzināti ar Ministru kabineta (MK) noteikumu Nr. 359. "Darba aizsardzības prasības darba vietās" atbilstoši 1.pielikuma

tabulā I darba kategorijai (viegla darba veicēji) minētām prasībām mikroklimatam: 1) gada aukstais periods: 19,0–25,0 (gaisa temperatūra (C°)), 30–70 (gaisa relatīvais mitrums (%)), 0,05–0,15 (gaisa kustības ātrums (m/s)); 2) gada siltais periods: 20,0–28,0 (gaisa temperatūra (C°)), 30–70 (gaisa relatīvais mitrums (%)), 0,05–0,15 (gaisa kustības ātrums (m/s)).

2.6. Ķīmisko vielu un mikroklimata rezultātu izvērtējuma un statistiskās apstrādes metodes

Ķīmisko vielu izvērtējumam izmantota viena no populārākām metodēm, t.i., ekspozīcijas indeksa (EI) noteikšana, atbilstoši MK noteikumiem Nr.325 „Darba aizsardzības prasības saskarē ar ķīmiskajām vielām darba vietās”, kur 17. punktā ir aprakstīts, ka ekspozīcijas indeksu iegūst, dalot ķīmiskās vielas koncentrāciju (aroda ekspozīcijas koncentrāciju) darba vides gaisā ar aroda ekspozīcijas robežvērtību (AER). Šis princips tika pielietots iekštelpu gaisa kvalitātes rādītāju rezultātu un rekomendējamo lielumu izvērtēšanai, piemēram, CO₂ (oglekļa dioksīda) koncentrācija telpā konstatēta 3200 mg/m³, bet iekštelpās rekomendējamais CO₂ lielums – 1830 mg/m³, tad $EI = 3200/1830 = 1,8$. Lai varētu raksturot iegūtos iekštelpu gaisa kvalitātes rādītāju rezultātus, noteikti šādi ekspozīcijas indeksa līmeņi: zems ekspozīcijas indekss ($EI < 0,5$); vidējs ekspozīcijas indekss ($0,5 \leq EI \leq 0,75$); augsts ekspozīcijas indekss ($0,75 < EI < 1$); ļoti augsts ekspozīcijas indekss ($EI \geq 1$).

Ja reālās koncentrācijas iekštelpu gaisā attiecība pret normatīvo rekomendējamo/references vērtību ir lielāka par 1, tad pastāv varbūtība, ka viela šajā koncentrācijā var izraisīt nelabvēlīgu iespaidu uz darbinieka veselību. Promocijas darbā rezultātu sadaļā paaugstināts risks nelabvēlīgai ietekmei uz darbinieku veselību uzskatīts tad, ja EI ir augsts vai ļoti augsts.

Datu apstrādes procesā tika izmantotas *Microsoft Excel* un *SPSS for Windows 19.0* vispāratzītās statistikas metodes. Mērījumu rezultāti tika ievadīti gan Excel, gan SPSS for Windows 19.0 programmās, lai veiktu tālāko statistisko datu apstrādi. Tika pārbaudīta iegūto pētījuma rezultātu atbilstība normālajam (Gausa) sadalījumam, izmantojot Kolmogorova – Smirnova testu (*K-S tests*). Tā kā darba vides gaisa mērījumu rezultāti nepakļāvās normālsadalījumam, tad rezultātu statistiskai apstrādei izmantotas neparametriskās datu apstrādes metodes. Katram mainīgajam lielumam veikta aprakstošā statistikā analīze – atrasti centrālās tendences (aritmētiskais un ģeometriskais vidējais, mediāna) un izkliedes (standartnovirze) rādītāji. Rezultātu salīdzināšanai izmantotas neparametriskās analīzes metode: Manna – Vitneja (*Mann-Whitney U test*) tests.

Pētījumā ķīmisko vielu savstarpējo sakarību novērtēšana veikta ar Pīrsona korelācijas palīdzību, kur korelācijas koeficients (r^2) norāda uz sakarības ciešumu.

2.7. Kvalitatīvo pētījumu datu metodoloģija (aptauja un eksperimenti)

Aptaujas un eksperimenta dizains un veikšanas nosacījumi tika iesniegti RSU Ētikas komisijā, kas deva atļauju aptaujai un eksperimentam.

Aptauja veikta no 2009.gada decembra līdz 2011.gada maijam biroju darbiniekiem, balstoties uz brīvprātības un pieejamības principa. Pirms aptaujas veikšanas biroja darbinieki tika informēti, ka dalība aptaujā ir brīvprātīga un visi dati tiks izmantoti tikai pētījuma nolūkos. Aptauja bija anonīma un tika aizpildīta manuāli. Aptaujā piedalījās galvenokārt biroju darbinieki no Rīgas birojiem, bet bija arī biroju darbinieki no Jelgavas, Salaspils, Acones, Ķeguma. Pētījumā piedalījās 12 uzņēmumi ar 48 birojiem (telpām). Kopā izdalītas 1221 aptaujas anketa, bet pētījuma laikā tika aizpildītas 895 anketas (73,3%).

Biroju darbinieku subjektīvā veselības stāvokļa izvērtēšanai par pamatu izmantota Zviedrijā izstrādāta aptaujas anketa (*Örebro-MM40*) iekštelpu gaisa kvalitātes novērtēšanai, kas tika tulkota un piemērota situācijas izpētei Latvijā.

Aptaujas anketa sastāv no 37 (daļai jautājumu ir apakšjautājumi) galvenokārt slēgtiem jautājumiem ar jau sagatavotiem atbilžu variantiem nominālu vai rangu skalā par šādām tēmām: I.daļa. Vispārīgā informācija: ziņas par respondentu (dzimums, vecums, izglītība, nodarbinātības sektors, nodarbošanās, smēķēšanas paradumi u.c.); II.daļa. Darba apraksts: ziņas par darba stāžu, darba vietas un telpas raksturojumu, biroja tehnikas izmantošanas biežums u.c.; III.daļa. Veselības un labsajūtas raksturojums: ziņas par ārsta apstiprinātām diagnozēm, par simptomu esamību un to saistību ar atrašanos birojā u.c.; IV.daļa. Darba vides apstākļu raksturojums: ziņas par gaisa temperatūru, mitrumu, plūsmu, ķīmisko vielu klātbūtni, par ventilācijas sistēmu darbību u.c.

Visas aizpildītās aptaujas anketas tika kodētas un ievadītas *SPSS for Windows 19.0* programmas izveidotā matricā. Analizējot aptaujas datu rezultātus, tika aprēķināti arī to galvenie aprakstošās statistikas rādītāji: vidējais aritmētiskais, standarta novirze, zemākās un augstākās vērtības (mērtjumiem), mediāna. Lai veiktu datu statistisko apstrādi aptaujas atbildēm ar variantiem, piemēram, „nekad”, „dažreiz”, „bieži”, tika piešķirtas skaitliskas vērtības (kodēšana), attiecīgi – 1, 2, 3.

Hī kvadrāta tests (χ^2) izmantots, lai noteiktu rezultātu atbilstību normālajam sadalījumam, kā arī, lai pārbaudītu divu statistisko pazīmju

neatkarību vienai no otras. Jo lielāks ir χ^2 , jo lielākas ir atšķirības starp novērotajiem lielumiem un lielāka varbūtība noraidīt nulles hipotēzi, t.i., pieņemt alternatīvo hipotēzi. Par ticami atšķirīgiem rezultātiem tika uzskatīti tie, kam būtiskuma līmenis bija mazāks par 0,05 ($p < 0,05$).

Pirsona korelācija (r^2) izmantota, lai noteiktu sakarības starp pozitīvām veselības sūdzību atbildēm un konkrētiem darba vides faktoriem.

Izredžu attiecība ar 95 % ticamības intervālu (Odds ratio with 95 % CI) izmantota, lai aprēķinātu darbinieku veselības traucējumu varbūtību, ja tie ir vai nav pakļauti darba vides faktoru un citu aktivitāšu iedarbībai. Izredžu attiecība aprēķināta, pamatojoties uz faktoru iedarbību darba vidē un simptomu/sūdzību novērošanu. Biroju darbinieki tika grupēti pēc darba vides faktoru ekspozīcijas, dalot tos divās grupās, piemēram, pārāk zēmam gaisa mitrumam eksponētie un neeksponētie darbinieki. Darbinieki sadalīti arī 2 grupās pēc veselības sūdzību/simptomu statusa: tiek vai netiek novērotas konkrētās sūdzības. Lai izveidotu šīs grupas, veikta datu pārkodēšana, pieņemot, piemēram, ka atbilde „nav novērots pēdējā laikā” – nav ekspozīcijas, bet atbildes „1-3 dienas pēdējā mēneša laikā”, „1-3 dienas nedēļā pēdējā mēneša laikā” un „katru vai gandrīz katru dienu pēdējā mēneša laikā” – uzskatāmas, ka ekspozīcija ir bijusi. Veselības sūdzību/simptomu jautājumi pārkodēti: kur atbilde „nekad” nozīmēja, ka veselības sūdzības nenovēro, bet atbildes „ik pa laikam” un „bieži” nozīmēja, ka biroja darbinieki novēro veselības sūdzības/simptomus. Izredžu attiecības aprēķināšanai izmantota *SPSS for Windows 19.0* programma.

Multinominālā loģistiskā regresija (MNL) izmantota gadījumos, kad ir vairāki neatkarīgie mainīgie, kas ietekmē atkarīgo un ir nepieciešams šos mainīgos savā starpā samērot. Multinominālās loģistiskās regresijas mērķis ir atrast pēc iespējas ticamāku mainīgā atkarību no neatkarīgajiem mainīgajiem. Par ticamiem neatkarīgajiem mainīgajiem, kas ietekmē atkarīgo mainīgo, tiek uzskatīti visi, kam būtiskuma līmenis ir mazāks par 0,05 ($p < 0,05$). Izmantojot multinominālo loģistisko regresiju, tika iegūta izredžu attiecība (OR), kas rāda, par cik pieaug vai samazinās izredzes, ja neatkarīgais mainīgais pieaug par vienu vienību. Regresijai par references lielumu tika izmantoti respondenti, kas nenovēro veselības traucējumus. MNL aprēķināšanai izmantota *SPSS for Windows 20.0* programma.

2.8. Dzīvnieku eksperimenta materiāli un metodes

Pētījums veikts ievērojot starptautisko OECD (OECD – *Organisation for Economic co-Operation and Development; Considers Animal Welfare in the Development of Test Guidelines*) vadlīnijas 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.) Nr.58 “Noteikumi par laboratoriskajām metodēm ķīmisko vielu un ķīmisko produktu fizikālo, ķīmisko, toksikoloģisko vai ekotoksikoloģisko īpašību noteikšanai”, (17.01.2006.). Pētījuma veikšanai saņemta atļauja no Pārtikas un veterinārā dienesta Ētikas komisijas (Nr.19/11.03.2010.).

Pētījums veikts, izmantojot “Wistar” populācijas baltās žurkas, kuras pētījumam izvēlētas kā visatbilstošākās, lai novērtētu visa organisma atbildes reakciju uz biroju telpās esošo piesārņojumu.

Pētījumā izmantotas 25 pieaugušas baltās žurkas, tēviņi. Dzīvnieki tika sadalīti 2 grupās: kontroles grupa – 10 dzīvnieki, eksperimentālā grupa – 15 dzīvnieki. Dzīvnieki tika turēti speciālos sprostos pa 10 katrā pēc atklātās sistēmas uz lapu koku skaidām.

Eksperiments veikts dabiskos apstākļos, būrīšus ar eksperimentālās grupas dzīvniekiem novietoja biroja telpā (kopētavā). Būrīši tika izvietoti tuvu kopēšanas-printēšanas iekārtām 8 stundas dienā 5 dienas nedēļā – modelēta darba vides ekspozīcija. Brīvdienās dzīvnieki tika pārvietoti uz telpu ar zemu fona koncentrāciju. Katru dienu tika uzskaitīts kopējamo lapaspušu skaits (vidēji 3000 – 5000 lapu dienā). Telpa nav aprīkota ar ventilācijas sistēmu, ir tikai verami logi un durvis uz iekštelpām. Īpašs piesārņojums netiks radīts un netika standartizēts. Ekspozīcijas līmeņi eksperimenta telpā (kopētavā) bija šādi: putekļu daļiņu alveolārās frakcijas virsmas laukuma vidējais – $42,4 \pm 6,4 \mu\text{m}^2/\text{cm}^3$ (diapazons: $25,3 - 109,6 \mu\text{m}^2/\text{cm}^3$), putekļu daļiņu traheobronhiālās frakcijas virsmas laukuma vidējais – $12,6 \pm 1,9 \mu\text{m}^2/\text{cm}^3$ (diapazons: $8,7 - 22,6 \mu\text{m}^2/\text{cm}^3$), organisko šķīdinātāju vidējais piesārņojuma līmenis – $0,9 \pm 0,1 \text{ mg}/\text{m}^3$, formaldehīds (vidēji) – $0,5 \pm 0,07 \text{ mg}/\text{m}^3$, ozons (vidēji) – $0,93 \pm 0,12 \text{ mg}/\text{m}^3$, NO_x (vidēji) – $0,12 \pm 0,01 \text{ mg}/\text{m}^3$, SO_2 (vidēji) – $0,24 \pm 0,03 \text{ mg}/\text{m}^3$.

Kontroles grupas dzīvnieki atradās atsevišķā telpā, kur nebija biroja tehnikas.

Ekspozīcijas līmeņi eksperimenta kontroles dzīvnieku telpā bija šādi: putekļu daļiņu alveolārās frakcijas virsmas laukuma vidējais – $12,5 \pm 1,8 \mu\text{m}^2/\text{cm}^3$ (diapazons: $5,3 - 19,6 \mu\text{m}^2/\text{cm}^3$), putekļu daļiņu traheobronhiālās frakcijas virsmas laukuma vidējais – $2,6 \pm 0,4 \mu\text{m}^2/\text{cm}^3$ (diapazons: $1,7 - 12,6 \mu\text{m}^2/\text{cm}^3$), organisko šķīdinātāju vidējais piesārņojuma līmenis – $0,1 \pm 0,02 \text{ mg}/\text{m}^3$, formaldehīds (vidēji) – $0,05 \pm 0,01 \text{ mg}/\text{m}^3$, ozons (vidēji) – $0,06 \pm 0,01 \text{ mg}/\text{m}^3$, NO_x (vidēji) – $0,04 \pm 0,005 \text{ mg}/\text{m}^3$, SO_2 (vidēji) – $0,08 \pm 0,01 \text{ mg}/\text{m}^3$.

Eksperiments ilga 28 dienas. Katru dienu regulāri tika novērtētas fizioloģiskās un klīniskās pārmaiņas - dzīvnieku uzvedība, ārējais izskats, barības un ūdens patēriņš. Dzīvnieku ķermeņa masa noteikta pirms eksperimenta un pēc katrām 7 dienām.

Pētījuma beigās daļa eksperimentālo dzīvnieku pēc ekspozīcijas beigām un asins analīžu noņemšanas nākamā dienā tika iemidzināti, izmantojot halotāna narkozi ar dislokācijas metodi.

Eksperimenta beigās tika veikti šādi izmeklējumi:

- **bronhoalveolārā surfaktanta analīze** (noteiktas plaušu un augšējo elpceļu šūnu kvalitatīvās un kvantitatīvās izmaiņas);
- **asins klīniskā analīze** (eritrocītu un leukocītu skaits, hemoglobīna daudzums, leukocītu formula); Hematoloģiskie rādītāji tika noteikti ar hematoloģisko analizatoru „PENTRA 120”;
- **noteikti biokīmiskie rādītāji** (C-reaktīvais olbaltums (noteikts ar iekārtu „INTEGRA 400+”), citokīni IL-1, TNF-a faktors (noteikti ar iekārtu „ELISA kits”);
- **noteikti oksidatīvā stresa faktori** (superoksīddismutāze (SOD), malondialdehīds (MDA), glutations (GSH), lipīdu hidroperoksīdi(LOOH);
- **veikts imunitātes rādītāju novērtējums** (T-, B-šūnu analīze, cirkulējošā imūnkompleksa (CIK) novērtējums, imūnkompetento orgānu /aizkrūsdziedzera un liesas/ masas relatīvais koeficients).

No iemiedzinātiem dzīvniekiem tika paņemti:

-**imūnkompetentie orgāni** (aizkrūsdziedzeris un liesa), nosvērti un noteikts masas relatīvais koeficients.

-**deguna, trahejas, bronhu gļotādas histopatoloģiskai izmeklēšanai** (citokīni IL, TNF α , antimikrobaais peptīds defensīns-2, šūnu apoptoze).

Rezultātu matemātiskā apstrāde dzīvnieku eksperimenta datiem veikta ar *Microsoft Excel* programmu, nosakot vidējo lielumu, standartkļūdu, t – testu pēc Stjudenta ($p < 0,05$) un neparametrisko datu analīzes testu *Mann-Whitney tests* ($p < 0,05$). Datu statistiskai apstrādei tika izmantota *Microsoft Windows Excel* un *SPSS for Windows 19.0* programmas.

2.9. Šūnu eksperimenta materiāli 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 veselīgiem” cilvēkiem. Perifērās mononukleārās asins šūnas tika izdalītas no asins paraugiem, izmantojot *Ficoll* gradientu un centrifugējot iegūto parauga materiālu.

Pieņemot, ka biroju tehniskā aprīkojuma radītā piesārņojuma nanodaļiņas caur plaušām nonāk asinīs, tika modelētas divu iekšelpu gaisa putekļu daļiņu koncentrāciju ietekme uz perifērām mononukleārām asins šūnām. Eksperimentā tika novērtēta biroju iekšelpās konstatēto putekļu daļiņu koncentrācijas iespējamā ietekme uz cilvēka perifērām mononukleārām asins šūnām (t.sk. makrofāgiem).

