

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
ĢEOGRĀFIJAS UN ZEMES ZINĀTŅU FAKULTĀTE
VIDES ZINĀTNES NODAĻA

IEKŠTELPU VIDES KVALITĀTES RAKSTUROJUMS
PIRMSSKOLAS IZGLĪTĪBAS IESTĀDĒS

MAGISTRA DARBS

Autors: Marita Baltaisbrence

Stud. apl. ms12101

Darba vadītājs: Iveta Šteinberga

Asoc. Prof., Dr.Ģeogr.

RĪGA 2019

ANOTĀCIJA

Maģistra darba “Īekštelpu vides kvalitātes raksturojums pirmsskolas izglītības iestādēs” ietvaros veikts iekštelpu mikroklimata un piesārņojuma līmeņa novērtējums divās Gulbenes novada pirmsskolas izglītības iestādēs. Darba pētnieciskajā daļā novērtēta iekštelpu gaisa kvalitāte gan apkures sezonas laikā, gan pēc tās. Novērtēšanai izmantotas tiešo mērījumu metodes. Rezultāti salīdzināti ar normatīvajos aktos un Pasaules veselības organizācijas vadlīnijās iekļautajiem robežlielumiem.

Atslēgvārdi: iekštelpu vide, mikroklimats, pirmsskolas izglītības iestāde, gaisa kvalitāte

ANNOTATION

Within the framework of the Master's thesis "Characterization of indoor environment quality in preschool educational institutions" an evaluation of indoor microclimate and pollution level was carried out in two preschool educational institutions of Gulbene district.

The research part of the Master's thesis assesses indoor air quality both during and after the heating season. Direct measurement methods were used for evaluation. The results are compared with the limit values set in the regulatory enactments and the World Health Organization guidelines.

Keywords: indoor environment, microclimate, preschool educational institution, air quality

SATURS

1	LITERATŪRAS APSKATS.....	7
1.1	Iekštelpu vidi ietekmējošie faktori	7
1.2	„Slimās ēkas sindroms”	17
1.3	Iekštelpu vides kvalitāte pirmsskolas izglītības iestādēs.....	20
1.4	Normatīvo aktu prasības iekštelpu vides kvalitātei Latvijā	22
1.5	Iekštelpu vides kvalitātes novērtēšanas metodes un principi.....	24
2	MATERIĀLI UN METODES	26
2.1	Pētāmo objektu raksturojums.....	26
2.2	Metodes.....	29
3	REZULTĀTI UN DISKUSIJA	33
3.1	Iekštelpu mikroklimata mērījumi	33
3.2	Gaistošo organisko savienojumu mērījumi.....	36
3.3	Cieto daļiņu piesārņojuma mērījumi	38
3.4	Mikrobioloģiskā piesārņojuma mērījumi	41
3.5	Rekomendācijas.....	44
	SECINĀJUMI.....	45
	PATEICĪBAS.....	46
	IZMANTOTĀS LITERATŪRAS SARAKSTS	47
	PIELIKUMI.....	52

IEVADS

Skolas ir mūsu sabiedrības struktūras būtiska sastāvdaļa un nākamajām paaudzēm ir jāuzņemas kontrole pār dažādām globālām problēmām, mums ir jāpiedāvā saviem bērniem vislabākā iespējamā infrastruktūra viņu izglītībai, ne tikai attiecībā uz mācību metodikām, bet arī attiecībā uz iekštelpu vides gaisa kvalitāti skolās. No 1,5 līdz 19 gadu vecumam bērni klašu telpās pavada līdz pat 8 h dienā. Tomēr apstākļi bieži vien ir nepieņemami un neatkarīgi no ģeogrāfiskā stāvokļa pasaules kartē, visi pašreizējie pētījumi norāda uz līdzīgām problēmām – klašu telpas ir nepiemērotas skolēnu skaitam, sliktas vai pat neierīkotas ventilācijas sistēmas, ievērojams ārējais gaisa piesārņojums, kā arī spēcīgi iekštelpu gaisa piesārņojuma avoti. Jau daudzus gadus notiek diskusijas par labvēlīgu un veselīgu gaisa kvalitāti klasēs un pēdējos gados visā pasaulē ir veikti plaši pētījumi. Arvien pieaugošais publikāciju skaits arī uzsver šīs tēmas nozīmi (Branco et al. 2015; Salthammer et al. 2016).

Bērniem, salīdzinot ar pieaugušajiem, raksturīga paaugstināta jutība pret ārējās vides kairinošiem faktoriem, kas saistīts ar nepietiekami nostabilizējušos imūnsistēmu. Turklāt bērna organismam augot un attīstoties raksturīga strauja elpošana, līdz ar ko ekspozīcijas deva ir lielāka, ko ekspozīcijas laikā bērns uzņemtu salīdzinot ar pieaugušu cilvēku, kā arī negatīvā ietekme ir izteiktāka un pamanāmāka (Salvi 2007; Schwartz 2004; Sousa et al. 2012). Ņemot vērā mūsdienu paaugstinātās prasības, pirmsskolas mācību iestāžu iekārtojuma ir jābūt pilnīgi drošam, telpām pietiekami plašām un iekštelpu videi, kā arī klimatam, piemērotam. Biežākie iemesli augstākai vielu un mitruma koncentrācijai iekštelpu vidē ir nepiemērots telpas izmērs skolēnu skaitam, nepārdomāta un nepietiekama ventilācijas sistēma, kā arī ārējās vides ietekme (Branco et al. 2014; Branco et al. 2015).

Latvija iekštelpu gaisa kvalitātes izpētē atpaliek no attīstītajām pasaules valstīm, jo nozīmīgi pētījumi šajā jomā nav veikti. Tomēr jāatzīmē, ka arī citās valstīs iekštelpu vide netiek pietiekami pētīta un pētījumi balstās vairāk uz situācijas un apstākļu pētījumiem, bet ne uz zinātniskiem pierādījumiem. Bieži vien nepietiek zināšanu, lai pierādītu savstarpējās sakarības.

Taču pētījumus veikt būtu nepieciešams, jo arvien aktīvāk tiek izmantoti daudzveidīgi, moderni ēku celtniecības un apdares materiāli, tehniskās ierīces. Turklāt problēmas, kas saistītas ar iekštelpu gaisa kvalitāti pastāv arī padomju laikā celtajos namos, kuru sanitāri – higiēniskais stāvoklis bieži vien neatbilst optimālajam (Iekštelpu gaiss 2016).

Hipotēze: iekštelpu vides kvalitāte pirmsskolas izglītības iestādēs uzskatāma par atbilstošu, saskaņā ar Latvijā noteiktajiem normatīviem un Pasaules Veselības organizācijas vadlīnijām.

Darba mērķis: veikt iekštelpu vides kvalitātes novērtējumu Gulbenes novada pirmsskolas izglītības iestādēs. Pētījums veikts Gulbenes novada divās pirmsskolas izglītības iestādēs (PII A un PII B), kuru, pēc iestāžu vadītāju lūguma, nosaukumi netiek publiskoti. Pētnieciskās daļas mērījumi veikti dažādās iestādes telpās laika posmā no 2019. gada 18. marta līdz 2019. gada 17. maijam.

Darba uzdevumi:

1. Sagatavot iekštelpu vides kvalitāti rasturojošo un ietekmējošo faktoru visaptverošu raksturojumu un analīzi, atbilstoši normatīvajos aktos noteiktajām prasībām.
2. Apgūt tiešās iekštelpu vides kvalitātes (mikroklimata, gaisa kvalitātes un mikrobioloģiskā piesārņojuma) novērtēšanas metodes.
3. Eksperimentālās daļas izstrādei, - izvēlēties pirmsskolas izglītības iestādes, tās apsekot, veikt vides kvalitātes mērījumus.
4. Apstrādāt iegutos mērījumus, veikt to analīzi, izvērtēt rezultātus.
5. Sagatavot rekomendācija iekštelpu vides kvalitātes uzlabošanai pirmsskolas izglītības iestādēs.

Maģistra darbs sastāv no 3 nodaļām, kas papildinātas ar secinājumiem, iekļaujot 3 tabulas, 21 attēlu, 1 formulu un 9 pielikumus.

1 LITERATŪRAS APSKATS

1.1 Iekštelpu vidi ietekmējošie faktori

Iekštelpu gaisa kvalitāte ir gaisa īpašību kopums, kas nosaka gaisa fizikālo, ķīmisko un bioloģisko faktoru iedarbības pakāpi uz cilvēku iekšelpās. Iekštelpu gaisa kvalitāte ir atkarīga no ārējā gaisa kvalitātes, telpu mikroklimatu raksturojošiem rādītājiem un no cilvēku radītā piesārņojuma. Iekštelpu gaisa kvalitāte ir nozīmīga vides veselības problēma, jo, lielāko dienas daļu (līdz pat 90%) pavadot telpās, praktiski visi cilvēki ir pakļauti iekštelpu gaisa piesārņotāju iedarbībai. Ilgāku laiku telpās pavada tieši ekonomiski attīstītāko valstu iedzīvotāji, kā arī vēsajā un mitrajā klimatā dzīvojošie (Iekštelpu gaiss 2016; Pētījums 1.posms 2018).

Piesārņots iekštelpu gaiss ir nopietns riska faktors, kas izraisa slimības, pazemina darba spējas un dzīves kvalitāti. Turklāt iekštelpu gaisa piesārņojuma līmenis bieži vien ir augstāks nekā atmosfēras gaisā.

Raksturojot iekštelpu vides kvalitāti, parasti tiek apskatīti parametri, kas palīdz plašāk aplūkot esošo situāciju. Starp tiem ir ne tikai gaisā suspendēto daļiņu daudzums, mikrobioloģiskais piesārņojums, bet arī apgaismojuma, relatīvā mitruma un gaisa temperatūras rādītāji (Salthammer et al. 2016).

Iekštelpu gaisa kvalitāti ietekmē šādi faktori:

1. telpas mikroklimats - telpas gaisa temperatūra, gaisa relatīvais mitrums, gaisa kustības ātrums. Optimāls iekštelpu mikroklimats ir gaisa fizikālo faktoru kopums, kas nodrošina un veido cilvēka organisma siltumapmaiņu ar apkārtējo vidi, nodrošina dažādu organisma sistēmu normālu darbību;
2. ārējā gaisa piesārņojums – satiksmes izplūdes gāzes, rūpniecības emisijas, izplūdes no katlumāju dūmvadiem u.c.;
3. iekštelpu piesārņotāji – gāzes pavardi, kamīni, telpu apdares materiāli, mēbeles u.c.;
4. piesārņojums, ko rada cilvēka uzturēšanās un darbība – smēķēšana, sadzīves ķīmijas produktu un kosmētikas lietošana, ēdiena gatavošana, telpu uzkopšana;
5. bioloģiskais piesārņojums - mājas putekļu ērcītes, pelējuma sēnes, mājdzīvnieku spalvas un izdalījumi, infekcijas slimību ierosinātāji u.c. (Iekštelpu gaiss 2016; Pētījums 1.posms 2018).

Gaisa temperatūra ir mikroklimatu raksturojošs faktors, kas ietekmē gan cilvēku pašsajūtu, gan mikrobioloģiskā piesārņojuma aktivitāti. Gaisa temperatūras pieļaujamās robežas variē atkarībā no sezonālītātes. Ministru Kabineta noteikumos “Darba aizsardzības prasības darba vietās”, pirmsskolas izglītības iestādes pieder II darba kategorijas darba vietām, kurām noteikts, ka ziemas sezonā gaisa temperatūrai ir jābūt robežās no 16°C līdz 23°C, bet

vasaras sezonā – no 16°C līdz 27°C, tas attiecināms uz personāla darba apstākļiem. Savukārt bērniem noteikta 18°C un 20°C minimālā gaisa temperatūra, taču maksimālā pieļaujamā nav atrunāta. Augstākas gaisa temperatūras ietekmē bērni var pārkarst, tas savukārt atstāj ietekmi uz spēju koncentrēties. Pārkaršuši bērni kļūst miegaini, noguruši, apātiski, zūd vēlme komunicēt un uztvere kļūst saasināta, tādējādi iesaistoties konfliktsituācijās (Buyse et al. 2008; Higiēna 2019; MK 359 2009).

Telpas temperatūru ietekmē tās platība, bērnu skaits un ventilācija. Par optimālu (komforta zonas) gaisa temperatūru grupas un guļamtelpā var uzskatīt 20–22°C. Pastāv iespēja samazināt gaisa temperatūru telpās, regulējot apkures sistēmu, kā arī nodrošinot efektīvu un regulāru telpu vēdināšanu vai ventilāciju.

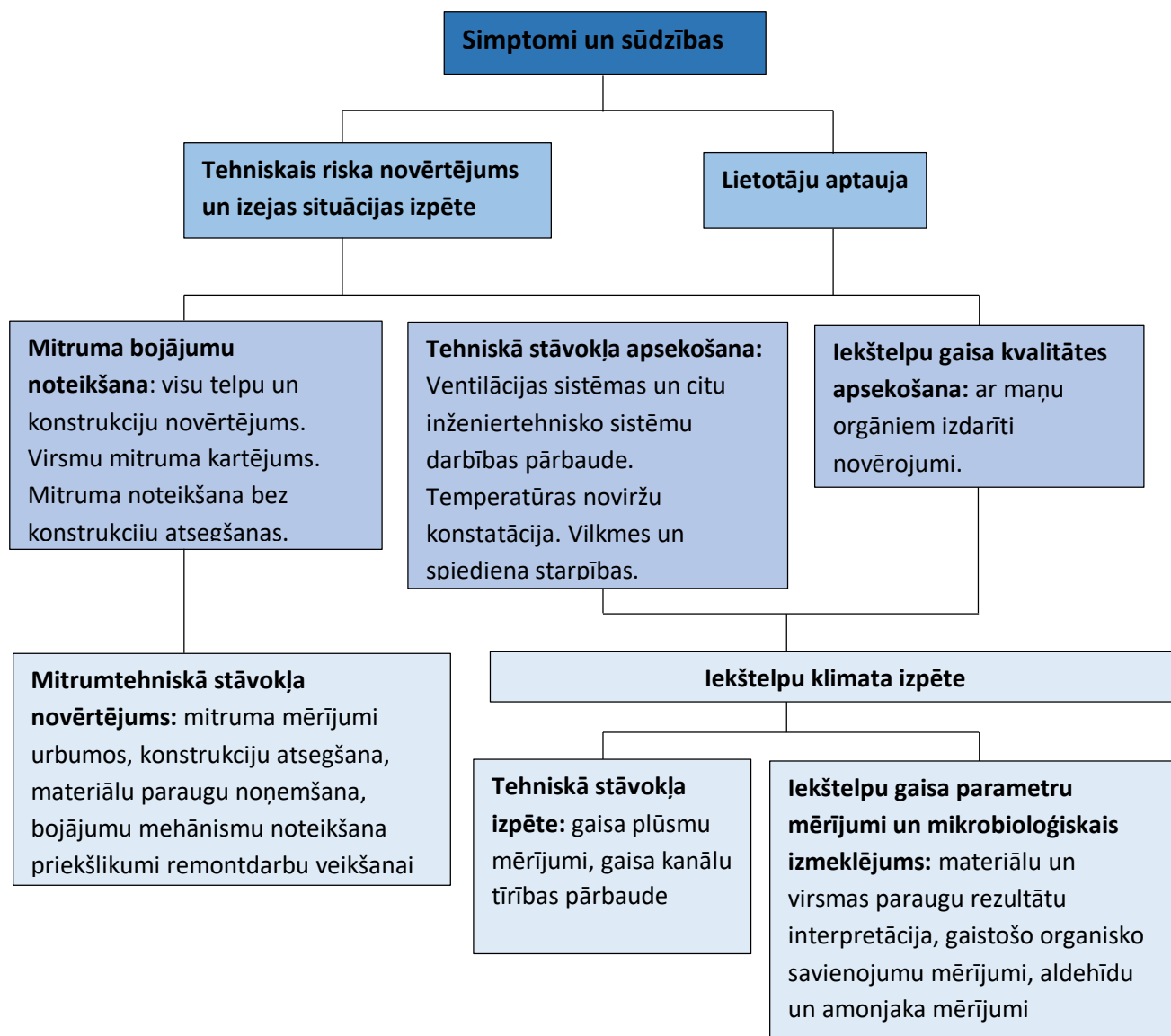
Saskaņā ar drošības un veselības aizsardzības prasībām darba vietās (t.sk. audzinātājiem bērnu dārzā) rekomendējošā gaisa temperatūra darba vietā gada aukstajā periodā ir no 19.0-25°C, bet gada siltajā periodā no 20–28°C (Higiēna 2019).

Gaisa mitrums ir faktors, kas būtiski ietekmē citu faktoru ietekmi, tas ir, gaisa relatīvais mitrums veicina mikrobioloģiskā piesārņojuma attīstību. Saimnieciskās darbības telpā, neatbilstoša iekštelpu higiēna un slikta vēdināšana palielina ūdens tvaiku saturu gaisā un izveido labvēlīgus apstākļus pelējuma sēnīšu augšanai. Iemesli paaugstinātam mitruma līmenim telpās ir vairāki – bojāts jumta segums, plaisas sienās, neatbilstošs būvniecības projekts, bojāti logi, santehnikas sistēmas problēmas. Pirmsskolas izglītības iestādēs, kur ir nemainīgi augsts relatīvā mitruma līmenis iespējams identificēt nematodes, protozojus, insektus, kā arī baktērijas. Ja relatīvā mitruma līmenis ir robežās no 50 % līdz 70 % un telpā pastāv augsta temperatūra, tad matračos, spilvenos un pārējās mīkstajās mēbelēs var attīstīties putekļu ērcītes. Šādā situācijā nepietiekamas vēdināšanas apstākļos būtiski palielinās saslimšanas risks (Joshi 2008; MK 359 2009; Mitrums un pelējums 2011).

Mitrums un pelējums ir nozīmīgi riska faktori slimībām, it īpaši saistībā ar slimībām, kas skar cilvēka elpošanas un imūno sistēmu. Kopumā saistībā ar mitruma un pelējuma iedarbību novēro četru veidu veselības problēmas – alergiskas slimības, elpošanas ceļu kairinājumu, infekcijas un toksikoloģiskās iedarbības efektus. Pētījumi liecina, ka iedzīvotājiem, kas dzīvo mājās – gan privātās, gan publiskās telpās ar palielinātu mitruma līmeni un pelējumu, ir līdz 75% lielāks veselības risks (elpceļu kairinājums un astma), salīdzinot ar iedzīvotājiem, kuri dzīvo sausās un labi ventilētās mājās. Saskaņā ar pašreizējiem pētījumiem 13% bērnu astmu attīstītājās Eiropas valstīs varētu saistīt ar mitrumu. Citas slimības saistībā ar iekštelpu mitruma problēmu ietver bronhiālo obstrukciju, bronhītu, pastāvīgas alergiskas iesnas un ekzēmu. Pēdējā laikā zinātnieki izvirza viedokli, ka telpu pastāvīgs mitrums var izraisīt un paasināt arī mentālās veselības problēmas un cita veida saslimšanas. Depresija, vispārējie simptomi, kā

nogurums, galvas sāpēs, reiboņi un grūtības koncentrēties arī saista ar dzīvi mitros apstākļos. (Mitrums un pelējums 2011; Schwartz 2004).

Gadījumos, kad rodas veselības problēmu sūdzības vai tiek konstatēti simptomi, kas varētu tikt saistīti ar uzturēšanos konkrētā ēkā, ir nepieciešams pievērst uzmanību un veikt izpēti par ēkas iekštelpu mikroklimata piemērotību un nekaitīgumu cilvēka veselībai. 1.1. attēlā shematiski attēlota Somijas pieredze izpētes stadijās, kā rīkoties aizdomu gadījumā, lai novērtētu ēku gaisa vides kvalitāti un nekaitīgumu.



1.1. attēls. Ēkas iekštelpu mikroklimata stāvokļa novērtēšanas un izpētes stadijas (Inspecta 2015)

Kopējo mitruma daudzumu telpā veido:

- paaugstināts relatīvais gaisa mitrums;
- mitrums, kas rodas ēku celtniecības rezultātā (jaunceltnēm) vai pēc ugunsdzēsšanas darbiem;
- mitrums, kas kondensējas uz virsmas;

- mitrums, kas rodas no bojājumiem ūdensapgādes un apkures sistēmas caurulēs;
- mitrums, kas izsūcas caur jumtiem vai sienām;
- mitrums no pazemes ūdeņiem, kas izsūcas caur ēku pamatiem vai betona saplākšņiem;

- mitrums, kas telpās nonāk cilvēka darbības rezultātā, no virtuvēm, dušām, vannasistabām un netiek no tām izvadīts sliktās ventilācijas, neatbilstoši slīpu grīdu un tamlīdzīgu iemeslu dēļ, paspējot uzkrāties telpu apdares materiālos (Iekštelpu gaiss 2019).