Eksperiments 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 72h 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 vizualizēšanai 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; *MitoTracker Red CMXRos*; putekļu daļiņu absorbcija/emisija).

3. REZULTĀTI

Darbā novērtēta biroja tehniskā aprīkojuma radītā piesārņojuma (nanodaļiņu un ķīmisko vielu) iespējamā ietekme uz nodarbināto veselību.

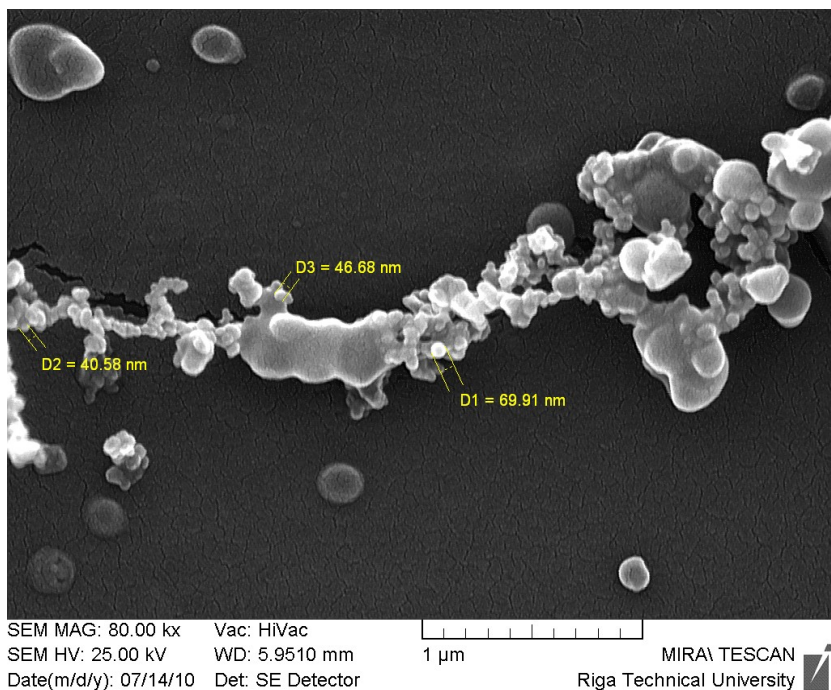
Biroja telpās mērījumi veikti šādiem darba vides faktoriem: mikroklimata rādītājiem (gaisa relatīvais mitrums, gaisa temperatūra, gaisa kustības ātrums), ķīmiskām vielām – gaistošiem organiskiem savienojumiem (aldehīdiem, ogļūdeņražiem, u.c. ķīmiskām vielām), neorganiskām gāzēm (slāpekļa dioksīdam, sēra dioksīdam, oglekļa dioksīdam, ozonam) un putekļu daļiņām (arī nanodaļiņām).

3.1. Iekštelpu gaisa kvalitātes rādītāju rezultāti

3.1.1. Putekļu daļiņu virsmas laukuma un skaita mērījumu rezultāti

Biroja tehnikas (printeru) emitēto daļiņu lielums skenējošā elektronu mikroskopā rāda (skat. 3.1.1.1. att.), ka daļiņu lielums svārstās robežās no 40,58 nm – 69,91 nm, uz polietilēna plēves kabatiņām nosēdušās nanodaļiņas veido arī aglomerātus.

Daļiņu piesārņojums darba vidē novērtēts pēc diviem raksturīgākiem rādītājiem: virsmas laukuma un daļiņu skaita.



3.1.1.1. att. Lāzerprinteru izdalīto putekļu daļiņu (D1, D2, D3) lielumi nanometros (nm).

Mērījumu rezultātā nanodaļiņu virsmas laukums biroju telpās konstatēts robežās no $10,0 - 204,4 \mu\text{m}^2/\text{cm}^3$ alveolārai frakcijai un no $2,5 - 25,0 \mu\text{m}^2/\text{cm}^3$ traheobronhiālai frakcijai. Savukārt, analizējot vidējās vērtības putekļu daļiņu alveolārai frakcijai, visaugstākā koncentrācija $55,5 \mu\text{m}^2/\text{cm}^3$ tika konstatēta telpā, kur notiek intensīvas kopēšanas un drukāšanas darbi, kur ir mīkstsais grīdas segums, bet atsevišķos mērījumos vides piesārņojums, kas tika noteikts kā daļiņu virsmas laukums, sasniedza $93 \mu\text{m}^2/\text{cm}^3$.

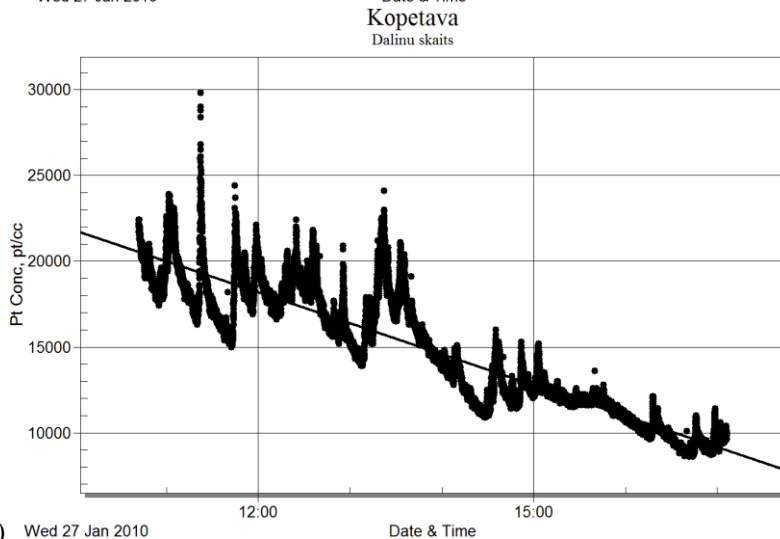
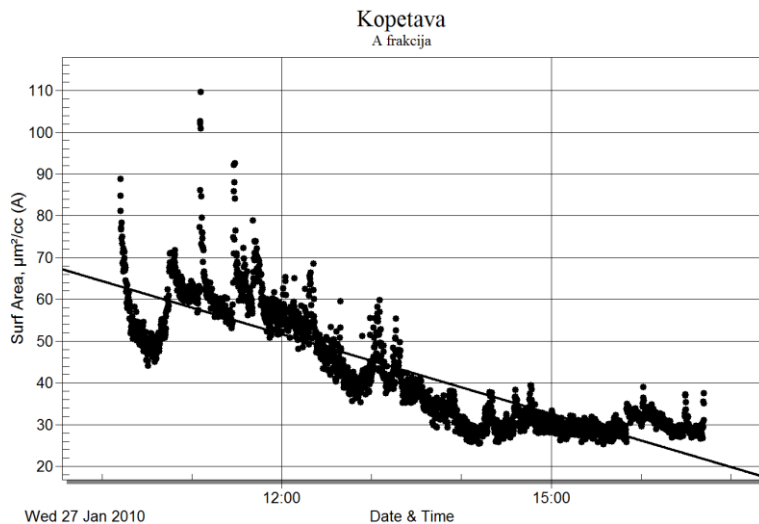
Savukārt, traheobronhiālai frakcijai visaugstākā vidējā koncentrācija $15,2 \mu\text{m}^2/\text{cm}^3$ konstatēta telpā, kurā nav logu un nedarbojas ventilācijas sistēmas (caurstaigājama telpa).

Biroju telpās novērtēta arī nanodaļiņu skaita koncentrācija, kas tika noteikta robežās no 3140 līdz 30 000 daļiņas/ cm^3 , kur vidējās putekļu daļiņu skaita koncentrācijas bija no 1880 līdz 14756 daļiņas/ cm^3 .

Biroju darba vides gaisa testēšanas rezultāti norāda uz nanodaļiņu ekspozīciju gaisā atkarībā no drukāšanas un kopēšanas aktivitātēm telpās, biroja telpu lokalizācijas, telpu raksturojumu, kā arī ventilācijas sistēmas darbības.

Pētījuma rezultātā iegūti dati, kas parāda saistību starp nanodaļiņu alveolārās frakcijas virsmas laukuma un nanodaļiņu skaita koncentrāciju visas dienas laika mērījumos, t.i., pīķa (maksimālās) koncentrācija sakrīt pēc laikiem (skat. 3.1.1.2. a un 3.1.1.2.b att.).

a)



b)

3.1.1.2. a un 3.1.1.2.b att. Sakarība starp putekļu daļiņu alveolārās frakcijas virsmas laukuma koncentrāciju (a) biroja telpā (kopētavā) un putekļu daļiņu skaita koncentrāciju (b) vienlaicīgu mērījumu laikā

3.1.2. Gaistošo organisko savienojumu mērījumu rezultāti

Aldehīdu mērījumu rezultāti: biroja telpās kopumā identificēti 5 veidu aldehīdi: acetaldehīds, formaldehīds, propilaldehīds, butilaldehīds, benzaldehīds. Visaugstākās koncentrācijas tika konstatētas acetaldehīdam un formaldehīdam (skat. 3.1.2.1. tabulu).

Tā kā visaugstākās koncentrācija tika konstatēta formaldehīdam un acetaldehīdam, kā arī tie ir visizplatītākie ķīmiskie savienojumi iekštelpu vidē, tad sīkāka datu analīze arī veikta šiem diviem savienojumiem.

Apskatot acetaldehīda un formaldehīda koncentrāciju telpās ar un bez ventilācijas, statistiski ticami ($p < 0,05$) augstāka koncentrācija tika novērota birojos bez ventilācijas sistēmas. Formaldehīda koncentrācijas bija vairāk kā 2 reizes augstākas nekā acetaldehīdam.

Augstākās acetaldehīda un formaldehīda koncentrācija tika konstatēta telpās, kurās ir mazāka kopēšanas un printēšanas aktivitāte ($p < 0,05$).

Tabula

3.1.2.1. tabula

Biroju telpās veikto aldehīdu mērījumu rezultāti (vidējā koncentrācija C vid.), ņemot vērā ventilācijas sistēmas stāvokli biroja telpās

Noteiktais rādītājs	Ventilācijas sistēmas esamība birojā	C vidējā, mg/m^3	Standartnovirze, mg/m^3
Acetaldehīda vidējā koncentrācija birojos	<i>ir</i>	0,048	0,019
	<i>nav</i>	0,117	0,142
Formaldehīda vidējā koncentrācija birojos	<i>ir</i>	0,101	0,041
	<i>nav</i>	0,238	0,218

Apskatot acetaldehīda un formaldehīda koncentrāciju telpās ar mīksto grīdas segumu, acetaldehīds bija neredzami augstākā koncentrācijā telpās ar mīksto grīdas segumu, bet formaldehīds – telpā, kur mīkstā grīdas seguma nebija.

Biroja telpās **diizocianātiem** atrastā koncentrācija nepārsniedz references lielumus norādītajā normatīvā, bet, ievērojot vienlaicīgu dažādo piesārņotāju klātbūtni gaisā, iespējams arī izocianātu iedarbības varbūtības risks uz veselību.

Biroju telpās veikti gaistošo organisko savienojumu (GOS) mērījumi (882 gāzu hromatogrāfiskās analīzes) un identificētas šādas ķīmiskās vielas: metāns, etāns, propāns, metanols, acetons, heksāns, etilacetāts, butilacetāts, toluols, summāri oglekļaūdeņraži (pēc C), etilbenzols, ksiloli, dibutilftalāts, polihlorētie bifenili un polibromētie difenilēteri u.c.. Darbā atspoguļoti

būtiskākie iegūtie rezultāti – savienojumi, kuri identificēti lielākā daļā darba telpu un kuru koncentrācija pārsniedza $> 0,1$ EI (skat. 3.1. 2.2. tabulu).

3.1.2.2.tabula.

Biroju telpās noteikto ķīmisko vielu ekspozīcijas indekss (EI)

Ķīmiskā viela	Zems ekspozīcijas indekss (EI< 0,5)	Vidējs ekspozīcijas indekss ($0,5 \leq EI \leq 0,75$)	Augsts ekspozīcijas indekss ($0,75 < EI < 1$)	Ļoti augsts ekspozīcijas indekss ($EI \geq 1$)
CO ₂	-	33,3 % (N=8)	8,3% (N=2)	18,3% (N=14)
NO ₂	61,9% (N=13)	9,5 % (N=2)	19,0% (N=4)	9,5% (N=2)
SO ₂	76,2% (N=16)	9,5% (N=2)	-	14,3% (N=3)
O ₃	37,5% (N=13)	-	-	62,5% (N=5)
Formaldehīds	8,6% (N=5)	20,7% (N=11)	10,3% (N=6)	60,3% (N=33)
Acetaldehīds	-	-	-	100% (N=58)
Propilaldehīds	17,2% (N=10)	24,1% (N=14)	19% (N=11)	39,7% (N=23)
Butilaldehīds	61,2 (N=30)	16,3% (N=8)	2% (N=11)	20,4% (N=10)
Benzoaldehīds	92,3% (N=48)	1,9% (N=1)	-	5,8% (N=3)
Etanols	100% (N=37)	-	-	-
Etilacetāts	16,3% (N=7)	11,6% (N=5)	14% (N=6)	58% (N=25)
Butilacetāts	100% (N=22)	-	-	-
Toluols	96,4% (N=54)	3,6% (N=2)	-	-
Ogļūdeņraži (summāri)	61% (N=36)	25,4% (N=15)	5,1% (N=3)	8,5% (N=5)

Apskatot rezultātus redzams, ka etanola, butilacetāta, toluola koncentrācija ir salīdzinoši zema, bet etilacetāta un summāri ogļūdeņražu koncentrācija ir augstāka.

Salīdzinot organisko savienojumu koncentrāciju telpās ar un bez ventilācijas sistēmas redzam, ka starp abām telpām nav novērotas statistiski ticamas atšķirības, jo kopumā abās telpās bija līdzīgas koncentrācijas.

Darbā novērojām nelielu tendenci ($p > 0,05$), ka ogļūdeņražu, toluola un etilacetāta koncentrācija ir nedaudz augstāka telpās, kur ir ventilācijas sistēma.

Biroja telpās ar mīksto grīdas segumu, tika konstatētas statistiski ticamas atšķirības starp toluola un summāri ogļūdeņražu koncentrācijām ($p < 0,05$), salīdzinot ar cietā grīdas seguma telpām, t.i., koncentrācija ir ievērojami augstāka telpās ar mīksto grīdas segumu (skat. 3.1.2.3. tabulu).

**Biroju telpās veikto organisko šķīdinātāju mērījumu rezultāti, ņemot vērā
mīkstā grīdas seguma veidu biroja telpās**

Noteiktais rādītājs	Grīdas seguma veids biroja telpās	Vidējā vērtība, mg/m ³	Standartnovirze, mg/m ³
Etanola vidējā koncentrācija birojos	nav mīkstais grīdas segums	0,023	0,021
	ir mīkstais grīdas segums	0,178	0,243
Etilacetāta vidējā koncentrācija birojos	nav mīkstais grīdas segums	0,147	0,132
	ir mīkstais grīdas segums	0,162	0,093
Butilacetāta vidējā koncentrācija birojos	nav mīkstais grīdas segums	0,003	0,001
	ir mīkstais grīdas segums	0,003	0,002
Toluola vidējā koncentrācija birojos*	nav mīkstais grīdas segums	0,009	0,008
	ir mīkstais grīdas segums	0,034	0,039
Ogļūdeņraži (summāri) vidējā koncentrācija birojos*	nav mīkstais grīdas segums	0,085	0,050
	ir mīkstais grīdas segums	0,164	0,098

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

Organisko savienojumu saistība ar kopēšanas un printēšanas aktivitātēm telpās norāda uz šādām tendencēm ($p > 0,05$): etanols, butilacetāts, ogļūdeņraži summāri nedaudz augstākās koncentrācijas ir telpās ar zemākām kopēšanas/printēšanas aktivitātēm, bet toluols un etilacetāts nedaudz augstākās koncentrācijas ir telpās ar aktīvu kopēšanas/printēšanas darbu.

3.1.3. Slāpekļa dioksīda (NO₂) un sēra dioksīda (SO₂) mērījumu rezultāti

Biroju telpās tika noteikts NO₂ (N=61) un SO₂ (N=58), jo tie ir vieni no populārākiem apkārtējās vides monitoringa rādītājiem, bez tam NO₂ tiek saistīts ar kopēšanas un printēšanas darbiem.

NO₂ koncentrācijas bija no 0,002 līdz 0,055 mg/m³, bet vidējā vērtība – 0,02±0,01 mg/m³. Savukārt, SO₂ koncentrācijas bija no 0,01 līdz 0,23 mg/m³ un vidējā vērtība – 0,06 ±0,004 mg/m³.

Apskatot NO₂ un SO₂ koncentrācijas telpās ar un bez ventilācijas novērota tendence ($p > 0,05$) paaugstinātām NO₂ koncentrācijām telpās ar

ventilāciju, bet SO_2 koncentrācijas līmenis bija augstāks ($p > 0,05$) telpās bez ventilācijas.

Statistiski ticami ($p < 0,05$) NO_2 koncentrācija ir augstāka telpās, kurās noris aktīvs printēšanas/kopēšanas darbs.

3.1.4. Ozona (O_3) mērījumu rezultāti

Ozona koncentrācijas mērījumi ($N=55$) veikti biroja telpās no rīta un pēcpusdienā. Visaugstākās ozona koncentrācija tika konstatēta pēcpusdienā (vakarā) – $0,27 \text{ mg/m}^3$.

Visaugstākās ozona koncentrācijas gan no rīta, gan pēcpusdienā, gan dienā kopumā tika novērotas biroja telpās bez ventilācijas.

Ozona koncentrācijas izteikti pieaug pēcpusdienā ($p < 0,05$), salīdzinot to ar rīta koncentrācijām ($p < 0,05$).

Aplūkojot ozona koncentrāciju saistībā ar kopēšanas aktivitātēm, redzam, ka no rīta un pēcpusdienā ozona koncentrācijai ir tendence ($p > 0,05$) pieaugt telpās ar aktīvu kopēšanu/printēšanu, bet vidējās vērtības gluži otrādi lielākas ir telpās, kur kopēšanas aktivitāte ir zema.

Biroju telpās ozona ekspozīcijas indekss $62,5\%$ gadījumu bija ļoti augsts, bet tikai $37,5\%$ gadījumu - zems..

3.1.5. Oglekļa dioksīda (CO_2) mērījumu rezultāti

Oglekļa dioksīda vidējās koncentrācijas biroja telpās norāda, ka koncentrācijas līmenis ir ļoti dažāds, sākot no $995,3$ līdz $5349,7 \text{ mg/m}^3$, turklāt izteikti redzama CO_2 dinamika dienas laikā – koncentrācijas pieaug pēcpusdienā, sasniedzot maksimālo vērtību $6442,0 \text{ mg/m}^3$.

Analizējot CO_2 neatbilstību rekomendējamam lielumam 1000 ppm jeb 1830 mg/m^3 , redzam, ka, apsekotajās biroja telpās no rīta CO_2 pārsniedz rekomendējamo lielumu 50% mērījumu, pusdienā – $62,5\%$, vakarā – $58,3\%$ un kopumā visas dienas laikā $58,3\%$ gadījumu.

Novērojama neliela tendence, ka telpās, kurās nav ventilācijas sistēmas, ir CO_2 līmenis augstāks dažādos dienas laikos un dienā kopumā.

Kopumā biroju telpās konstatētā CO_2 koncentrācija arī telpās ar ventilācijas sistēmu konstatēta paaugstinātā līmenī, it īpaši pusdienas laikā. Savukārt telpās bez ventilācijas sistēmas, redzams CO_2 koncentrācijas pieaugums pēcpusdienā, salīdzinot ar no rīta konstatēto CO_2 koncentrāciju.

3.1.6. Mikroklimate mērījumu rezultāti

Mikroklimate mērījumi veikti no rīta, pusdienā un vakarā, lai varētu izsekot gaisa mitruma, temperatūras un gaisa kustības ātruma dinamikai dienas laikā, ņemot vērā biroja veida un darbības īpatnības.

Gaisa mitruma vidējo vērtību sadalījums. Zem pieļaujamām normām (<30%) gaisa mitrums biroju telpās tika konstatēts 55,6% gadījumu no rīta, pusdienā gaisa mitrums mazāks par 30% tika konstatēts 52,9%, bet vakarā – 70,6% gadījumu.

Salīdzinot mitruma mērījumu rezultātus telpās ar un bezventilācijas novērojama tendence ($p>0,05$), ka gaisa relatīvais mitrums no rīta, pusdienā, pēcpusdienā un kopējais vakarā, ir augstāks telpās, kurās nav ventilācijas sistēmas.

Apskatot gaisa relatīvā mitruma mērījumu rezultātus pēc kopēšanas un /vai printēšanas darbu aktivitātes biroja telpās, pastāv statistiski ticama atšķirība ($p<0,05$) starp kopēšanas aktivitāti un gaisa mitruma samazināšanos: jo vairāk kopē/printē dokumentus, jo zemāks gaisa relatīvais mitrums.

Analizējot **gaisa temperatūru** biroja telpās, redzam, ka kopumā biroju telpās temperatūra ir virs +20 °C.

Mērījumu rezultāti uzrādīja tendenci ($p>0,05$), ka gaisa temperatūra no rīta, pusdienā, pēcpusdienā un dienā kopumā tika konstatēta augstāka telpās ar ventilāciju nekā telpās bez ventilācijas.

Biroju telpās, kurās notika aktīvāka dokumentu printēšana un/vai kopēšana, gaisa temperatūrai bija tendence ($p>0,05$) paaugstināties gan atsevišķos dienas laikos, gan dienā kopumā.

Analizējot **gaisa plūsmas ātrumu**, vidējās vērtības ir diapazonā no 0,01 līdz 0,02 m/s, bet visaugstākā gaisa plūsma bija 0,04 m/s. Biroja telpās gaisa kustības ātrums 0 m/s no rīta tika konstatēts 17,6% gadījumu, pusdienā – 11,8% un pēcpusdienā – 6,2%. Tā kā gaisa plūsmas ātrums variē ļoti šaurā diapazonā no 0 līdz 0,04 m/s, tad gaisa plūsmas ātrumu analizēt pēc vidējiem lielumiem telpām ar un bez ventilācijas vai pēc printēšanas/kopēšanas darbu aktivitātes, nav reprezentabli, jo visās biroja telpās konstatēts neatbilstošs gaisa plūsmas ātrums.

3.2. Putekļos veikto ķīmisko savienojumu analīžu rezultāti

Pētījumā veiktas kopētāju putekļu ekstraktu gāzu hromatogrāfiskā analīze ar liesmas jonizācijas detektoru un noteiktas vairāk kā 250 hromatogrāfiskās smailes, kas nozīmē, ka dotajos paraugos ir aptuveni tikpat daudz dažādu ķīmisko vielu. Veicot kopētāju putekļu ekstrakta masspektrālo analīzi, konstatējām ftalātus, dažādus skābekli saturošus savienojumus, kas

varētu veidoties kopētāju pulvera piededzināšanas laikā vai fotoķīmisku reakciju rezultātā, kā arī polihlorētos bifenilus un polibromētus difenilēterus.

Pētījums rāda, ka birojos nodarbinātie ir pakļauti ķīmisko vielu iedarbības riskam ne tikai ieelpojot GOS tvaikus, arī uz putekļiem adsorbētās vielas var nonākt organismā. Identificētās vielas pieder pie praktiski visām organisko vielu klasēm. Veicot kopētāju putekļu ekstrakta masspektālā analīzi uz polihlorētiem bifeniliem un polibromētiem difenilēteriem, tika konstatēti 12 dažādu savienojumu grupu vielas. Visi identificētie polihlorētie bifenili (PHB) pieder dioksinlīdzīgo PHB grupai. Ar augstu varbūtības pakāpi var secināt, ka neidentificētās smailes arī pieder polihlorēto bifenilu un polibromēto difenilēteru (PBDE) grupu savienojumiem.

3.3. Biroja darbinieku aptaujas rezultāti

Biroju darbinieku aptauja tika veikta 1221 biroja darbiniekam, bet 895 respondenti piekrita anonīmi aizpildīt anketu, kas ir 73,3% respondentu.

No visiem respondentiem 86% (N=774) bija sievietes, bet tikai 14% (N=121) - vīrieši. Visvairāk respondentu bija vecumā no 25 līdz 34 gadiem (29%; N=259), 23% (N=206) – vecumā no 45 līdz 54 gadiem, virs 55 gadiem – 20,7% (N=185), bet vismazāk respondentu bija vecuma grupās: jaunāki par 25 gadiem – 10,9% (N=97) un no 34 – 44 gadiem – 16,4% (N=147).

Darba stāžs lielākai daļai darbinieku (53,6%; N=469) bija no 2 mēnešiem līdz 20 gadiem, bet bija arī darbinieki, kas strādā vairāk par 40 gadiem (6,9%; N=60).

Darbinieku darba stāžs bija no 0,2 līdz 47 gadiem, vidēji: $13,2 \pm 11,8$ gadi. Uz jautājumu „Cik ilgi strādā šajā ēkā?” darbinieki minēja, ka no 0,2 līdz 26,0 gadiem. Vispārsteidzošākais bija, ka darbinieki nedēļā strādā no 9 līdz 56 stundām, bet pēc likumdošanas drīkst strādāt tikai 40 stundu. Analizējot vidējo darba ilgumu dienā, tas bija $40,3 \pm 5,7$ stundas.

Lielākā daļa biroja darbinieku (79%; N=705) atzīmēja, ka nesmēķē, 8% (N=70) - bijušie smēķētāji, bet tikai 13% (N=120) – smēķētāji.

Jautājumā par redzes korekcijas nepieciešamību, 33,3 % (N=303) – nav nepieciešama redzes korekcija, 58,2% (N=521) –lieto brilles, 4,6% (N=41) – lieto kontaktlēcas, 2% (N=18) - lieto gan brilles, gan kontaktlēcas.

Lielākā daļa respondentu (55,6%; N=439) strādā kabinetos, kuros ir 2-3 darba vietas, 22,6% (N=178) strādā kabinetos, kuros ir 4-7 darbinieku, bet 21,8 % (N=172) respondentu darba telpā ir 8 un vairāk darbinieki. Jāatzīmē, ka atvērtā tipa biroja telpās (bez starpsienām 20,4 %; N=182 un ar starpsienām 11,4 %; N=102), kurās, projekta ietvaros tika veikti arī mērījumi, darbinieku skaits bija daudz lielāks par 8, t.s., pat 35 darbinieki!

Analizējot telpu platību, novērots, ka tā variēja no 2,0 līdz 1800,0 m² (tie var būt biroji pa visu mājas perimetru), kas norāda uz ļoti lielām biroja

telpām, taču jāmin, ka uz šo jautājumu ir atbildējis tikai 141 respondents no 895.

Grīdas segumam var būt nozīme iekštelpu gaisa kvalitātes ietekmēšanā. Konstatēts, ka lielākā daļa respondentu strādā telpās ar cieto grīdas segumu (71,4%, N=638), 2,9% (N=26) telpu ir daļēji mīksts grīdas segums un 25,7% (N=230) telpu ir tikai mīksts grīdas segums.

Analizējot jautājumu par telpu tīrību, konstatējām, ka 59,6 % respondentu atzīmē, ka telpas ir tīras („ļoti tīras” – 8,1% vai „pieņemami tīra” – 51,5%), bet 40,5 % - atzīmēja, ka telpas ir „mazliet netīras vai putekļainas” un „ļoti netīras vai putekļainas”.

Jautājot par darbinieku apmierinātību ar darba vietu, redzams, ka lielākā daļa atzīmēja darba vietu kā diezgan ērtu – 57,0%, bet 5,4% - kā ļoti neērtu.

Izvērtējot pēdējo 3 mēnešu laikā veiktās pārmaiņas telpās 4,7% (N=41) respondentu atbildēja, ka telpās uz sienām, griestiem un pie logiem ir mitrums, 1,4% (N=12) respondentu strādā telpās, kurās ir nesen krāsotas sienas vai veikts jauns sienas pārklājums, 1,2 % (N=11) respondentu darba telpā ir jaunas mēbeles.

Analizējot biroja iekārtu lietošanu vai veicamo biroju darbu aktivitāti, lielākā daļa biroja darbinieku – 69% (57,6%, N=502; 11,4%, N=99) lieto lāzerprinterus vairākas reizes dienā vai vismaz vienu reizi dienā. Kopētajus respondenti lieto nedaudz mazāk – 57,3% (42,3%, N=373 un 15,0%, N=132) nekā lāzerprinterus. Faksu vairākas reizes dienā vai vismaz vienu reizi dienā lieto 19,6% (9,8%, N=84 un 6,4%, N=55), bet vairāk kā 54,1 % (N=465) faksu neizmanto vispār. Līmes, korektorus, dzēšgumijas u.c. ķīmiskās vielas saturošus produktus biroju darbinieki lieto 60,0% (26,3%, N=231 un 23,7%, N=208) daudzas reizes dienā vai vismaz vienu reizi dienā.

Jautājumā par ārsta diagnosticētu slimību, visvairāk biroja darbiniekiem diagnosticētas deguna/pieres dobumu infekcijas 22,5 % (N=192) gadījumos no visiem aptaujātajiem biroju darbiniekiem, 11,7 % (N=100) - alerģija uz putekļiem; 11,5% (N=98) - alerģija uz ķīmiskām vielām, 9,9% (N=85) - migrēna, 9,5% (N=81) - alerģija uz zālēm u.c. slimības.

Analizējot sūdzības par veselību, redzams, ka kopumā visvairāk ir sūdzību par nogurušām vai sasprindzinātām acīm („ik pa laikam” – 52,5% (N=451), „bieži” – 33,5% (N=288)), sprandas nogurumu („ik pa laikam” – 46,9% (N=395), „bieži” – 24,2% (N=204)), galvassāpēm („ik pa laikam” – 56,0% (N=469), „bieži” – 13,3% (N=111)), sāpēm vai stīvumu mugurā („ik pa laikam” – 47,2% (N=401), „bieži” – 18,4% (N=156)), pastāvīgu nogurumu, nespēku vai miegainību („ik pa laikam” – 50,0% (N=420), „bieži” – 15,4% (N=129)) u.c.

Aplūkojot sūdzības par veselības saistību ar darbinieku atrašanos birojā, vairāk nekā pusē gadījumu biroja darbiniekiem pastiprinās/parādās

raksturīgie simptomi: nogurušas vai sasprindzinātas acis, sprandas nogurums, galvassāpes, sāpes vai stīvums mugurā, pastāvīgs nogurums, nespēks vai miegainība u.c. Tomēr jāatzīmē, ka vismaz trešdaļai (virs 30%) biroju darbinieku pastiprinās arī tādi simptomi, kā, piemēram: sausa āda, iekaisis un sauss kakls, šķaudīšana, elpas trūkums u.c..

Kopumā 83,1% (N=649) biroja darbinieku atzīmēja, ka simptomi/sūdzības par veselību ir pārejoši, bet 16,9% (N=132) - simptomi ir pastāvīgi, tie nepāriet.

Pārāk lielu gaisa plūsmu pēdējā mēneša laikā 78,7% (N=653) biroja darbinieki nebija novērojuši. 45,6% (N=382) darbinieku nebija novērojuši pārāk mazu gaisa plūsmu. 32,9% (N=275) darbinieku katru dienu bija novērojuši pārāk mazu gaisa plūsmu telpā un tikai 8,3% (N=69) - pārāk lielu gaisa plūsmu.

Paaugstinātu gaisa temperatūru savā darba vietā nav novērojuši 59,5% (N=496), bet pazeminātu temperatūru – 70,9% (N=582) darbinieku. 18,4% (N=153) respondentu katru dienu ir novērojuši paaugstinātu temperatūru, bet 9,3% (N=76) - pazeminātu temperatūru.

Visretāk biroja darbinieki atzīmē telpās pārāk mitru gaisu 98,3% (N=795) t.i. nenovēro mitru gaisu, bet tikai 1% (N=8) - to izjūt katru dienu. Savukārt, 42,7% (N=362) biroja darbinieku atzīmē, ka telpā pārāk sauss gaiss nav novērots, bet 39,9% (N=338) - to novēro katru dienu.

Visvairāk cigarešu dūmu smaržu/smaku nenovēro – 92% (N=746), bet ķīmisko vielu smaržu – 91,8% (N=751), turpretī katru dienu cigarešu smaržu novēro – 3,3% (N=27), bet ķīmisko vielu smaržu - 1,7% (N=14).

Analizējot atbildes uz jautājumu par ventilāciju, redzam, ka 65,1% (N=579) darbinieku nav ventilācijas sistēmas telpās, bet 34,9% (N=311) - ir ventilācijas sistēma. Turklāt 31,1% (N=275) darbinieku darba telpās ir gaisa kondicionieri, bet 68,9% (N=609), telpās to nav.

Gaisa mitrinātāju trūkumu atzīmēja 91,3% (N=793) darbinieku, bet to esamību - 8,7% (N=76).

Lielākā daļa darbinieku savu darba vidi novērtē no 6 līdz 8 ballēm, visvairāk no tiem 7 ballēm (25,5%), 8 ballēm (20%) un 6 ballēm (16,9%).

3.3.1. Aptaujas rezultāti: vides apstākļi un veselība

Izredžu attiecību analīze norāda uz iespējām iegūt veselības traucējumus darba vides apstākļiem pakļautiem (eksponētiem) un nepakļautiem (neeksponētiem) darbiniekiem.

Iegūtie rezultāti ir atspoguļoti, izdalot būtiskākos darba vides apstākļus telpā (gaisa plūsma, mitrums, temperatūra, ķīmisko vielu smaržu), darba telpas raksturojumu (grīdas seguma veids, ventilācijas esamība), kā arī biroja tehnikas

un kancelejas piederumu izmantošanu un to saistību ar veselības sūdzībām/simptomiem.

Pārāk maza gaisa plūsma rada lielākas izredzes ($p<0,05$) biroju darbiniekiem iegūt šādus veselības traucējumus: sausas, niezošas vai iekaisušas acis (OR=2,2; 95%TI 1,6 – 2,9), sausu ādu (OR=2,2; 95%TI 1,8-3,3), šķaudīšanu (OR=2,2; 95%TI 1,6 – 2,9), pastāvīgu nogurumu, nespēku un miegainību (OR=2,1 95%TI 1,6 – 2,8), tekošu vai aizliktu degunu (OR=2,2; 95%TI (1,7 - 2,9), galvassāpes (OR= 2,0 95%TI 1,5 – 2,7).

Pārāk augsta gaisa temperatūra rada lielākas izredzes ($p<0,05$) biroju darbiniekiem sūdzēties par tādiem simptomiem kā: sausām, niezošām un iekaisušām acīm (OR=2,2; 95%TI 1,6-3,0); šķaudīšanu (OR=1,5; 95%TI 0,8-1,5), sausu ādu (OR=1,7 (1,3-2,4), tekošu vai aizliktu degunu (OR=1,7; 95%TI (1,3-2,3) u.c.