Mitruma līmeni iekštelpās novērtē, izmērot gaisa relatīvo mitrumu, t.i., ūdens tvaiku daudzumu procentos, ko satur telpas gaiss pie attiecīgās telpas temperatūras. Relatīvais gaisa mitrums, kuru cilvēks sajūt kā komfortu, ir robežās no 25% - 60%, bet mitrā klimatā kā pieļaujamu relatīvo gaisa mitrumu var minēt arī 70%. Pārsniedzot relatīvā gaisa mitruma komforta līmeni, telpas gaisu sajūt kā drēgnu un mitru, ir iespējama ūdens pilienu kondensēšanās uz telpas aukstajām virsmām un struktūrām (Mitrums un pelējums 2011).

Ūdens ir būtisks faktors bioloģiskā piesārņojuma attīstībai iekštelpās, ūdens klātbūtne jeb tā daudzums regulē mikroorganismu izdzīvošanu un vairošanos. Arī mājas putekļu ērces augšana ir atkarīga no vides mitruma – pie gaisa relatīvā mitruma robežās no 50% - 70% un paaugstinātas telpas gaisa temperatūras – barībai izmantojot cilvēka atmirušas ādas zvīņas, putekļu ērces vairojas matračos, gultas veļā, mīkstajās mēbelēs (Crook et al. 2010; Mitrums un pelējums 2011).

Lai samazinātu mitruma līmeni telpās, ieteicams ievērot sekojošus ieteikumus:

- telpas jāvēdina regulāri, bet lai izvairītos no kondensācijas guļamtelpā, jāatver logs katru rītu vismaz 15 minūtes, jo cilvēka elpa rada ievērojamu mitruma daudzumu;
- mēbeles nav vēlams novietot cieši pie sienas, jānodrošina gaisa cirkulācija;
- jānodrošina kvalitatīva telpu siltumizolācija – lai arī termiskā komforta zonas katram cilvēkam ir ļoti subjektīvas, gaisa temperatūra dzīvojamās telpās un virtuvē parasti ir robežās no 19-22°C, bet guļamtelpās robežās no 16-20°C. Esot ilgākā prombūtnē dzīvojamo māju telpās jānodrošina temperatūra ne zemāka par 15°C, lai izvairītos no mitruma līmeņa pieauguma un ūdens kondensēšanās (Mitrums un pelējums 2011).

Mikrobioloģiskais piesārņojums tiek skatīts galvenokārt pelējuma sēņu izplatības kontekstā. Pelējuma sēnes ir dabā bieži sastopamas un veic svarīgu uzdevumu, palīdzot rudenī atmirušajām koku daļām sadalīties. Pierādījies, ka pelējuma izplatību gaisā ietekmē temperatūra un relatīvais mitrums, kā arī sezona, laika apstākļi un ģeogrāfiskais novietojums. Liels mitrums veicina pelējuma sēņu vairošanos. Pelējuma sporas nokļūst telpās caur atvērtiem logiem, durvīm un ventilācijas sistēmām. Gadījumos, kad pie sēnīšu savairošanās ir vainojami

laika apstākļi, telpu iemītniekiem veselības traucējumu simptomi ir sezonāli. Uzmanību jāpievērš tad, kad simptomi nav atkarīgi no sezonas, bet tie atkārtojas esot noteiktā vidē (Crook et al. 2010; Kiranmai et al. 2017).

Pelējuma sēnes ir atzītas par alergēnu, nav precīzi noteikts kādā koncentrācijā tās var radīt negatīvu ietekmi bērna organismam, taču, ja tiek slimots ar astmu, tad jebkurš kontakts ar mikrobioloģiskā piesārņojuma komponentiem var izraisīt smagu reakciju un astmas lēkmes. Pētījumos pierādīts, ka bērniem ilgstoši atrodoties mitrās telpās ar izteiktu pelējumu biežāk novēro astmas lēkmes, klepu un sēcošu elpu. Novērojams arī deguna gļotādas kairinājums, pietūkums, sauss vai mitrs klepus, sēcošas elpa, ādas izsitumu vai ādas dedzināšanas sajūtas indikācijas risks. Ir novērotas arī šādas simptomu izpausmes – apsārtušas, asarojušas acis, plaušu bronhiālā obstrukcija, bronhīts, pastāvīgas alergiskas iesnas un ekzēma. (Mitrums un pelējums 2011; Schneider et al. 2014; Schwartz 2004; WHO guidelines 2010).

Ikviens var tikt pakļauts sēņu iedarbībai – ieelpojot, ieēdot, pieskaroties pelējuma virsmai. Nav noteikts, kādā koncentrācijā pelējuma sēne rada negatīvu ietekmi uz cilvēka veselību. Veselības problēmas var skart cilvēkus, kas slimo ar astmu, īpaši bērnus. Jūtīgās iedzīvotāju grupas ir zīdaiņi, mazi bērni, veci cilvēki, cilvēki ar ādas slimībām, elpceļu slimībām un imūnās sistēmas traucējumiem. Cilvēkiem, kas ir jutīgi pret pelējumu, var rasties deguna gļotādas kairinājums vai pietūkums, sauss vai produktīvs klepus, sēcoša elpa, ādas izsitumi vai ādas dedzināšanas sajūtas, apsārtušas un asarojušas acis. Pelējuma iedarbība var izraisīt arī astmas lēkmes. Savukārt cilvēki, kas slimo ar hroniskām slimībām vai vāju imūno sistēmu biežāk var saslimt ar infekcijas slimībām. Pasaules Veselības organizācija secina, ka visstabilākie pierādījumi par pelējuma kaitīgo iedarbību uz veselību, pastāv starp pelējuma iedarbību un klepu, sēcošu elpu un astmu. Bērni, kuri pavada vairāk laika mājās, nekā pieaugušie, un kuru imūnā sistēma vēl attīstās, ir pakļauti lielākam riskam iegūt elpceļu slimības, ja dzīvo mitrās un ar pelējumu mājās. Astma, klepus un sēcoša elpa šādiem bērniem, kuri dzīvo mājās ar mitruma un pelējuma problēmām, ir 1,4 – 2,2 reizes augstāka, nekā bērniem, kas dzīvo sausās mājās (Mitrums un pelējums 2011; Schneider et al. 2014; WHO guidelines 2010)

Tomēr cēloņsakarības starp bioloģiskajiem aģentiem un novērotajiem kaitīgajiem veselības efektiem un to attīstības mehānismiem vēl pagaidām nav pietiekami izpētītas. Galvenais pelējuma iedarbības ceļš dzīves un darba vidē – iekštelpās, ir sēņu sporu, sēņu fragmentu un vielu maiņas produktu ieelpošana. Kaitīgie veselības efekti ietver alergiskas reakcijas, toksisku iedarbību un infekcijas. Ne vienmēr pelējuma klātbūtne izraisa veselības traucējumus. Pakļauto cilvēku jutīgums mainās līdz ar ģenētisko predispozīciju, vecumu, vispārējo veselības stāvokli, blakus iedarbību un iepriekšējām jutīguma izmaiņām

(sensibilizāciju). Alerģijas testi uz pelējumu ir ierobežoti un grūti interpretējami – pozitīvs tests norāda alerģiskas atbildes, bet nav saistāms ar specifiskā pelējuma iedarbību uz indivīda pašreizējo veselības stāvokli. Jāņem vērā, ka pelējumam augot iekštelpās – izdalās gaistošie organiskie savienojumi un sēņu glikāni. Glikāni ir daudzu sēņu šūnu sienu komponenti. Glikānu ieelpošana izraisa elpceļu kairinājumu un iekaisumu. Šie efekti ir līdzīgi arī citu mikrobu iedarbībai. Mikrobu gaistošie organiskie savienojumi (augstākie alkoholi, ketoni, organiskās skābes u.c.) rada pelējuma smaku, kuru bieži vien var sajust jau pie zemas koncentrācijas. Ir sēnes, kas rada toksīnus – t.s. mikotoksīnus. Mikotoksīnu iedarbība rada galvas sāpes, kairinājumu, sliktu dūšu un apetītes zudumu. Šie simptomi ir nespecifiski un tie var būt raksturīgi arī citu vides faktoru iedarbībai (Crook et al. 2010; Mitrums un pelējums 2011).

Papildu paaugstinātam gaisa mitrumam, kā sēnīšu izplatību veicinošs faktors tiek minētas arī būvniecības jaunās tendences. Jaunie projekti tiek būvēti ar nepietiekamu ventilāciju, papildu tam logi hermētiski un siltinājuma slānis neļauj ventilēties, rezultātā veidojas problēmas ar mitrumu telpās. Pētījumi liecina, ka paaugstināts mitrums ir arī kā indikators paaugstinātai saslimstībai ar elpceļu slimībām. Pelējuma sēņu izplatību sekmē arī to augšanai labvēlīgi apdares materiāli un atbilstošas mēbeles, kas veicina sēnīšu koloniju veidošanos. Vairāki pelējuma veidi var baroties no celulozes, kas atrodama tapetēs, kā arī, no klīstera, kas atrodams tapešu līmē. Arī koka mēbeles un mēbeles, kas apvilktas ar audumu, tiek uzskatītas par labvēlīgu vidi sēnīšu augšanai. Nepieciešams pietiekams mitrums, šajā gadījumā relatīvajam mitrumam jābūt augstākam nekā 60% visā ēkā, vai tās daļās. Kā arī, nepieciešams atbilstošs siltums lai pelējuma sēnīšu sporas varētu veiksmīgi attīstīties un augt (Crook et al. 2010; Schwartz 2004).

Projektējot ēkas, svarīgi laikus paredzēt ventilācijas sistēmas un citus tehniskos risinājumus, tādējādi samazinot pelējuma rašanās iespējamību. To iespējams nodrošināt veicot sekojošus risinājumus:

- samazina iekštelpu materiālu kontaktu ar ārvides materiāliem;
- pārbauda materiālus, kas tiek piegādāti, lai tie būtu tīri un sausi; neizmanto slapju vai pelējušu materiālu;
- pasargā uzglabājamus materiālus no mitruma;
- cik iespējams, samazina mitruma uzkrāšanos būvēšanas laikā;
- sabalansē ēkas siltināšanas, ventilācijas un gaisa kondicionēšanas sistēmas tā, lai kontrolētu ēkas komfortu un mitrumu (Crook et al. 2010).

Bioloģiskie faktori, kas ietekmē gaisa vides kvalitāti telpās, var būt arī šādi:

- bezmugurkaulnieki (kukaiņi un ērces, kurus pēc to ekoloģiskajām nišām var iedalīt cilvēku un dzīvnieku parazītos, putekļu un pelējuma apdzīvotajos, pārtikas kaitēkļos u.c.);

- pelējuma sēnes, baktērijas, vīrusi;
- augu izcelsmes alergēni u.c.

Minēto faktoru iedarbība var negatīvi iespaidot cilvēka veselību, izraisot alergiskas un parazitāras saslimšanas, dažādas infekcijas, tie rada diskomfortu un bojā pārtiku un sadzīves priekšmetus. Metodes, kā novērtēt bioloģisko riska faktoru daudzumu un to bīstamību, ir visai nepilnīgas. Svarīgi ņemt vērā, ka mājas putekļu ērces alergēni ir relatīvi lielas daļiņas, kas telpas gaisā neuzturas ilgu laiku, bet iedarbojas uz cilvēku, tam atrodoties gultā. Putekļu ērces visvairāk ir sastopamas gultas matračos, kur ir tām piemērots mitrums, siltums un barība (cilvēka ādas atdalījumi).

Alerģēnu iedarbība ir atkarīga no ļoti daudziem faktoriem: temperatūras, mitruma, organisma individuālā jutīguma, ekspozīcijas laika. Alerģiskas reakcijas var būt tūlītējas vai arī parādīties pēc noteikta laika. Tūlītēja iedarbība saistīta ar vielu tiešu iedarbību uz ādu vai citiem organisma audu komponentiem. Savukārt atbildes reakcija, kas parādās pēc noteikta laika, izpaužas caur procesiem organisma imūnajā sistēmā (Iekštelpu gaiss 2019).

Pelējuma augšanu iekštelpās var apturēt vai samazināt, likvidējot palielinātu mitrumu telpās (ūdens noplūdes avotus), žāvējot mitros materiālus un notīrot pelējumu. Ja pelējuma skartās vietas ir grūti atklāt, piemēram, tas izplatījies jau ēkas struktūrā, vai arī tas aptver lielas platības ($> 9\text{m}^2$), tad tā likvidēšanai ir nepieciešama profesionāla palīdzība. Ja pelējuma skartā virsma ir mazāka par 9m^2 , tad nav nepieciešama profesionālu palīdzība, bet to var izdarīt ikviens, ievērojot noteiktas drošības prasības:

- pelējuma tīrīšanas laikā pārējiem iemītniekiem telpā nav vēlams uzturēties, it īpaši tas attiecas uz maziem bērniem, cilvēkiem ar hroniskām saslimšanām u.c.;

- pirms pelējuma tīrīšanas uzsākšanas, pārklāj telpā esošos priekšmetus vai grūti tīrāmas virsmas;

- atver telpas logus un aizver durvis, izslēdz ventilāciju vai aizklāj ventilācijas vadus;

- pirms tīrīšanas uzsākšanas - uzliek masku (mutei, degunam), aizsargbrilles, uzvelk cimdus;

- pelējuma skartās vietas notīra ar ziepju vai trauku mazgājamā līdzekļa šķīdumā samērcētu suku vai lupatiņu. Pēc notīrīšanas var izmantot putekļu sūcēju ar HEPA filtru;

- lupatas, sukas, cimdus u.c. ar pelējumu pārklātos tekstilmateriālus ievieto aizveramā plastmasas maisā un izmet atkritumos (Mitrums un pelējums 2011).

Kīmisko vielu piesārņojums pirmsskolas izglītības iestāžu telpās galvenokārt saistīts ar tīrīšanas līdzekļu lietojumu un izgarojumiem no mēbelēm. Pēc tīrīšanas līdzekļu lietošanas gaisā var būt gaistošo organisko savienojumu klātbūtne, kas saistīta ar iztvaikošanu istabas temperatūrā. Visbiežāk iekštelpu gaisā tiek konstatēti toluols, benzols, cikloheksāns, acetons un formaldehīds. Biežākā cilvēka ķermeņa reakcija uz šīm vielām izpaužas kā atopiskais dermatīts (Lee et al. 2011; Wang et al. 2009).

Svarīgs iekštelpu gaisa kvalitāti raksturojošs rādītājs ir oglekļa dioksīda koncentrācija (CO_2), kas ļauj novērtēt ventilācijas sistēmu efektivitāti, kā arī sniedz ieskatu vai telpas izmēri ir atbilstoši cilvēku skaitam tajā. Paaugstināta koncentrācija samazina koncentrēšanās spējas, aktivitāti un rada miegainību, kā arī var izraisīt citus simptomus, kas atkarīgi no koncentrācijas lieluma. Pārsniedzot 2000ppm robežu ir iespējama vemšana. Medicīnas nozarē tiek uzskatīts, ka koncentrācija, kas pārsniedz 5000ppm nopietni apdraud fizisko veselību un ir iespējami elpceļu bojājumi. Mūsdienās tiek rekomendētas daudz zemākas koncentrācijas - 400 ppm (Daisey et al. 2003; Schibuola et al. 2016).

Oglekļa monoksīda (CO) iegūtie dati liecina, ka oglekļa monoksīda avoti galvenokārt rada īslaicīgus iedarbības efektus. Lielāko tiesu CO iedarbība ir saistīta ar akūtiem efektiem - ar apkures iekārtu darbību vai sliktu telpu gaisa ventilāciju. Tomēr apmēram 10% no vispārējās nesmēķējošas populācijas iekštelpu vidē izjūt CO iedarbību, kas var būt kaitīga cilvēkiem ar sirds slimībām. Palielinātie CO līmeņi iekšelpās var būt saistīti arī ar tuvumā esošo satiksmes ceļu ietekmi. Lai gan nav pētījumu un pierādījumu par ilgtermiņa CO iedarbību, tomēr dzīvojamā vidē cilvēkiem bieži var konstatēt samērā augstus karboksihemoglobīna (HbCO) līmeņus asinīs. Cilvēki nav informēti par CO ilgtermiņa iedarbības efektu izpausmēm, kas bieži vien ir līdzīgas vīrusu infekcijai vai klīniskai depresijai.

Oglekļa dioksīds ir dabiska gaisa sastāvdaļa. CO_2 daudzumu konkrētā gaisa paraugā parasti izsaka kā daļas uz miljonu (ppm). Āra gaiss vairumā vietās satur līdz aptuveni 380 ppm oglekļa dioksīda. Augstākā āra CO_2 koncentrācija var būt pie transportlīdzekļu plūsmām, kā arī rasties no rūpniecības avotiem un arī dažādu produktu sadegšanas rezultātā. Ja runa ir par iekštelpu gaisu, tad iekšelpās paaugstinātu CO_2 koncentrāciju var izraisīt pārsvarā cilvēki, kas uzturas telpās. Vidēja pieaugušā cilvēka izelpā ir apmēram 35000 līdz 50000 ppm CO_2 , kas 100 reizes vairāk nekā āra gaisā. Bez atbilstošas ventilācijas, koncentrācijas samazināšanas vai likvidācijas CO_2 var uzkrāties telpas gaisā. Izmantojot CO_2 kā rādītāju ventilācijas efektivitātei, ASHRAE ir ieteikusi, ka iekštelpu CO_2 koncentrācija jāuztur zem 1000 ppm skolās un 800 ppm birojiem. Ir skaidrs, ka āra CO_2 koncentrācija tieši ietekmē arī iekštelpu koncentrāciju. Tāpēc ir svarīgi, noteikt āra CO_2 līmeni, tad izvērtēt iekštelpu gaisu. ASHRAE norāda, ka

nebūtu ieteicams, ja iekštelpu CO₂ līmenis pārsniegtu ārtelpu koncentrāciju t.i. vairāk par 600 ppm (Iekštelpu gaisa kvalitāte; WHO guidelines 2010).

Par formaldehīdu arvien vairāk tiek uzkrāti pierādījumi, ka bērni ir jutīgāki jau pie ļoti zemas formaldehīda koncentrācijas >1µg/m³, kas atbilst lauku rajonu formaldehīda pamata līmenim. Lai gan ir maz informācijas, tomēr ir dati, kas liecina, ka iekštelpās gandrīz visas populāciju grupas tiek pakļautas formaldehīda pamata līmeņa pārsniegumiem, bet vismaz 20% Eiropas populācijas ir pakļautas līmeņiem, kas pārsniedz NOAEL vērtību 30µg/m³. Virs šīs koncentrācijas var novērot vāju acu gļotādas kairinājumu un sajūst formaldehīda smaku. Visas paziņotās formaldehīda koncentrācijas tomēr bija <150µg/m³ par t.s. šūnu toksiskā bojājumu sliekšņa vērtību (1mg/m³) deguna gļotādas šūnām, tātad pietiekami zemas, lai izvairītos no augšējo elpceļu vēža riska. (Iekštelpu gaiss 2011; Ribeiro et al. 2016).

Pastāv tieši pierādījumi epidemioloģiskajos pētījumos, ka radons izraisa plaušu vēža risku. Iedarbības – atbildes sakarība ir aprakstīta kā lineāra bez sliekšņa vērtības. Relatīvais risks tiek balstīts uz ilgtermiņa (30 gadu) vidēju radona iedarbību un ir apmēram 16% uz 100 Bq/m³ un šī relatīvā skala nemainās ne smēķētājiem, ne nesmēķētājiem. Tomēr absolūtais plaušu vēža risks saistībā ar radonu ir augstāks smēķētājiem. Tika aprēķināts kumulatīvais risks nomirt no plaušu vēža nesmēķētājiem un smēķētājiem (15-24 cigaretes dienā). Radona koncentrācijas, kas saistītas ar papildus dzīves laika risku uz plaušu vēzi 1/100 un 1/1000 ir 67 Bq/m³ un 6,7 Bq/m³ smēķētājiem un 1670 Bq/m³ un 167 Bq/m³ – nesmēķētājiem. Balstoties uz pēdējiem zinātniskajiem pētījumiem tiek ierosināts noteikt references līmeni 100 Bq/m³, lai samazinātu kaitējumu veselībai (Iekštelpu gaisa kvalitāte 2011).

Benzols 90% rodas atmosfērā galvenokārt cilvēku darbības rezultātā, vidēji benzola koncentrācija ir robežās no 0,6 – 1,9µg/m³. Benzols ir gēnu toksisks kancerogēns un tam nav vispārēji drošu iedarbības līmeņu. Deviņu monitoringa pētījumu rezultāti rāda, ka Eiropas populācijas mājās paaugstinātie benzola līmeņi ir saistīti ar paaugstinātu leukēmijas risku, kas pilsētās ir 6-30 reizes lielāks, nekā lauku rajonos (Iekštelpu gaiss 2011).