Pārāk sauss gaiss rada izteikti lielākas izredzes ($p<0,05$) biroju darbiniekiem sūdzēties par šādiem veselības simptomiem: sausu ādu (OR=3,4; 95%TI 2,6 – 4,6), šķaudīšanu (OR=1,9; 95%TI 1,5 – 2,6), tekošu vai aizliktu degunu (OR=1,8; 95%TI (1,4 - 2,4), elpas trūkumu (OR=2,4; 95%TI (1,6 – 3,8), grūtībām atcerēties lietas vai koncentrēties (OR=1,7; 95%TI (1,3 - 2,3), pastāvīgu nogurumu, nespēku vai miegainību (OR=2,2; 95%TI (1,6 – 3,0), sausām, niezošām vai iekaisušām acīm (OR=2,5; 95%TI (1,9 – 3,3), iekaisušu un sausu kaklu (rīkli) (OR=1,7; 95%TI (1,3 - 2,3).

Telpā novērota ķīmisko vielu smarža rada lielākas izredzes ($p<0,05$) biroju darbiniekiem iegūt šādus ļoti specifiskus veselības traucējumus: sliktu dūšu vai nelabuma sajūtu (OR=2,6; 95%TI 1,5 – 4,5), galvas reibšanu (OR=2,0; 95%TI 1,2 – 3,4), šķaudīšanu (OR=2,1; 95%TI 1,2 – 3,8), tekošu vai aizliktu degunu (OR=2,6; 95%TI (1,5 – 4,7), klepu (OR=1,9; 95%TI (1,1 – 3,3), pastāvīgu nogurumu, nespēku vai miegainību (OR=2,2; 95%TI (1,2 – 4,3), iekaisušu un sausu kaklu (rīkli) (OR=2,6; 95%TI (1,5 – 4,6).

Telpā novērota cita veida smarža rada lielākas izredzes ($p<0,05$) biroju darbiniekiem novērot šādus specifiskus veselības traucējumus: galvassāpes (OR=1,9; 95%TI (1,3 – 2,7)), pastāvīgu nogurumu, nespēku vai miegainību (OR=2,8; 95%TI (1,9 – 4,0)), grūtības atcerēties lietas vai koncentrēties (OR=2,1; 95%TI (1,5 – 2,9) u.c.

Kopētāju lietošana rada nedaudz lielākas izredzes ($p<0,05$) biroju darbiniekiem iegūt šādus specifiskus veselības traucējumus: klepu (OR=1,36; 95%TI 1,02 – 1,82), tekošu vai aizliktu degunu (OR=1,35; 95%TI (1,1 – 1,80), iekaisušu un sausu kaklu (rīkli) (OR=1,34; 95%TI (1,00 – 1,80)).

Lāzerprinteru lietošana rada lielākas izredzes ($p<0,05$) biroju darbiniekiem iegūt specifiskus veselības traucējumus: galvassāpes (OR=1,57; 95%TI (1,13 – 2,20)), pastāvīgu nogurumu, nespēku vai miegainību (OR=1,59; 95%TI (1,15 – 2,19)), iekaisušu un sausu kaklu (rīkli) (OR=1,41; 95%TI (1,02 – 2,40)).

Biroja kancelejas piederumu (līmes, korektori, dzēšgumijas, markieri u.c.) lietošana rada nedaudz lielākas izredzes ($p < 0,05$) biroju darbiniekiem iegūt specifiskus veselības traucējumus: galvassāpes (OR=1,68; 95%TI (1,25 – 2,27)), klepu (OR=1,56; 95%TI (1,17 – 2,07)), iekaisušu un sausu kaklu (rīklu) (OR=1,36; 95%TI (1,03 – 1,81)); galvas reibšanu (OR=1,41; 95%TI (1,02 – 1,95)), sliktu dūšu vai nelabuma sajūtu (OR=1,57; 95%TI (1,08 – 2,28)).

Ventilācijas neesamība telpā rada lielākas izredzes ($p < 0,05$) biroju darbiniekiem sūdzēties par šādiem veselības traucējumiem: sausām, niezošām vai iekaisušām acīm (OR=1,92; 95%TI 1,38 – 2,68), galvassāpēm (OR=1,42; 95%TI 1,03 – 1,96), nogurušām vai sasprindzinātām acīm (OR=1,56; 95%TI (1,01 – 2,42)); sausu ādu (OR=1,57; 95%TI (1,17 – 2,10)).

Mikstā grīdas seguma esamība telpā rada lielākas izredzes ($p < 0,05$) biroju darbiniekiem sūdzēties par šādiem veselības traucējumiem: sausām, niezošām vai iekaisušām acīm (OR=1,92; 95%TI 1,38 – 2,68), pastāvīgu nogurumu, nespēku vai miegainību (OR=1,54; 95%TI 1,10 – 2,15), tekošu, aizliktu degunu (OR=1,40; 95%TI (1,03 – 1,92)), nogurušām vai sasprindzinātām acīm (OR=1,80; 95%TI (1,10 – 2,93)); šķaudīšanu (OR=1,48; 95%TI (1,07 – 2,03)), sausu ādu (OR=1,73; 95%TI (1,26 – 2,37)).

3.3.2. Aptaujas rezultāti: daudzfaktoru analīzes (multinominālās loģistiskās regresijas) datu apkopojums

Lai noskaidrotu biroju darba vides riska faktoru, biroja tehnikas un aprīkojuma savstarpējo mijiedarbību un to ietekmi uz biroju darbinieku veselību, tika veikta daudzfaktoru analīze (multinominālā loģistiskā regresija), tos savstarpēji samērojot. Apskatot multinominālās loģistiskās regresijas analīzes rezultātus par dažādu riska faktoru ietekmi uz biroju darbinieku veselību, statistiski ticami tika iegūti šādi rezultāti: **iekaisušu un sausu kaklu** biroju darbiniekiem ir lielākas izredzes iegūt, ja biroju telpās ir **sausss gaiss** (OR=1,52; 95% TI 1,07 – 2,15), jūtama **kīmisko vielu smarža** (OR=2,56; 95% TI 1,36 – 4,81); **sausu ādu** biroju darbiniekiem ir lielākas izredzes novērot, ja biroju telpās ir **sausss gaiss** (OR=2,53; 95% TI 1,77 – 3,62), kā arī sievietēm (OR=2,86; 95% TI 1,73 – 4,72); **tekošs vai aizlikts deguns** tika novērots biroja darbiniekiem, ja telpās ir **samazināts gaisa kustības ātrums** (OR=1,64; 95% TI 1,14 – 2,36) un **jūtama kīmisko vielu smarža** (OR=2,53; 95% TI 1,30 – 4,95); **pastāvīgu nogurumu, nespēku vai miegainību** lielākas izredzes biroju darbiniekiem ir iegūt, ja biroju telpās ir **paaugstināta temperatūra** (OR=1,51; 95% TI 1,02 – 2,25), **nepatikama cita veida smarža** (OR=2,29; 95% TI 1,52 – 3,46), kā arī sievietēm (OR=2,20; 95% TI 1,34 – 3,63); **klepu** lielākas izredzes iegūt ir darbiniekiem, ja biroju telpās ir jūtama **līmes, korektoru, dzēšgumiju un citu kīmisko produktu radīta smarža** (OR=1,47; 95% TI 1,06 – 2,04) un **pārāk**

liela gaisa plūsma (OR=1,69; 95% TI 1,14 – 2,52); galvassāpes lielākas izredzes iegūt darbiniekiem, kuru telpās ir nepatīkama cita veida smarža (OR=1,54; 95% TI 1,02 – 2,33), kā ar sievietēm (OR=3,36; 95% TI 2,02 – 5,61); galvas reibšanu lielākas izredzes novērot darbiniekiem, ja biroja telpās ir kīmisko vielu smarža (OR=1,93; 95% TI 1,03 – 3,63), kā arī sievietēm (OR=2,72; 95% TI 1,42 – 5,21); sliktu dūšu vai nelabuma sajūtu vēderā lielākas iespējas novērot biroju darbiniekiem, ja biroju telpās ir jūtama līmes, korektoru, dzēšgumiju un citu kīmisko produktu radīta smarža (OR=1,62; 95% TI 1,06 – 2,50), ir izteikta kīmisko vielu smarža (OR=2,51; 95% TI 1,29 – 4,90) un cita veida smarža (OR=1,57; 95% TI 1,04 – 2,63); šķaudīšanu lielākas izredzes novērot ir darbiniekiem, ja biroju telpās ir samazināta gaisa temperatūra (OR=1,47; 95% TI 1,00 – 2,14) un samazināts gaisa kustības ātrums (OR=1,61; 95% TI 1,11 – 2,33).

Daudzfaktoru analizē tika iegūti arī dati par tādiem biroju darbinieku veselības traucējumiem, kā sāpes vai stīvums mugurā, nogurušas un sasprindzinātas acis, jūtīgums, aizkaitināmība vai nervozitāte, sprandas nogurums, depresīvs noskaņojums. Iegūtie rezultāti norādīja, ka šīs veselības sūdzības galvenokārt ietekmē dzimums un vecums, kā arī ergonomiskie, psihosociālie riska faktori darba vidē un mājās.

3.4. Rezultātu apkopojums par sakarībām starp mērījumiem un veselības sūdzībām

Analizējot sakarību starp oglekļa dioksīda (summāri) mērījumu rezultātiem un birojos veiktās aptaujas pozitīvām atbildēm par grūtībām atcerēties un/vai koncentrēties, pastāv cieša sakarība ($r^2=0,76$) starp reāliem mērījumiem un aptaujas datiem. Tāpat šāda cieša sakarība konstatēta starp formaldehīda koncentrāciju pieaugumu un grūtībām atcerēties un/vai koncentrēties ($r^2=0,59$). Tika atrasta arī cieša sakarība starp formaldehīda koncentrācijas pieaugumu un galvassāpēm ($r^2=0,76$). Bet pētot aldehīdu kopējo ekspozīcijas indeksa pieaugumu un grūtībām atcerēties un/vai koncentrēties, konstatēta ļoti cieša sakarība ($r^2=0,89$). Analizējot sakarību starp gaistošo organisko savienojumu (šķīdinātāju, oglekļa dioksīda) ekspozīcijas indeksu un sūdzībām par veselību, tika iegūta vidēji ciešu sakarību starp elpas trūkumu un organisko šķīdinātāju koncentrāciju, t.i. ekspozīcijas indeksu ($r^2=0,57$).

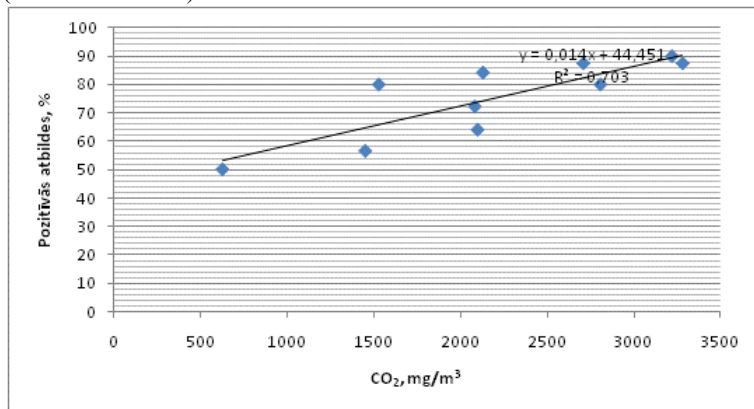
Tāpat analizējot sakarību starp ozona koncentrāciju un birojos veiktās aptaujas pozitīvām atbildēm par iekaisību un sausu kaklu, pastāv ļoti cieša sakarība ($r^2=0,99$) starp reāliem mērījumiem un aptaujas datiem.

Pētot sakarības starp iekštelpu gaisa temperatūras mērījumu rezultātiem un birojos veiktās aptaujas pozitīvām atbildēm par galvas reibšanu ($r^2=0,85$) un sliktu dūšu ($r^2=0,75$), pastāv cieša sakarība starp reāliem mērījumiem un aptaujas datiem.

Arī rezultāti par sakarību starp oglekļa dioksīda koncentrācijām un birojos veiktās aptaujas pozitīvām atbildēm par grūtībām koncentrēties vai atcerēties ($r^2=0,59$), liecināja, ka pastāv vidēji cieša korelācija.

Sakarības starp oglekļa dioksīda koncentrāciju un birojos veiktās aptaujas pozitīvām atbildēm par nogurumu, nespēku un miegainību ($r^2=0,53$) norāda uz vidēji ciešu sakarību.

Arī rezultāti starp oglekļa dioksīda koncentrācijām un birojos veiktās aptaujas pozitīvām atbildēm par galvassāpēm ($r^2=0,70$) norāda uz ciešu sakarību (skat. 3.4.1.attēlu).



3.4.1. att. Sakarība starp darbinieku pozitīvām atbildēm par galvassāpēm un oglekļa dioksīda pieaugumu biroja telpās

Bet sakarība starp oglekļa dioksīda koncentrācijām un birojos veiktās aptaujas pozitīvām atbildēm par šķaudīšanu ($r^2=0,4815$) norāda uz vidēji ciešu sakarību.

Pētot sakarības starp putekļu daļiņu mērījumiem un veselības sūdzībām, redzams, ka pastāv vidēji ciešas sakarības starp klepu un alveolāro frakciju ($r^2=0,33$), kā arī elpas trūkumu un traheobronhiālo frakciju ($r^2=0,36$).

3.5. Dzīvnieku un šūnu eksperimenta rezultāti

Eksperiments ar *Wistar* populācijas baltām žurkām biroja tipa telpā (kopētavā) veikts, lai novērtētu biroja tehnikas radīto iekštelpu gaisa piesārņojuma ietekmi uz eksperimenta dzīvnieku elpošanas sistēmu, t.i., iekaisumu, organisma imunitātes pavājināšanos. Eksperiments veikts reālos darba vides apstākļos, kur eksperimentālajiem dzīvniekiem tika pielietota pasīvās inhalācijas ekspozīcijas metode.

Eksperimentālo dzīvnieku fizioloģisko rādītāju novērtējums. Pētījumā 28 dienu laikā tika novēroti dzīvnieku ārējais izskats un uzvedība. Abu grupu

dzīvniekiem bija gluda, spīdīga spalva, ausis un deguns viegli sārti, tīri. Sagatavotā barība tiek apēsta apmēram 3-4 stundu laikā. Visu dzīvnieku (gan kontroles, gan eksperimentālās grupas) ķermeņa masa eksperimenta laikā pieaug. Salīdzinot iegūtos datus, eksperimentālā grupā ķermeņa masa pēc 28 dienām bija statistiski ticami mazāka nekā kontroles grupas žurkām.

Bronhoalveolārā skalojuma analīze. Eksperimenta beigās izdarīts augšējo elpceļu un plaušu skalojums, kurā iegūts bronhoalveolārais šķidrums ar surfaktantu un dažādām šūnām.

Veicot bronhoalveolāro skalojuma analīzi, saskaitītas epitēlijšūnas, limfocīti, neitrofili, makrofāgi, kā arī aprēķināts kopējais šūnu skaits. Eksperimentālās grupas dzīvniekiem augšējos elpceļos bija konstatētas šūnu izmaiņas, t.i., bija stipri palielinājies ($p<0,05$) kopējais šūnu skaits, neitrofilu un limfocītu skaits. Augšējo elpceļu skalojumā netika atrasti makrofāgi.

Plaušu skalojuma analīze parādīja, ka statistiski ticami bija samazinājies neitrofilu skaits, pārējo šūnu kvantitatīvajās izmaiņās tika novērota tendence samazināties kopējam šūnu skaitam un makrofāgu skaitam, kā arī palielināties limfocītu un epitēlijšūnu skaitam.

Asins klīniskā aina. Asins klīniskā aina parādīja, ka eritrocītu skaits, hemoglobīna daudzums, hematokrīts abās dzīvnieku grupās nebija būtiski mainījies pētījuma laikā. Eksperimentālā grupā bija palielinājies leukocītu skaits, bet tā kā baltām žurkām ir samērā lielas svārstības fizioloģiskās normas robežās, tad starpība nebija statistiski ticama.

Bioķīmiskie rādītāji. C reaktīvais olbaltums un TNF- α (*tumor nekrosis factor alpha*) statistiski ticami bija paaugstināts eksperimentālās grupas dzīvniekiem, salīdzinot ar kontroles grupu.

Oksidatīvā stresa faktori. Eksperimentālo dzīvnieku asins serumā tika noteikti superoksīddismutāze (SOD), malondialdehīds (MDA), glutations (GSH) un lipīdu hidroperoksīdi (LOOH). Oksidatīvā stresa rādītāji SOD un GSH – statistiski ticami konstatēti augstākā līmenī eksperimentālās grupas dzīvniekiem.

Imunitātes rādītāju novērtējums. Imūnsistēmas novērtējums tika veikts pēc T, B šūnu analīzes, cirkulējošā imūnkompleksa novērtējuma (CIK), imūnkompetento orgānu (aizkrūtsdziedzerā un liesas) masas relatīvā koeficienta salīdzinošā lieluma. T un B limfocītu relatīvais skaits eksperimentālajā grupā neatšķīrās no kontroles grupas rādītājiem. D šūnu relatīvais skaits eksperimentālajā grupā bija statistiski ticami ($p<0,05$) augstāks, salīdzinot ar kontroles grupu. L šūnu relatīvais skaits eksperimentālajā grupā bija statistiski ticami ($p<0,05$) zemāks. Asins serumā cirkulējošais imūnkompleksa rādītājs (CIK) eksperimentālajā grupā bija statistiski ticami augstāks ($p<0,05$), salīdzinot ar kontroles grupu. Leukocītu un limfocītu absolūtais skaits eksperimentālās grupas un kontroles grupas dzīvniekiem statistiski ticami neatšķīrās.

Eksperimentālo dzīvnieku iekšējo orgānu masas relatīvā koeficienta novērtējums. Eksperimenta dzīvniekiem izdarīta sekcija un veikta parenhimatozo orgānu makroskopiskā apskate. Atšķirības starp kontroles un eksperimentālo dzīvnieku iekšējiem orgāniem netika konstatētas. Aknas visu grupu dzīvniekiem bija normālas konsistences, bez redzamas patoloģijas, tumšsarkani brūnā krāsā. Sirds, plaušas un liesa bez redzamas patoloģijas. Imūnkompetento orgānu – liesas un aizkrūts dziedzeru – masas relatīvais koeficients gan kontroles grupas, gan eksperimentālās grupas dzīvniekiem savstarpēji neatšķiras un pētījuma apstākļi tos nav ietekmējuši.

Deguna, trahejas, bronhu glotādas histopatoloģiskā izmeklēšana.

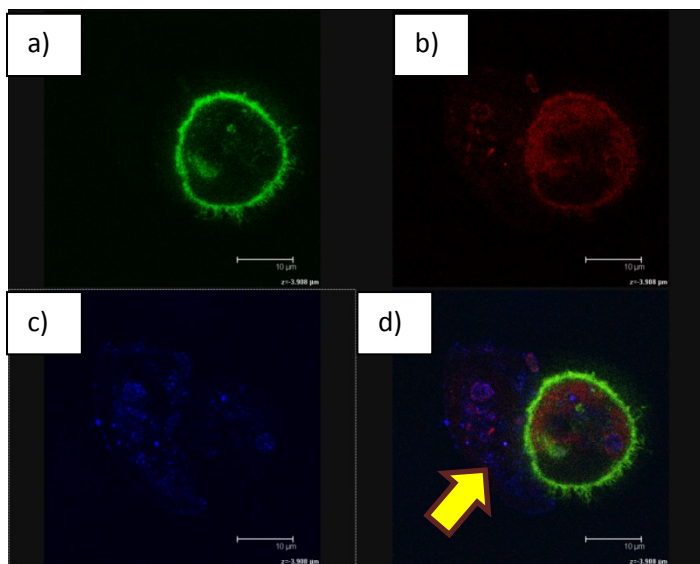
Kopumā trahejas audu galvenās pārmaiņas, kas tika konstatētas eksperimenta dzīvniekiem atšķirībā no kontroles, bija iekaisuma infiltrācija, audu tūska, trahejas epitēlija bazālo šūnu hiperplāzija, sekundāro mezgliņu daudzums un hialīna skrimšļa deģenerācija. Abās grupās bija novērota limfocītu un makrofāgu infiltrācija.

Izvērtējot trahejas audu iekaisuma citokīnus, eksperimenta dzīvnieku audos konstatēja tendenci palielināties IL1 saturošo struktūru relatīvajam daudzumam, bet tendenci samazināties IL6 un TNF- α saturošo struktūru daudzumam. Defensīna ekspresija abu dzīvnieku grupās ir vienādi augsta.

Eksperimenta dzīvnieku plaušās galvenās pārmaiņas bija izteikta iekaisuma šūnu infiltrācija, dažkārt bija perēklveida, bet vienam dzīvniekam izvērtās pneimonija. Konstatēta asinsvadu pilnasinība, perēklveida un/vai difūzi izvietoti limfātiskie mezgliņi un, visbeidzot, asinsvadu skleroze un perēklveida emfizēma. Eksperimenta dzīvnieku plaušās palielinājās IL1 un defensīnu saturošo šūnu daudzums, kamēr IL6 un TNF- α saturošo šūnu skaits variēja. Apoptotisko šūnu skaits eksperimenta dzīvnieku plaušās palielinājās, lai gan netika atrasta statistiski ticama atšķirība no kontroles dzīvniekiem.

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

Veicot sagatavoto paraugu mikroskopēšanu, bija redzams, ka mitohondriji izvietoti galvenokārt ap šūnu kodolu. Daļiņas šūnā lielākoties lokalizējas difūzi. Turklāt šūnās visticamāk bija notikusi daļiņu eksocitoze (daļiņu izvadīšana vai šūnas fragmentācija, izsviežot bojātos šūnu sektorus no šūnas), jo paraugā ārpus šūnas bija redzami mitohondriji, kas varētu norādīt uz daļiņu nelabvēlīgo ietekmi uz mononukleāro šūnu funkcionāliem un tam sekojošu šūnas nekrozi (skat. 3.5.1.attēlu). Šūnu aktīns aptver daļiņas. Pastāv iespējamība, ka daļiņas ir lokalizējušās arī mitohondrijos.



3.5.1. att. Konfokālā mikroskopa attēls: a) zaļais – šūnas aktīns; b) sarkanais/oranžais – mitohondriji; c) zilais – putekļu daļiņas; d) eksocitozes process (dzeltenā bultā)

Interleikīna (IL-6) ekspresija atkarībā no eksperimentā modelētām koncentrācijām. IL – 6 ir viens no pirmajiem marķieriem, kas norāda uz akūtu iekaisuma procesu šūnā. Tā producēšanā liela nozīme ir makrofāgiem.

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

3.6. Iekštelpu gaisa kvalitātes rādītāju rekomendējamie lielumi Latvijā

Rekomendējamie testējamie rādītāji iekštelpu gaisā ir šādi: mikroklimats (temperatūra, mitrums, gaisa kustība), CO₂ („svaiga” gaisa indikators), NO₂, ozons, gaistošie organiskie savienojumi (t.sk., aldehīdi), putekļu daļiņas (t.sk. nanodaļiņas) pēc virsmas laukuma un skaita.

Balstoties uz darbā veiktiem pētījumiem, RSU Darba drošības un vides veselības institūta (DDVVI) pētnieku grupa noteikusi pamatprincipu nanodaļiņu virsmas laukuma un skaita interpretācijai nerūpnieciskā darba vidē, t.i., salīdzināt reālos mērījumus ar mērījumiem nosacīti „tīrās telpās” jeb references telpā. Pētījumā noteikti rekomendējamie lielumi nanodaļiņu virsmas laukumam un skaitam, pamatojoties uz kopējo situāciju Latvijas biroju telpās,

definējot fona lielumu (references lielums) un pieļaujamo lielumu, kas balstīts uz vidējo lielumu, kāds konstatēts biroja telpās.

Promocijas darbā analizēto biroju darbinieku pašsajūta un reālo mērījumu rezultāti norāda uz to, ka biroju darba vide lielākoties ir piesārņota un rada diskomfortu un veselības sūdzības darbiniekiem. Tāpēc nepieciešams ieviest likumdošanā pasaulē pieņemtos iekštelpu gaisa kvalitātes rādītājus un to rekomendējamus lielumus.

Nepieciešamas diskusijas ar kompetentiem speciālistiem par radona un H₂S ekspozīcijas aktualitāti Latvijas iekštelpu gaisā. Kā arī nepieciešams pārskatīt mikroklimata rekomendējamus lielumus, jo MK noteikumos Nr. 359 minētie lielumi ir pretrunā ar ISO 7730:2005 minētiem lielumiem, kas piemērojami viegla darba veicējiem.

4. DISKUSIJA

Pētījumā iegūtie mērījumi biroju darba vidē parāda, ka putekļi (t.sk. nanodaļiņas, kas novērtētas pēc daļiņu virsmas laukuma un skaita), gaistošie organiskie savienojumi un neorganiskās gāzes rada paaugstinātu piesārņojuma līmeni biroju telpās.

Pirmo reizi darba vides novērtēšanas nolūkos tika veikts **putekļu daļiņu virsmas laukuma** novērtējums iekštelpu gaisā alveolārai frakcijai (< 250 nm, t.i., no 10 līdz 250 nm) un traheobronhiālai frakcijai (< 1000 nm, t.i., no 250 līdz 1000 nm), kas norādīja, ka visaugstākās koncentrācijas biroja telpās bija pat 9,3 reizes (alveolārai frakcijai) un 16,7 reizes (traheobronhiālai frakcijai) lielākas nekā „vistīrākā jeb references” telpā. Savukārt, **putekļu daļiņu skaita** koncentrācija- *vispiesārņotākā* biroja telpā bija 7,9 reizes augstāka nekā „vistīrākā jeb references” telpā.

Pētījumā novērota izteikta sakarība starp alveolārās frakcijas virsmas laukuma koncentrācijām un daļiņu skaita koncentrāciju biroja telpās, t.i., vienlaikus veicot abu parametru mērījumus, maksimālās vērtības tika iegūtas vienā un tajā pašā laikā – mērījumu koncentrāciju dinamika bija līdzīga.

Kopumā pētījuma dati norāda uz putekļu daļiņu piesārņojuma izteiktu tendenci palielināties atkarībā no kopēšanas/drukāšanas intensitātes, telpas raksturojuma, biroja atrašanās pilsētas centrā, ventilācijas sistēmas darbības efektivitātes un, protams, mīkstā grīdas seguma.

Jāatzīmē, ka Latvijā un pasaulē nav izstrādātu normatīvo lielumu putekļu daļiņu skaita un virsmas laukuma izvērtēšanai. Turklāt putekļu daļiņu virsmas laukuma mērījumi nerūpnieciskā darba vidē nav publicēti. Tāpēc, pamatojoties uz mērījumu datiem, Latvijā kā rekomendējamās normas varētu tikt pielietotas: putekļu skaita zemākā rekomendējamā vērtība – 2000, bet augstākā – 10000 daļiņas/cm³; alveolārās frakcijas putekļu daļiņām zemākā rekomendējamā vērtība – 6,0 μm²/cm³, bet augstākā – 25 μm²/cm³;

traheobronhiālai frakcijas putekļu daļiņām zemākā rekomendējamā vērtība ir $1,5 \mu\text{m}^2/\text{cm}^3$, bet augstākā – $15,0 \mu\text{m}^2/\text{cm}^3$.

Biroju telpās tika veikta arī kompleksa ķīmisko vielu izvērtēšana, kas līdz šim biroju darba vidē nebija veikta. Kā rāda pētījuma dati, tad biroju gaisā Latvijā pirmo reizi ir identificēti 19 dažādu savienojumu grupu GOS: formaldehīds, acetaldehīds, propilaldehīds, butilaldehīds, benzilaldehīds, metāns, etāns, propāns, heksāns, acetons, etanols, izopropanols, etilacetāts, butilacetāts, toluols, etilbenzols, ksiloli, dibutilftalāts, ogļūdeņraži (sumāri pēc oglekļa). Par šī tipa savienojumu klātbūtni dažādu iekštelpu gaisā norāda arī citi pētnieki [*Carslaw, 2009; Wolkoff, 2005 un 2006, Bernstein, 2007*]. Bernstein un līdzautori pētījumos konstatēts, ka biroju mēbeles ir būtisks formaldehīda, acetaldehīda, butilaldehīda, butilacetāta un cikloheksanona izdalīšanās avots, no dažādiem tīrīšanas līdzekļiem izdalās formaldehīds, acetaldehīds, izopropanols, limonēns, izopentāns, dihlorbenzols, bet aromātisko savienojumu (stirols, ksiloli, benzols, etilbenzols) emisija no biroja tehnikas ir noteikta eksperimentālās kamerās [*Bernstein, 2007*]. Ķīmisko vielu piesārņojumu iekštelpās rada arī kancelejas preču izmantošana (līmes, lakas, korektori, marķieri u.c.), sadzīves ķīmijas izmantošana (telpu tīrīšanas līdzekļi, biroju tehnikas tīrīšanas līdzekļi, gaisa atsvaidzinātāji u.c.) un darbinieku personīgās higiēnas līdzekļi (smaržas, dezodoranti, kosmētikas līdzekļi u.t.t.) [*Andersson K., 1998; Schechter et al., 2005; Wolkoff, Wikins et al., 2006; Morawska, He, 2007*].

Biroju tehnikas radīto putekļu adsorbēto ķīmisko vielu analizē tika konstatēta noturīgo organisko piesārņotāju klātpūtne, īpaši izdalot polibromēto difenilēteri, kuru izmanto kā liesmu slāpētājvielu. Līdzīgos pētījumos par biroju tehnikas putekļos esošām ķīmiskām vielām arī atklāta noturīgo piesārņotāju klātbūtne [*Rudel, 2003; Harrad, 2008; Fromme, 2009*;].

Darbā iegūtie **gaistošo organisko savienojumu** rezultāti norādīja uz paaugstinātu formaldehīda līmeni (ekspozīcijas indekss (EI) > 0,75) biroju telpās 70,6% gadījumos, etilacetāta līmeni – 72,1% gadījumu, ogļūdeņražu (summāri pēc C) līmeni – 13,6% gadījumos, citi gaistošie savienojumi atrasti mazākās koncentrācijās.

Darbā tika atrasta aldehīdu koncentrācijas paaugstināšanās saistībā ar ventilācijas trūkumu telpā, kā arī mīkstā grīdas seguma esamību telpā (acetaldehīda gadījumā), bet telpās ar cita veida grīdas segumu (bija krāsota vai lakota koka grīda) novērota paaugstinātu formaldehīda koncentrāciju.

Jāatzīmē, ka darbā tika iegūti statistiski ticami rezultāti, ka toluola un ogļūdeņražu (summāri) koncentrācijas ir augstākas telpās ar mīksto grīdas segumu. Telpās ar aktīvu kopēšanas un printēšanas darbību bija novērojamas tendences, ka toluolam, etilacetātam, etanolam, butilacetātam un ogļūdeņražiem (summāri) bija nedaudz augstāka koncentrācija. Organisko savienojumu piesārņojuma avoti iekštelpās, galvenokārt ir no telpu apdares materiāliem,

mēbelēm, biroja tehnikas un aprīkojuma, darbinieku higiēnas līdzekļiem, telpu un biroja tehnikas tīrīšanas līdzekļiem, apkārtējās vides piesārņojuma [Kotzias, 2005; Wolkoff, 2006; Bernstein, 2007]. Vēl jāpiemin fakts, ka datortehnika darbojoties uzkarst, līdz ar to uzkarst arī virsma, uz kuras tā ir izvietota, kā rezultātā iekštelpās var paaugstināties aldehīdu un citu gaistošo organisko savienojumu koncentrācijas.

Visās biroja telpās tika konstatēta slikta ventilācijas organizācija (gaisa kustības ātrums $< 0,05$ m/s), līdz ar to arī ķīmisko vielu piesārņojuma līmenis būtiski neatšķiras, ja datus analizē pēc ventilācijas stāvokļa, kopēšanas/printēšanas aktivitātēm un mīkstā grīdas seguma telpās.

Jāņem vērā, ka vienvirziena iedarbības ķīmisko vielu (kairinošas ķīmiskās vielas) koncentrācijas summējas un var radīt biroja darbiniekiem paaugstinātu risku veselības traucējumu attīstībā. Nozīmīgs ir arī fakts, ka biroja telpās ir slikta ventilācijas sistēmas organizācija un vidējā gaisa temperatūra virs $+20^{\circ}\text{C}$, kas veicina ķīmisko vielu izdalīšanos telpā un uzkrāšanos, tādējādi nodrošinot ilgstošu ķīmisko vielu ekspozīciju un paaugstinot iespējamo nelabvēlīgo ietekmi uz biroja darbinieku veselību.

Neorganisko gāzu (slāpekļa dioksīda (NO_2), sēra dioksīda (SO_2), ozona (O_3) un oglekļa dioksīda (CO_2)) kompleksa izpēte biroju telpās nenotiek, tāpēc darbā ir veikta neorganisko gāzu izvērtēšana, lai plānotu to noteikšanas lietderību nerūpnieciskā darba vidē nākotnē.

NO_2 un SO_2 koncentrācija biroja telpās galvenokārt ir saistīta ar apkārtējās vides piesārņojumu, līdz ar to šīs vielas telpās nonāk caur ventilācijas sistēmu, atvērtiem logiem un durvīm, kā tas ir redzams, analizējot SO_2 koncentrācija atkarībā no ventilācijas esamības telpā. SO_2 koncentrācijai bija tendence būt augstākai telpās bez ventilācijas, jo notiek telpu vēdināšana, atverot logus vai durvis. Savukārt NO_2 koncentrācija statistiski ticami augstāka konstatēta telpās, kurās noris aktīva dokumentu printēšana un kopēšana, kas skaidrojams ar NO_2 izdalīšanos biroju iekštelpu gaisā šo procesu rezultātā. Lielākā SO_2 un NO_2 koncentrācija tika konstatēta arī biroja telpās, kuru atrašanās vieta bija tuvāk pilsētas ielām ar intensīvāku transporta kustību. Ņemot vērā pētījuma un literatūrā minētos datus [Kotzias, 2009] NO_2 ir nozīmīgāks iekštelpu piesārņotājs nekā SO_2 .

Ozona avoti biroja telpās ir apkārtējās vides gaiss un cilvēku aktivitātes birojā (kopēšana, gaisa jonizēšana). Biroju telpās 62,5% gadījumu O_3 pārsniedz pieļaujamo normu ($\text{EI} > 1$), turklāt biroja telpās, kurās nav ventilācija ($p < 0,05$) un noris aktīva printēšana un kopēšana, bija izteikta dinamika ozona koncentrācijai pieaugt dienas otrā pusē. Dienas gaitā gan slāpekļa dioksīda, gan ozona koncentrācijas pieaug, kas ir skaidrojams ar kopējamo dokumentu apjoma pieaugumu darba laikā un neefektīvo ventilācijas sistēmu darbību telpās, līdz ar to netiek nenodrošināta pietiekama gaisa apmaiņa. Gaisa piesārņotāji NO_2 , SO_2 , O_3 ir testēti līdzīgā pētījumā Somijā, kur

skatīts, kā ārējais gaisa piesārņojums ietekmē iekštelpu gaisa kvalitāti [Koponen, 2000].