Daži no policikliskajiem aromātiskajiem oglekļaūdeņražiem ir iespējami kancerogēni un gaisā tie parasti piesaistās cietajām daļiņām – putekļiem. Tā kā pastāv grūtības noteikt vadlīnijas maisījumiem, tad kā labāko indikatoru pieņem benzapirēnu. Benzapirēna toksikoloģija ir zināma un tas tiek plaši izmantots kā indikators epidemioloģiskajos pētījumos. Iedarbojoties iekštelpās, visnopietnākais veselības risks ir plaušu vēzis. Izmantojot šo riska faktora vienību, var pārlicināties, ka tā atspoguļo to pašu maisījuma kancerogēno aktivitāti kāda tā ir darba vidē. Samazinot benzapirēnu iedarbību var samazināties arī citu aromātisko oglekļaūdeņražu kaitīgo veselības efektu risks. 1.1. tabulā redzama informācija par ķīmisko vielu

iedarbību un vadlīnijām attiecībā uz tām (WHO guidelines 2010; Iekštelņu gaisa kvalitāte 2011).

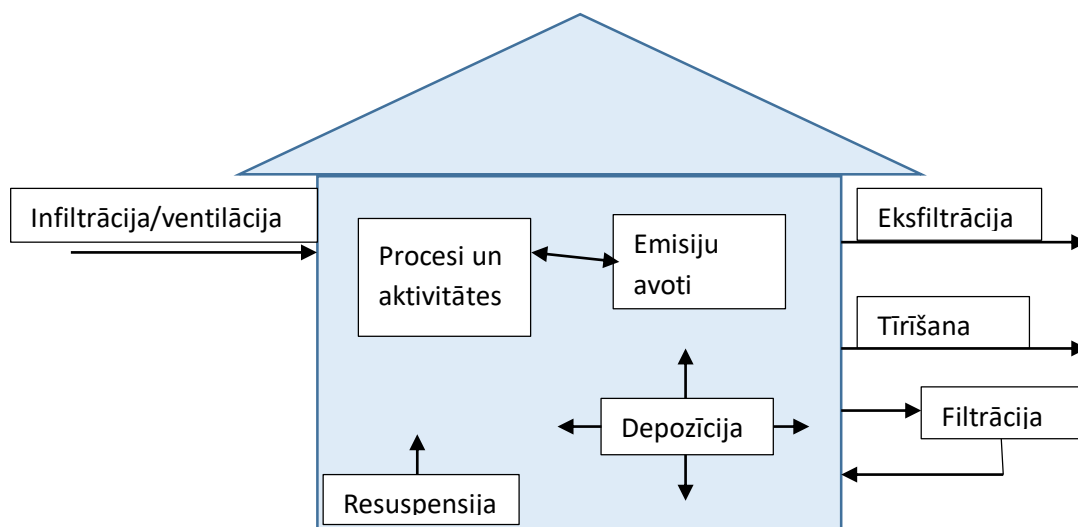
1.1. tabula

Izvēlēto piesārņotāju vadlīnijas (Iekštelņu gaisa kvalitāte 2011)

Piesārņotājs	Kritiskie rezultāti vadlīniju noteikšanai	Vadlīnija	Piezīmes
Benzols	Akūta mieloidā leukēmija (pietiekami pierādījumi) toksiskums gēniem.	Nav droša iedarbības līmeņa. Leikēmijas riska vienība uz $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ ir 6×10^{-6} .	
Oglekļa monoksīds	Akūta iedarbība. Izturības spēju samazināšanās un pieaug išēmiskās slimības simptomi.	15 min – $100\text{mg}/\text{m}^3$ 1 stunda – $35\text{mg}/\text{m}^3$ 8 stundas – $10\text{mg}/\text{m}^3$ 24 stundas – $7\text{mg}/\text{m}^3$	
Formaldehīds	Cilvēka sensoro sistēmu kairinājums	$0,1\text{mg}/\text{m}^3$ 30minūtēm	Vadlīnija derīga jebkuram 30 minūšu periodam – pasargās no plaušu funkciju traucējumiem, kā arī no deguna/rīkles vēža un leukēmijas.
Slāpekļa dioksīds	Elpceļu simptomi: bronhu sašaurināšanās, pieaugoša bronhu reaktivitāte, iekaisumi, samazinās imūnās spējas un pieaug elpceļu infekcijas.	$200\mu\text{g}/\text{m}^3$ - 1 stunda $40\mu\text{g}/\text{m}^3$ – gads	Nav epidemioloģiskie pierādījumi par iedarbības sliksni.
Policikliskie aromātiskie ogļūdeņraži	Plaušu vēzis	Nav slietkšņa vērtības un visas iekštelņu iedarbības tiek uzskatītas par kaitīgām veselībai. Plaušu vēža riska vienība $8,7 \times 10^{-5}$ uz ng/m^3 koncentrācija saistībā ar vēža risku	Maisījuma marķieris benz(a) pirēns

Cieto daļiņu piesārņojums gaisā galvenokārt rodas no ārējās vides, iekļūstot caur ventilācijas sistēmām, vēdināšanas laikā pavērtiem logiem, kā arī tiek ienests no ielas. Cieto

daļiņu raksturošanai tiek aprakstīti sekojoši parametri: koncentrācija, masa, izmērs, ķīmiskais sastāvs, aerodinamiskās un optiskās īpašības. No jau minētajām, izmērs ir visnozīmīgākais, tas ir saistīts ne tikai ar daļiņu emisijas avotu, bet arī ar to ietekmi uz veselību. Daļiņas var būt izmēros no 0,001 līdz 10 μm , tās var saglabāties gaisā ilgu laika periodu. Daļiņas, kuru izmērs pārsniedz 10 μm nosēžas uz virsmām dažu minūšu laikā. Bieži vien daļiņu izmērs ir tas, kas nosaka, vai daļiņas būs iespējams nofiltrēt izmantojot kādu specifisku metodi (Chow et al. 2002; Knudsen and Rasmussen 2012; Pitts 2000). Cieto daļiņu daudzumu telpās palielina cilvēku kustība, dažādas aktivitātes, rotaļas. Atkarībā no grīdas seguma nodilumizturības arī apdares materiāli ir šī piesārņojuma avots. Cietās daļiņas, to izplatība un veids, variē atkarībā no sezonas, piemēram, ziemā novērojama daudz augstāka cieto daļiņu koncentrācija iekštelpās nekā pavasarī un rudenī (Knudsen and Rasmussen 2012; Lai et al. 2017). Iekštelpu vides kvalitāti ietekmē arī ārtelpu vide, bioloģiskie procesi vidē, apbūves īpatnības, piesārņojuma avotu izvietojums telpā un darbība, klimata izmaiņas, būvmateriāli un ventilācijas sistēmu darbība. 1.2. attēlā redzams shematisks atainojums cieto daļiņu cirkulācijai, ņemot vērā fizikālos procesus un antropogēnās darbības.



1.2. attēls. Cieto daļiņu plūsmas shematisks attēlojums iekštelpu vidē (Morawska et al. 2017)

Cilvēka veselībai par bīstamākajām tiek uzskatītas daļiņas, kuru izmērs pārsniedz 2,5 μm . Pēc Pasaules Veselības Organizācijas vadlīnijām, PM_{10} pieļaujamā vidējā koncentrācija gadā nedrīkst pārsniegt 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, bet $\text{PM}_{2,5}$ gada vidējā koncentrācija nedrīkst pārsniegt 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (Holnicki et al. 2016).

1.2 „Slimās ēkas sindroms”

Neatbilstoša iekštelpu vide novērojama kā novecojušās un nekvalitatīvi rekonstruētās ēkās, tā arī jaunos projektos, ko izraisa un veicina nepārdomāti projektētas ventilācijas sistēmas, iekštelpu vides kvalitāti negatīvi ietekmējošu apdares materiālu izmantošana un

nekvalitatīva ārējās vides nelabvēlīgās iedarbības mazināšana. Pirmo reizi „slimās ēkas sindroma” (turpmāk tekstā SĒS) problēmas parādījās jau 20.gadsimta 70. gados enerģētiskās krīzes laikā, tobrīd tas saistījās ar nepietiekamu telpu ventilāciju. 1980.gados SĒS definēja kā noteiktu simptomu paaugstinātu izplatību ēkas iemītnieku vidū. Tobrīd uzskatīja, ka skartas ir līdz 30% jauno un atjaunoto ēku.

SĒS simptomi ir sekojoši:

- acu kairinājums;
- tekošs vai aizlikts deguns;
- šķavas;
- aizsmakums, sauss kakls;
- klepus un sēkšana;
- niezoša, sausa, apsārtusi un sakairināta āda;
- nogurums;
- smagas galvas sajūta;
- galvassāpes;
- nelabums, reiboņi;
- nespēja koncentrēties (Crook et al. 2010; Takigawa et al. 2009).

Par simptomu cēloni var uzskatīt SĒS izraisītas gaisa vides problēmas tādā gadījumā, ja simptomu atkārtošanās biežums ir vismaz 1-3 reizes nedēļā viena mēneša laikā. Pētījumos novērots, ka sievietes šie sindroma izraisītie simptomi ietekmē biežāk kā vīriešus. SĒS simptomi pazūd neuzturoties šādās telpās (Iekštelpu gaiss 2016; Olli and Fisk 2005).

SĒS galvenie izraisītāji ir baktērijas, sēnes un vīrusi, putekļi un putekšņi, ķīmiskas vielas, kas izdalās no dažādām ierīcēm, līmes, krāsas, saistvielas, ko lieto ēku konstrukcijas materiālos, kā arī dažādas gaistošas vielas, ko izmanto kā ikdienā, tā arī darbā, arī tabakas dūmi, kurināmā sadegšanas produkti un piesārņojums no ārējās vides (Iekštelpu gaiss 2019).

SĒS ir saistīts gan ar personiskajiem, gan vides faktoriem. Personīgie faktori ir dzimums, vecums un smēķēšana. Viens no vides faktoriem ir mitruma un pelējuma, gaistošo organisko savienojumu un ēku ventilācijas veidošana (Takigawa et al. 2009).

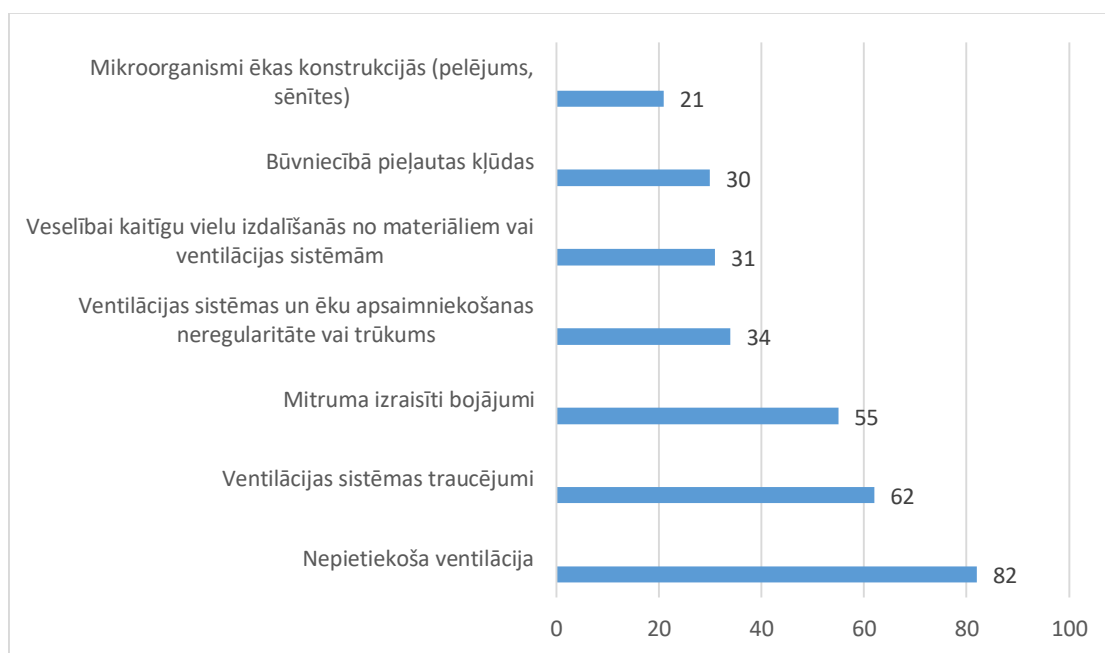
SĒS ietekmējošie faktori iedalāmi sekojoši:

a) ķīmiskais piesārņojums:

- ārējie avoti, ko rada piesārņotāji no ārpuses un iekļūst telpā sliktas un bojātas ventilācijas sistēmas iekārtu darbības rezultātā, kā arī nekvalitatīvu logu un durvju noslēgtības dēļ;

- iekšējie avoti, starp kuriem visizplatītākais gaisa piesārņotājs ir gaistošie organiskie savienojumi, kas izdalās gan no mēbelēm, gan sadzīves ķīmijas tās lietošanas brīdī.
- bioloģiskais piesārņojums. Bioloģiskā piesārņojuma avoti ir ziedputekšņi, baktērijas, vīrusi, sēnes u.c. Šie piesārņotāji var izplatīties stāvošos ūdeņos, kas uzkrājušies mitrinātājos, notekcaurulēs un cauruļvados, kā arī citās vietās telpās, kur ilgstoši uzkrājas ūdens.
 - nepietiekama ventilācija. Nepareizi funkcionējošas apkures, ventilācijas un gaisa kondicionēšanas sistēmas palielina iekštelpu gaisa piesārņojumu.
 - elektromagnētiskais starojums. Sīkrīki kā mikroviļņi, televizori un datori izstaro elektromagnētisko starojumu, kas jonizē gaisu. Plaša elektroinstalācija bez atbilstošas zemēšanas rada arī augstus magnētiskos laukus, kas saistīti ar vēža izplatību.
 - psiholoģiskie faktori – stress, neapmierinātība, sliktas savstarpējās attiecības, komunikācijas problēmas u.c.

Somijā veiktā pētījumā izdalīti biežāk sastopamie iekštelpu gaisa kvalitātes problēmu iemesli un to izplatība skolās, arī šajā pētījumā secināts, ka galvenās problēmas saistītas ar ventilācijas sistēmu nesakārtotību. Rezultāti aplūkojami 1.3. attēlā (Inspecta 2015).



1.3. attēls. Izplatītākie iekštelpu gaisa problēmu iemesli Somijas skolās (Inspecta 2015)

SĒS var veicināt arī slikts un neatbilstošs apgaismojums, saules gaismas trūkums, kas veicina patogēno mikroorganismu vairošanos, slikta ergonomika un mitrums. Novērots, ka SĒS biežāk sastopami ar gaisu kondicionētās ēkās nekā dabīgi vēdināmās ēkās un biežāk novērojami arī publiskā sektora ēkās nekā privātā sektora ēkās (Finnegan et al. 1984; Joshi 2008; Phoon 1988).

Profilakses pasākumi SĒS gadījumā:

- telpu ventilācijas uzlabošana;
- paklāju aizvietošana ar linoleju vai flīzēm vai arī pārklāšana ar sintētisku pārvalku;
- regulāra telpu uzkopšana;
- telpu gaisa ozonēšana alerģiju izraisīto daļiņu iznīcināšanai;
- gaisa mitrinātāju lietošanas samazināšana;
- regulāra gaisa kondicionēšanas sistēmu tīrīšana (Iekštelpu gaisa 2016).

Būtiska nozīme ir sabiedrības informēšanā un izglītošanā par SĒS izpausmēm un cēloņiem, jo tikai izglītota un zinoša sabiedrība var būt vesela sabiedrība.

1.3 Iekštelpu vides kvalitāte pirmsskolas izglītības iestādēs

Iekštelpu gaisa kvalitātei skolās pēdējo vairāku gadu laikā ir pievērsta īpaša uzmanība. Bērni tiek uzskatīti par vienu no jutīgākajām grupām pret atmosfēras piesārņojumu, jo viņu ķermeņi aktīvi aug un viņi elpo lielāku gaisa apjomu, salīdzinot ar savu ķermeņa svaru, nekā to dara pieaugušie. Analizējot bērniem paredzētās mācību telpas, ir jānosaka galvenie piesārņotāji, kas atrodas telpās. Izglītības iestāžu telpās pastāv gan ārējās vides piesārņojums, gan ļoti specifisks piesārņojums, kas saistīts ar skolu darbību, piemēram, krāsu, marķieru, līmju izmantošana. Vēdināšanas procesam skolas ēkās ir liela nozīme gaisa kvalitātes uzturēšanā. Iekštelpu gaisa piesārņojuma cēlonis ir fizikālu, ķīmisku un bioloģisku faktoru kombinējoša iedarbība, kā arī ventilācijas pietiekamība vidē. Pētījumi liecina par to, ka izglītības iestāžu telpās pastāv vairāki piesārņotāji, piemēram, pelējumi, gaistošie organiskie savienojumi, noturīgi organiskie piesārņotāji un mikrodaļiņas. Novērotas sakarības starp piesārņojošo vielu koncentrāciju gaisā un veselības problēmām skolēniem, starp kurām galvenokārt sastopamas elpceļu saslīmšanas (Cartieaux et al. 2011; Rufo et al. 2016).

Izglītības iestādēm raksturīga specifiska iekštelpu vide, kurai ir īpašas prasības – specifisks termiskais un ventilācijas režīms, kuru organizē ņemot vērā bērnu aktivitātes un nodarbību dinamiku. Vairākos pētījumos bērnodārzos un skolās secināts, ka, lai nodrošinātu veselīgu vidi bērniem, nepieciešamu būtiski uzlabojumi vides piesārņojuma jomā (Salthammer et al. 2016).

Augsta oglekļa dioksīda koncentrācija klašu telpās, kas norāda uz sliktiem ventilācijas apstākļiem un arvien pieaugošās putekļu daļiņas pilsētas āra gaisā ir atzītas par galvenajiem iemesliem sliktai iekštelpu gaisa kvalitātei skolās. Neskatoties uz to, lielākajā daļā skolu joprojām ir nepieciešami uzlabojumi (Salthammer et al. 2016). Ir zināms, ka augsta līmeņa CO₂ koncentrācijas izraisa “slimās ēkas sindroma” simptomus, samazina produktivitāti un

komfortu cilvēkiem, kā arī ilgstoša uzturēšanās šādā vidē var būt kaitīga cilvēka veselībai (Rains 2014).

CO₂ koncentrācija telpā ir objektīvākais izmērāmais rādītājs, kas liecina par ventilācijas efektivitāti – pietiekamu svaiga gaisa pieplūdi, jo telpas iemītņieki ir galvenais CO₂ rašanās avots. CO₂ izdalās cilvēka dzīvības procesos. Iekštelpās CO₂ līmenis ir robežās no 400 līdz 2000 ppm (ppm - daļiņas uz miljonu jeb daļiņu skaita attiecība pret tilpumu, kur šīs daļiņas atrodas), bet āra gaisā CO₂ līmenis ir no 350 līdz 450 ppm (Pētījums 1.posms 2018).

Iekštelpu CO₂ koncentrācija, kas pārsniedz 1000 ppm, liecina par nepietiekamu telpu ventilāciju, un arī par to, ka telpas platība nav pietiekama konkrētam skolēnu skaitam. Nepietiekama ventilācija skolās tiek saistīta ar negatīvu ietekmi uz veselību, tostarp vispārēju nogurumu, paaugstinātu infekciju slimību risku, nemierīgumu sēžot solā, darba spēju samazināšanos, tomēr par veselībai riskantu tiek uzskatīta CO₂ koncentrācija, kas sasniedz 5000 ppm (Iekštelpu gaiss pētījums 2016; Pētījums 1.posms 2018).

Papildus dažādu iekštelpu gaisa piesārņotāju (fizikālie, ķīmiskie, bioloģiskie) negatīvajai ietekmei uz veselību, paaugstināts CO₂ līmenis mācību telpās var atstāt tiešu ietekmi uz cilvēku fizisko labsajūtu, emocionāli/psiholoģisko labklājību un skolēnu sekmību, jo pie CO₂ līmeņa, kas pārsniedz 2500 ppm, var pasliktināties cilvēka kognitīvie procesi – uzmanība, uztvere, zināšanu reprezentācija, problēmu risināšana, radošums u.c. (Pētījums 1.posms 2018).

Skolās un bērnudārzos Eiropas projekta SINPHONIE pētījuma konstatēts biopiesārņojums, tika atrastas *Penicillium spp*, *Aspergillum spp*, *Paecilomyces spp* kā arī divas baktēriju grupas *Mycobacterium spp* un *Streptomyces spp*. Lai gan vidējās vērtības bija zemas, tomēr apmēram 50% bērnu un skolotāju bija pakļauti augsta līmeņa endotoksīniem un mikrobiem – sēnes mitrās telpās bija vairāk nekā ārā (SINPHONIE 2014).