Oglekļa dioksīda (CO₂) mērījumu dati norāda, ka vairāk nekā pusē gadījumu rekomendējamais lielums biroja telpās tika pārsniegts jau no rīta. Telpās, kurās nav ventilācijas, bija vērojama izteikta tendence CO₂ koncentrācijai pieaugt, salīdzinot rīta, pusdienas un pēcpusdienas (vakara) CO₂ koncentrāciju. Kopumā CO₂ rezultāti liecina, ka ventilācijas sistēma nenodrošina pietiekamu „svaiga gaisa” padevi biroja telpās, jo ventilācijas sistēmas darbība ir neregulāra un/vai notiek gaisa recirkulācija. Cīņu valstu pētījumi norāda, ka veselības 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), ko veicina cilvēku skaits telpā un nesabalansētas ventilācijas sistēmas [Kinshella, 2001; Lindgren, 2009; Scheff, 2000; Woodcock, 2000].

Mikroklimatam (gaisa relatīvais mitrums, gaisa temperatūra, gaisa kustības ātrums) ir nozīmīga loma paaugstināta iekštelpu gaisa piesārņojuma līmeņa un darbinieku diskomforta/veselības traucējumu izraisīšanā.

Gaisa mitruma dati biroja telpās parādīja, ka gaisa mitrums viszemākais ir atvērtā biroja tipa telpās un visaugstākā maksimālā gaisa mitruma vērtība ir konstatēta pēcpusdienā (vakarā) birojos, kuros nav ventilācijas sistēmas. Tas skaidrojams ar darbinieku aktivitātēm birojā (telpu vēdināšana – apkārtējā vidē gaiss ir mitrāks). Salīdzinot **gaisa temperatūras** atbilstību normām, tās nepārsniedza pieļaujamās normas nedz aukstajā gada periodā, nedz siltajā, bet darbinieki subjektīvi atzīmēja, ka gaisa temperatūra telpās ap +25,0 °C, ir par augstu un rada diskomfortu. Gaisa temperatūras rezultāti norāda uz to, ka mērījumu veikšanas laikā (ziemā un pavasarī) parādās gaisa temperatūra virs +24°C, līdz ar to vasarā šī problēma var saasināties. **Gaisa kustības ātruma** mērījumi parādīja, ka 100% visās telpās ir nepietiekama gaisa kustība, kas norāda uz ventilācijas sistēmas nepareizu organizāciju. Darbiniekiem netiek nodrošināti komforta apstākļi, radot organisma pārkaršanas vai atdzišanas draudus.

Visi trīs mikroklimata rādītāji ir jāapskata kopā, darbā bija redzamas pastāvošās kopsakarībām, t.i., samazināts gaisa mitrums, lielākoties, saistīts arī ar paaugstinātu temperatūru un samazinātu gaisa kustības ātrumu biroja telpās.

Pamatojoties uz mērījumu veikšanas pieredzi un iegūtiem rezultātiem, redzams, ka visi mikroklimata un ķīmisko vielu mērījumi būtu jāveic monitoringa režīmā - visu darba dienu, vislabāk, izmantojot automātiskās datu reģistrēšanas iekārtas, lai varētu izsekot rādītāju pīķa lielumiem un analizēt to cēloņus un savstarpējo mijiedarbību.

Darbā veiktā biroju **darbinieku sūdzību par veselību analīze** (*odds ratio – izredžu attiecība*) norādīja uz darba vides apstākļu nelabvēlīgo ietekmi

uz darbinieku labsajūtu un veselību.

Izredžu attiecību analīzei tika skatītas sūdzību par veselību esamība vai trūkums starp konkrētam darba vides faktoram eksponēto un neeksponēto darbinieku grupu. Katram darba vides riska faktoram tika identificētas vairākas specifiskas veselības sūdzības, kas arī tika apskatītas un analizētas padziļināti.

Nozīmīgākie darba vides nelabvēlīgie apstākļi, kas varētu būt cieši saistīti ar izteiktiem veselības traucējumiem (sūdzībām), ir **pārāk maza gaisa plūsma** (pastāvīgu nogurumu, nespēku un miegainību – OR=2,1; tekošu vai aizliktu degunu – OR=2,2; galvassāpes – OR=2,0 u.c.), **paaugstināta temperatūra** (sausas, niezošas un iekaisušas acis – OR=2,2; sausa āda – OR=1,7; tekošs vai aizlikts deguns – OR=1,7 u.c.), **pārāk sauss gaiss** (sausu ādu – OR=3,4; sausas, niezošas vai iekaisušas acis – OR=2,5; iekaisis un sauss kakls (rīkle) – OR=1,7; šķaudīšana – OR=1,9; tekošs vai aizlikts deguns – OR=1,8 u.c.); **ķīmisko vielu smarža** (slikta dūša vai nelabuma sajūta – OR=2,6; galvas reibšana – OR=2,0; tekošs vai aizlikts deguns – OR=2,6; pastāvīgs nogurums, nespēks vai miegainība – OR=2,2 u.c.), **cita veida smaržu**, ko darbinieki raksturoja kā smacīgsu gaisu ar sviedru, kosmētikas, virtuves smaržu komponentēm (galvassāpes – OR=1,9; galvas reibšana – OR=1,6); pastāvīgs nogurums, nespēks vai miegainība – OR=2,1; grūtības atcerēties vai koncentrēties – OR=2,8 u.c.). Darbiniekiem, kuri norāda, ka telpās ir “smacīgs gaiss”, veselības simptomu attīstībā nozīme ir paaugstinātām CO₂ koncentrācijām telpās, uz ko norāda mērījumu rezultātu analīze, kā arī veikto korelāciju analīze starp CO₂ mērījumiem un šīm veselības problēmām.

Darbā tika veikta arī biroja biroja tehnikas un kancelejas preču radītā iekštelpu piesārņojuma iespējamās ietekmes uz darbinieku veselību izvērtējums, kur veselības problēmu attīstībā nozīme ir **kopētāju lietošanai** (klepus – OR=1,4; tekošs vai aizlikts deguns – OR=1,4, iekaisušu un sausu kaklu (rīkle) – OR=1,3 u.c.), **lāzerprinteru lietošanai** (galvassāpes – OR=1,6; pastāvīgs nogurums, nespēks vai miegainība – OR=1,6; iekaisis un sauss kakls (rīkle) (OR=1,4) un **biroja kancelejas piederumu** (līmes, korektori, dzēšgumijas, marķieri) **izmantošanai** (galvassāpes – OR=1,7; galvas reibšana – OR=1,4; slikta dūša vai nelabuma sajūta – OR=1,6 u.c.). Tā kā korektori, līmes, marķieri, lielākoties, ir pielāgoti ērtai lietošanai, t.i., lai ātrāk nožūst un ir kvalitatīvāks rezultāts (noturīgāks, izteiktāks), tad produktam pievienotas dažādas ķīmiskās vielas, piemēram, lai ātrāk nožūtu, pievieno gaistošāku ķīmisko vielu, kas izgaro gaisā un rada lielāku šīs vielas koncentrāciju biroju telpās. Turklāt, lietojot šos rīkus, darbinieks, visticamāk, noliecas virs veicamā darba, kas nozīmē, ka ķīmisko vielu izgarojumus nonāk tieši darbinieku elpošanas zonā.

Promocijas darbā tika identificēta lāzerprinteru izdalīto nanodaļiņu (raksturīgākais izmērs: 40 – 70 nm) klātbūtne biroju darba vides gaisā. Kopētāju un lāzerprinteru lietošana biroju telpās, kur iekārtotas arī darbinieku

darba vietas, pasaulē tiek pastiprināti pētīti, to nosaka identificētais jaunais riska faktors darba vidē – nanodaļiņas, kas izdalās kopēšanas un printēšanas rezultātā. Šīs putekļu daļiņas var būt bīstamas biroju darbinieku veselībai, jo tās ir ļoti sīkas un ilgstoši var atrasties iekšelpu gaisā, it īpaši, ja nav efektīva ventilācijas sistēma telpā. Biroju darbinieki ilgstoši var tikt pakļauti šo ultrasīko putekļu daļiņu iedarbībai, jo tās var nonākt dziļi elpošanas sistēmā (alveolās) un var iekļūt arī asinsritē. Turklāt, toneru pulveros esošās sīkās daļiņas satur dažādus ķīmiskos savienojumus, kas tiek pievienoti, lai nodrošinātu drukas kvalitāti, noturību. Kopēšanas un printēšanas process noris paaugstinātā temperatūrā, kas veicina organisko savienojumu un putekļu daļiņu pastiprinātu izdalīšanos, bez tam, sakarstot kopētāja un printera plastikāta, gumijas detaļām, gaisā var nokļūt dažādi ķīmiskie savienojumi. Līdz ar to ķīmiskā piesārņojuma līmenis kopēšanas un printēšanas procesu laikā ievērojami palielinās, kas ir noskaidrots veicot eksperimentālus pētījumus mērtījumus gan kopēšanas, gan printēšanas procesu laikā [Brown, 1999; Schecter et al., 2005; Morawska, He, 2007].

Promocijas darba pētījuma ietvaros biroju darba vidē noris kopēšanas un printēšanas darbi, neatdalot darba vietas no jaudīgām kopēšanas un printēšanas iekārtām, kas kopumā veicina sliktu iekšelpu gaisa kvalitātes rašanos telpās. Līdz ar to kopēšanas un printēšanas darbi dod savu ieguldījumu galvassāpju, miegainības un noguruma, klepus, šķaudīšanas, iekaisušus acu un citu kairinājumu attīstībai. „Labā prakse” birojos ir novietot kopētājus pēc iespējas tālāk no darba vietām, kurās ir iespējas veikt telpu ventilēšanu (vēdināšanu), turklāt, tas veicina arī darbinieku izkustēšanos no ilgstoši sēdošas pozas, atpūtinot gan acis, gan muguru un sprandu, gan sniedot atslodzi no darba procesa.

Pētījuma dati rāda, ka biroju darbinieki vairāk lieto lāzerprinterus (57,6%) nekā kopētājus (42,3%), tas ir redzams arī izredžu attiecību (OR) rezultātos, jo lāzerprinteru lietotājiem ir nedaudz lielākas izredzes iegūt iekaisušu un sausu kaklu. Tomēr kopētāju lietošana rada nedaudz paaugstinātas izredzes iegūt putekļu daļiņu izraisītos, raksturīgākos veselības traucējumus klepu un tekošu vai aizliktu degunu. Skaidrojumam var izmantot literatūras datus, ka kopētāji gaisā izdala daudz lielākās koncentrācijas sīkās putekļu daļiņas nekā lāzerprinteri, kas atrodas biroju telpās pie darbiniekiem (Morawska et al., 2007). Darbā tika identificētas lāzerprinteru izdalīto nanodaļiņu (raksturīgākais izmērs: 40 – 60 nm) klātbūtne biroju darba vides gaisā.

Liela nozīme ir arī darba vides raksturojumam, jo birojos tika konstatēts, ka **ventilācijas trūkums** (sausas, niezošas vai iekaisušas acis – OR=1,9; galvassāpes – OR=1,4; nogurušas vai sasprindzinātas acis – OR=1,6; sausa āda – OR=1,6 u.c.) un **mikstais grīdas segumas** telpā (sausas, niezošas

vai iekaisušas acis – OR=1,9; tekošs, aizlikts deguns – OR=1,4; šķaudišana – OR=1,5; sausa āda – OR=1,7 u.c.) arī var radīt paaugstinātu iespēju iegūt veselības traucējumus. Jāatzīmē, ka mīkstais grīdas segums ir sekundārs piesārņojuma avots, uz ko norāda putekļu daļiņu mērījumi birojos, t.i., putekļi tajā var uzkrāties, kā arī paklāju tīrīšanai bieži izmanto specifiskus tīrīšanas līdzekļus, kas var saturēt ķīmiskus savienojumus un kas nelabvēlīgi iedarbojas uz darbinieku veselību (Bønløkke *et al.*, 2006).

Darba rezultāti rāda, ka visās biroju telpās tika konstatēta pārāk maza gaisa plūsma, kas norāda uz neefektīvu ventilācijas sistēmas organizēšanu un/vai darbību, kā rezultātā telpā nav „svaiga gaisa”, un telpās ir paaugstināts ķīmisko vielu piesārņojuma līmenis, piemēram, telpās paaugstināta oglekļa dioksīda koncentrācija (cilvēki saelpo), kas var izraisīt nogurumu, galvassāpes. Arī citas ķīmiskās vielas (putekļu daļiņas, aldehīdi, ogļūdeņraži, u.c. var radīt dažādus veselības traucējumus, kas saistīti ar ādas un gļotādas kairinājumu (iekaisis kakls, klepus, šķaudišana u.c.). Turklāt paaugstināta temperatūra un sauss gaiss var pastiprināt citu darba vides riska faktoru nelabvēlīgu ietekmi uz darbinieku veselību, radot gļotādas sausumu, samazinot organisma aizsargspējas un veicinot specifisku veselības simptomu attīstību.

Protams, nav izslēgts, ka daļu novērotos veselības simptomus izraisa darbinieku psiholoģiskais aspekts, piemēram, pašsūģestija – „nav ventilācija un ir slikta pašsajūta”, taču darbā nebija iespējams sīkāk izvērtēt psihosociālos jāucējfaktorus.

Darbā veikta **daudzfaktoru analīze** norādīja, ka biroju darba vidē, kur ir samazināts gaisa mitrums (sausss gaiss) ir izteikti lielākas iespējas iegūt sausu ādu (OR=2,53), elpas trūkumu (OR=2,06), sausas, niezošas vai iekaisušas acis (OR=1,65), iekaisušu un sausu kaklu (OR=1,52), bet biroja telpās, kurās ir samazināts gaisa kustības ātrums, darbiniekiem var novērot tekošu vai aizliktu degunu (OR=1,64), šķaudišanu (OR=1,61) un sausu ādu (OR=1,49). Savukārt biroja telpās, kurās ir paaugstināta gaisa temperatūra, ir novērojamas lielākas izredzes darbiniekiem novērot sausas acis (OR=1,60) un pastāvīgu nogurumu, nespēku un miegainību (OR=1,51), bet telpās ar pazeminātu gaisa temperatūru – šķaudišanu (OR=1,47) un telpās ar paaugstinātu gaisa kustības ātrumu – klepu (OR=1,69) un galvassāpes (OR=1,67). Izvērtējot biroju telpās novēroto izteiktu ķīmisko vielu smaržu, dati rāda, ka darbinieki sūdzās par tekošu vai aizliktu degunu (OR=2,53), iekaisušu un sausu kaklu (OR=2,56), sliktu dūšu (OR=2,52) un galvas reibšanu (OR=1,93). Biroju telpās, kurās darbinieki novēro kancelejas preču izraisīto smaržu (korektori, līmes u.c.), darbiniekiem var tikt novērotas lielākas izredzes sūdzēties par sliktu dūšu (1,62) un klepu (OR=1,47). Savukārt biroja telpās, kurās ir novērojama cita veida smarža (smacīgs gaiss), darbiniekiem ir novērojamas tādas veselības sūdzības, kā pastāvīgs nogurums, nespēks un miegainība (OR=2,29), slikta dūša (OR=1,57)

un galvassāpes (OR=1,54). Jāņem vērā, ka veselības sūdzības ir saistītas arī ar biroju darbinieku dzimumu un vecumu.

Kopumā dati norāda ne tikai uz iekštelpu gaisa kvalitātes problēmām, bet arī uz darba organizācijas vispārējām problēmām birojos, t.i., darbs pie datora, kas ar gadiem saasina ar acīm saistītās problēmas, kā arī darbinieku sprandas un muguras problēmas norāda uz ergonomiskas dabas problēmām birojos.

Sakarību analīze starp darba vides mērījumiem un veselības sūdzībām norādīja, ka pastāv ciešas sakarības starp **ogļūdeņražu un aldehīdu** koncentrācijām un specifiskiem veselības simptomiem: grūtibām atcerēties un/vai koncentrēties un galvassāpēm. Šīs veselības sūdzības ir tieši saistītas ar konstatēto ķīmisko vielu piesārņojuma līmeni iekštelpu gaisā, jo gaistošie organiskie savienojumi ietekmē centrālās nervu sistēmas (CNS) darbību, kā rezultātā var rasties problēmas ar spēju koncentrēties un atcerēties, protams, arī galvassāpes, jo, ilglaicīgi iedarbojoties uz darbinieku, kaut arī salīdzinoši zemās koncentrācijās, dažādu ķīmisko vielu „kokteilim”, var rasties CNS centru kairinājums. Savukārt, **gaisa plūsmas un mitruma** rādītāji neuzrādīja nozīmīgas sakarības, un tas būtu skaidrojams ar nelielo mērījumu skaitu, kā arī rezultātu mazo izkliedi gaisa plūsmas gadījumā. Turklāt ciešas sakarības starp paaugstinātu **temperatūru** telpā un galvas reibšanu un sliktu dūšu varētu skaidrot ar darbinieku ķermeņa pārkaršanas sekām, it īpaši izteikts tas ir vasaras sezonā telpās, kurās ir vāja ventilācijas darbības organizācija, kā arī ar kompleksu citu faktoru iedarbību (ķīmisko vielu ekspozicija, samazināts mitrums un paaugstināta CO₂ koncentrācija).

CO₂ ir viens no svarīgākajiem rādītājiem, kas raksturo paaugstināto ķīmisko vielu koncentrāciju telpās. Tā avots ir galvenokārt cilvēki, augstās šī piesārņotāja koncentrācijas telpās norāda uz „svaiga gaisa trūkumu”, kas saistīts ar nepietiekošu ventilācijas darbību (svaiga gaisa apmaiņu). Tika atrastas ciešas sakarības starp CO₂ līmeni telpās un tādiem veselības simptomiem kā koncentrēšanās spējam, nogurumu, galvassāpēm un šķaudīšanu.

Putekļu daļiņu koncentrācija darba vidē un veselības sūdzības par: klepu, elpas trūkumu u.c., iespējams daudz ciešāk korelētu, ja būtu lielāka mērījumu datu bāze un mērķtiecīgāka veselības simptomu identifikācija.

Jebkādu veselības traucējumu esamība rada paaugstinātu diskomfortu darbiniekiem, tie ietekmē darba produktivitāti un kvalitāti. Motivācija ir lielāka strādāt sakārtotā darba vidē, nevis telpās ar sliktu gaisa kvalitāti.

Kopumā sakarības starp iekštelpu gaisa kvalitātes rādītājiem un veselības traucējumiem uzskatāmi norāda uz savstarpējo saistību. Sakarību objektīvākai izvērtēšanai būtu nepieciešami papildu mērījumu un aptaujas dati, kā arī medicīniskās apskates dati (analīzes, funkcionālie izmeklējumi).

Lai izvērtētu biroju aprīkojuma un vides apstākļu iespējamo ietekmi uz darbinieku veselību, tika veikti **eksperimenti ar dzīvniekiem un asins šūnām. Dzīvnieku eksperiments** veikts 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 noskaidrots, ka eksperimentālo dzīvnieku atrašanās 28 dienas šādos apstākļos, ietekmē to organisma funkcionālo stāvokli. Eksperimentā konstatēta eksperimentālās grupas dzīvnieku masas pieauguma samazināšanās eksperimenta beigās, salīdzinot ar kontroli. Augšējos elpceļos novērota šūnu proliferācija, palielināts kopējo epitēlijšūnu skaits, neitrofilu (graudoaino leukocītu) un limfocītu skaits. Savukārt pētījumā konstatēto neitrofilu skaita samazināšanos plaušu audos varētu ietekmēt arī konstatētās imūnās sistēmas funkcionālās izmaiņas. Makrofāgu skaita samazināšanās augšējos elpceļos varētu liecināt par fagocitārās funkcijas izsīkumu [Topfer G, 1990; Vander, 1990].

Iekaisuma citokīnus IL-1, TNF- α producē aktivizēti makrofāgi, tie tiek uzskatīti par agrīniem iekaisuma mediatoriem. To līmeņa paaugstināšanās, kā tas tika novērots dotajā eksperimentā, var liecināt par iekaisuma procesa attīstību. Arī C-reaktīvā olbaltuma paaugstināšanās liecina par iekaisuma procesa attīstību.

Paaugstināto superoksīddismutāzes un reducētā glutationa līmeni var uzskatīt par norādi uz oksidatīvā stresa pieaugumu, kas ir kompensēts, jo pārējo antioksidatīvo enzīmu aktivitāte nebija paaugstināta. Literatūrā ir norādne par tiešu saistību starp brīvo radikāļu daudzumu un iekaisuma procesu [Makay B, 2009].

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. D limfocītus uzskata par T un B šūnu priekštečiem un to skaita palielināšanās liecina par T un B šūnu aktivāciju, imunitātes stimulāciju.

CIK (cirkulējošais imūnkomplekss) ir antigēna un antivielas savienojums, kas mūsu pētījumā ir paaugstinājies. Iekaisuma procesā organismā CIK var paaugstināties, un tas tiek uzskatīts, kā imūnās sistēmas atbildes reakcija [Bier O, 1981].

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

IL1 ekspresējošo struktūru daudzumam bija tendence palielināties elpošanas sistēmas orgānos mēnesi pēc biroja tehnikas piesārņojuma regulāras ieelpošanas. IL6 un TNF α stabili samazinājās trahejas audos, bet variēja iekaisuma skartajās plaušās galvenokārt uzrādot intensīvu ekspresiju no

perēkļveida iekaisuma infiltrāta šūnām ap sekundārajiem mezgliņiem, ko, iespējams, nosaka lokālo audu aizsardzību ietekmējošie faktori.

Antimikrobaiss peptīds defensīns bagātīgi izdalījās visā elpošanas sistēmā, kaut gan izteikta iekaisuma gadījumā tā saturošo struktūru skaitam bija tendence palielināties.

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

Pētījuma gaitā novērotās izmaiņas liecina par kompensējamu iekaisuma procesa attīstību eksperimentālajiem dzīvniekiem, kas bija pakļauti biroja piesārņojuma pasīvai ekspozīcijai 28 dienas. Iekšelpu gaisa kvalitātes novērtējums norāda uz paaugstinātu piesārņojuma līmeni biroja telpā, kurā tika izvietoti eksperimentālās grupas dzīvnieki. Tas varētu būt par iemeslu ķīmisko vielu, arī nanodaļiņu, nelabvēlīgai ietekmei uz eksperimentālo dzīvnieku elpošanas sistēmas audiem, iekaisuma rādītāju (C reaktīvais olbaltums un TNF- α līmenis) statistiski ticamam ($p < 0,05$) palielinājumam, kā arī dažu oksidatīvā stresa rādītāju (superoksīddismutāze, reducētais glutations) statistiski ticamam ($p < 0,05$) palielinājumam.

Perifēro mononukleāro asins šūnu eksperimenta rezultātu analīze, t.i., putekļu daļiņu vizualizēšana perifērās mononukleārās asins šūnās parādīja, ka daļiņas konstatētas gan uz tām, gan šūnās. Analizējot attēlus, redzams, ka šūnās 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 un tas varētu nelabvēlīgi ietekmēt šūnu funkcijas.

Eksperimentā novērots, ka lielākā daļiņu koncentrācija izraisīja augstāku IL6 ekspresiju, kas kopumā varētu norādīt uz organisma reakciju un pirms iekaisuma pazīmēm – akūts iekaisums. Lai varētu detalizētāk novērtēt šūnu atbildes reakciju uz kairinātāju, būtu nepieciešams noteikt vēl citus rādītājus, piemēram, IL1, TNF α un izmēģināt vairākus ekspozīciju scenārijus.

Visi pētījuma dati norāda, ka nerūpnieciskā darba vidē (birojos) pastāv dažādi darba vides faktori, kas var biroju darbiniekiem radīt paaugstinātu risku attīstīties veselības traucējumiem. Turklāt eksperimentu rezultāti norāda uz birojā esošā iekšelpu gaisa kvalitātes nelabvēlīgo ietekmi uz dzīvnieku audiem un šūnu funkcijām.

Izskatot iekšelpu gaisa kvalitātes novērtēšanas vadlīnijas, var secināt, ka Latvijā ķīmisko vielu pieļaujamās koncentrācijas iekšelpām nav izstrādātas, kā references līelumi praksē tiek izmantotas apkārtējai videi noteiktās normas. Daudziem iekšelpās esošiem piesārņotājiem (GOS, formaldehīdam, - CO₂), Latvijā ir noteiktas tikai arodekspozīcijas robežvērtības rūpnieciskā darba videi, kuras nav korekti piemērot nerūpnieciskā darba vidē, jo nerūpnieciskā darba

vide un aprīkojums netiek piemērots darbiem ar ķīmiskām vielām un netiek veikta atbilstoša darbinieku veselības uzraudzība.

Promocijas darbā izstrādāts piedāvājums iekštelpu gaisa kvalitātes rādītāju lielumiem un vadlīnijām iekštelpu gaisa kvalitātes novērtēšanai, kas pamatojas uz citu valstu rekomendētiem rādītājiem.

5. SECINĀJUMI

1. Pēc literatūras datiem un pētnieciskā darba rezultātiem atlasīti nozīmīgākie nerūpnieciskās (biroju) iekštelpu darba vides gaisa kvalitātes rādītāji – putekļu daļiņu skaits un putekļu alveolārās frakcijas virsmas laukums, oglekļa dioksīds, slāpekļa dioksīds, ozons, formaldehīds, ogļūdeņraži (summāri pēc C), etilacetāts, gaisa mitrums, gaisa temperatūra, gaisa kustības ātrums, kuriem biroja darbinieki ir pakļauti regulāri katru dienu.
2. Biroju iekštelpu gaisā atrasts ļoti plašs ķīmisko savienojumu spektrs (t.sk polibromētie difenilēteri, bifenili, ftalāti kopētāju/printeru toneru putekļu sastāvā); lielākai daļai ķīmiskām vielām kā kairinātājiem ir vienvirziena iedarbība uz organismu.
3. Nerūpnieciskās darba vides (biroju) gaisā noteikas ultrasīkās putekļu daļiņas, noteikti daļiņu izmēri (nanoskalā), skaits, diferencēts virsmas laukums kā alveolārā un traheobronhiālā frakcija, ko var izmantot kā nanodaļiņu novērtēšanas kritērijus.
4. Nerūpnieciskās iekštelpu gaisa kvalitātes higiēniskam novērtējumam vispiemērotākais ir gaisa paraugu ņemšanas visas darba dienas monitoringa princips, kas nav balstīts uz ekspresmetožu izmantošanu.
5. Noteikta cieša un vidēji cieša sakarība starp iekštelpu kvalitāti raksturojošo ķīmisko vielu koncentrāciju darba vidē un veselības sūdzībām (grūtībām atcerēties un/vai koncentrēties, galvassāpēm, iekaisušu vai sausu kaklu, kā arī galvas reibšanu un sliktu dūšu); nelabvēlīgo ietekmi pastiprina telpas temperatūra, zems relatīvais mitrums, neatbilstoša ventilācijas sistēmas organizācija, kopēšanas/printēšanas aktivitāte darba vidē, mīksta grīdas segums.
6. Nelabvēlīgiem darba vides riska faktoriem pakļautiem darbiniekiem ir lielākas izredzes sūdzībām par veselību: samazināta gaisa mitruma gadījumā sausa āda (OR=3,4) un sausas un iekaisušas acis (OR=2,5);

ķīmisko vielu iedarbības gadījumā slikta dūša vai nelabuma sajūta (OR=2,6) un pārāk mazas gaisa kustības gadījumā iekaisis, sauss kakls (OR=2,6); šķaudīšana (OR=2,2).

7. Daudzfaktoru analīze norāda uz biroju darbinieku veselības sūdzību saistību ar biroju darba vidē konstatētiem specifiskiem darba vides riska faktoriem (gaisa kustības ātrums, gaisa mitrums, ķīmisko vielu piesārņojums).
8. Eksperimentālos pētījumos ar laboratorijas dzīvniekiem atrasts, ka biroju tehniskā aprīkojuma radītā piesārņojuma pasīvai ekspozīcijai pakļautiem eksperimenta dzīvniekiem novērotās izmaiņas liecina par kompensējamu iekaisuma procesa attīstību (palielinājušies iekaisuma rādītāji (C reaktīvais olbaltums un TNF- α līmenis), oksidatīvā stresa rādītāji (superoksīddismutāze un reducētais glutations), imūnkompetento šūnu skaita izmaiņas norāda uz organisma aizsargreakcijas palielināšanos.
9. Eksperimentālās grupas dzīvnieku trahejas un plaušu audu histoloģiskā analīze arī norāda uz iekaisuma pazīmēm (limfātisko mezgliņu skaita samazināšanās, IL6 un IL1, TNF α , defensīna ekspresija, bazālo šūnu hiperplāzija, apoptotisko šūnu skaita palielināšanās) salīdzinājumā ar kontroles grupas dzīvniekiem.
10. Pētījumos uz perifērām mononukleārām asins šūnām pēc putekļu nanodaļiņu iedarbības ir novērojama eksocitoze (šūnu fragmentācija), kuras laikā no šūnām kopā ar bojātiem šūnu segmentiem tiek izvadīti mitohondriji, bet lielākās ekspozīcijas (augstākas koncentrācijas) gadījumā IL6 ekspresijai eksperimenta paraugos ir izteiktāka tendence.
11. Sagatavots projekts par nerūpniecisko iekštelpu gaisa kvalitātes rādītāju normatīviem lielumiem un vadlīnijas biroju iekštelpu kvalitātes novērtējumam.

Promocijas darbā izvirzīto hipotēžu apstiprinājums

- Pirmā hipotēze par to, ka putekļu daļiņas (t.sk. nanodaļiņas) rada paaugstinātu iekštelpu gaisa piesārņojumu nerūpnieciskā darba vidē tiek apstiprināta, jo putekļu daļiņu virsmas laukuma un skaita mērījumi

parādīja, ka salīdzinot ar references telpu biroja telpās bija pat vairākas reizes paaugstināts putekļu daļiņu līmenis.

- Otrā hipotēze par to, ka sevišķi smalkās putekļu daļiņas (arī nanodaļiņu) izgulsnējas laboratorijas dzīvnieku (žurkas) orgānos, radot tajos funkcionālus traucējumus tiek apstiprināta daļēji, jo nanodaļiņas netika vizualizētas plaušu, aknu, liesas audos, bet histohīmiskie un bioķīmiskie eksperimentālo dzīvnieku izmeklējumi norādīja uz izmaiņām.
- Trešā hipotēze par to, ka piesārņots iekštelpu gaiss birojos rada nelabvēlīgu ietekmi uz biroja darbinieku veselību tiek apstiprināta, jo mērījumu rezultāti norāda uz sliktu iekštelpu gaisa kvalitāti birojos un paaugstinātas izredzes biroju darbiniekiem iegūt veselības sūdzības.

6. PRAKTISKĀS REKOMENDĀCIJAS

Iekštelpu gaisa kvalitātes rādītāju rekomendējamie lielumi

- Noteikt šādus iekštelpu gaisa kvalitātes rādītājus kā nozīmīgākos un obligāti izvērtējamus, veicot darba vides riska faktoru novērtēšanu nerūpnieciskā darba vidē: gaisa mikroklimatu (mitrums, temperatūra, gaisa kustības ātrums), CO₂, NO₂, O₃, formaldehīds, ogļūdeņraži (summāri pēc C), putekļu daļiņu skaits un alveolārās frakcijas virsmas laukums.
- Pārskatīt un ieviest rekomendējamus lielumus šādiem rādītājiem:
 - gaisa relatīvais mitrums – 40 – 60%;
 - temperatūra siltajā gada laikā (vidējā gaisa temperatūra ārpus darba telpām + 10 °C vai vairāk) + 24,5 ± 1°C, bet aukstajā gada laikā (vidējā gaisa temperatūra ārpus darba telpām + 10 °C vai mazāk) +22,0 ± 1°C;
 - gaisa kustības ātrums siltajā gada laikā – 0,12 m/s un aukstajā gada laikā – 0,1 m/s;
 - CO₂ zemākā rekomendējamā vērtība ir 800 ppm un augstākā – 1000 ppm;
 - koncentrācija iekštelpu gaisā visiem aldehīdiem – 0,1 mg/m³;
 - koncentrācija iekštelpu gaisā summāri ogļūdeņražiem – 0,3 mg/m³;
 - putekļu skaitam zemākā rekomendējamā vērtība ir 2000, bet augstākā – 10000 daļiņu/cm³;
 - alveolārās frakcijas putekļu daļiņu zemākā rekomendējamā vērtība ir 6,0 μm²/cm³, bet augstākā – 25 μm²/cm³;

- traheobronhiālās frakcijas putekļu daļiņu zemākā rekomendējamā vērtība ir $1,5 \mu\text{m}^2/\text{cm}^3$, bet augstākā – $15,0 \mu\text{m}^2/\text{cm}^3$
- Ieviest Latvijas normatīvajos aktos nerūpnieciskās darba vides iekštelpu gaisa kvalitātes novērtēšanas vadlīnijas un normatīvos lielumus.

Mērījumu plānošanai un mērīšanai

- Teritorijas, ēkas un telpu inventarizācija (ēkas vecums, ventilācija, telpu uzkopšana u.t.t.), izmantojot speciālas anketas, pirms mērījumu veikšanas.
- Iekštelpu gaisa kvalitātes mērķa noskaidrošana (pirmreizēja vai atkārtota darba vides risku izvērtēšana, vai arī darbinieku sūdzību izskatīšana), lai identificētu testējamās rādītājus un izstrādātu nosakāmo rādītāju novērtēšanas shēmu.
- Monitoringa principa metožu izvēle, lai varētu veikt mērījumus visas darba dienas garumā.
- Aptauju (t.s., ergonomisko risku, psihosociālo u.c.) papildu izmantošanu darba vides un veselības problēmu identificēšanai.
- Visu telpās/ēkās esošo aktivitāšu fiksēšana mērījumu veikšanas laikā, lai korektāk interpretētu mērījumu rezultātus.
- Mērījumu veikšanas principa (telpā vai darba vidē) un mērījumu veikšanas vietas izvēle atkarībā no mērījuma mērķa.

Veselības problēmu risināšanai

- Biroja tehnikas izvietošana maksimāli tālu no darba vietām, vislabāk atsevišķā telpā ar efektīvu ventilācijas sistēmu.
- Ventilācijas sistēma darbības adekvāta organizācija atbilstoši gadalaikam, ēkas/telpu īpatnībām, darba vietu izvietojumam.
- Telpu apdares un ēku celtniecības materiālus izvēlēties pēc iespējas videi un cilvēkiem drošus/nekaitīgus.
- Gaisa mitrināšanas pasākumu plānošana iekštelpās.
- Darba vides riska faktoru kompleksa izvērtēšana (t.sk. ergonomisko, psihosociālo u.c) un novēršana.
- Veselības veicināšanas pasākumi (veselības apdrošināšana, sportošanas iespējas u.t.t).