Cieto daļiņu koncentrācija izglītības iestādēs bieži ir augstāka nekā pieaugušo darba vidē, kas saistīta ar no ielas ienestajiem materiāliem pie kurpju zolēm, krīta izmantošanu rakstīšanai uz tāfeles un lielāku bērnu fizisko aktivitāšu dēļ. Konstatēts, ka cieto daļiņu paaugstināta koncentrācija klases gaisā ietekmē nazālo simptomu izplatību (Carrer et al. 2002; Norback et al. 2000). Pētot piesārņojuma dinamiku konstatēts, ka pirmsskolas izglītības iestādēs uzņemtā piesārņojuma doza bērniem vecumā no 3 līdz 5 gadiem ir pat 4-6 reizes lielāka salīdzinājumā ar pieaugušajiem dabiski ventilētās telpās. Šāda tipa pētījumos skolās visbiežāk tiek vērtēts smalko cieto daļiņu PM_{2.5} piesārņojuma līmenis, pievēršot vairāk uzmanību infiltrētā materiāla daudzumam, kas netieši norāda uz autotransporta izmešiem (Morawska et al. 2017).

Gaisā esošās daļiņas var izraisīt dažādas iekštelpu gaisa kvalitātes problēmas:

- veselības problēmas;
- virsmu krāsas maiņa un redzama putekļu uzkrāšanās uz virsmām;

- aparatūru darbības traucējumi;
- lielāka ugunsgrēku iespējamība, kad putekļi uzkrājas ventilācijas sistēmās.

No veselības viedokļa par bīstamākajām uzskatāmas daļiņas, kuru izmērs nepārsniedz 2,5 μm (Knudsen and Rasmussen 2012).

Papildus cieto daļiņu piesārņojuma līmenim, jāņem vērā ka cietās daļiņas kalpo kā katalītiskas virsmas smagajiem metāliem – cinkam, svinam, kadmijam, kuri nonākuši iekštelpās. Vairāki pētījumi veikti tieši analizējot svina, kā kancerogēna, piesārņojuma līmeni, kura avoti ir vairāki – rūpniecība un dažādu materiālu (keramika, cauruļvadi, santehnikas materiālus u.c.) ražošana, kā arī degvielas sadegšana. Svina piesārņojums var radīt uzvedības un mācību problēmas, hiperaktivitāti, samazina bērnu attīstības tempu, rada dzirdes problēmas, anēmiju (American Society 2009).

Ir pierādīts, ka bērnodārzos izplatītie tekstilmateriāli, piemēram, matračī, spilveni, aizkari, paklāji, atvērtie plaukti utt., kas bieži tiek izmantoti patīkamas vides radīšanai, ir putekļu ērcīšu eksistences un vairošanās veicinātāji (Carrer et al. 2002).

1.4 Normatīvo aktu prasības iekštelpu vides kvalitātei Latvijā

Ir noteiktas prasības iekštelpu vides kvalitātei darba vietās Eiropas Savienības direktīvās, likumos, standartos un vadlīnijās. Par normatīvu izpildi un ievērošanu ir atbildīgi gan nodarbinātie, gan darba devēji un oficiālās institūcijas, un Latvijā darba vietās to regulē Darba aizsardzības likums, kurā noteiktas prasības normatīviem un potenciālajiem riska faktoriem.

Latvijas normatīvajos aktos netiek noteikti konkrēti raksturlielumi kādam jābūt mikroklimatam izglītības iestādēs. Ir zināmas temperatūras telpām un tas kādai jābūt ventilācijai atsevišķās speciālās telpās, piemēram, ķīmijas laboratorijā.

Pieļaujamā minimālā gaisa temperatūra telpās, kurās uzturas bērni:

- kas ir jaunāki par trim gadiem, – vismaz 20 °C;
- kas ir vecāki par trim gadiem, – vismaz 18 °C.

Gaisa apmaiņu telpās nodrošina, tās regulāri vēdinot vai izmantojot gaisa kondicionēšanas vai ventilācijas iekārtas. Pirmsskolas izglītības iestāde katru dienu nodrošina regulāru telpu vēdināšanu, tajā skaitā pirms bērnu ierašanās un pēc bērnu došanās prom, kā arī pārējā laikā pa dienu, kad bērni neatrodas telpās.

Telpās nodrošina dabisko un mākslīgo apgaismojumu. Mākslīgā apgaismojuma līmenis grupas vai rotaļu telpā ir 300 luksu (Lx) (MK 890 2013).

Trokšņa līmeni noteicošie normatīvie akti, kas attiektos uz skolām, nav atrodami. Iespējams atrast likumus, kas nosaka pieļaujamo trokšņa līmenis darba vietās, izvērtējot

pieejamo informāciju pieļaujama maksimālais trokšņa līmenis mācību telpā būtu 87 dB (MK 66 2003).

Relatīvā mitruma raksturlielumi skolām nav noteikti, pētniecības nolūkos iespējams vadīties pēc darba aizsardzības prasību likumā noteiktajām, tādā gadījumā izglītības iestādes klasēs relatīvajam mitrumam vajadzētu būt robežās no 30 – 70 % (MK 359 2009).

Pasaules veselības organizācija ir noteikusi „Iekštelpu gaisa kvalitātes vadlīnijas izvēlētiem piesārņotājiem”. Pasaules veselības organizācijas vadlīnijas nosaka, ka svarīgi ir novērtēt iekštelpu gaisa sastāvā sekojošas ķīmiskās vielas – benzolu, tvana gāzi, formaldehīdu, naftalīnu, slāpekļa dioksīdu, policikliskos aromātiskos savienojumus (īpaši bezpirēnu), radonu, trihloretilēnu, tetrahloretilēnu dzīvojamā vidē, kur iekštelpu gaisa piesārņojums ietekmē īpaši jutīgās populācijas grupas (WHO guidelines 2010).

Benzols ir sastopams gan āra gaisā, gan iekštelpu gaisā, bet iekštelpās tas ir sastopams lielākā koncentrācijā, jo telpā benzola infiltrācija notiek kā no āra, tā arī no iekštelpu avotiem. Benzols ir gēnu toksiska, kancerogēna viela cilvēkam un tāpēc drošus iedarbības līmeņus nerekomendē. Tā kā benzola toksisko iedarbību konstatē, iedarbojoties gan benzolam ārā, gan arī iekštelpās, nav iemesla diferencēt vadlīnijas vērtības, un iesaka izmantot arī tās pašas riska faktora vienības, kas noteiktas saistībā ar āra gaisa kvalitāti. Benzolam nav noteikts riska sliekšnis, jo tas ir I kategorijas kancerogēns, tāpēc benzola koncentrācija ir jāsamazina cik vien tas ir iespējams (WHO guidelines 2010).

Oglekļa monoksīds CO, tā iedarbība samazina fiziskās darba spējas veseliem jauniem cilvēkiem. Palielina sirds lēkmes risku, rada depresiju cilvēkiem ar sirds–asinsvadu slimībām pat pie ļoti zemas CO koncentrācijas. Balstoties uz laboratoriskajiem mērījumiem par fizisko vingrinājumu spēju samazināšanos gan veseliem cilvēkiem, gan brīvprātīgajiem ar sirdsasinsvadu saslimšanām – ir noteikts, ka karboksihemoglobīna līmeņi nedrīkst pārsniegt 2%. 2009.gadā pētījumu rezultāti, paredz noteikt vadlīniju vērtību ilgtermiņa vidējai koncentrācijai, lai mazinātu veselības efektus. Šai vērtībai būtu jābūt zem 8 stundu vadlīniju vērtības – 10 mg/m^3 . Tiek rekomendēta arī vadlīniju vērtība 24 stundu iedarbībai (WHO guidelines 2010).

Pēc Veselības inspekcijas uzskatiem, no epidemioloģiskās drošības un higiēnas viedokļa ir svarīgi nodrošināt atbilstošu platību katram pirmsskolas izglītības iestādes bērnam, lai būtu pietiekama gaisa cirkulācija telpās, samazinātos infekciju slimību izplatības risks un traumatisma iespējamība. Tādēļ prasība nodrošināt noteiktu telpu minimālo platību vienam bērnam ir un būs obligāta visām pirmsskolas izglītības un bērnu uzraudzības iestādēm izglītības iestādēm, kas tiks izveidotas pēc 2020.gada 1.janvāra (Higiēna 2019).

Ministru kabineta noteikumos „Higiēnas prasības bērnu uzraudzības pakalpojuma sniedzējiem un izglītības iestādēm, kas īsteno pirmsskolas izglītības programmu” noteiktas minimālo telpu prasības vienam bērnam, kas jāievēro:

- jaunākam par trim gadiem – grupas telpa 2,5 m², guļamtelpa 1,8 m²;
- vecākam par trim gadiem – grupas telpa 3,0 m², guļamtelpa 2,0 m².

Ja guļamtelpa apvienota ar grupas telpu, tad platību grupas telpā vienam bērnam aprēķina, atskaitot no telpas kopējās platības gultu aizņemto platību saliktā veidā. Jaukta vecuma bērnu grupām platību nosaka atbilstoši vecākajai bērnu grupai (MK 890 2013).

1.5 Iekštelpu vides kvalitātes novērtēšanas metodes un principi

Kā šobrīd, tā arī nākotnē arvien vairāk uzmanības tiks pievērsts enerģijas izmantošanai un iekštelpu vides kvalitātei telpās. Vides kvalitātes raksturošanai, piemēram, darba vietās visbiežāk tiek mērīts apgaismojuma līmenis, temperatūra, trokšņa līmenis, vibrācijas, kā arī ķīmisko vielu koncentrācijas gaisā mērījumi. (Raimondo et al. 2012; Iekštelpu vides kvalitāte 2009).

Gaisa kvalitātes monitoringu Latvijā nodrošina Valsts sabiedrība ar ierobežotu atbildību „Latvijas Vides, ģeoloģijas un meteoroloģijas centrs” (turpmāk – LVĢMC). Tur iespējams iegūt gan operatīvo gaisa kvalitātes informāciju, gan citus novērtējumus. Savukārt Valsts vides dienests nodrošina putekļu daļiņu PM₁₀ monitoringu (Iekštelpu gaiss 2016). Latvijā objektīvus mērījumus veic vienīgi Latvijas Nacionālajā akreditācijas birojā (LATAK) akreditētas laboratorijas pēc standarta LVS EN ISO/IEC 17025:2005 un LVS EN ISO/IEC 17025:2017. Laboratorijas atbilstoši savai darbības sfērai akreditē arī konkrētas metodes dažādu risku faktoru noteikšanai. Mērījumu veikšanai vajadzētu izvēlēties tās laboratorijas, kuras ir gan akreditētas, gan strādā ar akreditētām metodēm tiem riska faktoriem, kurus nepieciešams mērīt (Iekštelpu gaiss 2016; MK 359 2009).

Visbiežāk tiek veikti mikroklimata mērījumi, kas aptver apgaismojumu un trokšņa līmeņa novērtēšanu, gaisa masu kustību, gaisa temperatūras, oglekļa dioksīda koncentrācijas mērījumus, mikrobioloģiskā piesārņojuma novērtējumu, ķīmiskā piesārņojuma analīzes, kā arī fizisko parametru analīzi – vibrācijas vai elektromagnētiskā starojuma mērījumus. Lai identificētu situāciju darba vietā vai kādā citā telpā, mērījumus var veikt arī paši darba aizsardzības speciālisti vai uzņēmumu pārstāvji, izmantojot indikatīvās mērierīces, tomēr oficiāli atzītu rezultātu spēj dot vienīgi akreditētas laboratorijas. Savrīgi pievērst uzmanību, ka arī pašiem piederošās indikatīvās mērierīces ir regulāri jāverificē, ko var izdarīt meteoroloģiskajos centros (Darba vide 2007; Iekštelpu vides kvalitāte 2009; MK 359 2009).

Gadījumos, kad nav iespējams vai nepieciešams veikt gaisa vides kvalitātes mērījumus vai monitoringu ar tiešo mērījumu palīdzību, iespējams pielietot arī modelēšanas metodi. Būtiska atšķirība ir tā, ka šajā metodē ir nepieciešami ievades dati, kas raksturo objektu, līdz ar to sagatavošanās process ir svarīgs. Jāapraksta telpa, jāidentificē un precīzi jāapraksta piesārņojuma avoti, ventilācijas jauda, kā arī infiltrētā piesārņojuma daudzums un iti būtiski ietekmējoši faktori. Ieguvums ir tas, ka šī metode ļauj iegūt informāciju par saņemto piesārņojuma dozu. Šobrīd plaši pielietots medelis ir IAQ, kas izstrādāts ASV Vides aģentūrā (Risk 2009).

2 MATERIĀLI UN METODEDES

2.1 Pētāmo objektu raksturojums

Pētītas tika divas Gulbenes novada pirmsskolas izglītības iestādes, kuras nodrošina bērna izglītību vecumā no 1 līdz 7 gadiem. Abas ēkas ir renovētas, atjaunota fasāde, siltinājums un nomainīti plastikāta logi. Iestādes ir aprīkotas ar nepieciešamām mēbelēm un aprīkojumu, kā arī tiek izveidotas speciālās telpas, piemēram, sporta nodarbību un spēļu istabas. Pētītajos bērnudārzos bērni pavada laiku mācībās, spēļu pārtraukumos, aktivitātēs un pastaigās ārā, un ir ieplānots arī diendusas laiks.

Pētījumam izvēlētās pirmsskolas izglītības iestādes atrodas dažādos pagastos, kā arī tika ņemts vērā to dažāda novietojums attiecībā pret teritorijas infrastruktūru, zinot to, ka ārējā vide būtiski ietekmē iekštelpu mikroklimatu. Viens no bērnudārziem atrodas autoceļa malā, savukārt otrs nostāk no ceļiem un ir parka teritorijā.

Pirmsskolas izglītības iestāde ir pašvaldības izglītības iestāde, kas realizē vispārējās vidējās izglītības programmu, pirmsskolas vecuma bērnu apmācību. Pirmsskolas vecuma bērnu apmācība notiek piecās grupās:

- 1,5 – 2,5 gadus veciem bērniem;
- 2,5 – 4 gadus veciem bērniem;
- 4 – 5 gadus veciem bērniem;
- 5 gadus veciem bērniem;
- 6 gadus veciem bērniem.

Kopā pirmsskolā mācās 79 bērni. Jaunākās un vidējā vecuma grupas atrodas pārbūvētā ēkā, savukārt vecākās vecuma grupa atrodas vidusskolas telpās. Pie pirmsskolas izglītības iestādes pieved asfaltēts piebraucamais ceļš. Pirmsskolas izglītības iestāde atrodas parka teritorijas apkaimē. Ēka ir divos stāvos, kuros izvietota nodarbību telpa, guļamtelpa, ēdamzāle, aktivitāšu telpa, palīgtelpas, sanitārie mezgli un zāle, kas tiek izmantota gan pasākumiem, gan sporta nodarbībām. Telpu fotouzņēmumi redzami attēlos 2.4. un 2.5.

(C)



(D)



2.4. attēls. Pirmsskolas izglītības iestādes A ģērbtuve (C) un ēdamtelpa (D)



2.5. attēls. Pirmsskolas izglītības iestādes A nodarbību telpa ar guļamtelpu

Pirmsskolas izglītības ēkā atrodas arī pagasta pārvalde, pasts, bibliotēka un citas telpas, kas netiek izmantotas pirmsskolas vajadzībām.

Pirmsskolas izglītības iestāde (PII) B ir pašvaldības izglītības iestāde, kas realizē pirmsskolas vecuma bērnu apmācību. Pirmsskolas vecuma bērnu apmācība notiek trīs grupās:

- 1,5 – 3 gadus veciem bērniem;
- 3 – 4 gadus veciem bērniem;
- 5 – 6 gadus veciem bērniem.

Kopā pirmsskolā mācās 45 bērni. Jaunākā vecuma grupa atrodas pamatskolas telpās, savukārt vidējā un vecākā vecuma grupa atrodas atsevišķā ēkā. Gar skolu ved valsts nozīmes asfaltēts autoceļš, savukārt aiz skolas atrodas vietējās nozīmes grants ceļš un ūdenstīlpne.

(C)



(D)



2.6. attēls. Pirmsskolas izglītības iestādes B nodarbību telpa (C) un ģērbtuve (D)

Skola, kuras telpās atrodas arī jaunākā vecuma pirmsskolas grupa, celta jau 1868. gadā, ir renovēta un labiekārtota. Uzcelta sporta zāle, kas savienota ar skolas telpām un ir pieejama arī pirmsskolas bērniem. Ēdināšana notiek kopīgā ēdamzālē skolas telpās. Skolas telpu fotouzņēmumi redzami 2.6. un 2.7. attēlos.



2.7. attēls. Pirmsskolas izglītības iestādes B guļamtelpa

Normatīvajos aktos noteikts, ka pirmsskolas izglītības iestādē jābūt ierīkotām šādām telpām:

1. vieta vai telpa bērnu ratiņu novietošanai;
2. katrai bērnu grupai, ievērojot bērnu vecumu:
 - ģērbtuvi (ja nav iespējams nodrošināt ģērbtuvi katrai grupai, pieļaujama ģērbtuvju apvienošana);
 - grupas telpu;

- guļamtelpu vai guļamtelpai pielāgojamu grupas telpu;
 - tualeti. Ja tualeti nav iespējams ierīkot, bērniem, kas vecāki par trim gadiem, nodrošina tās pieejamību citā ēkas daļā;
3. darbinieku un saimniecības telpu blokā;
 4. telpu bērnu īslaicīgai izolācijai infekcijas slimību gadījumos pakalpojuma sniegšanas vietās, kur bērni uzturas visu diennakti. Telpu nodrošina ar atsevišķu tualeti, biotualeti vai sēdpodu;
 5. telpu vai vietu, kas ir pielāgota bērnu kultūras un izklaides pasākumu, mūzikas un sporta nodarbību rīkošanai (MK 890 2013).

Telpu mitro uzkopšanu veic atbilstoši izstrādātam telpu un aprīkojuma uzkopšanas un dezinfekcijas plānam. Ģērbtuves, grupas vai rotaļu telpu un tualetes mitro uzkopšanu veic ne retāk kā divas reizes dienā. Sēdpodus mazgā pēc katras lietošanas reizes ar mazgāšanas līdzekli un dezinficē pēc nepieciešamības, ievērojot higiēnas un drošības prasības, lai novērstu apkārtējās vides piesārņojumu. Klozetpodus dezinficē pēc vajadzības, bet ne retāk kā divas reizes dienā. Bērnu klātbūtnē aizliegts veikt telpu dezinfekciju, dezinfekciju un deratizāciju, kā arī telpu remontdarbus. Mazgājamās rotaļlietas mazgā ar mazgāšanas līdzekli un skalo siltā tekošā ūdenī pēc nepieciešamības, bet ne retāk kā reizi nedēļā. Noteikts, ka katrai telpu grupai jālieto atsevišķu attiecīgi marķētu uzkopšanas inventāru (MK 890 2013).

Bērnudārza telpas regulāri vēdina, atverot logus vai izmantojot gaisa kondicionēšanas vai ventilācijas iekārtas. Katru dienu jānodrošina regulāru telpu vēdināšanu. Bērnudārza grupu telpas vēdina, ievērojot to lietošanas ritmu un dienas režīmu, piemēram, ģērbtuves var vēdināt pēc bērnu uzņemšanas grupā, pastaigas laikā vai bērnu gulēšanas laikā. Grupas telpu un tualetes telpu var vēdināt pastaigas laikā un bērnu gulēšanas laikā. Ja grupas telpa apvienota ar guļamtelpu, izmanto laiku, kad nodarbības notiek ārpus grupas. Izvēdinot telpu, tiek nodrošināta gāzu apmaiņa un tiek papildināti skābekļa krājumi telpā, kā arī tiek izvadīts liekais mitrums. Nevēdinātās telpās savairojas arī dažādas baktērijas un vīrusi, kas pastiprina saslimšanas iespēju.

Gada aukstajā periodā nav pieļaujama telpu vēdināšana bērnu klātbūtnē, jo gaisa temperatūra telpās strauji pazeminās. Nav pieļaujama arī situācija, ja biežas telpu vēdināšanas dēļ bērni regulāri uzturas aukstās telpās vai caurvējā, kā rezultātā var tikt apdraudēta bērnu veselība (Higiēna 2019).

2.2 Metodes

Maģistra darba izstrādes procesā literatūras apskats veidots pētot un analizējot zinātniskos rakstus un normatīvos aktus. Zinātniskie raksti iegūti tiešsaistē pieejamajos

zinātniskās literatūras žurnālu izdevumos, kā arī valsts iestāžu oficiālajās mājas lapās. Zinātniskie raksti izvēlēti dažādu valstu autoru, tādējādi aplūkojot situāciju dažādos pasaules reģionos. Literatūras analīzes procesā ņemts vērā materiāla nozīmīgums, problēmas aktualitāte un saistība ar šī pētījuma saturu, pieejamība un aktualitāte pašreizējai situācijai. Pētījuma izstrādei veikti mērījumi uz vietas pirmsskolas izglītības iestādēs. Mērījumi ņemti periodiski ar vairākiem atkārtojumiem dienā. Mērījumu datu vākšanas periods bija no 2019.gada 18.marta līdz 2019.gada 17.maijam.

Pētījuma primārais mērķis ir konstatēt un salīdzināt iekštelpu gaisa vides kvalitātes izmaiņas apkures sezonas un veģetācijas periodā, kā arī pirmsskolas izglītības iestāžu gaisa kvalitātes stāvokli savā starpā. Veikta iegūto datu apstrāde un analīze. Lai šis pētījums dotu praktisku ieguvumu pirmsskolas izglītības iestādes personālam un bērniem, tika izstrādāti metodiskie ieteikumi ar praktiskiem padomiem un norādījumiem kā iespējams uzlabot gaisa kvalitāti telpās.

Pētījuma laikā veikti mērījumi, to ievākšanas periodiskums, atkārtojumu skaits un mērītais parametrs atspoguļots 2.2. tabulā.

2.2. tabula

Iekštelpu kvalitāti raksturojošie mērījumi, to ievākšanas biežums

Parametrs	Periodiskums	Paraugu skaits
Gaisa temperatūra, °C	Ik darba dienu 2 reizes dienā	1 mērījums (3 min)
Gaisa mitrums, %	Ik darba dienu 2 reizes dienā	1 mērījums (3 min)
Gaistošie organiskie savienojumi	Ik darba dienu 2 reizes dienā	1 mērījums (3 min)
PM _{2.5} koncentrācija	Ik darba dienu 1 reizi dienā	1 mērījums (3 min)
PM ₁₀ koncentrācija	Ik darba dienu 1 reizi dienā	1 mērījums (3 min)
Mikrobioloģiskais piesārņojums	Divas reizes pētījuma periodā. Apkures sezonā un pēc tās beigām	1 paraugs

Mikroklimatu raksturojošos mērījumus, kā piemēram, gaisa mitrums, temperatūra, PM_{2.5} u.c., tika nolemts veikt vienā telpā, jo abos dārziņos nodarbību un guļamtelpas ir savienotas, līdz ar to parametru rezultāti būtiski neatšķirās, gaisā esošās koncentrācijas izkliedējas.

Gaisa kvalitātes mērījumiem izmantota speciāla mērierīce D9 Air Quality Detector. Šai ierīcei ir vairākas funkcijas, kas palīdz vienlaikus mērīt relatīvo mitrumu (%), gaisa temperatūru (°C), CO₂ koncentrāciju (ppm), gaistošo organisko savienojumu koncentrāciju TVOC (mg/m³), formaldehīda koncentrāciju gaisā HCHO (mg/m³), kā arī gaisā suspendēto cieto daļiņu koncentrāciju PM_{2.5} (g/m³). Iekārta redzama 1. attēlā.



2.8. attēls. D9 AIR QUALITY DETECTOR mērierīce (DETECTOR 2019)

Mērierīce ir viegli pārvietojama, tā izmantojama darba vides kvalitātes izpētei, HVAC (angļu valodā - heating, ventilation and air conditioning) veiktspējas novērtēšanai, darba higiēnai un vides monitoringam, pateicoties jūtīgajiem sensoriem. D9 Air Quality Detector ekspluatācija ir ļoti ērta, iekārta viegli uzstādāma, pārvietojama un ir kompakta. Gaisa kvalitātes detektora D9 testēšanas diapazona raksturojums redzams 2.2. tabulā.

2.3. tabula

Air Quality Detector D9 raksturojums.

Parametra nosaukums	Mērīšanas diapazons
Temperatūra	-9~55°C
Relatīvais mitrums	0 ~100%
CO ₂ koncentrācija	400 ~4000ppm
TVOC konc.	0.00 ~2.00mg/m ³
HCHO konc.	0.00 ~2.50mg/m ³
PM _{2.5}	0 ~6000g/m ³

Mikrobioloģiskais piesārņojums gaisā tika pētīts, izmantojot Petri trauciņus ar lizīna barotni – Lysine NPS (angļu valodā – Lysine Nutrient Pad Set), kas ir selektīvā barotne atsevišķu savvaļas raugu augšanai. Petri trauciņš pēc izņemšanas no sterilā iepakojuma jāatver,

barotnei jāuzlej 3ml destilēta ūdens, tādējādi to aktivizējot. Petri trauciņš tiek novietots telpas stūrī, kur nenotiek tieša gaisa masu apmaiņa. Atvērts Petri trauks tiek atstāts uz 30 minūtēm. Paņemtie paraugi tika nummurēti, pēc tam novietoti istabas temperatūrā tur pat telpā, bērniem nepieejamā vietā.

Mikroorganismu kolonijas kultivējas Petri trauciņos pie istabas temperatūras, jo pētījuma mērķis bija iespējami pietuvinātos apstākļos simulēt dabisku situāciju un raugu augšanas apstākļus, nevis mākslīgi tos pavairot. Izlietotie Petri trauciņi tika sterilizēti autoklāvā. Kopā ar Petri trauciņu komplektu tika saņemts kvalitātes sertifikāts un informācija par iespējamām raugu sugām, kas var attīstīties lizīna substrātā. Pēc Sartorius Stedim Biotech kompānijas datiem (skat. 2. pielikumu), kas izplata Lysine NPS, šī barotne ir piemērota *Candida albicans*, *Penicillium Commune*, *Rhodotorula mucilaginosa*, *Saccharomyces cerevisiae* raugu sugām.

Koloniju inkubācijas periods 7 dienas, pēc noteiktā laika paraugi ievākti, fotofiksēti un izaugušo koloniju paraugi uzskaitīti.

Pēc kultivēšanas kolonijas tika saskaitītas veikts pārrēķins uz koncentrāciju gaisa kubikmetrā, izmantojot šādu formulu:

$$\frac{KVV}{m^3} = \frac{\#n * 862}{t} \quad (1)$$

kur

KVV/m³ – koloniju veidojošās vienības gaisa kubikmetrā;

#n – koloniju skaits paraugā;

t – ekspozīcijas laiks, minūtes.

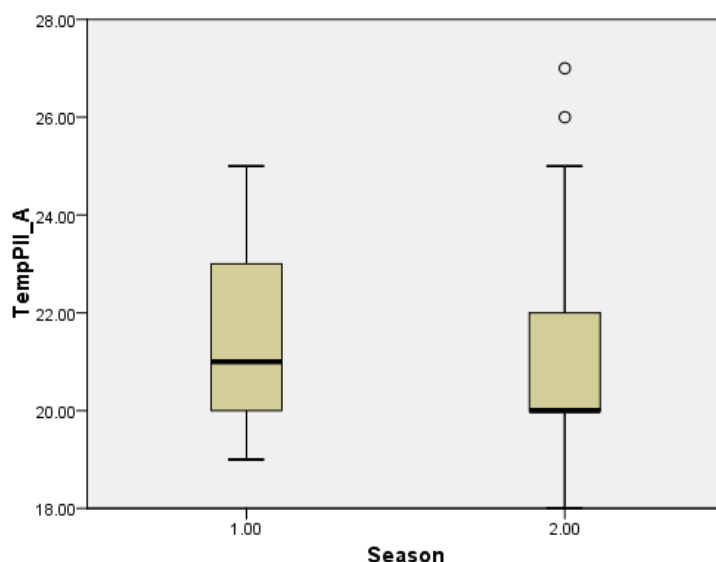
Mērījumi veikti un paraugi ievākti bērnu rotaļu telpā, virtuvē un sportisko aktivitāšu telpā. Paraugi ievākti divas reizes, ar nolūku salīdzināt rezultātu apkures sezonas laikā un pēc tās beigām.

3 REZULTĀTI UN DISKUSIJA

Iegūtie rezultāti tika analizēti un salīdzināti starp pētītajām pirmsskolas izglītības iestādēm, kā arī salīdzināti ar meteoroloģiskajiem datiem no LVĢMC Gulbenes meteoroloģiskās stacijas datu bāzes (skatīt 3.pielikumu) un Ministru Kabineta noteikumiem Nr.359 “Darba aizsardzības prasības darba vietās”. Mērījumi skolās tika uzsākti 2019. gada 18. martā un turpinājās līdz 2019. gada 17. maijam. Pirmā mērījumu vieta bija pirmsskolas izglītības iestāde A, iegūto datu kopu iespējams apskatīt 1.pielikumā, kur redzamas tabulas ar mērījumu rezultātiem, kas tika aizpildītas mērījumu laikā. Otrā mērījumu vieta - pirmsskolas izglītības iestāde B, 2.pielikums.

3.1 Iekštelpu mikroklīmata mērījumi

Mikroklīmata pētījumos tika mērīts iekštelpu gaisa mitrums un gaisa temperatūra. Mērījumu rezultāti atspoguļoti atsevišķi pa izglītības iestādēm un sīkāk vērtēta sezonālitate. Aplūkojot iegūtos datus, redzamas atšķirības starp gaisa temperatūru apkures sezonas laikā un pēc tās beigām (3.9. un 3.10. attēls). Pirmsskolas izglītības iestādē A apkures sezona beidzās 22.04.2019., savukārt iestādē B turpinājās līdz 24.04.2019. Salīdzinot rezultātus starp mācību iestādēm, novērojama līdzīga tendence – beidzoties apkures sezonai temperatūras svārstības pieaug, kas skaidrojams gan ar ventilācijas režīmu un tā izmaiņām, gan āra gaisa temperatūras un saules intensitātes pieaugumu.

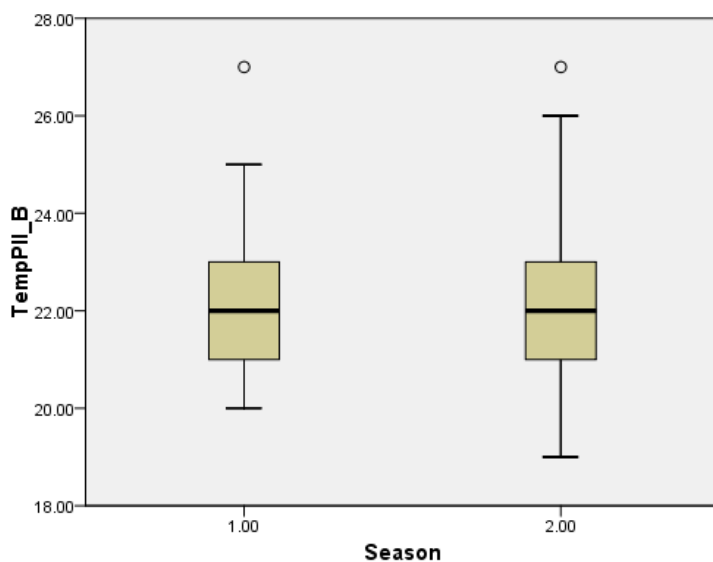


3.9. attēls. Iekštelpu gaisa temperatūra PII A

Pirmsskolas izglītības iestādes A temperatūras mērījumu rezultāti liecina, ka pēc apkures sezonas beigām iekštelpu gaisa temperatūrai palielinās vidējās temperatūras novirzes. Tā pat ir konstatēti divi gadījumi, kad temperatūra telpā sasniedz 26 °C un 27 °C grādu atzīmi, tādējādi pārsniedzot maksimāli pieļaujamo sliksni. Šie gadījumi novēroti laikā, kad vidējā gaisa

temperatūra āra vidē ir bijusi virs 21 °C robežas. Salīdzinot iegūtos datus ar meteorodatiem, redzams, ka iekštelpu gaisa temperatūru ietekmē izmaiņas āra vidē. Pētījuma laikā novērotie gadījumi, kad iekštelpu gaisa vides temperatūra nokritās līdz 18 °C un 19 °C, konstatētas tajās dienās, kad neilgi pirms mērījuma tikusi ventilēta telpa ar atvērta loga palīdzību.

Līdzīga situācija novērojama arī pirmsskolas izglītības iestādē B, kur maksimālās un minimālās novirzes no vidējās temperatūras pieaug pēc apkures sezonas beigām, tā pat arī augstākās temperatūras telpas vidē sasniegtas dienās, kad gaisa temperatūra ārā bijusi augsta.



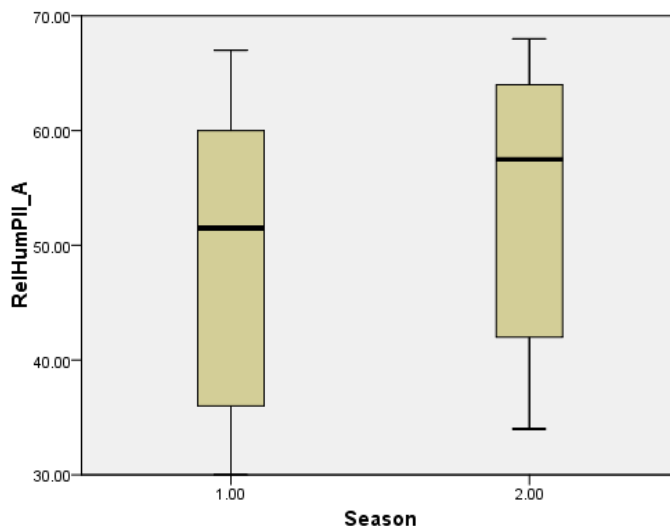
3.10. attēls. Iekštelpu gaisa temperatūra PII B

Salīdzinot iegūtos datus starp bērnodārziem, novērojams, ka PII B iekštelpu vides temperatūra ir vienmērīgāka, mazāk svārstību, kā arī izvērtējot attiecībā pret meteorodatiem, secināms, ka ir mazāka ietekme no āra vides, kas varētu būt skaidrojama ar kvalitatīvāku siltinājumu, logiem un apdares materiāliem, kā arī pārdomātāku ventilācijas režīmu.

Kopumā gaisa temperatūras vērtības bija pieļaujamās robežās (MK noteikumi – no 20°C līdz 25°C), ar nelieliem izņēmumiem. Abās iestādēs tika novērota zemāka temperatūra (18°C un 19°C), kas skaidrojama ar telpu vēdināšanu pirms bērnu ierašanās, kā arī konstatēts temperatūras maksimums dienās, kad āra gaisa temperatūra bija augsta un bērnu aktivitātes telpās bija dinamiskākas. Vērojams, ka temperatūras svārstības nav lielas vērtējot starp mērījumiem noteiktajā laikā, taču dienas ietvaros redzams, ka temperatūra paaugstinās āra temperatūras izmaiņu un bērnu aktivitāšu rezultātā. Vērtējot katru no mērīšanas laikiem atsevišķi, secināts, ka temperatūras svārstības ir viendabīgi izklidētas, nav izteiktu vērtību. Apkures sezonas laikā iekštelpu gaisa vides temperatūra svārstās no 20°C līdz 25°C, ar izņēmumu PII B, kur tā pakāpās līdz 27°C. Pēc apkures sezonas beigām PII A temperatūras svārstības kļuva izteiktākas, no rītiem atzīmei noslīdot līdz 19°C/18°C robežai.

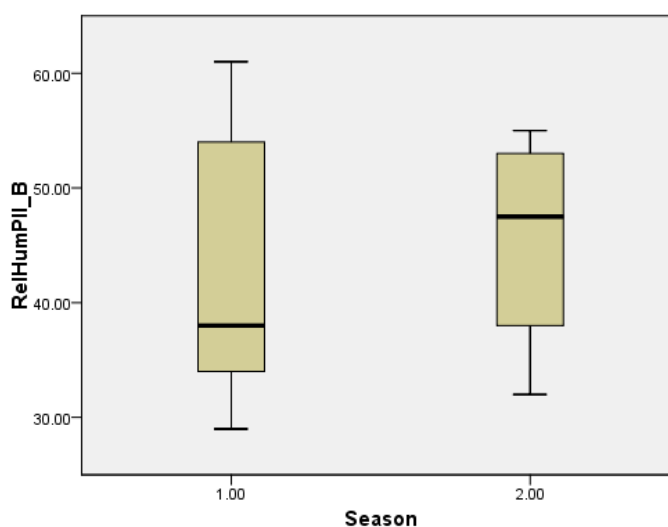
Izvērtējot datus 8. un 9. pielikumā, secināms, ka iekštelpu gaisa vides temperatūras izmaiņas korelē ar āra vides gaisa temperatūru. Pieaugot gaisa temperatūrai, paaugstinās arī vidējā gaisa temperatūra telpās. Korelācija ir vidēja, jo koeficients ir robežās starp 0,5 un 0,7. Šī korelācija ir statistiski būtiska un tā īstenojas abās izglītības iestādēs.

Ļoti svarīgs faktors, kas saistīts ar mikrobioloģiskā piesārņojuma izplatību ir gaisa mitrums. Mērījumu rezultāti atspoguļoti grafikos, kur atsevišķi vērtēti pētījuma objekti un sezonālās izmaiņas.



3.11. attēls. Iekštelpu gaisa vides mitruma mērījumu rezultāti PII A

Izglītības iestādes A mērījumu rezultātos redzams, ka mitruma līmenis svārstās plašā diapazonā. Salīdzinot iegūtos datus starp sezonām, novērojams, ka apkures sezonas laikā mitruma līmenis telpās ir zemāks, taču tas izmainās, mainoties mitruma līmenim āra vidē. Tā pat vērojama arī tendence mitruma līmenim pakāpeniski pieaugt pēc apkures sezonas beigām.



3.12. attēls. Iekštelpu gaisa vides mitruma mērījumu rezultāti PII B

Pirmsskolas izglītības iestādē B mitruma līmeņa svārstības novērojamas zemākas, to maksimālās un minimālās vērtības gan apkures sezonā, gan pēc tās beigām ir ar mazāku diapazonu. Līdzīgi kā PII A arī šajā bērnudārzā ir saskatāma ietekme ēra vides mitruma līmenim uz rādītājiem iekštelpās, taču ietekme nav tik izteikta.

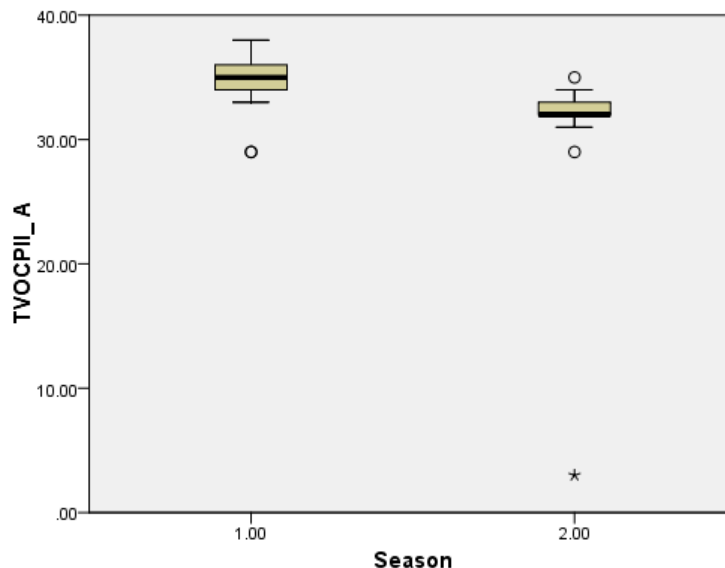
Mērījumu rezultāti ir pieļaujamajās robežās (MK noteikumu normatīvi – no 30% līdz 70%). Analizējot mērījumu rezultātus un datus no LVĢMC Gulbenes meteoroloģiskās stacijas datu bāzes konstatēts, ka mitruma svārstības apkures sezonas laikā saistītas ar āra vides gaisa mitruma izmaiņām, kas skaidrojams ar telpu vēdināšanu un iespējamu logu nolietojumu. Novērota arī tendence abās pirmsskolas izglītības iestādēs, ka pēc apkures sezonas beigām mitruma līmenis telpās pieaug, kas skaidrojams ar ēku noēnojumu un iespējamo konstrukciju mitruma līmeni. Šāda tendence rada labvēlīgus apstākļus mikrobioloģiskā piesārņojuma izplatībai, tāpēc ir būtiski, lai gaisa mitrums būtu pieļaujamajās robežās.

Vērtējot rādītājus starp abām pirmsskolas izglītības iestādēm, secināts, ka iestādei B ir labāki rezultāti, tā ir noslēgtāka no āra vides un tik krasi nav jūtamas svārstības un izmaiņas pēc apkures sezonas pārtraukšanas.