7. IZMANTOTĀ LITERATŪRA

Andersson K. (1998), Epidemiological Approach to Indoor Air problems. *Indoor Air*, 4; p.32-39.

Bernstein J. A., Alexis N., Bacchus H. et al. The health effects of nonindustrial indoor air pollution // *J Allergy and Clinical Immunology*, 2007,121 (3); pp 585 – 591

Bier O., Dias da Silva W., Gotze D., Mota I. (1981) Fundamentals of immunology //New York, Heidelberg, Berlin, pp 442

Bønløkke JH, Stridh G, Sigsgaard T, Kjaergaard SK, Löfsted H, Andersson K, Bonefeld-Jørgensen EC, Jayatissa MN, Bodin L, Juto JE, Mølhave L. (2006), Upper-airway inflammation in relation to dust spiked with aldehydes or glucan // *Scand J Work Environ Health*, 32(5); pp 374-382

Brown S.K. (1999), Assesment of pollutant emissions from dry-process photocopiers // *Indoor air*, 9 (4); pp 259.

Carslaw N., Langer S, and Wolkoff P. (2009), New Directions: Where is the link between reactive indoor air chemistry and health effects? // *Atmospheric Environment*, 43; pp 3808-3838

Cormier SA, Lomnicki S, Backes W and Dellinger B. (2006), 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*, 114 (6); pp 810-817

Fromme H., Koerner W., Shahin N. *et al.* (2009), Human exposure to polybrominated diphenyl ethers (PBDE), as evidenced by data from a duplicate diet study, indoor air, house dust, and biomonitoring in Germany // *Environment International*, 35; pp 1125 – 1135

Harrad S., Ibarra C., Diamond M. *et al.* (2008), Polybrominated diphenyl ethers in domestic indoor dust from Canada, New Zealand, United Kingdom and United States // *Environment International*, 34; pp 232 – 238

J.A.Bernstein, N.Alexis, H.Bacchus, I.L.Bernstein, P.Fritz, E.Horner, N.Li, S.Mason, A.Nel, J.Oullette, K.Reijula, T.Reponen, J.Seltzer, A.Smith, S.M.Tarlo. (2008), The health effects of non-industrial indoor air pollution // *J Allergy Clin Immunology*, 121(3); pp 585-591

Kinshell R. M., Van Dyke V. M., Douglas E.K., et al. (2001), Perceptions of Indoor Air Quality Associated with Ventilation System Types in Elementary Schools//*Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 16 (10); pp 952–960.

Koponen I.K., Asmi A., Keronen P., Puhto K., Kulmala M. (2001), Indoor air measurement campaign in Helsinki, Finland 1999 – The effect of outdoor air pollution on indoor air, *Atmospheric Environment*, **35**, 1465-1477.

Kotzias D. (2005), Indoor air and human exposure assessment – needs and approaches // *Experimental and Toxicologic Pathology*, 57; pp 5 – 7

Lindgren T., (2009), A case of indoor air pollution of ammonia emitted from concrete in a newly built office in Beijing// *Building and Environment*, 45 (2010); pp 596–600.

Maynard AD, Kuempel ED. (2005), Airborne nanostructured particles and occupational health // *Journal of Nanoparticle Research*, 7(6); pp 587-614

Maynard AD. (2003), Estimating aerosol surface area from number and mass concentration measurements // *Annual of Occupational Hygiene*, 47 (2), p.123–144.

Makay B., Makay O., Yenisey C., Icoz G., Akyildiz A., Yetkin E. (2009), The Interaction of oxidative response with Cytokines in the Thyrotoxic Rat // *Mediators of Inflammation*, 10; pp 1155-1162.

Morawska L, He C, Taplin L. (2007), Particle emission characteristics of office printers // *Environmental Science Technology*, 4; pp 6039-6045

Öberdörster G, Öberdörster E, Öberdörster J. (2005), Nanotoxicology: An emerging discipline evolving from studies of ultrafine particles // *Environmental Health Perspectives*, 113 (7); pp 823-839

Rudel R. A., Camann D. E., Spengler J. D. *et al.* (2003), Othalates, Alkylphenols, Pesticides, Polybrominated Ethers, and Other Endocrine-

Disrupting Compounds in Indoor Air and Dust // *Environ. Sci. Technol.*, 37 (20); pp 4543 -4553

Schechter A., Papke O., Joseph J.E., Tung K.C. (2005), Polybrominated diphenyl ethers (PBDEs) in U.S. computers and domestic carpet vacuuming: possible sources of human exposure // *Journal of Toxicology and Environmental Health*, 68 (7); pp 501-513

Scheff A. P., Paulius K. V., Huang W. S., *et al.* (2000) Indoor Air Quality in a Middle School, Part I: Use of CO₂ as a Tracer for Effective Ventilation//*Applied Occupational and Environmental Hygiene*, 15 (11); pp 824-834

Wolkoff P, Nøjgaard J K, Troiano P, Piccoli B. (2005), Review: Eye complaints in the office environment: precorneal tear film integrity influenced by eye blinking efficiency// *Occup Environ Med*, 62; pp 4-12

Wolkoff P., Nøjgaard J.K. Franck C., Skov P. (2006), The modern Office environment dries the eyes? // *Indoor Air*, 16; p.258-265.

Wolkoff P., Wikins C.K., Clausen P.A., Nielsen G.D. (2006), Organic compounds in Office environments - sensory irritation, odor, measurements and the role of reactive chemistry // *Indoor Air*, 16; pp 7-19

Woodcock R. C. (2000), CO₂ measurements for IAQ analysis//*Occupational Health Safety*, 69 (5): 56-8, pp 60-62.

PUBLIKĀCIJAS UN TĒZES PAR DARBA TĒMU

Publikācijas

1. Žanna Martinsone, Mārīte – Ārija Baķe, Anita Piķe, Svetlana Lakiša un Mairita Zellāne. Biroju darba vides piesārņojuma raksturojums pēc nanodaļiņu skaita un virsmas laukuma // RSU Zinātniskie raksti 2010 (2.sējums), Rīga, RSU, 2011, 261-269 lpp
2. Mārīte-Ārija Baķe, Žanna Martinsone, Pāvels Sudmalis, Jurijs Švedovs, Anita Piķe, Mairita Zellāne, Svetlana Lakiša. Biroju darba vides gaisa piesārņojums ar gaistošiem organiskiem savienojumiem un to iespējamais iedarbības risks darbinieku veselībai // RSU Zinātniskie raksti 2010 (2.sējums), Rīga, RSU, 2011, 253-261 lpp

3. Svetlana Lakiša, Mairita Zellāne, Anita Pike, Žanna Martinsone. Biroju darbinieku subjektīvo sūdzību izvērtējums saistībā ar darba vidi piesārņojošo neorganisko gāzu koncentrāciju gaisā un telpas mikroklimatu//RSU Zinātniskie raksti 2010 (2.sējums), Rīga, RSU, 2011, 269-279 lpp
4. Žanna Martinsone and Mārīte Ārija Baķe. Toxic effects of nanoparticles - differences and similarities with fine particles // Proceedings of the Latvian Academy of Sciences, ISSN 1407-009X, Riga, 2010, Volume 64, Nr. 1/2, pp. 1 – 9
5. Ж.С.Мартинсоне,Д.Р.Спруджа,М.Я.Баке,С.И.Лакиша, А.Сейле,П.Судмалис,Ю.Шведов,М.Д.Зеллане. ХАРАКТЕРИСТИКА КАЧЕСТВА ВОЗДУХА В ОФЫСНЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ И ЕГО ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ЗДОРОВЬЕ РАБОТАЮЩИХ // „Медицина труда и промышленная экология”, ISSN 1026-9428, Krievija, Maskava, 2011 (3), 23-27 lpp
6. Martinsone Z., Bake M.A., Pike A., Sprudza D., Svedovs J. The detection of non-industrial indoor air quality in Latvia // East European Journal of Public Health, Ukraine, Kiev, 2008 (1), pp 46-48.
7. Martinsone Z., Bake M.A., Pike A., Sprudza D., Svedovs J. Non-industrial indoor air quality assesment in Latvia // Ж. Охорона здоровья Украины, ISSN 1680-1482, Киев,1(29), 2008, стр. 259-260.

Mutiski ziņojumi

1. Zanna Martinsone, Marite Arija Bake, Anita Seile, Mairita Zellane, Pavels Sudmalis Svetlana Lakisa and Dagmara Sprudza. Occupational Risks and Related Health Effects for Office Workers in Latvia, Pieņemts kā mutiskais ziņojums 12th World Congress of Environmental Health Vilnius (Lithuania), 22-27 May, 2012
2. Ž. Martinsone. Nanodaļiņu iespējamais kaitīgums un toksicitāte. Latvijas Toksikologu biedrības seminārs NMP4-CT-2005-013968 6.letvara projekta ietvaros: „Nanodaļiņas – iespējas un riski”, 16.10.2008., Rīga

3. Žanna Martinsone, Mārīte Ārija Baķe, Anita Seile, Mairita Zellāne. Biroju tehniskas radītā putekļu daļiņu ietekme uz perifērām mononukleārām asins šūnām, RSU Zinātniskā konference, 2011
4. Martinsone Z. Nanoparticles New Problem of Environmental Pollution, Starptautiskā konference „Eco-Balt’2008”, 15 – 16.05.2008., Rīga
5. The 1 st International Scientific-Practical Conference of the Latvian Ergonomics Society „Contemporary ergonomics and business 2011” 7. Oktobris 2011, Rīga, Latvija Zanna Martinsone „Indoor Climate and air quality in non-industrial occupational environment”
6. 9. Viskrievijas kongress „Profesija un Veselība”, mutisks referāts „The Characterization of Indoor Air Quality and Health Effects in Offices of Latvia”, Maskava, Krievija, 24.11.2010. – 26.11.2010.

Tēzes

1. Zanna Martinsone and Marite Arija Bake. The Surface Area and Number Concentration of Particles as Indoor Air Quality Indicators, Nanotoxicology 2010, 2 – 4th June, 2010, Edinburg, Great Britain
2. Martinsone Z, Bake MA, Seile A, Lakisa S and Zellane M. The Role of Nanoparticles in the Non-Industrial Air Quality in Latvia, Congress „EuroNanoForum in partnership with Nanotech Europe 2011”, 30.05.-01.06.2011., Budapest, Hungary
3. MA. Bake, P. Sudmalis, Z. Martinsone. Nanoparticles with Adsorbed Flame Retardants as Health Risk Factor for Office Workers, Congress „EuroNanoForum in partnership with Nanotech Europe 2011”, 30.05.-01.06.2011., Budapest, Hungary
4. Zanna Martinsone, Marite-Arija Bake, Anita Seile, Mairita Zellane. The Effect of Ultrafine Particles Produced by Office Equipment to Peripheral Mononuclear Blood Cells, EUROTOX Congresss, 2011, August, Paris, France
5. D.Sprudza, Z.Martinsone, M.Pilmane, M.Bake. Interaction of Office Pollution with Pulmonary Function and Cellular Responses, EUROTOX Congresss, 2011, August, Paris, France

6. Zanna Martinsone, Marite-Arija Bake, Dagmara Sprudza, Svetlana Lakisa, Anita Seile, Pavels Sudmalis, Jurijs Svedovs, Mairita Zellane. The Main Indicators for Indoor Air Quality in Non-industrial Occupational Environment, International Conference on Air Pollution and Control, 2011, 19-23 September, Antaly, Turkey
7. Žanna Martinsone Mārīte Ārija Baķe, Anita Seile, Mairita Zellāne. Biroju tehniskas radītā putekļu daļiņu ietekme uz perifērām mononukleārām asins šūnām, RSU Zinātniskā konference, 2011, Rīga
8. Mārīte Ārija Baķe, Žanna Martinsone, Dagmāra Sprūdža, Māra Pilmane, Anita Seile, Pāvels Sudmalis, Jurijs Švedovs, Svetlana Lakiša, Mairita Zellāne, Alise Silava, Līga Lārmane. Biroju tehniskā aprīkojuma radītā piesārņojuma kvalitatīva un kvantitatīva identifikācija un tā iespējamā ietekme uz organismu, RSU Zinātniskā konference, 2011, Rīga
9. Dagmāra Sprūdža, Žanna Martinsone, Mārīte Ārija Baķe, Māra Pilmane, Alise Silava, Līga Lārmane. Eksperimentāls pētījums par biroju gaisa piesārņojuma izraisītām pārmaiņām organismā un elpceļu morfoloģijā, RSU Zinātniskā konference, 2011, Rīga
10. Martinsone Z, Bake MA, Sudmalis P, Pike A. Problems of Air Pollution in Non-Industrial Workplaces. NanoOEH2009, Helsinki, Finland, 26.08.2009. – 29.08.2009.
11. Martinsone Z, Bake MA, Pike A, Sprudza D and Svedovs J. NON-INDUSTRIAL INDOOR AIR QUALITY ASSESSMENT IN LATVIA International Scientific and Practical Conference developed to the WHO 60th anniversary, World Health Day 2008, Protecting Health from climate changes 2008, Kijeva, Ukraina
12. Martinsone Z, Bake MA, Pike A, Sprudza D, Svedovs J. Assessment of Particular Matter Pollution in Non-Industrial Occupational Environment. 2 nd International Conference on Nanotoxicology “NANOTOX 2008”, 7. – 10. 09.2008., Čīrihe, Šveice

13. MF studenta Georgija Moisejeva tēzes (vadītāji: prof. Māra Pilmane, Maģ.ves.zin. Žanna Martinsone) „Morphological changes in the rat respiratory system after exposure of office air pollutants” konferencei „6th Baltic Sea Region Conference in Medical Sciences”, 29. 04. – 01.05.2011, Rīga, Latvija

PATEICĪBAS

Promocijas darbs ir tapis pateicoties ESF projekta „Atbalsts doktorantiem studiju programmas apguvei un zinātniskā grāda ieguvei Rīgas Stradiņa universitātē” un EEZ projekta „Biroju tehniskā aprīkojuma radītā iekšējo piesārņojuma noteikšana un tā iespējamās ietekmes uz organismu novērtējums” finansiālam atbalstam.

Promocijas darba autore izsaka vislielāko pateicību:

- Darba vadītājām: docentei, Dr. med. **Māritei Ārijai Baķei** par ilggadēju ievirzīšanu zinātniskā darbā darba aizsardzības jomā un par nodēģiem padomiem un atbalstu promocijas darba izstrādes procesā; profesorei, Dr. habil. med. **Maijai Eglītei** par konsultācijām un padomiem promocijas darba sagatavošanas procesā.
- Rīgas Stradiņa universitātes Darba drošības un vides veselības institūta direktoram **Ivaram Vanadzīnam**; Higiēnas un arodslimību laboratorijas kolēģiem, kas palīdzēja savākt un apkopot promocijas darba pētījuma datus, it īpaši, Dr med. **Dagmārai Sprūdžai**, Maģ. vesel. zin., **Mairitai Zellānei**, **Svetlanai Lakišai** un **Lindai Skreitlei**.
- Kolēģei Dr. Med. **Inesei Mārtiņsoni** un RSU Aroda un vides medicīnas katedras asoc. prof. **Jānim Dunduram** par promocijas darba pirmajām kritiskajām recenzijām.
- RSU Bioķīmijas laboratorijas kolektīvam par atsaucību un sadarbību projekta ietvaros iegūto eksperimenta dzīvnieku analīžu bioķīmisko izvērtēšanu.
- RSU Dzīvnieku eksperimentālās laboratorijas kolektīvam, it īpaši laboratorijas vadītājai **Leontīnei Antonovičai** par iespēju īstenot nepieciešamās manipulācijas eksperimentālo dzīvnieku bioloģiskā materiāla savākšanā.
- RSU Anatomijas un antropoloģijas institūta kolektīvam, it īpaši direktorei prof. **Mārai Pilmanei** par atsaucību, sadarbību un palīdzību eksperimenta dzīvnieku bioloģiskā materiāla izpētē.
- Latvijas Universitātes Bioanalītisko metožu laboratorijas kolektīvam, it īpaši Dr. biol. **Jānim Ancānam**, Maģ. biol. **Mārtiņam Borodušķim** un Bioloģijas fakultātes studentam **Andrim Abramenkovam** par atsaucību

un pacietīgu skološanu šūnu kultūru izpētes jomā, kā arī Latvijas Universitātes Bioloģijas fakultātes Molekulārās bioloģijas katedras Dr.biol., doc. **Tūram Selgam** par kvalitatīvajām konfokālā mikroskopa bildēm.

Promocijas darba autore pateicas Rīgas Stradiņa universitātei par iespēju iegūt pasaules līmeņa augstāko izglītību gan bakalaura, gan maģistra studiju programmā, it īpaši Sabiedrības veselības fakultātes dekānei **Anītai Villerušai** un katedru pasniedzējiem, kā arī Doktorantūras nodaļai.

Vislielākais paldies maniem vistuvākajiem cilvēkiem: **mammai** – **Birutai** par doto iespēju iegūt augstāko izglītību, kā arī par palīdzību un atbalstu bērnu audzināšanā un ģimenes pavarda uzturēšanā; **vīram** – **Kasparam** par sapratni, atbalstu un izturību mācību un darba rakstīšanas laikā; manām **abām meitiņām** – **Katrīnai un Asnātei** par neizsīkstošo mīļumu, motivāciju un pacietību brīžos, kad biju aizņemta darbā, mācībās un darba rakstīšanas laikā.