Analizējot datus par korelāciju 8. un 9.pielikumā, redzams, ka iekštelpu gaisa vides mitruma līmenis cieši korelē ar āra vides gaisa mitruma līmeni. Paaugstinoties mitrumam āra vidē, palielinās mitruma līmenis telpās, kas visdrīzāk saistāms ar infiltrāciju caur logiem, telpu vēdināšanas laikā un nekvalitatīvu, nolietotu logu rezultātā. Korelācija ir cieša, jo koeficients pārsniedz 0,8 vērtību, kā arī tā ir statistiski būtiska ($p < 0,01$) un sagaidāma 99% gadījumu. Šī korelācija piepildās abās izglītības iestādēs.

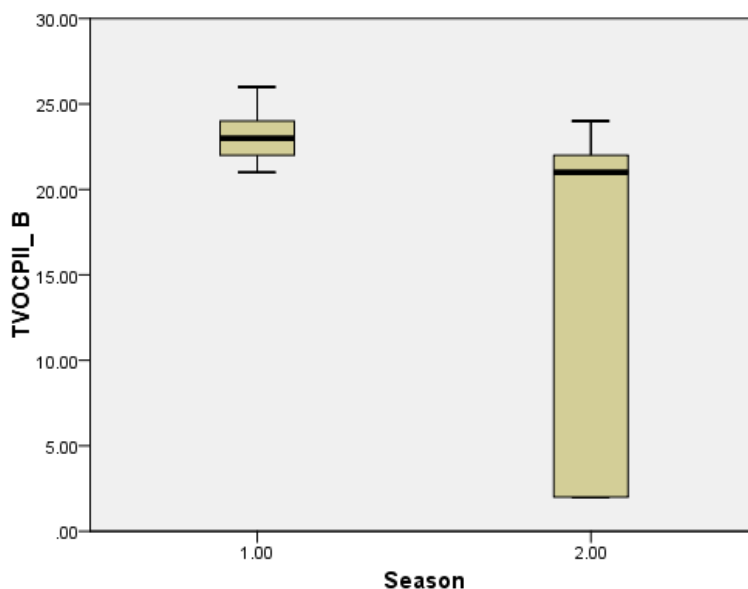
3.2 Gaistošo organisko savienojumu mērījumi

Kopējo gaistošo organisko savienojumu (Total volatile organic compounds TVOC) mērījumu rezultāti redzami 3.13. un 3.14. attēlos. Mācību iestādē A novērojama augstāka gaistošo organisko savienojumu koncentrācija gaisā, kā arī tā ir vienmērīgāka.



3.13. attēls. Iekštelpu gaisa vides TVOC mērījumu rezultāti PII A

Vērtējot datus 1. pielikumā, redzams, ka gaistošo organisko savienojumu piesārņojuma līmenis izmainās nedaudz un šo svārstību saistība ir skaidrojama ar ventilācijas režīmu. Rādītāji ir normas robežās un nepietuvojas kritiskajam sliekšnim.



3.14. attēls. Iekštelpu gaisa vides TVOC mērījumu rezultāti PII B

Aplūkojot pirmsskolas izglītības iestādes B rezultātus, novērojamas koncentrācijas samazināšanās laika periodā, kas skaidrojamas gan ar ventilācijas režīma piemērotību, gan arī ar mēbeļu, kas ir viens no piesārņojuma avotiem, mūža ilgumu. Koncentrācija vienmērīgi un pakāpeniski krītas.

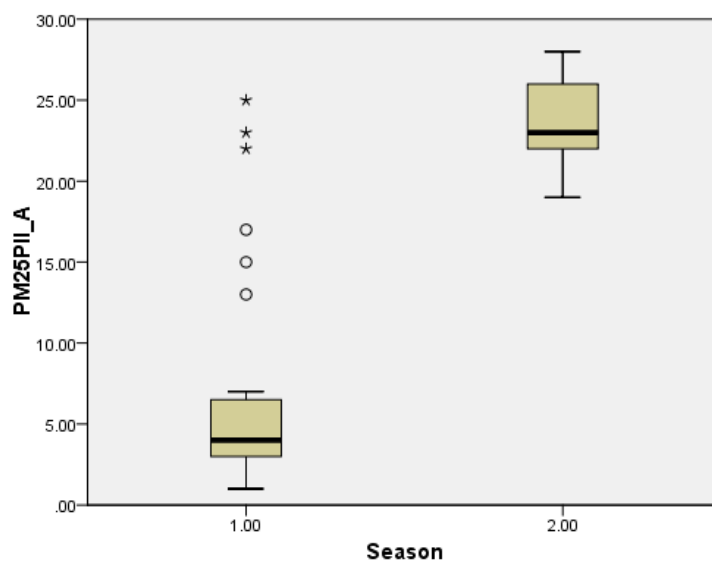
Izvērtējot iegūtos mērījumu rezultātus, secināms, ka šim rādītājam nav jūtama āra vides ietekme, kā arī dati ir ļoti vienmērīgi izkliedēti un svārstības ir nelielas. Vienīgā ietekme

attiecībā uz šī parametra izmaiņām ir telpu vēdināšanas režīmam, respektīvi, pēc vēdināšanas gaisā esošā TVOC koncentrācija kļūst nedaudz mazāka. Nav novērojamas rādītāju būtiskas izmaiņas skatoties uz mērījumu veikšanas laiku pa dienu. Salīdzinot iegūtos rezultātus starp sezonām, nav vērojama tendence pieaugumam vai samazinājumam, kas būtu skaidrojama ar apkures sezonas beigām. Savukārt vērtējot mācību iestāžu rezultātus, secināms, ka pirmsskolas izglītības iestādē B gaistošo organisko savienojumu piesārņojuma fons ir zemāks (vidēji $0,22\text{mg}/\text{m}^3$) kā iestādē A, kur tas ir $0,34\text{ mg}/\text{m}^3$. Aplūkojot datus kopumā, redzams, ka šim rādītājam ir tendence ilgstošā laika periodā samazināties, ko varētu skaidrot ar mēbeļu un cita inventāra vecumu, kā arī telpu uzkopšanas grafiku un izmantotajiem līdzekļiem. Mērījumu veikšanas periodā netika novērotas būtiskas izmaiņas pēc telpu uzkopšanas, kas visticamāk skaidrojamas ar regulāru vēdināšanas režīmu ik rītu.

Analizējot datus 8. un 9. pielikumā, saskatāms, ka TVOC līmenim ir korelācija ar PM piesārņojuma līmeni. Pieaugot vienas pazīmes skaitliskai vērtībai, otras pazīmes vērtība samazinās, tas ir, pieaugot gaistošo organisko savienojumu koncentrācijai, piemēram, PM_{10} koncentrācija samazinās. Šīs korelācijas ir statistiski būtiskas, taču ne visai stipras, jo koeficienta vērtības ir mazākas par 0,5.

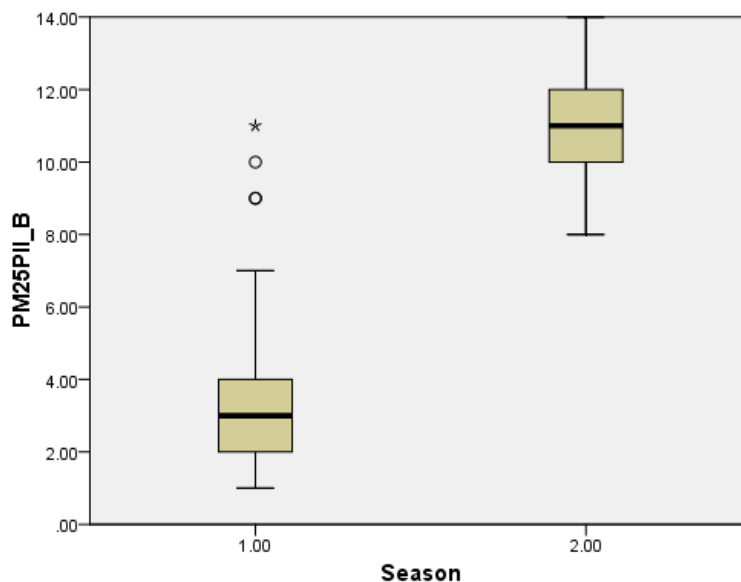
3.3 Cieto daļiņu piesārņojuma mērījumi

Analizējot cieto daļiņu $\text{PM}_{2.5}$ un PM_{10} mērījumu rezultātus, pamanāma ir sezonālā atšķirība – pieaugot āra vides gaisa temperatūrai un iestājoties pavasarim, piesārņojums iekštelpās pieaug. Šādi dati skaidrojami ar veģetācijas perioda sākumu, kad āra gaisā pieaug ziedputekšņu daudzums un agrā pavasarī putekļi no ielām tiek pacelti gaisā. Mērījumu rezultāti pilnā apjomā pieejami 1. un 2. pielikumā, savukārt pētījuma objektu rezultātu grafisko attēlojumu var redzēt 3.15. un 3.16. attēlos.



3.15. attēls. Iekštelpu gaisa vides PM_{2,5} mērījumu rezultāti PII A

Apskatot datus par korelāciju 8.pielikumā, redzams, ka iekštelpu gaisa vides piesārņojuma PM_{2,5} līmenis cieši korelē ar āra vides gaisa temperatūru. Paaugstinoties gaisa temperatūrai āra vidē, palielinās PM_{2,5} piesārņojums, kas visdrīzāk saistāms ar infiltrāciju caur logu, telpu vēdināšanas laikā. Korelācija ir cieša, jo koeficients pārsniedz 0,7 vērtību, kā arī tā ir statistiski būtiska ($p < 0,01$) un sagaidāma 99% gadījumā.

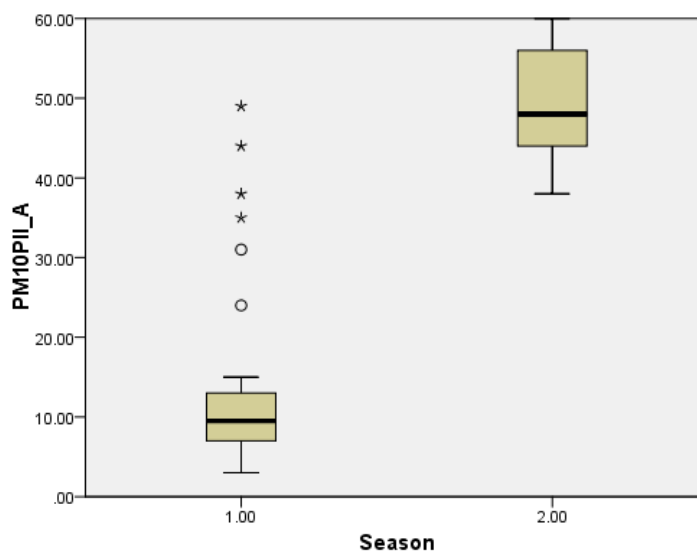


3.16. attēls. Iekštelpu gaisa vides PM_{2,5} mērījumu rezultāti PII B

Pasaules Veselības Organizācija ir noteikusi vadlīniju robežvērtību ārtelpu videi – 25 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, savukārt iekštelpās aerosoliem pēc to izmēriem normatīvs nav noteikts. Vērtējot iegūtos datus, izmaiņas neietekmē apkures sezonas beigas, jo pieaugums skaidrojams ar izmaiņām dabā.

Pēc iegūtajiem datiem redzams, ka PM_{2,5} rādītājs svārstās no 1 līdz 7 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ līdz brīdim, kad dabā sākas veģetācijas periods un tad šie rezultāti pieaug pat 4 reizes, sasniedzot pirmsskolas izglītības iestādē A rezultātu 28 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. Salīdzinot rezultātus starp abām skolām, redzams, ka iestādē B maksimālie rādītāji ir zemāki, tikai 14 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, kas skaidrojams gan ar telpu noslēgtību no āra vides (kvalitatīvāki logi, nav nolietojuma), gan vēdināšanas režīmu un galvenokārt ar atrašanās vietu. Pirmsskolas iestāde A atrodas parka apkaimē, kur ir liels skaits koku un krūmu, savukārt iestādes B tuvumā tādas veģetācijas daudzveidības un izplatības nav. Kopumā situāciju pirms veģetācijas perioda sākuma var uzskatīt par labāku, jo gaisā esošais piesārņojums ar cietajām daļiņām ir minimāls.

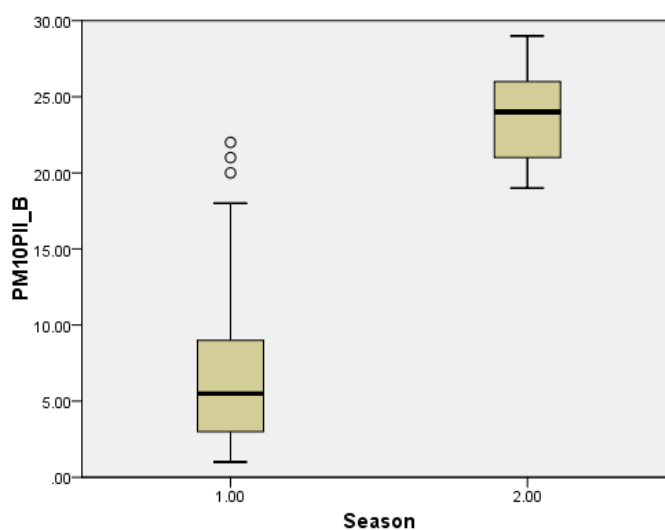
Līdzīga situācija vērojama arī ar rādītāju PM₁₀, kura izmaiņas un pieaugums saistīts ar veģetācijas perioda sākumu.



3.17. attēls. Iekštelpu gaisa vides PM₁₀ mērījumu rezultāti PII A

Analizējot pirmsskolas izglītības iestādes A datus par PM₁₀, redzams, ka tieši tā pat kā ar PM_{2,5}, arī šajā gadījumā būtiska ietekme uz rezultātu ir sezonai dabā un ventilācijas režīmam. Apskatot sezonas rezultātus atsevišķi, ir novērojams, ka apkures sezonas laikā, kad veģetācijas procesi dabā vēl nav aktivizējušies, ir redzams, ka piesārņojuma koncentrācija ir visai vienmērīga, līdz brīdim, kad tā ievērojami paaugstinās, jo āra gaisa vidē pieaug putekļu daudzums no ielām un galvenokārt ziedputekšņu daudzums.

Izvērtējot datus 8.pielikumā, redzams, ka iekštelpu gaisa vides piesārņojuma PM₁₀ līmenis korelē ar āra vides gaisa temperatūru. Pieaugot gaisa temperatūrai, palielinās PM₁₀ piesārņojums, kas visticamāk saistīts ar infiltrāciju caur logu telpu vēdināšanas laikā. Korelācija ir cieša, jo koeficients sasniedz 0,7 vērtību, kā arī tā ir statistiski būtiska ($p < 0,01$) un sagaidāma 99% gadījumu.



3.18. attēls. Iekštelpu gaisa vides PM₁₀ mērījumu rezultāti PII B

Cieto daļiņu PM₁₀ rādītāji svārstās no 1 līdz 60 µg/m³, turklāt iestādē B, tie ir zemāki. Aplūkojot iegūtos rezultātus, vērojams, ka koncentrācijas pieaugums sākas pēc gaisa temperatūras paaugstināšanās dabā. Arī šie rādītāji saistīti ar veģetācijas perioda sākumu, kā arī putekļu pieaugumu āra vides gaisā.

Līdzīgi kā rādītājam PM_{2.5}, arī PM₁₀ mērījumu rezultātus iekštelpu vidē būtiski ietekmē periods dabā, ventilācijas režīms un apkārtējās vides infrastruktūra. Pirmsskolas izglītības iestādei B garām ved autoceļi, kas rada potenciālu piesārņojumu iekštelpu videi, līdz ar to vēdināšanas režīms ir traucēts, tādējādi ietekmējot citus rādītājus, jo logi nedrīkst būt atvērti ne vien brīžos, kad bērni atrodas telpās, bet arī tad ja gar skolu ir autotransporta satiksme. Iestāžu rādītāji svārstās robežās no 3 līdz 60 µg/m³ iestādē A, savukārt iestādē B no 1 līdz 28 µg/m³.

Cieto daļiņu piesārņojuma koncentrācijas pārkāpumi ir atļauti, taču ne vairāk par 35 reizēm gadā.

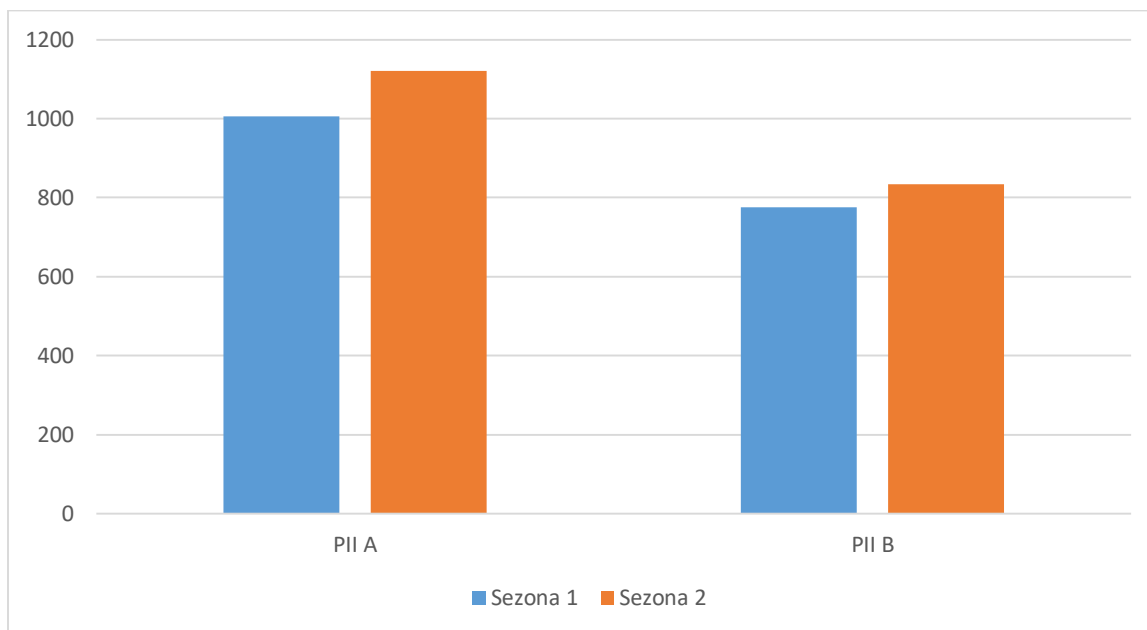
Apskatot datus par korelācijām 8. un 9. pielikumā, redzams, ka iekštelpu gaisa vides piesārņojuma PM_{2.5} un PM₁₀ līmenis visticamāk cieši korelē ar āra vides gaisa temperatūru. Paaugstinoties gaisa temperatūrai āra vidē, palielinās PM_{2.5} un PM₁₀ piesārņojums, kas galvenokārt saistāms ar infiltrāciju caur logu, ventilācijas laikā. Korelācija ir visticamāk cieša, jo koeficients pietuvojas 0,7 vērtībai, kā arī tā ir statistiski būtiska ($p < 0,01$) un sagaidāma 99% gadījumā.

Aplūkojot 6. un 7. pielikumu, redzami galveno komponentu analīzes rezultāti, kuros saskatāma dažādu pazīmju grupēšanās. Tas ir, PII A gadījumā secināms, ka PM₁₀, PM_{2.5} un ārtelpu temperatūras mainība notiek pēc līdzīga principa. Šajā gadījumā tas skaidrojams ar to, ka PM koncentrācijas ir atkarīgas no izmaiņām dabā, ko provocē temperatūras izmaiņas. Turpretī otrā ailē grupējas mitrums āra vidē un telpās kā arī vēja ātrums Gulbenē. Savukārt TVOC koncentrācija un iekštelpu gaisa temperatūra ir nesaistīti parametri, kam mainība nenotiek pēc līdzības ar kādu no citiem faktoriem.

PII B gadījumā mainība grupās ir tāda pati. Vienīgās izmaiņas ir iekštelpu temperatūrai, kura šajā gadījumā saskatāma līdzīgu pazīmju mainība ar mitruma līmeni.

3.4 Mikrobioloģiskā piesārņojuma mērījumi

Gaisā esošā mikrobioloģiskā piesārņojuma paraugi tika ņemti 08.04.2019. un atkārtoti 07.05.2019. Iegūtie rezultāti ir atšķirīgi, atspoguļoti attēlā 3.19.



3.19. attēls. PII mikrobioloģiskā piesārņojuma rezultāti

Salīdzinot rezultātus starp izglītības iestādēm, redzams, ka PII B gaisā esošais kopējais mikrobioloģiskais piesārņojums ir zemāks, taču joprojām tas ir augsts. Rezultāti nepārsniedz robežu 2000 KVV/m³ (WHO 2009). Aplūkojot paraugus, pamanāms, ka pelējuma *Penicillium spp.* koncentrācija telpu gaisa vidē ir niecīga, tā svārstās no 28,7 KVV/m³ līdz 86,2 KVV/m³, attiecīgi konstatētas 1 līdz 3 kolonijas.

Pirmsskolas izglītības iestādes A pirmajā paraugā, kas iegūts apkures sezonas laikā, noteiktas 1005,7 KVV/m³, savukārt pēc tās beigām, kad paraugs ņemts atkārtoti, šis koloniju veidojošo vienību skaits pieauga līdz 1120,6 KVV/m³. Paraugos konstatētas attiecīgi 57,5 KVV/m³ un 86,2 KVV/m³ pelējuma. Telpas kopējā platība ir 56 m². Petri plašu fotouzņēmumi redzami 3.20. attēlā.

(1)



(2)



3.20. attēls. PII A mikrobioloģiskā piesārņojuma rezultāti apkures sezonā (1) un pēc tās beigām (2)

Pirmsskolas izglītības iestādes B paraugā, kas iegūts apkures sezonas laikā, noteiktas 775,8 KVV/m³, savukārt pēc tās beigām, kad paraugs ņemts atkārtoti, šis koloniju veidojošo vienību skaits pieauga līdz 833,3 KVV/m³. Paraugos konstatētas attiecīgi 28,7 KVV/m³ un 86,2 KVV/m³ pelējuma vienības. Telpas kopējā platība ir 47,5 m². Petri plašu fotouzņēmumi redzami 3.21. attēlā.

1.



(2)



3.21. attēls. PII B mikrobioloģiskā piesārņojuma rezultāti apkures sezonā (1) un pēc tās beigām (2)

Pētījumu laikā iekštelpu gaisa mitruma līmenis nepārsniedza maksimāli pieļaujamo sliksni, līdz ar to arī mikrobioloģiskā piesārņojuma paaugstināta kontaminācija netika konstatēta. Aplūkojot iegūtos rezultātus un datus pa sezonām, redzams, ka pēc apkures sezonas beigām, kad novērojama mitruma līmeņa paaugstināšanās un vidējās gaisa temperatūras pieaugums, palielinās arī mikrobioloģiskā piesārņojuma koncentrācija telpā. Šāda sakarība novērojama abās iestādēs.

Maģistra darba rezultātu ticamības palielināšanai būtu nepieciešams pagarināt pētījuma periodu, tādējādi iegūstot arī datus par iekštelpu vides kvalitātes rādītājiem citos gadalaikos, kā arī atkārtot mērījumus šajā pašā laika posmā. Izvērtējot pētījuma rezultātus ar citiem līdzīgiem Latvijas Universitātes studentu darbu rezultātiem, saskatāma līdzība mitruma rādītāju izmaiņās. Izteikti līdzīgi spriedumi un novērojumi par to, ka iekštelpu mitruma līmeņa izmaiņas skaidrojamas ar āra vides mitruma izmaiņām, kuru cēlonis ir telpu ventilācija caur logiem (Feigina 2018).

3.5 Rekomendācijas

Rekomendācijas izstrādātas un paredzētas pētītajām pirmsskolas izglītības iestādēm, taču izvērtējot situācijas citos bērnudārzos, iespējams pielietot arī pārējās pirmsskolas izglītības iestādēs.

1. Cieto daļiņu piesārņojuma mazināšanai regulāra mitrā telpu uzkopšana, apavu maiņa apmeklētājiem, kā arī ventilācijas režīma pielāgošana sezonalitātei.
2. Ventilācijas sistēmu ierīkošana, uzlabošana, ventilācijas režīma ievērošana.
3. Mitruma līmeņa samazināšanai nepieciešams veikt hidroizolācijas pasākumus, kā arī likvidēt noēnojumu no kokiem.
4. Regulāra uzkopšana un dezinfekcija mikrobioloģiskā piesārņojuma mazināšanai.
5. Personāla instruēšana par ventilācijas režīmu, ievērošanas uzraudzība.
6. Logu nolietojuma un hermētiskuma pārbaude, nepiemērotības gadījumā nomaiņa.

SECINĀJUMI

1. Iekštelpu vides kvalitāte abās pirmsskolas izglītības iestādēs kopumā vērtējama kā atbilstoša Latvijā noteiktajiem normatīviem un Pasaules Veselības organizācijas vadlīnijām, hipotēze apstiprinās.
2. Iekštelpu gaisa vides kvalitāte atbilst normatīviem, tikai atsevišķos gadījumos, kas saistīti ar gaisa temperatūru, novērotas nelielas neatbilstības.
3. Gaisā esošo cieto daļiņu piesārņojums izmainās, mainoties gaisa temperatūrai āra vidē, kā arī saistīts ar veģetācijas perioda ietekmi un infiltrāciju telpā caur logiem.
4. Mikrobioloģiskā piesārņojuma līmeņa iegūtie rezultāti norāda uz augstāku koncentrāciju pēc apkures sezonas beigām, kad pieaug mitruma līmenis un gaisa temperatūra.
5. Datu ticamības un precizitātes uzlabošanai, nepieciešams veikt pētījumu ilgākā laika periodā, kā arī visās sezonās.
6. Gaistošo organisko savienojumu koncentrācija iekštelpu gaisā ir ar citiem nesaistīts parametrs, tā mainības avots ir telpas vidē.

PATEICĪBAS

Autore izsaka pateicību maģistra darba vadītājai Ivetai Šteinbergai par konsultācijām nestandarta laikos, par sapratni un lielu palīdzību. Paldies, par darba tēmas iedvesmošanu lekcijas laikā.

Paldies darba recenzentei, kura pretimnākoši darbu pieņēma, pagarinot termiņu.

Paldies, Laumai un Inesei Markovām par konsultēšanu, motivēšanu un pozitīvo kritiku.

IZMANTOTĀS LITERATŪRAS SARAKSTS

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, The American Institute of Architects, Building Owners and Managers Association International, Sheet Metal and Air Conditioning Contractors' National Association, U.S. Environmental Protection Agency, U.S. Green Building Council 2009. *Indoor air quality guide. The USA, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc.* 198.

Branco, P. T. B. S., Alvim-Ferraz, M. C. M., Martins, F. G., Sousa, S. I. V. 2014. *The microenvironmental modelling approach to assess children's exposure to air pollution – A review. Environmental Research.* 135, 317 – 332.

Branco, P.T.B.S., Alvim-Ferraz, M.C.M., Martins, F.G., Sousa, S.I.V. 2015. *Children's exposure to indoor air in urban nurseries - part I: CO2 and comfort assessment. Environmental Research.* 140, 1-9.

Branco, P.T.B.S., Nunes, R.A.O., Alvim-Ferraz, M.C.M., Martins, F.G., Sousa, S.I.V. 2015. *Children's exposure to indoor air in urban nurseries – Part II: Gaseous pollutants' assessment. Environmental Research.* 142, 662-670.

Buyse, E., Verschueren, K., Doumen, S., Damme, J.V., Maes, F. 2008. *Classroom problem behavior and teacher-child relationships in kindergarten: The moderating role of classroom climate. Journal of School Psychology,* 46(4), 367-391.

Carrer, P., Bruinen de Bruin, Y., Franchi, M., Valovirta, E. 2002. [tiešsaiste] *THE EFA PROJECT: INDOOR AIR QUALITY IN EUROPEAN SCHOOLS.* Sk. 18.03.2019. Pieejams: <https://www.isiaq.org/docs/papers/2D2o2.pdf>.

Cartieaux, E., Rzepka, M.A., Cuny, D. 2011. *Indoor air quality in schools. Arch Pediatr.* 18, 789-796.

Chow, J., Engelbrecht, J., Watson, J., Wilson, W., Frank, N., Zhu, T. 2002. *Designing monitoring networks to represent outdoor human exposure. Chemosphere,* 9, 961 – 978.

Crook, B., Burton, N. 2010. *Indoor moulds, Sick Building Syndrome and building related illness. Fungal biology review.* 3 – 4, 106 – 113.

D9 AIR Quality Detector LCD Digital PM2.5 Monitor [tiešsaiste] 2019. Sk. 24.05.2019
Pieejams: <https://www.chinabrands.com/item/dropship-d9-air-quality-detector-lcd-digital-pm2-5-monitor-4125095-p.html>

Daisey, J. M., Angell, W. J., Apte, M. G. 2003. *Indoor air quality, ventilation and health symptoms in schools: an analysis of existing information. Indoor Air,* 13, 53–64.

Darba aizsardzības administrācija. *Darba vides kontrolmērījumu veikšana* [tiešsaite] 2007. Rīga, Sk. 12.04.2019. Pieejams: <http://www.darbadrosiba.lv/darbavides-kontrolmerijumu-veiksana.html>

Darba aizsardzības prasības darba vietās. Pieņemts 28.04.2009. Latvijas Republikas Ministru Kabineta noteikumi Nr. 359.

Darba aizsardzības prasības nodarbināto aizsardzībai pret darba vides trokšņa radīto risku. Pieņemts 04.02.2003. Latvijas Republikas Ministru Kabineta noteikumi Nr. 66.

Feigina, N. 2018. *IEKŠTELPU VIDES NOVĒRTĒJUMS PIRMSSKOLAS MĀCĪBU IESTĀDĒS ĶENGARAGA APKAIMĒ (RĪGĀ)*. Bakalaura darbs. Rīga, Ģeogrāfijas un zemes zinātņu fakultāte, Latvijas Universitāte.

Finlayson-Pitts, B., Pitts, J. 2000. *Chemistry of the Upper and Lower Atmosphere: Theory, Experiments, and Applications*. California, Academic press, 696.

Finnegan, M.J., Pickering, C.A., Burge, P.S. 1984. *The sick building syndrome: Prevalence studies*. Br Med J, 289, 1573-1575.

Higiēnas prasības bērnu uzraudzības pakalpojuma sniedzējiem un izglītības iestādēm, kas īsteno pirmsskolas izglītības programmu. Pieņemts 17.09.2013. Latvijas Republikas Ministru kabineta noteikumi Nr. 890.

Holnicki, P., Kaluszko, A., Stankewicz, K. 2016. *Particulate matter air pollution in an urban area. Operations research & decisions*, 3, 43 – 56.

Kiranmai, R. M., Srinivas, T. 2017. *Mold allergens in indoor play school environment*. Energy procedia, 109, 27 – 33.

Knudsen, H., Rasmussen, N. 2012. *Particulate matter: Sources, emission rates and health effects*. New York, Nova Science Publishers, Inc., 330.

Lai, C., Huang, H., Chang, Y., Su, T., Wang, Y., Wang, G., Chen, J., Tang, C., Wu, T., Liou, S. 2017. *Exposure to fine particulate matter causes oxidative and methylated DNA damage in young adults: A longitudinal study*. Science of the total environment, 598, 289 – 296.

Latvijas Republikas Veselības ministrija. *Higiēnas prasības izglītības iestādēs* [tiešsaite]. Sk. 13.05.2019. Pieejams: <http://www.vi.gov.lv/lv/sakums/kategorijas/izglitibas-iestades>.

Latvijas Republikas Veselības ministrija. *Iekštelpu gaisa kvalitāte: mitrums un pelējums – veselības riski, preventīvie un korektīvie pasākumi*. [tiešsaite] 2011. Rīga. Sk. 22.04.2019. Pieejams: <http://www.vi.gov.lv/lv/vides-veselibagaiss/iekstelpu-gaiss/mitrums-un-pelejums>.

Latvijas Republikas Veselības ministrija. *Iekštelpu gaisa kvalitāte: riska novērtēšana, iekštelpu gaisa kvalitātes vadlīnijas – izvēlētiem piesārņotājiem* [tiešsaiste] 2011. Rīga. Sk. 02.05.2019. Pieejams: <http://www.vi.gov.lv/lv/vides-veseliba/gaiss/iekstelpu-gaiss/iekstelpu-gaisa-kvalitate>.

Latvijas Republikas Veselības ministrija. *Iekštelpu gaiss* [tiešsaiste] 2016. Rīga. Sk. 17.03.2019. Pieejams: <http://www.vi.gov.lv/lv/vides-veseliba/gaiss/iekstelpu-gaiss>.

Latvijas Republikas Veselības ministrija. *Izglītības iestāžu vides kvalitātes un drošuma pētījuma 1.posma rezultāti*. [tiešsaiste] 2018. Sk. 12.04.2019. Pieejams: <http://www.vi.gov.lv/lv/sakums/izglitibas-iestazu-vides-kvalitates-un-drosuma-petijuma-1-posma-rezultati>.

Latvijas Republikas Veselības ministrija. *Skolu iekštelpu gaisa kvalitāte apsekojuma rezultāti Latvijas skolās 2015./2016.mācību gadā* [tiešsaiste] 2016. Rīga, Sk. 17.03.2019. Pieejams: <http://www.vi.gov.lv/lv/vides-veseliba/gaiss/iekstelpu-gaiss/pvo-petijums>.

Lee, S., Shin, M., Hong, I. 2011. *Phase Behavior of Sick House Syndrome (SHS) Chemicals. Journal of industrial and engineering chemistry*, 3, 554 – 559.

Morawska, L., Ayoko, G.A., Bae, G.N., G. Buonanno, G., Chao, C.Y.H., Clifford, S., Fu, S.C., Hannineng, O., He, C., Isaxon, C., Mazaheri, M., Salthammer, T., Waring, M.S., Wierzbicka, A. 2017. *Airborne particles in indoor environment of homes, schools, offices and aged care facilities: The main routes of exposure. Environment International*, 108, 75– 83.

Norbäck, D., Walinder, R., Wieslander, G., Smedje, G. 2000. *Indoor air pollutants in schools: nasal patency and biomarkers in nasal lavage. Allergy*, 55(2), 163-170.

Olli, S., Fisk, W., J. 2005. *Control of temperature for health and productivity in offices. ASHRAE Transactions*, 111, 680-686.

Par iekštelpu vides kvalitāti, „slimās mājas” sindromu un ventilācijas sistēmām [tiešsaite] 2009. Rīga, Building.lv. Sk. 11.04.2019. Pieejams: <http://www.building.lv/259-gaisa-apstrades-sistemas/96198-par-iekstelpu-vides-kvalitati-%E2%80%9Eslimas-majas%E2%80%9D-sindromu-un-ventilacijas-sistemam>.

Phoon, WO. 1988. *Practical occupational health*. PG Publishing, 181-2.

Raimondo, D., Corgnati, S.P., Olesen, B.W. 2012. *Evaluation methods for indoor environmental quality assessment according to EN15251. REHVA Journal*, 4.

Rains, V. 2014. *THE AIR IN THERE. Real Simple*. 15, 127-135.

Ribeiro, L. I., Kowalski, P., Callahan, D. B., Noonan, G. P., Moffett, D. B., Olson, D. R. 2016. *Formaldehyde Levels in Traditional and Portable Classrooms: A Pilot Investigation*. Journal of Environmental Health, 78, 8-14.

Risk IAQ model [tiešsaiste] 2009. *Integrated Environmental Health Impact Assessment System*. Sk. 21.04.2019. Pieejams: <http://www.integrated-assessment.eu/eu/node/228.html>.

Rufo, C. J., Madureira, J., Paciencia, I., Aguiar, L., Teixeira, J. P., Moreira, A., Fernandes, E. O. 2016. *Indoor air quality and atopic sensitization in primary schools: A follow-up study*. Porto Biomedical Journal, 4, 142-146.

Salthammer, T., Uhde, E., Schripp, T., Schieweck, A., Morawska, L., Mazaheri, M., Clifford, S., He, C., Buonanno, G., Querol, X., Viana, M., Kumar, P. 2016. *Children's well-being at 40 schools: Impact of climatic conditions and air pollution*. *Environment International*. 94, 196-210.

Salvi, S. 2007. *Health effects of ambient air pollution in children*. *Paediatric Respiratory Reviews*. 8, 275-280.

Schibuola, L., Scarpa, M., Tambani, C. 2016. *Natural Ventilation Level Assessment in a School Building by CO₂ Concentration Measures*. *Energy procedia*, 101, 257 – 264.

Schneider, J., Nagl, C., Read, B. [tiešsaiste] 2014. *EU air quality policy and WHO guideline values for health Brussels, European Parliament Policy Department*. Sk. 23.03.2019. Pieejams: http://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2014/536285/I_POL_STU%282014%29536285_EN.pdf.

Schwartz, J. 2004. *Air pollution and children's health*. *Pediatrics*. 113, 1037-1043.

SINPHONIE - *Schools Indoor Pollution & Health Observatory Network in Europe, Final Report* [tiešsaiste] 2014. Europe. Sk. 15.03.2019. Pieejams: [http://www.vi.gov.lv/uploads/files/Vesel_vedl_vadlinijas_Eiropas_skolas_2014\(1\).pdf](http://www.vi.gov.lv/uploads/files/Vesel_vedl_vadlinijas_Eiropas_skolas_2014(1).pdf).

Somijas skolu mikroklimate situācija [tiešsaiste] 2015. Sk. 12.05.2019. Pieejams: <https://www.slideshare.net/ingars1/somijas-skolu-mikroklimate-situcija>.

Sousa, S., I., Pires, J., C., Martins, E., M., Fortes, J., D., Alvim-Ferraz, M., C., Martins, F., G. 2012. *Short-term effects of air pollution on respiratory morbidity at Rio de Janeiro-- Part II: health assessment*. *Environ Int*, 43, 1 – 5.

Sumedha M. Joshi. 2008. *The sick building syndrome*. *Indian J Occup Environ Med*. 12(2), 61–64.

Takigawa, T., Wang, B., Sakano, N., Wang, D., Ogino, K., Kishi, R. 2009. *A longitudinal study of environmental risk factors for subjective symptoms associated with sick building syndrome in new dwellings. Science of the total environment*, 19, 5223 – 5228.

Wang, S., Lai, L. W., Ho, D.C., Chau, K.W., Lam, C.L., Ng, C.H. 2009. *Habitat International*, 33, 463.

World Health Organization. WHO guidelines for indoor air quality. [tiešsaite] 2010. Sk. 18.03.2019. Pieejams: http://www.euro.who.int/__data/assets/pdf_file/0009/128169/e94535.pdf

Mērījumu rezultāti pirmsskolas izglītības iestādē A

Datums	Gaisa temperatūra stacijā, °C		Gaisa temperatūra PII A, °C		TVOC PII A, mg/m ³		Gaisa mitrums PII A, %		PM 2.5 PII A, µg/m ³	PM 10 PII A, µg/m ³
	8:00	15:00	8:00	15:00	8:00	15:00	8:00	15:00	8:00	8:00
18.03.2019	3,3	4,8	21	22	0,36	0,35	65	67	3	7
19.03.2019	2,3	2,4	20	21	0,38	0,38	63	64	4	9
20.03.2019	-0,3	5,1	20	22	0,36	0,36	59	60	4	8
21.03.2019	2,6	7,6	21	24	0,38	0,34	64	64	5	11
22.03.2019	1,7	7	19	20	0,36	0,36	54	55	3	7
25.03.2019	-0,5	4,5	20	23	0,36	0,35	64	63	4	8
26.03.2019	-0,8	0,6	19	22	0,35	0,36	60	63	2	4
27.03.2019	-2,4	3	20	22	0,29	0,34	58	58	4	7
28.03.2019	1,1	8,5	19	23	0,34	0,34	57	58	1	3
29.03.2019	3,5	10,1	20	25	0,34	0,35	62	60	5	10
01.04.2019	0,6	9,1	19	24	0,36	0,36	53	52	3	6
02.04.2019	-1,3	8,7	20	23	0,29	0,35	46	47	4	8
03.04.2019	0,6	11,9	20	24	0,33	0,34	35	35	6	11
04.04.2019	1,1	12,3	20	24	0,33	0,33	36	36	5	10
05.04.2019	1,7	12,7	19	25	0,34	0,35	36	36	5	11
08.04.2019	5,4	6,5	20	23	0,37	0,35	49	49	3	6
09.04.2019	0,5	2,6	20	22	0,36	0,35	61	60	3	7
10.04.2019	0,6	4,3	19	22	0,34	0,34	60	62	3	6
11.04.2019	-1,1	1,2	20	21	0,34	0,34	55	54	4	8
12.04.2019	-1,6	0,3	19	20	0,35	0,34	51	50	4	10
15.04.2019	0,7	7,4	19	23	0,34	0,34	44	44	5	10
16.04.2019	5,3	14,4	20	24	0,35	0,35	39	40	7	15
17.04.2019	5,2	14,8	21	25	0,35	0,35	39	42	13	24
18.04.2019	5,1	17	22	24	0,36	0,34	36	37	15	31
19.04.2019	5,4	16	21	23	0,34	0,34	34	34	17	35
22.04.2019	6,7	18	22	25	0,34	0,35	35	32	22	38
23.04.2019	8,6	18,5	20	25	0,35	0,35	32	32	23	44
24.04.2019	9,6	21,3	21	23	0,34	0,34	30	31	25	49
25.04.2019	10,6	21,9	22	26	0,35	0,34	34	34	27	58
26.04.2019	11,6	23,3	19	27	0,33	0,34	39	40	26	56
29.04.2019	4,4	13,2	19	24	0,32	0,32	40	42	27	59
30.04.2019	6	13,7	21	22	0,32	0,32	38	40	28	59
01.05.2019	6,5	16,8	20	21	0,33	0,31	42	43	27	60
02.05.2019	4,7	9,6	20	21	0,33	0,32	56	55	26	53
03.05.2019	3	6,4	19	20	0,32	0,32	50	51	23	47

06.05.2019	3,9	11,1	18	20	0,34	0,33	52	52	25	49
07.05.2019	4,8	10,1	20	20	0,33	0,32	60	61	23	48
08.05.2019	4,4	12,8	20	20	0,31	0,31	59	59	21	42
09.05.2019	7,8	15,6	20	21	0,32	0,29	58	57	23	44
10.05.2019	7,4	9,7	19	20	0,33	0,3	64	66	23	46
13.05.2019	11,3	17	20	22	0,33	0,31	65	68	26	50
14.05.2019	6,8	10,8	19	21	0,33	0,32	65	65	22	46
15.05.2019	8,7	15,4	19	23	0,32	0,32	64	65	21	42
16.05.2019	9,9	16,2	20	24	0,33	0,33	62	66	21	41
17.05.2019	11	20,7	20	25	0,33	0,32	60	61	19	38

Mērījumu rezultāti pirmsskolas izglītības iestādē B

Datums	Gaisa temperatūra stacijā, °C		Gaisa temperatūra PII B, °C		TVOC PII B, mg/m ³		Gaisa mitrums PII B, %		PM 2.5 PII B, µg/m ³	PM 10 PII B, µg/m ³
	8:00	15:00	8:30	15:30	8:30	15:30	8:30	15:30	8:30	8:30
18.03.2019	3,3	4,8	22	22	0,23	0,23	59	61	2	3
19.03.2019	2,3	2,4	22	23	0,24	0,23	57	57	1	2
20.03.2019	-0,3	5,1	21	23	0,24	0,25	55	56	1	2
21.03.2019	2,6	7,6	23	25	0,26	0,26	58	57	3	5
22.03.2019	1,7	7	22	23	0,23	0,24	56	58	2	4
25.03.2019	-0,5	4,5	20	23	0,24	0,24	60	61	4	7
26.03.2019	-0,8	0,6	23	23	0,23	0,22	59	55	4	8
27.03.2019	-2,4	3	21	21	0,23	0,23	51	51	3	6
28.03.2019	1,1	8,5	22	22	0,24	0,24	52	53	4	7
29.03.2019	3,5	10,1	22	24	0,23	0,24	53	49	2	4
01.04.2019	0,6	9,1	23	23	0,25	0,23	46	42	1	1
02.04.2019	-1,3	8,7	20	21	0,23	0,24	39	38	2	3
03.04.2019	0,6	11,9	21	24	0,25	0,25	34	33	1	3
04.04.2019	1,1	12,3	21	21	0,24	0,24	33	33	3	5
05.04.2019	1,7	12,7	22	22	0,23	0,24	32	31	2	4
08.04.2019	5,4	6,5	23	22	0,22	0,23	34	35	2	3
09.04.2019	0,5	2,6	21	21	0,23	0,22	34	33	2	3
10.04.2019	0,6	4,3	20	21	0,22	0,22	35	35	3	5
11.04.2019	-1,1	1,2	20	22	0,22	0,22	39	40	4	8
12.04.2019	-1,6	0,3	21	22	0,23	0,22	44	42	4	7
15.04.2019	0,7	7,4	20	21	0,22	0,23	38	37	3	8
16.04.2019	5,3	14,4	20	22	0,25	0,24	36	36	4	10
17.04.2019	5,2	14,8	20	23	0,23	0,22	38	36	5	11
18.04.2019	5,1	17	22	23	0,22	0,22	34	35	7	15
19.04.2019	5,4	16	22	22	0,22	0,22	34	34	9	18
22.04.2019	6,7	18	23	24	0,23	0,23	35	33	10	22
23.04.2019	8,6	18,5	22	24	0,22	0,22	32	32	9	20
24.04.2019	9,6	21,3	22	27	0,21	0,21	30	29	11	21
25.04.2019	10,6	21,9	23	27	0,21	0,2	32	34	11	24
26.04.2019	11,6	23,3	22	26	0,22	0,22	37	36	12	26
29.04.2019	4,4	13,2	20	23	0,24	0,23	36	37	11	24
30.04.2019	6	13,7	20	22	0,22	0,21	38	38	10	21
01.05.2019	6,5	16,8	22	24	0,21	0,21	37	39	13	24
02.05.2019	4,7	9,6	20	21	0,22	0,22	41	42	13	28
03.05.2019	3	6,4	20	20	0,22	0,23	44	44	11	26
06.05.2019	3,9	11,1	19	22	0,22	0,22	45	46	12	29
07.05.2019	4,8	10,1	21	23	0,23	0,22	47	48	13	24

08.05.2019	4,4	12,8	20	22	0,21	0,2	50	51	14	26
09.05.2019	7,8	15,6	21	22	0,2	0,2	51	52	11	25
10.05.2019	7,4	9,7	21	21	0,2	0,2	53	53	10	22
13.05.2019	11,3	17	22	22	0,21	0,22	55	54	11	25
14.05.2019	6,8	10,8	22	22	0,21	0,21	53	53	9	19
15.05.2019	8,7	15,4	21	24	0,2	0,21	54	53	10	20
16.05.2019	9,9	16,2	20	25	0,2	0,2	51	51	8	20
17.05.2019	11	20,7	21	26	0,2	0,2	52	53	8	19

Meteoroloģiskie dati no Gulbenes stacijas periodam 18.03. – 17.05.

Datums	Gaisa temperatūra, °C		Relatīvais mitrums, %	Vēja ātrums, m/s
	8:00	15:00		
18.03.2019	3,3	4,8	92	3
19.03.2019	2,3	2,4	87	4
20.03.2019	-0,3	5,1	74	4
21.03.2019	2,6	7,6	87	4
22.03.2019	1,7	7	61	5
25.03.2019	-0,5	4,5	80	2
26.03.2019	-0,8	0,6	81	3
27.03.2019	-2,4	3	59	2
28.03.2019	1,1	8,5	68	3
29.03.2019	3,5	10,1	79	4
01.04.2019	0,6	9,1	58	4
02.04.2019	-1,3	8,7	53	2
03.04.2019	0,6	11,9	36	2
04.04.2019	1,1	12,3	38	2
05.04.2019	1,7	12,7	39	2
08.04.2019	5,4	6,5	65	3
09.04.2019	0,5	2,6	80	4
10.04.2019	0,6	4,3	79	3
11.04.2019	-1,1	1,2	72	2
12.04.2019	-1,6	0,3	62	2
15.04.2019	0,7	7,4	45	3
16.04.2019	5,3	14,4	41	3
17.04.2019	5,2	14,8	47	3
18.04.2019	5,1	17	42	3
19.04.2019	5,4	16	39	2
22.04.2019	6,7	18	39	2
23.04.2019	8,6	18,5	36	1
24.04.2019	9,6	21,3	35	2
25.04.2019	10,6	21,9	34	3
26.04.2019	11,6	23,3	44	2
29.04.2019	4,4	13,2	39	3
30.04.2019	6	13,7	39	2
01.05.2019	6,5	16,8	41	2
02.05.2019	4,7	9,6	81	3
03.05.2019	3	6,4	74	5
06.05.2019	3,9	11,1	65	2
07.05.2019	4,8	10,1	64	2
08.05.2019	4,4	12,8	56	1
09.05.2019	7,8	15,6	52	4
10.05.2019	7,4	9,7	89	2
13.05.2019	11,3	17	80	2
14.05.2019	6,8	10,8	78	3
15.05.2019	8,7	15,4	55	3
16.05.2019	9,9	16,2	46	4
17.05.2019	11	20,7	47	3

Neparametriskais tests PII A mērijumu rezultātiem

Hypothesis Test Summary

	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of TempPII_A is the same across categories of Season.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.108	Retain the null hypothesis.
2	The distribution of TVOCPII_A is the same across categories of Season.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.000	Reject the null hypothesis.
3	The distribution of RelHumPII_A is the same across categories of Season.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.046	Reject the null hypothesis.
4	The distribution of PM25PII_A is the same across categories of Season.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.000	Reject the null hypothesis.
5	The distribution of PM10PII_A is the same across categories of Season.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.000	Reject the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is .05.

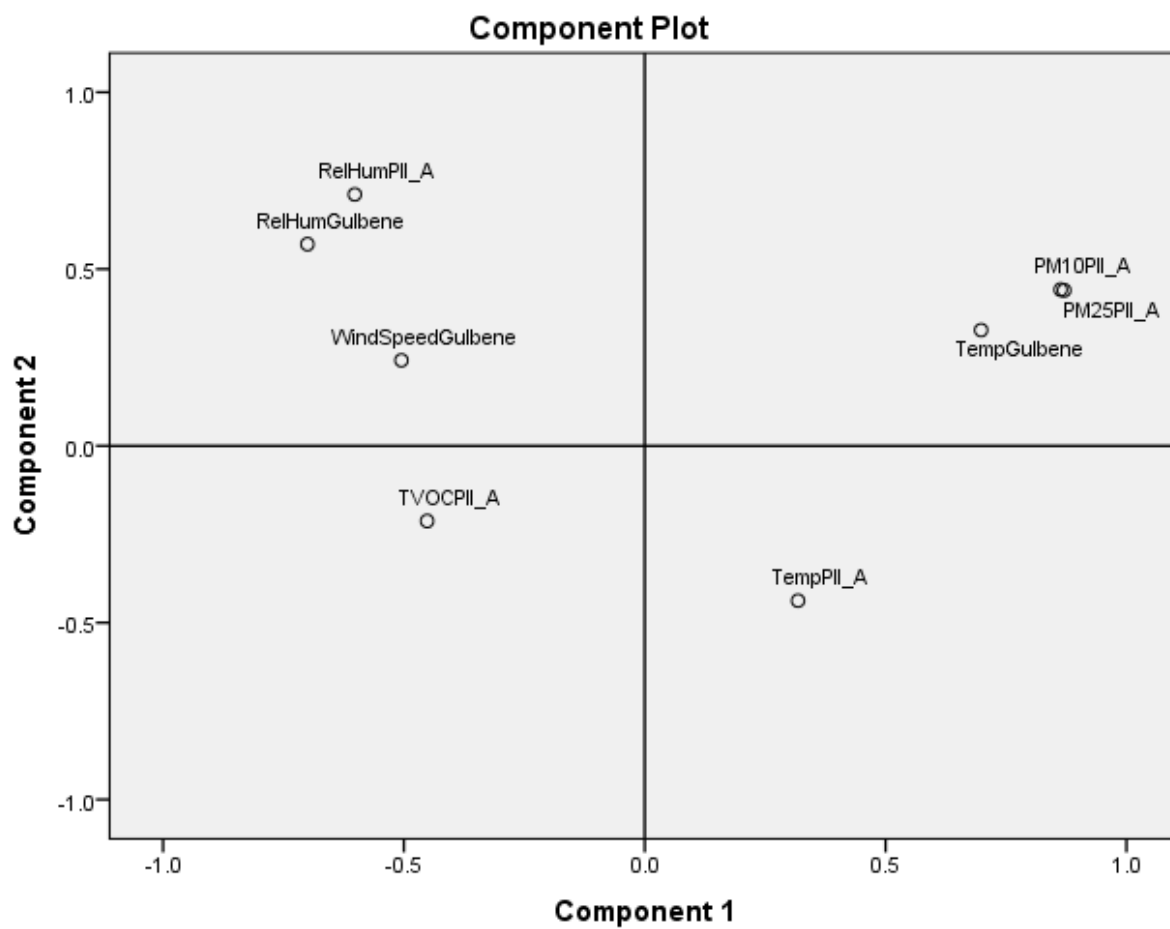
Neparametriskais tests PII B mērījumu rezultātiem

Hypothesis Test Summary

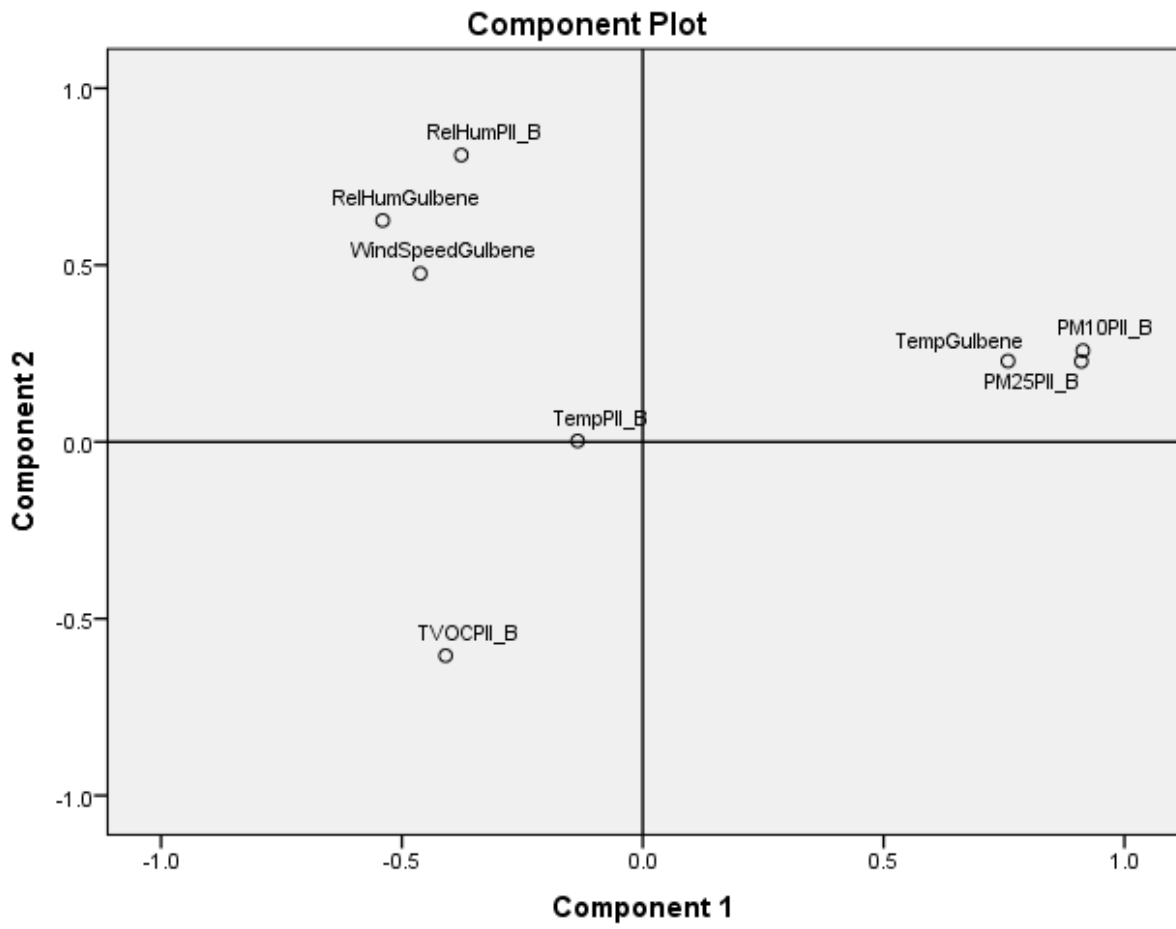
	Null Hypothesis	Test	Sig.	Decision
1	The distribution of TempPII_B is the same across categories of Season.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.384	Retain the null hypothesis.
2	The distribution of TVOCPII_B is the same across categories of Season.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.000	Reject the null hypothesis.
3	The distribution of RelHumPII_B is the same across categories of Season.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.109	Retain the null hypothesis.
4	The distribution of PM25PII_B is the same across categories of Season.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.000	Reject the null hypothesis.
5	The distribution of PM10PII_B is the same across categories of Season.	Independent-Samples Mann-Whitney U Test	.000	Reject the null hypothesis.

Asymptotic significances are displayed. The significance level is .05.

Galveno komponentu analīze PII A rezultātiem



Galveno komponentu analīze PII B rezultātiem



Pāru korelācijas PII A mēritajiem parametriem

		Correlations							
		TempG ulbene	RelHum Gulbene	WindS peedG ulbene	Temp PII_A	TVOC PII_A	RelHum PII_A	PM25 PII_A	PM10 PII_A
TempGu lbene	Pearson Correlation	1	-.377**	-.139	.586**	-.152	-.224*	.711**	.696**
	Sig. (2- tailed)		.000	.190	.000	.153	.034	.000	.000
	N	90	90	90	90	90	90	45	45
RelHum Gulbene	Pearson Correlation	-.377**	1	.350**	-.296**	-.039	.838**	-.340*	-.338*
	Sig. (2- tailed)	.000		.001	.005	.717	.000	.022	.023
	N	90	90	90	90	90	90	45	45
WindSp eedGulb ene	Pearson Correlation	-.139	.350**	1	-.053	.218*	.366**	-.266	-.254
	Sig. (2- tailed)	.190	.001		.617	.039	.000	.078	.093
	N	90	90	90	90	90	90	45	45
TempPII _A	Pearson Correlation	.586**	-.296**	-.053	1	.119	-.281**	.140	.122
	Sig. (2- tailed)	.000	.005	.617		.263	.007	.358	.423
	N	90	90	90	90	90	90	45	45
TVOCPI I_A	Pearson Correlation	-.152	-.039	.218*	.119	1	-.123	-.401**	-.393**
	Sig. (2- tailed)	.153	.717	.039	.263		.248	.006	.008
	N	90	90	90	90	90	90	45	45
RelHum PII_A	Pearson Correlation	-.224*	.838**	.366**	-.281**	-.123	1	-.232	-.235
	Sig. (2- tailed)	.034	.000	.000	.007	.248		.126	.121
	N	90	90	90	90	90	90	45	45
PM25PII _A	Pearson Correlation	.711**	-.340*	-.266	.140	-.401**	-.232	1	.995**
	Sig. (2- tailed)	.000	.022	.078	.358	.006	.126		.000
	N	45	45	45	45	45	45	45	45

PM10PII	Pearson	.696**	-.338*	-.254	.122	-.393**	-.235	.995**	1
_A	Correlation								
	Sig. (2-tailed)	.000	.023	.093	.423	.008	.121	.000	
	N	45	45	45	45	45	45	45	45

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

Pāru korelācijas PII B mērtajiem parametriem

		Correlations							
		TempG ulbene	RelHum Gulbene	WindSpee dGulbene	Temp PII_B	TVOCPI I_B	RelHumPI I_B	PM25 PII_B	PM10 PII_B
Temp Gulbene	Pearson Correlation Sig. (2- tailed) N	1 .000 90	-.377** .000 90	-.139 .190 90	.606** .000 90	-.370** .000 90	-.198 .061 90	.643** .000 45	.655** .000 45
RelHu mGulb ene	Pearson Correlation Sig. (2- tailed) N	-.377** .000 90	1 .000 90	.350** .001 90	-.184 .082 90	.089 .402 90	.680** .000 90	-.252 .095 45	-.262 .083 45
WindS peedG ulbene	Pearson Correlation Sig. (2- tailed) N	-.139 .190 90	.350** .001 90	1 .755 90	.033 .732 90	-.037 .732 90	.344** .001 90	-.333* .025 45	-.276 .066 45
Temp PII_B	Pearson Correlation Sig. (2- tailed) N	.606** .000 90	-.184 .082 90	.033 .755 90	1 .346 90	-.101 .346 90	-.007 .950 90	-.157 .303 45	-.196 .197 45
TVOC PII_B	Pearson Correlation Sig. (2- tailed) N	-.370** .000 90	.089 .402 90	-.037 .732 90	-.101 .346 90	1 .042 90	-.215* .042 90	-.340* .022 45	-.384** .009 45
RelHu mPII_ B	Pearson Correlation Sig. (2- tailed) N	-.198 .061 90	.680** .000 90	.344** .001 90	-.007 .950 90	-.215* .042 90	1 .399 90	-.129 .399 45	-.124 .416 45
PM25 PII_B	Pearson Correlation Sig. (2- tailed) N	.643** .000 45	-.252 .095 45	-.333* .025 45	-.157 .303 45	-.340* .022 45	-.129 .399 45	1 .399 45	.985** .000 45

PM10	Pearson	.655**	-.262	-.276	-.196	-.384**	-.124	.985**	1
PII_B	Correlation								
	Sig. (2-tailed)	.000	.083	.066	.197	.009	.416	.000	
	N	45	45	45	45	45	45	45	45

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

* . Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).